REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEME NT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Par :

Brahim boulares Hayat

Melouane wissem

Thème :

Recherche des bactéries lactiques productrices des substances antimicrobiennes et étude de leur pouvoir inhibiteur vis à vis quelques bactéries pathogènes.

Soutenue publiquement le : 02 / 07 / 2025., Devant le jury composé de :

Dr. Ainas Mahfoud	MCA	U. Médéa	Président
Dr. Siouda Wafa	MCA	U. Médéa	Examinatrice
Dr. Belkacem Imen	MCA	U. Médéa	Encadrante
Dr. Boumediene Farida	MCA	U. Médéa	Co-Encadrante

Année universitaire 2024/2025

Remerciement

Mot de remerciement et de gratitude

C'est avec une grande fierté et une profonde gratitude que nous, Hayat et Wissam, adressons nos plus sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont soutenues et accompagnées tout au long de notre parcours universitaire.

Nous commençons tout d'abord par louer Allah, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la réussite, nous a aidées à franchir cette étape, et a été un soutien à chaque pas.

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à nos deux encadrantes, Madame Belkacem Iman et Madame Boumediene Farida, pour leur soutien constant, leurs orientations précieuses et leurs remarques constructives qui ont contribué au développement et à l'amélioration de notre recherche.

Nous tenons aussi à remercier chaleureusement le laboratoire Aïn El Djarda ainsi que l'ensemble de son personnel, pour les facilités, l'aide et les conseils offerts tout au long de la réalisation de notre projet.

Nous adressons également nos sincères remerciements à Docteur Ainas Mahfoud et Dr. Siouda pour avoir accepté de participer à l'évaluation et la discussion de notre mémoire, et pour le temps et l'attention qu'ils y ont consacrés.

Enfin, nous remercions du fond du cœur toutes les personnes, proches ou lointaines, qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail. Recevez l'expression de notre reconnaissance et de notre profonde gratitude.

Dédicace

Louange à Dieu, avec une gratitude infinie pour Son aide et Sa bénédiction. C'est par Lui que tout commence, avec Lui que tout se réalise, et vers Lui que tout revient. À ceux qui ont été la raison de ce moment : À mes chers parents, merci pour votre amour, votre soutien et votre patience.

À mon père, exemple de force, et à **ma mère**, dont les prières m'ont accompagnée à chaque pas.

À mes frères et mes proches, compagnons de route et de réussite, **Youssef et Mohamed**, vous avez toujours été mon appui et mon soutien.

À ma chère grand-mère, que Dieu lui accorde une longue vie. Tes prières ont laissé une empreinte inoubliable dans mon cœur.

À mes chères amies, merci pour votre présence sincère et votre belle complicité tout au long du chemin.

À moi-même... merci pour ta patience et tes efforts. Ce rêve en valait la peine.

À la famille Brahim Boulares et Kouismi, je vous porte dans mon cœur avec une profonde reconnaissance.

Je dédie cette réussite à tous ceux qui ont contribué à mon parcours.

Hayat

Dédicace

À ceux dont les prières ont été la clé de ma réussite, à ceux dont le sourire apaisait ma fatigue,

A ma chère mère, source d'amour inconditionnel et de prières silencieuses dans les nuits profondes, Et à **mon cher père**, symbole de générosité et modèle auquel je suis fière de me référer, Je vous dédie ce diplôme, fruit de vos sacrifices et écho de vos efforts,

Aucune parole ne saurait exprimer toute ma gratuit de, Mais il me suffit de lever ce diplôme et de dire : Ceci est grâce à Dieu, puis grâce à vous.

À ceux qui ont été bien plus que des frères, A ceux qui ont partagé le chemin et relevé mon moral dans les moments de doute,

À **ma sœur Youssra**, mon pilier et ma première amie, Et à **mes frères Mohamed et LouKman**, ma fierté et ma force, Je dédie cette réussite en signe d'amour et de reconnaissance.

Votre présence est une bénédiction, et votre soutien a illuminé mon parcours.

À mon cher mari, qui a été, après Dieu, un véritable soutien,

Je te remercie pour ton appui constant, ta compréhension durant ma période d'études,

et ta patience face à mes absences et ma fatigue.

Je te dédie ce diplôme en signe de reconnaissance et de gratitude pour ton accompagnement sincère.

À ma chère famille Melouane, À ceux qui ont été la chaleur dans les jours froids et la lumière dans l'obscurité du chemin, A ceux qui ont cru en moi à chaque instant et m'ont soutenue sans jamais faillir, Je dédie ce modeste succès en signe d'amour et de gratitude,

Car vous êtes la base de chaque accomplissement, Et c'est grâce à vous que mes rêves ont fleuri.

Wissem

Résumé

Les bactéries lactiques sont des micro-organismes bénéfiques, véritables micro-usines biologiques capables de transformer les sucres en acide lactique. Elles confèrent aux aliments fermentés leur goût caractéristique tout en contribuant à la santé intestinale et au renforcement du système immunitaire. Dans le cadre de cette étude, nous sommes intéressés à l'isolement et à la caractérisation de souches de bactéries lactiques capables de produire des substances à activité antimicrobienne, ainsi qu'à l'évaluation de leur pouvoir inhibiteur vis-à-vis de certaines bactéries pathogènes. Pour cela, trois souches de bactéries lactiques ont été isolées et purifiées sur milieu MRS à partir de lait cru de chèvre et de vache, prélevé dans deux régions différentes de la wilaya de Médéa (Kwale, ben chakw). Les isolats ont été identifiés et testés pour leur activité antagoniste. Ils ont été affiliés aux genres *Enterococcus sp, Pediococcus sp*. Et *Leuconostoc sp*. Sur la base des résultats de la coloration de Gram, des tests à la catalase et à l'oxydase, ainsi que des analyses biochimiques et physiologiques (croissance à différentes températures : 30 °C, 37 °C et 45 °C ; croissance à des concentrations de NaCl de 2 %, 4 % et 6,5 % ; et à des pH acides et basiques : pH 4 et pH 9,6). Le test de fermentation du mannitol a également contribué à l'identification des trois isolats : S1 (*Enterococcus sp*.), S2 (*Pediococcus sp*.), et S3 (*Leuconostoc sp.).* L'étude de l'activité antibactérienne vis-à-vis de germes pathogènes à Gram positif et Gram négatif a été réalisée par contact direct entre les souches productrices et les souches indicatrices (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae*). La recherche de la production de bactériocines a été effectuée par la méthode de diffusion sur disque. Les résultats ont révélé un fort pouvoir inhibiteur des trois souches lactiques contre *E. coli, S. aureus* et *K. pneumoniae*, mettant en évidence leur potentiel en tant qu'agents naturels de Bioconservation. En revanche, aucune activité antimicrobienne n'a été observée contre *Pseudomonas aeruginosa*. Ces travaux pourront ainsi contribuer à promouvoir une alimentation plus saine et naturelle, tout en renforçant le rôle préventif de la microbiologie dans nos systèmes alimentaires.

Mots clés : Les bactéries lactiques, Lait de chèvre, Lait de vache, bactéries pathogènes, l'activité antibactérienne, *Enterococcus sp., Pediococcus sp., Leuconostoc sp*.

الملخص

البكتيريا اللبنية هي كائنات دقيقة مفيدة، تُعد بمثابة مصانع بيولوجية حقيقية قادرة على تحويل السكريات إلى حمض اللاكتيك تمنح هذه البكتيريا للأطعمة المخمرة مذاقها المميز، كما تساهم في تحسين صحة الأمعاء وتعزيز الجهاز المناعي. في إطار هذه الدراسة، تم التركيز على عزل وتوصيف سلالات من البكتيريا اللبنية القادرة على إنتاج مواد ذات نشاط مضاد للميكروبات، وكذلك تقييم قدرتها التثبيطية ضد بعض البكتيريا الممرضة. لهذا الغرض، تم عزل وتنقية ثلاث سلالات من البكتيريا اللبنية على وسطMRS ، انطلاقًا من حليب خام للماعز والأبقار، تم جمعه من منطقتين مختلفتين من ولاية المدية (الكوالة، بن شكاو). تم تحديد هذه العزلات واختبار نشاطها التنافسي. وقد تم تصنيفها ضمن الأجناس *Enterococcus sp.*، *Pediococcus sp.*، و*Leuconostoc sp.*، وذلك بناءً على نتائج تلوين غرام، واختبارات الكاتالاز والأوكسيداز، بالإضافة إلى التحاليل البيوكيميائية والفسيولوجية النمو عند درجات حرارة مختلفة: 30 °م، 37 °م، و45 °م؛ النمو في تركيزات مختلفة من% NaCl: 2 ، 4% ، و6.5 %؛ وعند قيم pH حمضية وقاعدية 4 pH و 9.5 pHكما ساهم اختبار تخمير المانيتول في التعرف على العزلات الثلاث *Enterococcus* (S1 : *sp.*)، S2 (*Pediococcus sp.*)، وS3(*Leuconostoc sp.*) . تمت دراسة النشاط المضاد للبكتيريا تجاه الجراثيم الممرضة موجبة وسالبة غرام من خلال التماس المباشر بين السلالات المنتِجة والسلالات المستهدفة*Escherichia coli* ، *Staphylococcus aureus*، *Pseudomonas aeruginosa*، و*Klebsiella pneumoniae*كما تم البحث عن إنتاج البكتريوسينات باستخدام طريقة الانتشار على الأقراص. كشفت النتائج عن قدرة تثبيطية قوية للعزلات الثلاث ضد *E. coli*، *S. aureus*، و*K. pneumoniae*، مما يدل على إمكانيتها كعوامل طبيعية للحفظ الحيوي. بالمقابل، لم تُظهر أي نشاط مضاد للميكروبات ضد *Pseudomonas aeruginosa* . يمكن أن تُساهم هذه الأعمال في تعزيز نظام غذائي أكثر صحة وطبيعية، مع تقوية الدور الوقائي لعلم الأحياء الدقيقة في أنظمتنا الغذائية.

الكلمات المفتاحية: البكتيريا اللبنية، حليب الماعز، حليب البقر، البكتيريا الممرضة، النشاطات المضادة للمكروبات، . بيدوكوكيس الانتيروكوكيس، لوكونوستوك.

Abstract

Lactic acid bacteria (LAB), beneficial microorganisms that act as true biological micro-factories, capable of converting sugars into lactic acid. They impart the characteristic flavor to fermented foods while promoting gut health and strengthening the immune system. In this study, we focused on the isolation and characterization of LAB strains capable of producing antimicrobial substances and evaluated their inhibitory activity against selected pathogenic bacteria. Three LAB strains were isolated and purified on MRS medium from raw cow and goat milk samples collected from two different regions of the Médéa province (The kuwala bin shakaw). The isolates were identified and assessed for their antagonistic properties. Based on Gram staining, catalase and oxidase tests, as well as biochemical and physiological analyses (growth at 30 °C, 37 °C, and 45 °C; tolerance to NaCl concentrations of 2%, 4%, and 6.5% and growth at pH 4 and pH 9.5), the strains were affiliated with the genera *Enterococcus* sp., *Pediococcus* sp., and *Leuconostoc* sp. Additionally, mannitol fermentation tests supported the identification of the three isolates : S1 (*Enterococcus* sp.), S2 (*Pediococcus* sp.), and S3 (*Leuconostoc* sp.). The antibacterial activity of the LAB strains was evaluated against both Gram-positive and Gram-negative pathogenic bacteria (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Klebsiella pneumoniae*) by direct contact between the producer and indicator strains. The production of bacteriocins was assessed using the disk diffusion method. The results revealed strong inhibitory effects of all three LAB strains against *E. coli*, *S. aureus*, and *K. pneumoniae*, underscoring their potential as natural biopreservatives. However, no antimicrobial activity was observed against *P. aeruginosa*. This study may therefore contribute to promoting a healthier and more natural diet while reinforcing the preventive role of microbiology in modern food systems.

Keywords: Lactic acid bacteria, Goat milk, Cow milk, Pathogenic bacteria, Antibacterial activity, *Enterococcus sp.*, *Pediococcus sp.*, *Leuconostoc sp.*

Liste des abréviations

µl : microlitre.

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

ARNr : Acide ribonucléique ribosomique.

ATCC: American Type Culture Collection.

ATP : Adénosine triphosphate.

°C : Degré Celsius.

CO_2: Dioxyde de carbone.

E : Escherichia.

EMP : Embden-Meyerhof-Parnas.

EPS : Exopolysacharides.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

G : gramme.

GC% : Pourcentage en Guanine et Cytosine.

H_2O_2 : Peroxyde d'hydrogène.

LAB : Bactérie lactique

Ml : millilitre.

Mm : millimètre.

MRS : de Man- Rogosa et Sharp.

NaCl : Chlorure de Sodium.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PH : Potentiel d'Hydrogène.

R : Résistante.

S : Sensible.

S : staphylococcus.

Sp : espèce

SSP : Sous-espèce

T° : Température.

UFC : Unité Formant Colonie.

Liste des figures

Figure 01 : Arbre phylogénique des bactéries lactiques.. 08

Figure 02 : Enterococcus faecalis au microscope électronique.. 11

Figure 03 : Bifidobacterium ssp 11

Figure 04 : Pediococcus au microscope électronique 12

Figure 05 : Composition minérale du lait de vache 31

Figure 06 : Préparation des dilutions. 41

Figure07 : Test catalase et Oxydase. 41

Figure 08 : concervation 42

Figure09 : effet de NaCl..... 43

Figure10 : effet de PH(4et9,6) 44

Figure11 : test mannitol 45

Figure 12 : l'activité protéolytique. 45

Figure13 : Antibiogramme des bactéries pathogènes. 47

Figure 14 : Aspect macroscopique des colonies cultivées sur milieu solide MRS. 50

Figure15: aspect des colonies des isolats S1, S2, S3 isolées sur milieu MRS après purification. 50

Figure16 : La forme obtenue, observée au microscope optique avec un grossissement de (G x 100), est accompagnée des légendes A, B et C. 51

Figure17 : Résultats de test de catalase et oxydase. 52

Figure18 : Résultats de croissance à différentes valeurs de pH : pH 4 ; pH 9,6. 53

Figure19 : Résultats de la croissance en présence de différentes concentrations de NaCl : 2 %, 4 %, 6,5 %, pour les trois isolats, comparés à un tube témoin non ensemencé. 53

Figure20 : Résultats du test de thermorésistante. 54

Figure21 : Résultats du test au mannitol. 55

Figure22 : Résultats de l'activité protéolytique. 55

Figure23 : Activité antimicrobienne des souches lactiques contre les souches pathogènes (E. coli, S. aureus). 56

Figure24 : Activité antimicrobienne des souches lactiques contre les souches pathogènes (Klebsiella pneumoniae Pseudomonas aeruginosa). 56

Figure25 : L'activité antibactérienne des trois souches lactiques vis-à-vis de *Escherichia coli* (*E. coli*). 57

Figure 26 : L'activité antibactérienne des trois souches lactiques vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*. 57

Figure27 : L'activité antibactérienne des trois souches lactiques vis-à-vis de *Klebsiella pneumoniae*. 58

Figure28 : antibiogramme de E. coli. **Figure29** : antibiogramme de *Staphylococcus aureus*. 59

Figure30 : antibiogramme de *Pseudomonas aeruginosa* **Figure31** : antibiogramme de *Klebsiella pneumoniae*. 59

Liste des tableaux

Tableau 01 : Systèmes de transports d'acides aminés identifiés chez les BL. 15

Tableau 02 : Composition en lipides de laits de chèvre 24

Tableau 03 : composition moyenne en g/l et distribution des protéines dans le lait de chèvre 25

Tableau 04 : Teneur en vitamines du lait de chèvre (g/l) 26

Tableau 05 : Composition minérale moyenne du lait caprin 27

Tableau 06 : composition moyenne du lait cru 32

Tableau 07 : Matériel et milieux de culture. 38

Tableau 08 : L'heure et la période de prélèvement des différents échantillons de lait de vache et de chèvre à Médéa sont différentes. 39

Tableau 09 : Les souches pathogènes utilisées. 39

Tableau10 : Caractères macroscopiques des colonies isolées. 50

Tableau11 : Caractères microscopique des isolats. 51

Tableau12 : caractérisation physiologiques des isolats. 52

Tableau13 : Antibiogramme des bactéries pathogènes testées. 59

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Résumé

الملخص

Abstract

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale

Synthèse Bibliographique 3

Chapitre I Les bactéries lactiques 4

1 Défenition des bactéries lactiques 4

2.Historique 5

3. Caractères généraux 3.1 Caractères morphologiques 6

3.2 Caractères physiologiques et biochimiques 6

3.3 Caractères immunologiques 6

4. Habitat 7

5. Identification des bactéries lactiques 7

6. Classifications des bactéries lactiques 7

6.1 Les principaux genres des bactéries lactiques 9

6.1.1 Le genre *Lactobacillus* 9

6.1.2 Le genre *Streptococcus* 9

6.1.3 *Leuconostoc, Oenococcus et Weissella* 10

6.1.4 Le genre *Enterococcus* 10

6.1.5 Le genre *Bifidobacterium* 11

6.1.6 Le genre *Pediococcus* et *Tetragenococcus* 12

7. Métabolisme des bactéries lactiques 12

7.1. Le métabolisme des sucres 13

7.1.1. La voie homofermentaire 13

7.1.2. La voie hétérofermentaire 13

7.2. Métabolisme du citrate 13

7.3. Métabolisme azoté 14

7.4. L'activité lipolytique 15

Chapitre II 16

Activité antimicrobienne des bactéries lactiques 16

1. Les composés antibactériens produits par les bactéries lactiques 17
2. Fonctions et effets bénéfiques des bactéries lactiques 18
2.1 Bioconservation et biopréservation 19
2.1.2 Biopréservation des aliments 19
3. L'intérêt des bactéries lactiques sur la santé 20
4. Effet inhibiteur des bactéries lactiques 21
Chapitre III 22
Lait de vache et de chèvre 22
1. Définition du lait 23
2 Définition du lait de chèvre 23
2.1 Les compositions du lait de chèvre 23
2.2 Caractéristiques du lait de chèvre 27
2.2.1 Les critères organoleptiques 27
2.2.2 Les caractères physico-chimiques 28
2.2.3 Les caractéristiques microbiologiques 28
3. Définition du lait de vache 29
3.1 Composition du lait de vache 30
3.2 Caractéristiques du lait de vache 33
3.2.1 Les critères organoleptiques 33
3.2.2 Les critères physico-chimiques 33
3.2.3 Les caractéristiques microbiologiques 34
- La flore de contamination 34
- La flore d'altération 34
- Flore pathogène 35

Partie Expérimentale 36
Chapitre I 37
Matériels et méthodes 37
Présentation du lieu de travail 38
1.Matériel 38
1.1 Matériel non biologique 38
1.2 Matériel biologique 39
1.Méthodes 40
2.1 Prélèvement des échantillons 40
2.2 Isolement et purification des bactéries lactiques 40
- Mise en culture 41
- Recherche sur la catalase 41
- Teste oxydase 41

2.3 Purification des isolats des bactéries lactiques 42

2.4 Conservation des isolats 42
- Conservation a courte durée 42

2.5 Pré identification des bactéries lactiques 42
2.5.1 Critères morphologiques 42
2.5.2 Critères physiologiques 43
- ❖ Test des températures de croissance 43
- ❖ Test de thermorésistante 44
- ❖ Effet de PH 44

2.5.3 Caractères biochimiques 44
2.6 Caractéristiques technologiques des isolats 45
2.6.1 Etude de l'activité protéolytique des souches 45
3 Etude d'activité antibactérienne des souche (BL) 46
4 Antibiogramme des bactéries pathogènes 46
Chapitre II 48
Résultats et discussion 48
1.Résultats et interprétations 49
1.1. Isolement et pré identification des bactéries lactiques 49
- ❖ Caractères morphologiques 49

A Examen macroscopique 49
Test de catalase 51
Test oxydase 51
Effet de PH 52
Croissance à différentes températures 53
Test de thermorésistante 54
- ❖ Caractères biochimiques 54

1.2 Caractéristiques technologiques 55
1.2.1 Résultats de l'activité protéolytique 55
1.2.2 Résultats de l'activité antibactérienne des souches 55
2 L'antibiogramme 58
3 Discussion 60
Activité antibactérienne : 61
Antibiogramme 62
Conclusion 64
Références Bibliographiques 67
Annexe 91

Introduction Générale

Le lait constitue un composant important de la nutrition humaine. Il s'agit d'une ressource essentielle en calcium, phosphore, riboflavine, vitamine B12 et en protéines de premier choix, même s'il ne couvre pas tous les besoins nutritionnels de l'alimentation humaine **(Kaan et al., 2007)**. De plus, il offre un milieu favorable à la multiplication des germes. S'il est prélevé dans de bonnes conditions, le lait cru contient peu de micro-organismes (10^3 micro-organismes par ml**) (MENAD, 2017).**

Les micro-organismes de catégorie alimentaire, appelés bactéries lactiques, jouent un rôle crucial dans la fermentation des matières premières d'origine animale et végétale. Elles occupent des niches écologiques extrêmement diversifiées. Leur aptitude à fermenter les glucides, et de façon moins prononcée à décomposer les protéines et les graisses, conduit à la production d'une vaste variété de composés tels que : les acides organiques, les peptides, les substances antimicrobiennes et aromatiques, ainsi que les exopolysaccharides. Ces métabolites peuvent influencer les propriétés organoleptiques, technologiques et nutritionnelles des aliments fermentés **(Mozzi et al., 2010).**

Ces micro-organismes produisent de nombreux métabolites aux propriétés antimicrobiennes, tels que les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène et les bactériocines **(Dortu et Thonart, 2009)**. Ces peptides antimicrobiens ont la capacité d'inhiber la croissance des germes pathogènes et peuvent produire des effets positifs et bénéfiques pour la santé. Ces dernières participent à la prévention et à la guérison des infections et des maladies provoquées par les micro-organismes pathogènes, en encourageant une balance saine au sein du microbiote intestinal **(Stavropoulou et Bezirtzoglou, 2020)**.

Cette étude vise à isoler et à identifier des souches de bactéries lactiques capables de produire des substances à activité antimicrobienne, et à évaluer leur pouvoir inhibiteur contre certaines bactéries pathogènes.

Pour réaliser cette étude, nous suivrons un plan constitué de trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux caractéristiques morphologiques et physiologiques des bactéries lactiques, au travers de l'étude de leur métabolisme, de leur classification, ainsi qu'à une présentation de l'intérêt des bactéries lactiques dans les industries alimentaires.

- Le deuxième chapitre, intitulé *« Les composés antibactériens produits par les bactéries lactiques : fonctions et effets bénéfiques sur la santé »*, abordera les différentes substances antimicrobiennes produites et leurs rôles.

- Le troisième chapitre, on parle de la définition générale du lait, et basé sur le lait de vache et de chèvre (la composition, les critères organoleptiques, les caractères physico-chimiques, les caractéristiques microbiologiques).

- Dans cette partie expérimentale, l'isolement et la purification des souches des bactéries lactiques ont été réalisés à partir d'échantillons de lait de chèvre et de vache, collectés dans deux régions différentes de la wilaya de Médéa. Nous avons également évalué leur activité antimicrobienne en testant leur efficacité contre certaines souches pathogènes, afin d'identifier les souches capables de produire des substances à effet antimicrobien.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I

Les bactéries lactiques

1. Définition des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des micro-organismes procaryotes, hétérotrophes et chimio-organotrophes, hétérogènes, présentant des caractéristiques morphologiques, physiologiques et métaboliques variées. Elles regroupent des bactéries à coloration de Gram positif, généralement immobiles et non sporulées. Elles ne possèdent ni catalase, ni nitrate réductase, ni oxydase. Elles peuvent avoir une forme de bâtonnets ou de coques **(Drouault et Corthier, 2001 ; Drider et Prévost, 2009).**

Les bactéries lactiques sont largement répandues dans la nature et sont fréquemment isolées d'environnements riches en matières organiques, telles que les végétaux en décomposition. On retrouve également des représentants de ce groupe dans les tractus gastro-intestinaux et urogénitaux des mammifères **(Saad, 2010).**

Les bactéries lactiques regroupent 13 genres, dont : *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, *Carnobacterium*, *Oenococcus*, *Weissella*, *Aerococcus*, *Tetragenococcus* et *Vagococcus* **(Dortu, 2009)**. Certaines bactéries lactiques sont considérées comme des pathogènes opportunistes **(Mechai, 2009).**

2.Historique

Les lactobacilles sont des bactéries très anciennes, antérieures même à l'apparition des cyanobactéries **(Drider et Prévost, 2009)**. Ils représentent aujourd'hui le deuxième marché mondial de production de biomasse, après la levure **(Tailliez, 2001)**. Ils sont utilisés pour fermenter de nombreux aliments, tels que le fromage et le lait fermenté **(Saloff-Coste, 1994).**

Le terme « bactéries lactiques » désigne les bactéries impliquées dans la fermentation des aliments humains et animaux. La première culture pure était des *Bacterium lactis* – probablement des *Lactococcus lactis* **(Nahal A., 2015)**. En 1904, Metchnikoff a isolé le « bacille bulgare » (*Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*) du yaourt. L'idée a été développée selon laquelle les bactéries du lait fermenté ont un effet bénéfique sur la santé **(Abdel Basset, 2009).**

3. Caractères généraux

3.1 Caractères morphologiques

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram positif, non pigmentées, immobiles et non sporulantes **(Ho et al., 2007)**. Elles forment un groupe hétérogène composé de coques et de bacilles ou bâtonnets **(Badis et al., 2005 ; Khalisanni, 2011).**

- Les coques (cocci) sont des sphères plus ou moins ovoïdes, de 0,5 à 1,5 µm de diamètre, dont la division peut engendrer des paires, des tétrades, des chaînettes ou des amas. Ce sont des bactéries non sporulées et immobiles.
- Les bacilles sont des bactéries en forme de bâtonnets, qui peuvent avoir différents aspects. À côté des bâtonnets droits classiques, on peut trouver des coccobacilles ou de longues chaînes de bacilles. Le bâtonnet peut s'incurver dans certains cas ou s'allonger en filaments. Ils mesurent de 0,5 à 2 µm de diamètre et de 1,5 à environ 10 µm de long **(Hermier et al., 2009).**

3.2 Caractères physiologiques et biochimiques

Les bactéries lactiques sont hétérotrophes et chimio-organotrophes **(Klein et al., 1998 ; Badis et al., 2005)**. Elles tolèrent des pH acides, ne possèdent pas de catalase et ont un métabolisme anaérobie strict ou aérotolérant **(Hardie et Whiley, 2009).**

Pour les bactéries lactiques, la température optimale de croissance varie selon les genres **(Stiles et Holzapfel, 1997).**

La plupart des bactéries lactiques sont génétiquement équipées pour avoir un métabolisme respiratoire, mais elles sont incapables de respirer en l'absence d'hème dans le milieu **(Lechardeur, 2011)**. L'hème est un cofacteur indispensable au cytochrome oxydase, le dernier accepteur d'électrons de la chaîne respiratoire **(Kang, 1989).**

3.3 Caractères immunologiques

Les bactéries lactiques peuvent être sensibles à leurs propres substances de défense, comme la bactériocine. Elles se prémunissent à l'aide d'une protéine qualifiée « d'immunité ». C'est une lipoprotéine d'immunité codée par le gène LanI. Cette protéine s'attache à la surface externe de la membrane et interagit avec la bactériocine afin d'empêcher son insertion dans la membrane et, ainsi, la formation de pores. La structure de ces protéines est très variable **(Dortu, 2008).**

4. Habitat

Les bactéries lactiques sont très courantes dans la nature **(Mechai, 2009)** et vivent libres dans l'environnement ou en association avec un hôte, comme les humains ou les animaux **(Klein, 1998).**

Elles peuvent être isolées du lait, du fromage, de la viande ou des plantes. Elles se développent avec les levures dans le vin, la bière et le pain **(Leveau et Bouix, 1993 ; Hassan et Frank, 2001).**

Plus récemment, leur utilisation a permis d'améliorer les propriétés nutritionnelles et les qualités sanitaires des aliments **(Federighi, 2005).**

Par exemple, elles sont essentielles à la production de produits laitiers fermentés tels que le yaourt et le fromage, ainsi qu'à celle de produits carnés tels que le salami **(Yu et al., 2020).**

5. Identification des bactéries lactiques

Il existe plusieurs critères permettant d'identifier les bactéries lactiques au niveau phénotypique : la forme des cellules bactériennes, le genre bactérien (coques ou bâtonnets), la température de croissance, la fermentation des sucres, ainsi que les activités physiologiques et biochimiques **(Wood, 1995).**

Les premiers à proposer une clé d'identification des bactéries lactiques, basée sur la comparaison des caractéristiques physiologiques et biochimiques typiques de différentes espèces, furent Schillinger et Locke **(Schillinger et al., 1989).**

6. Classifications des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont de très anciens micro-organismes, découverts dans des sédiments datant de 2,75 milliards d'années, avant l'apparition de l'oxygène dans l'atmosphère. Cela pourrait expliquer leur caractère anaérobie. Elles sont apparues avant les cyanobactéries photosynthétiques **(Drider et Prévost, 2009).**

Les critères de description des bactéries incluent des critères phénotypiques, tels que :

- La morphologie (basée sur la composition de la paroi cellulaire bactérienne, incluant la nature des acides gras, tels que l'acide lactobacillique et les acides gras insaturés).
- Le mode de fermentation du glucose.
- La croissance à différentes températures.
- L'isomère de l'acide lactique produit.
- La fermentation des différents hydrates de carbone **(Boumediene, 2013 ; Liu et al., 2003).**

Les critères génotypiques incluent :

- La méthode de référence, qui est l'hybridation ADN-ADN.
- Le séquençage du gène codant pour l'ARNr 16S.
- La détermination du pourcentage de G + C, qui fut la première méthode basée sur l'utilisation de l'ADN dans la taxonomie.

La morphologie est considérée comme la caractéristique clé pour décrire et classifier les genres des bactéries lactiques. De ce fait, les bactéries lactiques peuvent être divisées arbitrairement en bacilles (*Lactobacillus* et *Carnobacterium*) et en coques (tous les autres genres). Le genre *Weissella*, récemment décrit, est le seul genre qui comporte à la fois des bacilles et des coques **(Collins et al., 1993 ; Ho et al., 2007).**

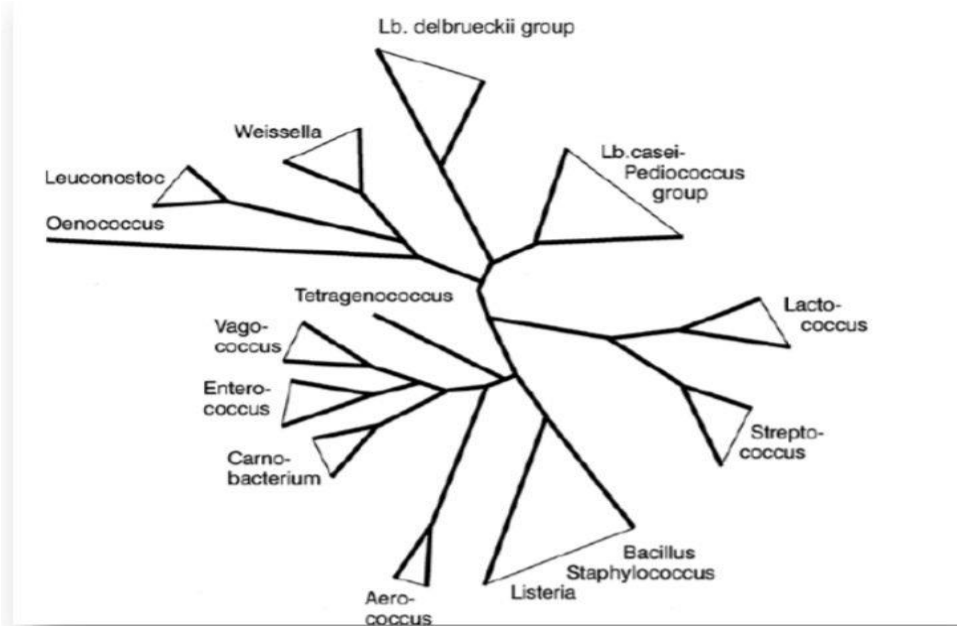


Figure 01 : Arbre phylogénique des bactéries lactiques **(Axelsson, 2004).**

6.1 Les principaux genres des bactéries lactiques

6.1.1 Le genre *Lactobacillus*

Le genre *Lactobacillus*, appartenant à la famille des *Lactobacillaceae*, est l'un des plus importants parmi les bactéries lactiques, avec 96 espèces et 16 sous-espèces adaptées à des environnements spécifiques **(De Vos et al., 2009).**

Il est divisé en trois groupes selon leur type de fermentation :

- Groupe I (*Thermobacterium*) : homofermentaires stricts, thermophiles, produisent uniquement de l'acide lactique à partir des hexoses.
- Groupe II (*Streptobacterium*) : hétérofermentaires facultatifs, mésophiles, produisent principalement de l'acide lactique, mais aussi d'autres composés selon le substrat.
- Groupe III (*Betabacterium*) : strictement hétérofermentaires, produisent de l'acide lactique, de l'acide acétique (ou de l'éthanol) et du CO_2 **(Bottazzi, 1988).**

Grâce à leur diversité, les *Lactobacillus* se trouvent dans divers milieux : bouche, intestins, organes génitaux, aliments végétaux, produits laitiers, viandes et poissons **(Novel, 1993).**

6.1.2 Le genre *Streptococcus*

Les streptocoques sont des bactéries Gram positif, en forme de coques, non mobiles, appartenant à la famille des *Streptococcaceae*. Elles sont anaérobies ou aérotolérantes, et certaines espèces sont sporulées et capsulées. *Streptococcus thermophilus* est une espèce alimentaire bien connue **(Delorme et al., 2010).**

Le genre *Streptococcus* est divisé en trois groupes :

- Les streptocoques oraux : ils constituent une partie importante de la microflore normale de la cavité buccale et des voies respiratoires supérieures chez l'Homme. Parmi eux, *S. mutans* est un agent étiologique des caries dentaires.
- Les streptocoques pyogènes : ce groupe comprend des espèces pathogènes comme *S. agalactiae* et *S. pyogenes*. L'espèce *S. pneumoniae* est également incluse dans ce groupe.
- Les autres streptocoques : ce groupe regroupe diverses espèces aux caractéristiques variées **(Axelsson, 2004 ; Hardie et Whiley, 2006).**

6.1.3 *Leuconostoc, Oenococcus et Weissella*

Les espèces de ces genres sont des bactéries mésophiles, en forme de coques lenticulaires, disposées en paires ou en chaînettes. Elles ont un métabolisme hétérofermentaire, produisant de l'acide lactique D, du CO_2 et de l'éthanol. Certaines peuvent synthétiser du dextrane en présence d'un milieu riche en saccharose **(Johanna et Holzapfel, 2006).**

Les *Leuconostoc* ont la capacité de dégrader le citrate du lait et d'en former du diacétyl. L'espèce *Leuconostoc mésentéroide ssp. Cremoris* est largement utilisée dans l'industrie laitière **(Axelsson, 2004).** L'espèce *Leuconostoc oenos* se distingue par une plus grande tolérance à l'acidité, pouvant croître à un pH initial de 4,8. Cette caractéristique a conduit à son intégration dans un nouveau genre : *Oenococcus* **(Hutkins, 2006).**

Le genre *Weissella* a été décrit pour la première fois par **Collins et al. (1993)**. Chez les espèces de ce genre, un polymorphisme cellulaire est observé, allant de la forme sphérique à la forme lenticulaire **(Stiles et Holzapfel, 1997).**

Plusieurs caractéristiques physiologiques et biochimiques différencient le genre *Leuconostoc* du genre *Weissella,* notamment :

- L'hydrolyse de l'esculine.
- Les conditions de croissance (pH et température).
- La fermentation des sucres **(Axelsson, 2004 ; Johanna et Holzapfel, 2006).**

6.1.4 Le genre *Enterococcus*

Le genre Enterococcus comprend inclut notamment des espèces autrefois connues sous le terme de *streptocoques fécaux*, telles que *Enterococcus faecalis* et *Enterococcus faecium*. Il se caractérise par un développement à 10°C et 45°C et la capacité de croître en présence de 6,5 % de chlorure de sodium et d'un pH de 9,6 (**Tamime, 2002**).

Il s'agit de bactéries Gram-positives, anaérobies facultatifs, de forme ovale. Elles peuvent apparaître sur les frottis sous forme de chaînes courtes, de paires ou de cellules individuelles, comme les streptocoques **(Murray, 1990).**



Figure 02 : *Enterococcus faecalis* au microscope électronique **(Wallace et al, 2003).**

6.1.5 Le genre *Bifidobacterium*

Cette espèce s'ajoute aux *lactobacilles* en raison de la similitude entre leurs propriétés physiologiques et biochimiques, grâce à leur présence dans le même habitat écologique **(Felis ,2007).**

Ce sont des bactéries en forme de bâtonnet, Gram-positives, catalase (-), non sporulées, anaérobies, non mobiles. Les bactéries peuvent être isolées sous forme de bâtonnets, en groupes, en paires ou en forme de V **(Lansing et al., 2003).**

L'habitat principal de ce genre est le tractus gastro-intestinal des humains et des animaux **(Butel, 2014).**



Figure 03 : *Bifidobacterium ssp* **(Wallace et al., 2003).**

6.1.6 Le genre *Pediococcus* et *Tetragenococcus*

Le genre *Pediococcus* est une cocci homofermentaire, caractérisé par sa formation en tétrades. Il est mésophile **(Simpson et Taguchi, 1995).**

Certaines espèces diffèrent par leur capacité à développer des compétences très élevées, comme *Pediococcus halophilus*, également appelé *Tetragenococcus halophilus* et *Tetragenococcus muriaticus* **(Pilet et al., 2005)**, qui se caractérisent par leur aptitude à croître en présence de 18 % de chlorure de sodium **(Stiles et Holzapfel, 1997).**

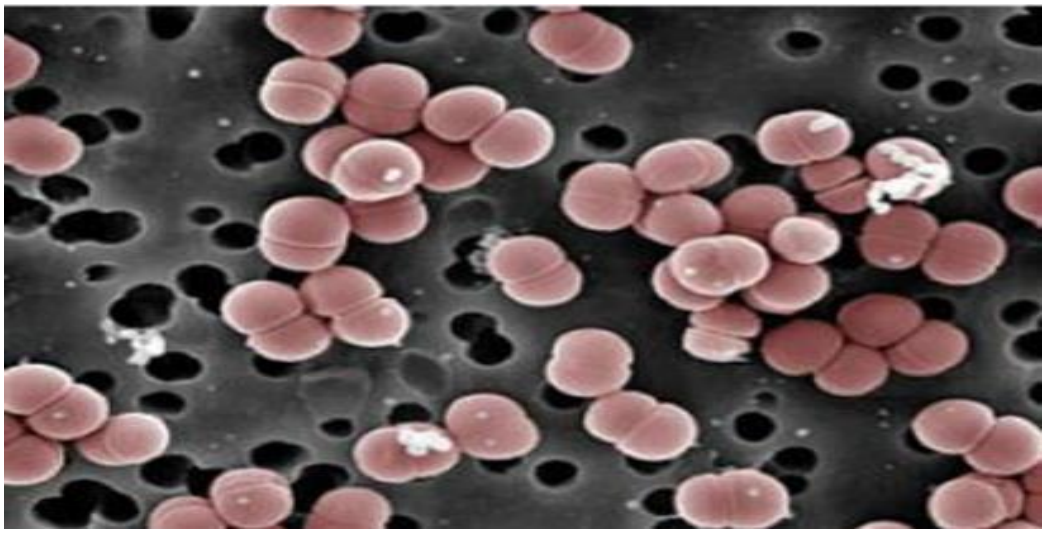


Figure 04 : *Pediococcus* au microscope électronique **(Wallace et al., 2003).**

7. Métabolisme des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont considérées comme des organismes utiles, mais leurs besoins en acides aminés varient considérablement entre les espèces, et parfois entre les souches d'une même espèce **(Lysiane,2012).**

La conversion des sucres en acide lactique est la principale voie métabolique qui fournit de l'énergie aux bactéries lactiques. Ces transformations participent également à la production d'une grande quantité de molécules qui confèrent certaines propriétés sensorielles aux produits finaux **(Avagodo, 2004).**

7.1. Le métabolisme des sucres

Le processus de fermentation des sucres se déroule essentiellement en trois étapes :

1. Le transport du sucre à travers la membrane cellulaire ;
2. Le métabolisme intracellulaire du sucre ;
3. La formation et l'expulsion des métabolites finaux hors des cellules.

Les bactéries lactiques utilisent principalement l'une des deux principales voies de métabolisme du sucre : la voie homogène d'Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) et la voie hétérogène (voies des pentoses et des phosphates) **(Hadef, 2012).**

7.1.1. La voie homofermentaire

Les bactéries lactiques homofermentaires comprennent des espèces de *Lactococcus* et certaines espèces de *Lactobacillus.*

Dans des conditions de croissance idéales, cette voie entraîne la production de deux molécules de lactate et de deux molécules d'ATP pour chaque molécule de glucose consommée **(Thompson et Gentry-Weeks, 1994).** La fructose-1,6-bisphosphate aldolase (FBA) est une enzyme clé présente dans tous les types d'homofermentation et est essentielle au fonctionnement de la voie **(Mozzi, 2010).**

7.1.2. La voie hétérofermentaire

Communément appelée voie des pentoses phosphates (transcétolase), elle se produit chez les espèces appartenant à la famille des *Lactobacillus* et chez les *Leuconostoc* **(Makhloufi,2011).**

Il existe d'autres types de fermentations, telles que la fermentation malolactique, moins connue, qui est principalement utilisée par *Oenococcus oeni* (*O. oeni*) pour la désacidification du vin **(Zaunmüller et al., 2006).**

7.2. Métabolisme du citrate

Le citrate est un intermédiaire clé du cycle des acides tricarboxyliques, jouant un rôle central dans le métabolisme énergétique et la synthèse des acides aminés. Certaines bactéries lactiques, comme *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* biovar *diacetylactis*, métabolisent le citrate en co-métabolisme avec le lactose, produisant du diacétyle, de l'acétoïne et du CO_2, ce qui améliore l'arôme et la texture des produits laitiers **(Bekhouche, 2006 ; Drider et Prévost,**

2009 ; Desmazeaud,983).

Le transport du citrate dans la cellule est assuré par une citrate perméase, une enzyme inductible. Toutefois, ce transport n'est pas induit par le citrate lui-même, mais par l'acidité issue du co-métabolisme lactose-citrate. Une fois dans la cellule, le citrate est converti en oxaloacétate et acétate, puis l'oxaloacétate est transformé en pyruvate et CO_2. Le pyruvate suit ensuite diverses voies métaboliques selon les conditions **(Desmazeaud, 1983 ; Konings et al., 1989 ; Lukač et al., 2001 ; Hugenholtz, 1993 ; Garcia-Quintans et al., 1998).** Le transport du citrate est plus actif en milieu acide, et il est couplé à l'expulsion du lactate, ce qui aide les cellules à résister au stress acide **(Axelsson, 2004 ; Raynaud, 2006).**

7.3. Métabolisme azoté

La protéolyse est le processus biochimique le plus important chez les bactéries lactiques. Elle est essentielle au développement de la saveur et de la texture des aliments fermentés. La dégradation des caséines par des enzymes (protéinases et peptidases) libère des peptides et des acides aminés, qui sont ensuite transformés en alcools, aldéhydes, acides et esters, contribuant aux arômes spécifiques des produits fermentés **(Benmouna, 2019).**

Trois grandes étapes peuvent être distinguées dans le processus de nutrition azotée :

1. La protéolyse extracellulaire : elle permet la dégradation des protéines en peptides plus petits.
2. Le transport des acides aminés et des peptides dans la bactérie.
3. La protéolyse intracellulaire : une fois à l'intérieur de la cellule, les acides aminés issus de la protéolyse peuvent être :
    - Utilisés directement pour la synthèse protéique ;
    - Catabolisés pour fournir de l'énergie à la bactérie ;

Transformés en molécules aromatiques telles que les aldéhydes, les acides et les alcools **(Kassas, 2017).**

Tableau 01 : Systèmes de transports d'acides aminés identifiés chez les BL **(Kassas, 2017).**

Transporteur (moteur énergétique)	Acides aminés transportés
	Alanine, Glycine
	Thréonine, Sérine
	Isoleucine, Leucine, Valine
	Tyrosine, Phénylalanine
	Méthionine
	Histidine
	Lysine
ABC-transporteur (hydrolyse de l'ATP)	Glutamine, Glutamate
	Asparagine
	Proline, glycin-bètaine
Antiport (gradient de concentration)	Arginine/Ornithine
	Glutamate/y-aminobutyrate

7.4. L'activité lipolytique

Les bactéries lactiques, bien qu'ayant une faible activité lipolytique comparée à d'autres bactéries, jouent un rôle important dans l'industrie laitière grâce à leur capacité à transformer les acides gras par diverses réactions (isomérisation, hydratation, déshydratation, saturation). Leur activité contribue à la saveur des produits laitiers fermentés **(Ogawa et al., 2005 ; Kalagridou-Vassiliadou, 1984).**

Les estérases de ces bactéries, comme celle de *Lactococcus lactis*, peuvent hydrolyser les matières grasses, surtout après une action préalable d'autres enzymes **(Holland et al., 2004).** Ces estérases présentent trois caractéristiques principales : •Elles préfèrent les esters à chaines courtes (C4-C6).

• Elles sont inhibées par des inhibiteurs des enzymes à sérine, indiquant leur appartenance à la famille des hydrolases.
• Elles sont généralement intracellulaires.

Ces enzymes jouent un rôle clé dans le développement de la flaveur des produits fermentés **(Atlan et al., 2008).**

Chapitre II

Activité antimicrobienne des bactéries lactiques

1. Les composés antibactériens produits par les bactéries lactiques

➢ Les acides organiques

Les principaux produits du métabolisme des bactéries lactiques sont des acides organiques, qui sont produits soit par la voie d'homofermentation, soit par la voie d'hétérofermentation **(Liu, 2003).**

Les principaux acides produits sont : l'acide lactique, l'acide acétique et l'acide propionique **(Zhitnitsky et al., 2017).** Ils provoquent un pH bas qui inhibe de nombreux micro-organismes **(Schnürer et Magnusson, 2005).**

L'effet inhibiteur de ces acides organiques est principalement provoqué par les molécules non dissociées, qui diffusent à travers les couches lipidiques des membranes des micro-organismes, provoquant ainsi un abaissement du pH dans le cytoplasme, ce qui a pour conséquence la déstabilisation des cellules **(Zhitnitsky et al., 2017).**

➢ Le peroxyde d'hydrogène

Le peroxyde d'hydrogène est, depuis longtemps, reconnu comme un agent majeur de l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques, en particulier celle des lactobacilles **(Price et Lee, 1970).**

Les bactéries lactiques ne possèdent pas de catalase typique contenant un noyau hème pour dégrader le peroxyde d'hydrogène en oxygène et en eau **(Dorti, 2008).** Il peut donc s'accumuler et être inhibiteur de différents micro-organismes par l'oxydation des lipides membranaires et la destruction des structures des protéines cellulaires **(Zalan et al., 2005).**

➢ Les acides gras

L'activité antimicrobienne des acides gras a été identifiée il y a plusieurs années. Les acides gras insaturés présentent une activité contre les bactéries Gram-positives, et l'activité antifongique des acides gras dépend de la concentration, de la composition et du pH du milieu **(Gould, 1991).**

➢ Dioxyde de carbone (CO_2)

Les bactéries lactiques hétérofermentaires produisent du dioxyde de carbone (CO_2) comme métabolite secondaire. L'accumulation de ce gaz dans le milieu extérieur entraîne des conditions anaérobies, ce qui peut être toxique pour les micro-organismes aérobies

présents dans les aliments. Cependant, à de faibles concentrations, le CO_2 peut également favoriser la croissance de certaines bactéries **(Singh, 2018).**

➢ Acétaldéhyde

À des concentrations allant de 10 à 100 ppm dans les produits laitiers, l'acétaldéhyde inhibe le développement de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et *E. coli* **(Desmazeaud M., 1992).**

➢ Bactériocines

Le terme « bactériocine » fut utilisé pour la première fois en 1964 par André Lwoff, médecin et biologiste français **(Dillenseger, 2019)**, qui les définit comme des protéines ou des complexes de protéines **(Dortu et Thonart, 2009 ; Xie et al., 2011).** Ces protéines biologiquement actives, codées par des gènes et synthétisées au niveau des ribosomes, sont sécrétées dans le milieu extracellulaire grâce à un système de transfert spécifique **(Khalil et al.,2009 ; Tabasco et al., 2009).**

Elles présentent une activité inhibitrice ciblant spécifiquement les bactéries phylogénétiquement proches de la souche qui les produit. Leur spectre d'action est généralement restreint.

Ces dernières années, elles ont fait l'objet de nombreuses recherches et sont désormais considérées comme l'une des meilleures solutions pour la biopréservation des aliments **(Deegan et al., 2006 ; Dortu et Thonart, 2009 ; Tamime et al., 2006).**

2. Fonctions et effets bénéfiques des bactéries lactiques

➢ Activité acidifiante

L'activité acidifiante des bactéries lactiques est une fonction métabolique essentielle. Elle provient de la conversion du lactose (ou d'autres sucres) en acides organiques, entraînant ainsi l'acidification du milieu. Cette acidification favorise la coagulation du lait et limite le développement des micro-organismes indésirables **(Montel et al., 2005 ; Corrieu et Luquet, 2008).**

- **Activité aromatisante**

Les bactéries lactiques peuvent produire de nombreux composés aromatiques, principalement à partir du lactose, du citrate, des acides aminés et des matières grasses **(Corrieu et Luquet, 2008).** *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* et *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* confèrent au lait fermenté un arôme caractéristique.

- **Propriétés texturantes**

Plusieurs bactéries lactiques peuvent produire des exopolysaccharides (EPS), des sucres complexes sécrétés à l'extérieur de leur paroi cellulaire. Ces EPS peuvent rester attachés à la cellule sous forme de capsule ou être libérés dans l'environnement sous forme de gomme. Cette capacité est surtout utilisée pour améliorer la texture et les qualités organoleptiques des produits laitiers fermentés **(Devoyod et Poullain, 1988).**

- **Effets sur le système immunitaire**

Des recherches suggèrent que les lactobacilles peuvent être utilisés pour la stimulation immunitaire, afin de renforcer les premières lignes de défense contre les agents pathogènes envahissants **(Yeuh et al., 2012).**

2.1 Bioconservation et biopréservation

2.1.1 Bioconservation des aliments

Les bactéries lactiques (LAB) jouent un rôle clé dans la transformation des aliments grâce à leurs propriétés technologiques et bénéfiques pour la santé. Elles améliorent la texture, la saveur et la valeur nutritive des aliments tout en prolongeant leur conservation. Cette action est due à la production de composés comme l'acide lactique, les vitamines, les exopolysaccharides et surtout les bactériocines, qui inhibent les micro-organismes indésirables. Ces propriétés expliquent leur large utilisation dans l'industrie agroalimentaire **(Yulma et al., 2024).**

2.1.2 Biopréservation des aliments

Les additifs chimiques, comme les nitrites ou les acides organiques, sont souvent utilisés pour conserver les aliments. Toutefois, les bactéries lactiques représentent une alternative naturelle efficace grâce à leur activité antimicrobienne, permettant de limiter les contaminations microbiennes **(Lucke,2000).**

Les bactéries lactiques produisent plusieurs substances antimicrobiennes, comme des acides organiques, du dioxyde de carbone, du peroxyde d'hydrogène, du diacétyle, de

l'éthanol et des bactériocines. Par exemple, l'acide acétique améliore l'arôme des aliments tout en empêchant la contamination des levains par les moisissures **(Messens et De Vuyst, 2002).**

Les bactéries lactiques (BL) se distinguent par leur capacité à produire des bactériocines, des peptides antimicrobiens qui contribuent à la conservation des aliments. Cette production sur place renforce à la fois la compétitivité des souches productrices et l'efficacité des méthodes de biopréservation **(Vogel et al., 1993 ; Ross et al., 2000).**

3. L'intérêt des bactéries lactiques sur la santé

Les bactéries lactiques sont utilisées dans de nombreux secteurs d'activité, notamment dans l'agriculture, la santé et l'industrie agroalimentaire **(Stiles et Holzapfel, 1997).** En tant que probiotiques **(Yateem et al., 2008),** leur importance pour la santé humaine a été proposée pour la première fois au début du XX^{e} siècle, en 1907, par le scientifique russe Metchnikoff **(Metchnikoff, 1907).**

En 2001, un comité d'experts de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a défini les probiotiques comme des micro-organismes vivants qui, lorsqu'ils sont administrés en quantité adéquate, ont un effet bénéfique sur la santé de l'hôte **(Shehata et al., 2016).**

Les bactéries lactiques participent au contrôle des infections intestinales **(Herich et Levkut,2002).**

Uehara et al. (2006) ont démontré la capacité des souches de *Lactobacillus crispatus*, utilisées sous forme de suppositoires, à prévenir la colonisation vaginale par des bactéries et à éliminer les agents pathogènes.

D'autres auteurs ont mentionné leur capacité à réduire les allergies alimentaires grâce à leur activité protéolytique **(El-Ghaish et al., 2011).**

Jiang et al. (1996) ont démontré que la consommation de lait contenant des souches de *Bifidobacterium longum* réduit les symptômes de malabsorption du lactose chez l'homme, en raison d'une sécrétion accrue de bêta-galactosidase.

Les bactéries les plus couramment utilisées comme probiotiques sont *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* **(Khan et Ansari, 2007).**

4. Effet inhibiteur des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques (LAB) inhibent la croissance d'un large éventail d'agents pathogènes intestinaux chez l'homme et l'animal, tels que *Lactobacillus, Streptococcus thermophilus* et les *Bifidobactéries* **(P.D. Mldolo et al., 1995).**

Elles produisent de nombreux métabolites aux propriétés antimicrobiennes, tels que les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène, le dioxyde de carbone, la reutérine, le diacétyle et les bactériocines **(Rodgers, 2001)**, ainsi que des composés antifongiques **(Lavermicocca et al., 2000).**

Chapitre III
Lait de vache et de chèvre

1. Définition du lait

Le lait a été défini en 1908 lors du Congrès international pour la répression de la falsification à Genève comme « le produit intégral de la traite complète et continue d'une femelle laitière saine, nourrie et non stressée. Le lait doit être collecté de manière propre et ne doit pas contenir de colostrum » **(Pougeon, 2001).**

D'après **Aboutayeb (2009)**, le lait est un liquide comestible, de couleur blanchâtre à jaunâtre, opaque, de saveur légèrement sucrée, de densité supérieure à celle de l'eau, avec une odeur peu marquée mais reconnaissable.

Le lait est un élément essentiel de l'alimentation humaine. C'est une source très importante de calcium, de phosphore, de riboflavine, de vitamine B12 et de protéines de haute qualité, bien qu'il ne couvre pas à lui seul tous les besoins nutritionnels de l'être humain **(Kaan et al., 2007).**

2 Définition du lait de chèvre

Le lait de chèvre est le liquide sécrété par la mamelle des chèvres femelles de diverses espèces. Il est composé de différents éléments nutritionnels tels que l'eau, les graisses, les protéines, le lactose, les vitamines et les minéraux **(Heinlein, 2004).**

Il est reconnu pour contenir moins de lactose que le lait de vache, ce qui facilite sa digestion chez les personnes intolérantes au lactose. De plus, le lait de chèvre présente un taux d'acidité plus élevé, ce qui aide à maintenir l'acidité naturelle du corps et agit comme un puissant antioxydant **(Singh, Sharma et al., 2015).**

Il est moins allergène et subit plus lentement la fermentation lactique que le lait de vache. Le lait de chèvre est un aliment de grande importance à l'échelle mondiale. Il contribue largement à l'alimentation humaine dans les pays en développement **(Wehrmüller et Ryffel, 2007).**

2.1 Les compositions du lait de chèvre

Les compositions du lait de chèvre, de vache et de femme varient **(Park et al., 2007)**, mais elles dépendent du régime alimentaire, de la race, de l'individu, du vêlage, de la

saison, de l'alimentation, de la gestion, des conditions environnementales, de l'emplacement, du stade de lactation et de l'état de santé de la mamelle **(Alok et al., 2016).**

Le lait de chèvre contient divers nutriments utiles et importants pour les petits ruminants ainsi que pour les humains **(Getaneh et al., 2016).**

- **L'eau**

L'eau est le constituant le plus important du lait **(FAO, 2002)**, et elle rend le milieu très favorable au développement des micro-organismes. L'eau liée est fortement associée aux protéines, à la membrane des globules gras et à certains sels minéraux ; elle n'est pas affectée par les procédés classiques de transformation et n'intervient pas dans les réactions chimiques, physiques ou enzymatiques **(Vignola et al., 2002)**.

- **La matière grasse**

La matière grasse existe dans le lait sous forme de globules gras **(Jeantet et al., 2017)**, dont le diamètre varie de 0,1 à 10 µm **(Bylund, 1995).**

La matière grasse du lait de chèvre ne contient pas de caroténoïdes, ce qui explique sa couleur plus blanche **(Thomas et al., 2008).**

Elle est également plus facile à digérer que la matière grasse du lait de vache **(Chilliard et al., 2000).**

Tableau 02 : Composition en lipides de laits de chèvre **(Chilliard, 1996).**

Composition	Triglycérides	Glycérides partielles	Cholestérol	Phospholipides	Acides gras libres
%	95	3	0.4	1	0.6

- ## Les protéines

Le pourcentage de protéines dans le lait de chèvre varie en fonction de divers facteurs, tels que l'âge de l'animal et le type d'alimentation utilisé pour la production **(Haenlein, 2004).**

Les caséines sont les protéines les plus présentes dans le lait de chèvre **(Lopez-Aliaga et al., 2010)**, et elles jouent un rôle technologique très recherché **(Chandan et al., 1992).**

La fraction d'azote non protéique dans le lait de chèvre représente, comme dans le lait de femme, une proportion bien plus élevée que dans le lait de vache **(Daviou et al., 2000).**

Tableau 03 : composition moyenne en g/l et distribution des protéines dans le lait de chèvre **(Jouan, 2002).**

Protéines	Concentration g/l
Total des protéines solubles (22%)	7,5
α lactabumine	2,0
β lactoglobuline	4,4
Albumine sérique	0,6
Immunoglobulines	0,5
Total des caséines (71%)	24,3
Caséine α-S1	3,5
Caséine α-S2	4,8
Caséine α	3,4
Caséine β	12,6
Azote non protéique (7%)	2,3
Protides totaux	34,1

- ## Le lactose

Le lactose est le sucre spécifique du lait, constitué d'un galactose et d'un glucose **(Rober froid, 2001).**

Il est dégradé dans le tube digestif en glucose et galactose en présence de la lactase intestinale **(Morrissey et al., 1995).**

La fraction de lactose est variable : elle est estimée à 2,63 % selon **(Amroun et Zerrouki 2014)** et à 4,07 % selon **(Mukhekar et al.2017).**

D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose issus de l'hydrolyse, ainsi que certains glucides combinés aux protéines **(Raynal et Remeuf, 2000).**

- **Les vitamines**

Les vitamines sont des molécules sensibles qui ne peuvent être apportées que par l'alimentation **(Pougeon, 2001).** Le lait constitue un complément vitaminique important pour la nutrition **(Jouhannet, 1992).**

Le lait de chèvre tire entièrement sa teneur en vitamine A de la vitamine elle-même, car il est totalement dépourvu des pigments caroténoïdes primaires caractéristiques du lait de vache. Cela explique également pourquoi le lait de chèvre et la matière grasse qu'il contient sont plus blancs que ceux du lait de vache, en raison de la teneur plus élevée en caséine **(Getaneh et al., 2016).**

Le tableau 04 regroupe les données concernant les vitamines hydro et liposolubles.

Tableau 04 : Teneur en vitamines du lait de chèvre (g/l) **(FAO, 2002).**

Vitamines	Concentration g/l
Vitamine A	0,24
ß-carotènes	<0,10
Vitamine E	2 ,3
Vitamine C	4,20
Vitamine B1	0,41
Vitamine B2	1,38
Vitamine B6	0,60
Vitamine B12	0,0008
Acide nicotinique	3,28
Acide folique	0,006

- **Les enzymes**

Les enzymes sont définies comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques **(Pougeon, 2001).**

Les enzymes du lait de chèvre sont principalement des estérases, c'est-à-dire des lipases, de la phosphatase alcaline et des protéases. Il est important de noter que le lait de chèvre contient trois fois moins de phosphatase alcaline que le lait de vache **(Vignola, 2002).**

- **Les minéraux**

Le lait de chèvre est le type de lait le plus riche en calcium, potassium, phosphore et magnésium **(Vanwarbeck, 2008).**

Il contient environ 134 mg de calcium et 121 mg de phosphore pour 100 g de lait, et peut contenir jusqu'à 13 % de calcium en plus que le lait de vache **(Park et al., 2007).**

Cependant, le lait de chèvre ne peut couvrir à lui seul tous les besoins journaliers en minéraux, notamment en fer **(Desjeux, 1993).**

Tableau 05 : Composition minérale moyenne du lait caprin **(Meschy, 2002).**

Éléments majeurs	G/l
Calcium	1,26
Phosphor	0,97
potassium	1,90
Sodium	0,38
Magnesium	0,11
Chlore	1,10
Oligo-éléments	Mg/l
Zinc	3,80
Fer	0,46
Cuivre	0,22
Manganèse	0,07
Sélénium	0,02

2.2 Caractéristiques du lait de chèvre

2.2.1 Les critères organoleptiques

- Couleur **:** En raison de l'absence de caroténoïdes, le lait de chèvre est plus blanc que le lait de vache **(Zeller, 2005 ; Jooyandeh et Abroumand, 2010).**
- Odeur **:** Le lait de chèvre frais a une odeur neutre **(Jaubert, 1997 ; Morgnan et al., 2001)**.
- Saveur **:** Il se caractérise par une flaveur particulière et un goût plus relevé que celui du lait de vache **(Zeller, 2005)**. Cette saveur est due à certains acides gras libres **(Jaubert, 2001)** et est intensifiée par la dégradation des graisses **(Jaubert, 1997)**.

2.2.2 Les caractères physico-chimiques

- **PH**

Le pH se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 **(Remeuf et al., 1989).** En général, le pH mesure la concentration en ions H^+. Les valeurs du pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines **(Amiot et al., 2002).**

- **Densité**

La densité du lait de chèvre est relativement stable **(Veinglou et al., 1982).** D'après la littérature, il ressort que la densité du lait de chèvre cru varie de 1,027 g/cm³ à 1,029 g/cm³, et elle est similaire à celle du lait de vache **(Dmytrów et al., 2010).** Toutefois, il faut noter que cette densité est influencée par deux facteurs : la teneur en matières grasses ainsi que la teneur en matière sèche **(Jouhannet, 1992).**

- **Acidité**

L'acidité du lait de chèvre reste assez stable durant la lactation. Elle oscille entre 0,16 et 0,17 % d'acide lactique **(Veinglou et al.,1982).**

L'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait, et elle ne peut résulter que d'un développement conséquent de la flore lactique, influencé par le jeu combiné de l'élévation de la température et de la durée de conservation du lait **(Mahieddine et al., 2017).**

2.2.3 Les caractéristiques microbiologiques

- **Flore originelle**

Lorsque le lait sort de la mamelle, il est pratiquement stérile. Il est protégé par des substances inhibitrices appelées lactinines, qui ont une activité limitée dans le temps (environ une heure après la traite), à condition qu'il soit collecté dans de bonnes conditions sur un animal sain. Le nombre de micro-organismes est alors inférieur à 10^3/ml **(Guiraud, 2012).**

Le lait contient relativement peu de micro-organismes lorsqu'il est sécrété. Il s'agit principalement de microcoques, de streptocoques lactiques et de lactobacilles **(Guiraud, 2003)**.

- ## Flore contaminante

Tous les micro-organismes ajoutés au lait après sa sortie de la mamelle constituent une flore contaminante, qui peut altérer le lait et provoquer des maladies. La contamination dans l'étable est particulièrement significative **(Vignola, 2002).**

- **Flore d'altération**

Il s'agit de micro-organismes qui contaminent le lait depuis la traite jusqu'à sa consommation, sauf s'il est consommé cru. Ils provoquent une dégradation de la qualité organoleptique du produit au niveau du goût, de l'arôme, de l'apparence ou de la texture, et contribuent à réduire sa durée de conservation **(Mami, 2013).**

- **Flore pathogène**

La flore pathogène fait partie de la flore contaminante du lait. Elle provient de diverses sources animales, environnementales et humaines, et peut entraîner l'apparition de troubles plus ou moins graves chez le consommateur **(Kabir, 2015).**

Les principaux micro-organismes pathogènes rencontrés dans les produits laitiers et les fromages sont *Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus* producteurs d'entérotoxines, *Salmonella* spp. Et *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC) **(Zagorec et al., 2013).**

3. Définition du lait de vache

Le lait de vache est une source riche et bon marché de protéines et de calcium, ainsi qu'un aliment précieux pour la santé. La consommation de produits laitiers entiers ne semble pas entraîner de changements importants dans les facteurs de risque des maladies cardiovasculaires **(Szajewska H., Shamir R., 2013).**

3.1 Composition du lait de vache

La composition physico-chimique du lait varie en fonction de nombreux facteurs zoologiques et d'élevage, tels que l'espèce, la race, le stade de lactation, les conditions environnementales et l'alimentation **(Caroli et al., 2009 ; Kalaç et Samková, 2010).**

- **Eau**

L'eau constitue environ 81 à 87 % du volume du lait, selon la race. Elle est présente sous deux formes : l'eau libre, qui représente 96 % de l'eau totale, et l'eau liée à la matière sèche, représentant les 4 % restants. L'eau est le constituant le plus important du lait **(Ramet, 1985).**

- **Glucides**

Le lactose est le principal glucide du lait, représentant environ 99 % des glucides totaux dans le lait des monogastriques. Sa teneur est relativement stable, se situant entre 48 et 50 g/L dans le lait de vache .

Le lactose est un sucre spécifique au lait, synthétisé dans la glande mammaire à partir du glucose sanguin capté par la mamelle **(Mathieu, 1999 ; Hoden et Coulon, 1991).**

- **Matière grasse**

La matière grasse du lait est présente sous forme de globules de diamètre variant de 0,1 à 10 μm. Elle est principalement composée de triglycérides, qui constituent environ 98 % de sa composition. Ces lipides fournissent environ la moitié de l'apport énergétique du lait de vache **(Jeantet et al., 2008).**

- **Minéraux**

Le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux sont : le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium pour les cations, ainsi que le phosphate **(Gaucheron, 2004).**

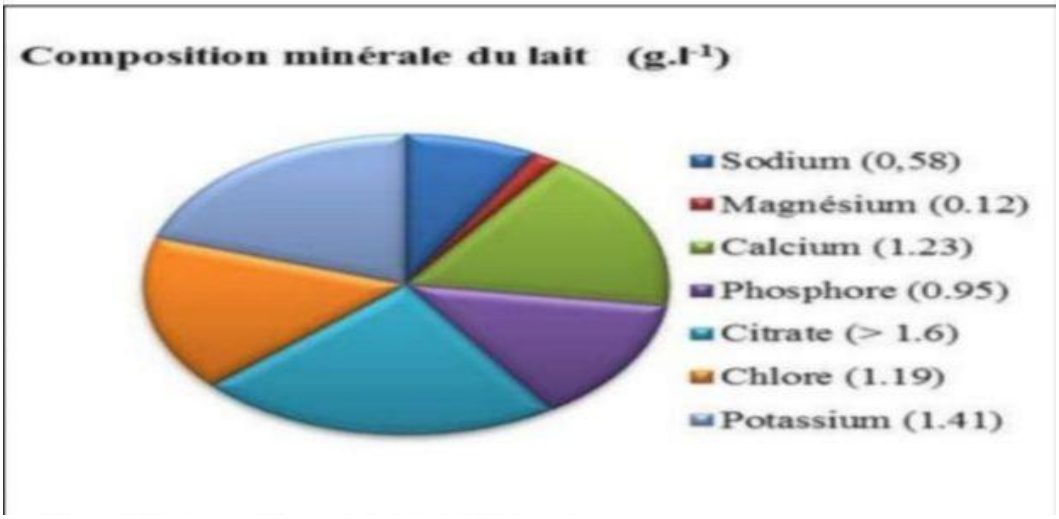


Figure 05 : Composition minérale du lait de vache **(Gaucheron, 2004).**

- **Protéines**

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes, et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers **(Amiot, 2002).**

Dans le lait de vache, les caséines (alpha, bêta, kappa, gamma) représentent 80 %, suivies des protéines lactosérique (α-lactalbumine, β-lactoglobuline, sérum-albumine, immunoglobulines).

Le lait de vache contient entre 3,2 % et 3,5 % de protéines, réparties en deux fractions distinctes :

- Les caséines, qui précipitent à pH 4,6, représentent 80 % des protéines totales.
- Les protéines sériques, solubles à pH 4,6, représentent 20 % des protéines totales **(Jeantet R.C.T., 2007).**

- **Lactose**

Le lactose est le glucide, ou hydrate de carbone, le plus important du lait, puisqu'il constitue environ 40 % des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose, issus de l'hydrolyse du lactose. En outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines. Ainsi, le lait contient près de 4,8 % de lactose **(Vignola, 2002).**

- **Enzymes**

Les enzymes sont définies comme des substances organiques de nature protéique, produites par des cellules ou des organismes vivants, et agissant comme catalyseurs dans

les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été identifiées dans le lait, dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se trouve dans la membrane des globules gras, mais le lait contient également de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes **(Pougheon, 2001).**

- ## Vitamines

Selon **Vignola (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie, puisqu'elles interviennent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges au niveau des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. On distingue, d'une part, les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C), présentes en quantités constantes, et, d'autre part, les vitamines liposolubles (A, D, E et K) **(Jeantet R.C.T., 2008).**

Tableau 06 : composition moyenne du lait cru **(Amiot J., 2002).**

Vitamines	Teneur moyenne µg/ 100m
Vitamine A (+carotènes)	40
Vitamine D	2,4
Vitamine E	100
Vitamine K	5
Vitamine C (acide ascorbique)	2
Vitamine B1 (thiamine)	45
Vitamine B2 (riboflavine)	175
Vitamine B6 (pyridoxine)	50
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0,45
Niacine et niacinamide	90
Acide pantothénique	350
Acide folique	5,5
Vitamine H (biotine)	3,5

3.2 Caractéristiques du lait de vache

3.2.1 Les critères organoleptiques

- Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, due en grande partie à la matière grasse et aux pigments de carotène. La vache transforme le β-carotène en vitamine A, qui passe directement dans le lait **(Frédot, 2005 ; Reumont P., 2009).**

- Odeur

Selon **Vierling E. (2003)**, l'odeur du lait est caractéristique en raison de la matière grasse qu'il contient, laquelle fixe l'ensemble des odeurs animales. Elle est également influencée par l'ambiance de la traite et par l'alimentation.

- Saveur

La saveur du lait frais et normal est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et légèrement piquante.

Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) présentent un goût légèrement différent de celui du lait cru.

Les laits de rétention et ceux provenant de vaches atteintes de mammite ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est parfois de même pour le colostrum. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes ou fourrages ensilés peut transmettre au lait des saveurs anormales, en particulier un goût amer. Cette saveur amère peut également apparaître à la suite de la prolifération de certains germes d'origine extra-mammaire **(Vuillaume et Thieulin, 1967).**

3.2.2 Les critères physico-chimiques

- **PH**

Le pH du lait de vache normal est de l'ordre de 6,7. Le milieu aqueux contient alors plus d'ions H_3O^+ que d'ions OH^- **(Jaque, 1998).**

- **Densité**

La densité du lait à 15 °C varie de 1,028 à 1,035, avec une moyenne de 1,032. Chaque constituant influence cette densité, la matière grasse étant le seul constituant ayant une densité inférieure à 1 **(Vignola, 2002).**

3.2.3 Les caractéristiques microbiologiques

- **Flore originelle**

Le lait contient peu de micro-organismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes/ml).
Il s'agit essentiellement de germes saprophytes présents sur le pis et dans les canaux galactophores : microcoques, streptocoques lactiques, lactobacilles.

Des germes pathogènes, dangereux sur le plan sanitaire, peuvent être présents lorsque le lait provient d'un animal malade (*Streptococcus pyogenes, corynébactéries pyogènes, staphylocoques*) **(Guiraud J.P., 2003).**

- **La flore de contamination**

Il s'agit d'un ensemble de micro-organismes qui contaminent le lait depuis la traite jusqu'à la consommation, y compris une flore pathogène présentant un danger du point de vue sanitaire.
Le lait peut être contaminé par des microbes d'origines diverses :

- Fèces et téguments de l'animal
- Sol
- Litières et aliments
- Air et eau
- Équipements de traite et de stockage du lait
- Manipulateurs
- Contamination du lait cru au stade de la production
- Contamination par l'animal
- Contamination au cours de la traite
- Contamination pendant le transport **(Vignola, 2002).**

- **La flore d'altération**

a. Les coliformes

D'origine fécale, leur développement optimal se situe à une température de 37 °C. Leur présence traduit souvent une mauvaise hygiène lors de la traite et des autres manipulations du lait. Ces bactéries sont généralement lactiques et hétérofermentaires ;

elles peuvent provoquer un gonflement précoce des produits laitiers, notamment les fromages.

b. Les moisissures

Les moisissures sont des champignons microscopiques très aérobies, capables de se développer dans le lait et les produits laitiers, quel que soit le pH. Elles jouent un rôle bénéfique en agroalimentaire (ex. : fromages, fermentation), en particulier les genres *Penicillium* et *Aspergillus*. Cependant, certaines moisissures peuvent produire des mycotoxines toxiques, comme l'aflatoxine M1 (sécrétée par *Aspergillus flavus*), qui résiste à la pasteurisation et possède des effets hépatotoxiques et cancérigènes **(Billa delle, 1974 ; Wiseman & Applebaum T., 1983).**

- **Flore pathogène**

Le lait cru et ses produits dérivés peuvent contenir des bactéries pathogènes, principalement mésophiles. Les plus courantes sont : *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp, Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes* D'autres micro-organismes potentiellement dangereux peuvent également être présents, notamment : *Clostridium perfringens, Campylobacter jejuni, Yersinia enterocolitica ,Clostridium botulinum, Shigella sonnei, Bacillus cereus* **(Conte, 2008 ; Hermier et al., 2009).**

Partie Expérimentale

Chapitre I

Matériels et méthodes

Présentation du lieu de travail

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire d'hygiène de Aïn El Djarda et du laboratoire de l'Université de Médéa, Yahia Farés.

Objectif du travail

Cette étude porte sur l'isolement des bactéries lactiques capables de produire des substances antimicrobiennes, ainsi que sur l'évaluation de leur pouvoir inhibiteur contre certaines bactéries pathogènes.

1.Matériel

1.1 Matériel non biologique

Le matériel, les milieux de culture, d'isolement et d'identification, ainsi que les réactifs utilisés, sont cités dans le tableau 7

Tableau 07 : Matériel et milieux de culture.

Appareils et Matériel	Petit Matériel	Milieux d'isolement et D'identification et Réactifs
Bain Marie	Tubes à essai	L'Eau Oxygénée(H2o2)
Balance	Boîtes De Pétri	L'Eau Physiologique Stérile
Autoclave	Pipettes Graduées (10ml)	Les Réactifs De La Coloration De Gram 'Cristal Violet, Lugol, L'alcool 95%Et La Fuchsine'
PH mètre	Pipettes Pasteurs	Eau Distillée
Plaques Chauffantes	MicropipettesA100µlEt 1000µl	Bouillon MRS
Vortex	Portoirs	Disques D'oxydase
Réfrigérateur	Bec Bunsen	Disques D'antibiotique
Densimètre	Ecouvillons Stériles	Disques Vairege
Microscope Optique	Embouts Stériles	Gélose MRS
	Anse De Platine	Gélose Nutritive
Etuves (37°C Et 44°C)	Entonnoirs	Muller Hinton
La loupe	Flacons	
Dessiccateur	Béchers	
	Lames	
	Erlenmeyer	
	Pissette	

1.2 Matériel biologique

Le lait utilisé dans notre étude est du lait cru de vache et de chèvre. Les différents échantillons de lait cru ont été collectés à partir d'élevages situés dans différentes régions de Médéa (Tableau 08), durant le mois de février 2025.

Deux échantillons ont été prélevés directement à partir de la mamelle. Ils proviennent de deux régions différentes de la wilaya de Médéa.

Tableau 08 : L'heure et la période de prélèvement des différents échantillons de lait de vache et de chèvre à Médéa sont différentes.

		Heuer de prélèvement	Région	Couleur	Race	Age (Ans)	La quantité prélevée (ml)
Caprin1	Ech1	7 :50	Ben chkaou	Blanc	Suisse	3	180 Ml
Bovin 1	Ech2	8 :00	Al- kouala	Blancet rouge	Montbéliarde	5	180 Ml

❖ Souches pathogènes

Pour les tests d'activité antibactérienne, nous avons choisi 4 souches pathogènes. Celles-ci ont été fournies par le laboratoire d'hygiène de Aïn El Jarda (Tableau 09).

Tableau 09 : Les souches pathogènes utilisées.

Souches pathogènes	ATCC
Escherichia coli	25922
Staphylococcus aureus	*25923*
Klebsiella pneumoniae	700603
Pseudomonas aeruginosa	27853

1.Méthodes

2.1 Prélèvement des échantillons

Conditions de prélèvement

➢ Les échantillons ont été prélevés aseptiquement, Le lait est prélevé directement de la mamelle.

En suivant les précautions suivantes :

 Avant la traite, il faut nettoyer l'extérieur de la mamelle avec un tissu préalablement imbibé d'une solution désinfectante, puis sécher la mamelle.

 Les premières gouttes de lait sont rejetées, car elles contiennent généralement un nombre plus élevé de germes.

 Avant la traite, il est nécessaire de bien se laver les mains et de bien les sécher (**Bouchibane M.2023).**

2.2 Isolement et purification des bactéries lactiques

- **Préparation des dilutions décimales**

La dilution est un procédé visant à diminuer la concentration d'une substance dans une solution. Pour ce faire, 1 ml de l'échantillon est déposé dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile (10^{-1}). Ensuite, le mélange est soumis à une agitation à l'aide d'un vortex, et des dilutions décimales sont effectuées en série jusqu'à atteindre une dilution de 10^{-6}.

Les semis sont effectués en surface, sur un milieu MRS (pH 6,5), en employant les dilutions décimales les plus récentes (10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}), obtenues à partir de la suspension mère de l'échantillon original **(De Man et al., 1960).**

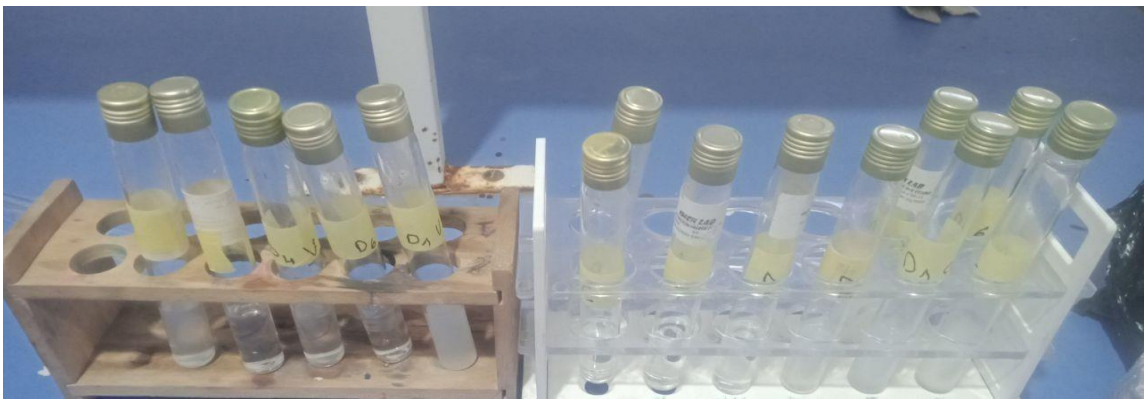


Figure 06 : Préparation des dilutions.

- ## Mise en culture

La procédure consiste à distribuer 1 ml de chaque dilution dans des boîtes de Pétri, à raison de trois boîtes par dilution, puis à effectuer un ensemencement en surface à l'aide d'un râteau stérile sur un milieu MRS**. (Badis et al., 2005).**

Les boîtes de Pétri sont ensuite incubées à 37 °C, pendant une durée de 48 à 72 heures, dans des conditions anaérobies, sur un milieu MRS.

- ## Recherche sur la catalase

La recherche de cette enzyme a été réalisée en plaçant une colonie à analyser sur une lame contenant une goutte d'eau oxygénée (10 volumes). L'apparition de bulles de gaz indique la présence de catalase **(Idoui et al., 2009).**



Figure07 : Test catalase et Oxydase.

- ## Teste oxydase

Le test consiste à placer une colonie à examiner sur un disque OX chargé du réactif tétraméthyl-p-phenylenediamine dihydrochloride. Après 2 à 3 minutes, l'apparition d'une couleur violette indique un résultat positif.

2.3 Purification des isolats des bactéries lactiques

Les isolats identifiés comme catalase négative, oxydase négative, Gram positif et présentant une morphologie distincte (taille, forme, couleur) ont été choisis et purifiés par repiquages successifs sur des bouillons MRS, suivis d'un ensemencement en stries sur les géloses de ces mêmes milieux d'isolement, avec une incubation à 37 °C pendant 48 heures, jusqu'à l'apparition de colonies pures.

2.4 Conservation des isolats

Tous les isolats présumés comme bactéries lactiques (Gram positif, catalase négative et non sporulées) sont conservés.

- **Conservation a courte durée**

Les bactéries ont été conservées dans des tubes de gélose MRS inclinés. Après avoir été maintenues à 37 °C pendant deux jours, les tubes sont stockés à une température de +4 °C pour une durée allant de deux semaines à un mois **(Bennai et Temine, 2017).**

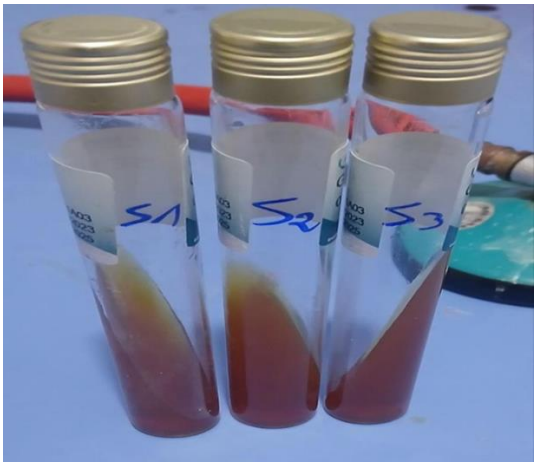


Figure 08 : concervation

2.5 Pré identification des bactéries lactiques

La pré-identification des souches purifiées chez les bactéries lactiques se base sur des caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques (forme, coloration de Gram, catalase, croissance **à** Diverses températures, sensibilité au NaCl, fermentation des sucres **(Lairini et al., 2014).**

2.5.1 Critères morphologiques

- **Examen macroscopique :** Consiste à étudier la forme, l'aspect, le contour, la surface et la couleur des colonies sur le milieu MRS.

- **Etude microscopique :** L'examen au microscope permet d'identifier certaines caractéristiques morphologiques et organisationnelles des bactéries : s'agit-il de coques ou de bacilles, disposés en chaînes ou isolément, bactéries Gram-positives ou Gram-négatives (Singleton, 1999) ? Ces caractères sont identifiés en utilisant la technique de coloration de Gram.

2.5.2 Critères physiologiques

❖ Effet de NaCl

Le test sert à évaluer la résistance des souches face au stress salin **(Samelis et al., 1994)**. Pour chaque souche, quatre tubes stériles contenant 5 ml de bouillon MRS, avec des concentrations de NaCl de 2 %, 4 % et 6,5 %, ont été inoculés avec une colonie de bactéries lactiques, puis incubés à une température de 37 °C pendant une durée de 48 heures.

La croissance de ces bactéries se manifeste par un trouble du milieu, en comparaison avec un tube témoin non ensemencé **(Guiraud, 2003).**

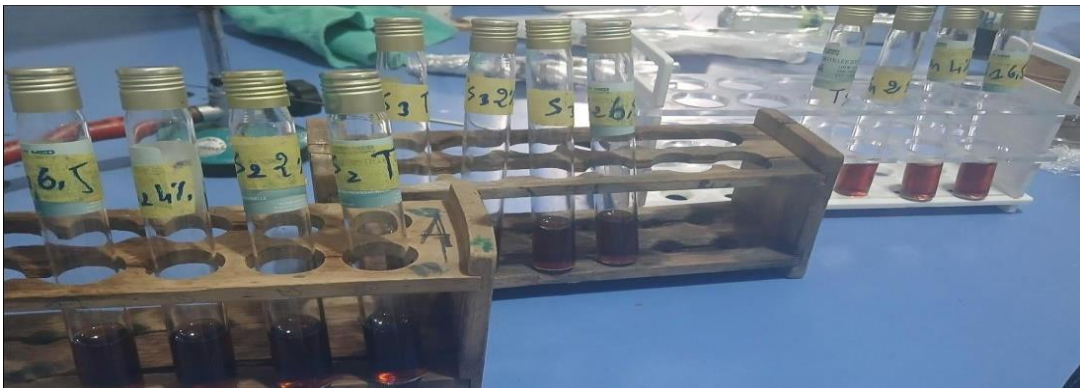


Figure09 : effet de NaCl**.**

❖ Test des températures de croissance

Ce test est important, car il permet de distinguer les bactéries lactiques mésophiles des bactéries lactiques thermophiles. Après inoculation de bouillon MRS par les cultures pures, les tubes sont incubés pendant 48 h aux températures suivantes : 30 °C, 37 °C et 45 °C. Au bout de ce délai, la croissance est appréciée par examen des milieux. Les bactéries thermophiles poussent à 45 °C, tandis que les bactéries mésophiles ne se développent pas **(Bouricha, 2018).**

❖ **Test de thermorésistante**

Des tubes remplis de bouillon MRS sont inoculés avec les souches isolées, puis placés dans un bain-marie à 60 °C pendant 10 minutes. Après un refroidissement rapide, ils sont incubés à 37 °C pendant une durée allant de 48 à 72 heures. Un trouble est l'indication d'un résultat positif **(Boudjaib, 2013)**

❖ **Effet de PH**

Une série d'expérimentations a été effectuée sur le milieu MRS liquide à un pH de 4 et 9,6, en incubant à 37 °C pendant une durée de 24 heures (voir figure 10). Suite à la période d'incubation, l'apparition d'un trouble indique la prolifération bactérienne **(Badis et al., 2005).**



Figure10 : effet de PH (4et9,6)

2.5.3 Caractères biochimiques

❖ Teste mannitol

Ce test, réalisé sur milieu mannitol-mobilité, permet de rechercher la fermentation du mannitol et de vérifier la mobilité du germe. 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.

• Technique

À l'aide d'une anse de platine, le milieu mannitol-mobilité est ensemencé par piqûre centrale et incubé à 37 °C pendant 24 heures **(ZERGOUG A 2017).**

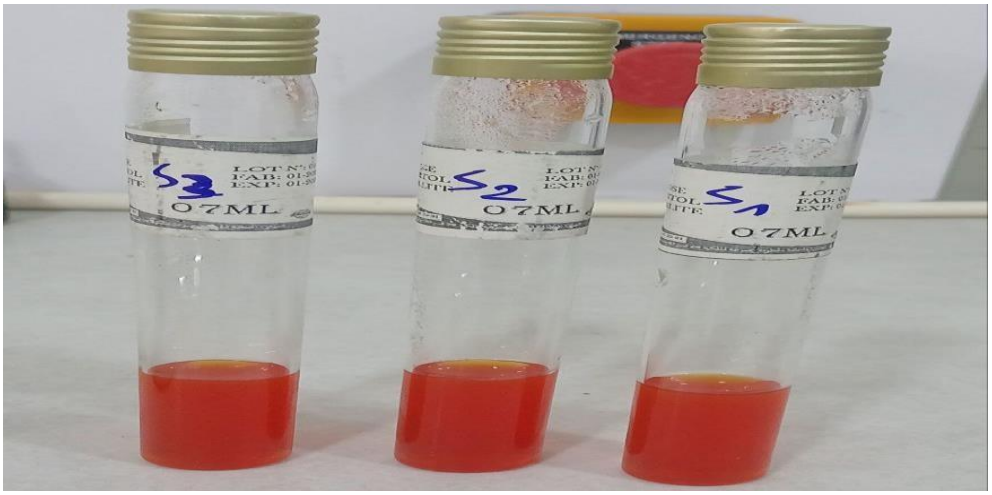


Figure11 : test mannitol

2.6 Caractéristiques technologiques des isolats

2.6.1 Etude de l'activité protéolytique des souches

La protéolyse est l'un des processus biochimiques les plus importants impliqués dans la fabrication de nombreux produits laitiers fermentés. La production de protéinases extracellulaires est une propriété essentielle des bactéries lactiques. Ces enzymes hydrolysent les protéines du lait, libérant les acides aminés nécessaires à la croissance. On sait que le système protéolytique des bactéries lactiques décompose les protéines et, de ce fait, modifie la consistance, le goût et les parfums des produits fermentés **(El-Ghaish et al., 2011).** Pour déterminer l'activité protéolytique des bactéries lactiques, la gélose MRS additionnée de lait écrémé à 10 % a été coulée, solidifiée et séchée. Ensuite, des disques de papier Whatman stérile ont été déposés en surface de la gélose. Chaque disque reçoit un volume de 20 µl d'une culture jeune (figure 21). Après **(Boulouf, 2016).**

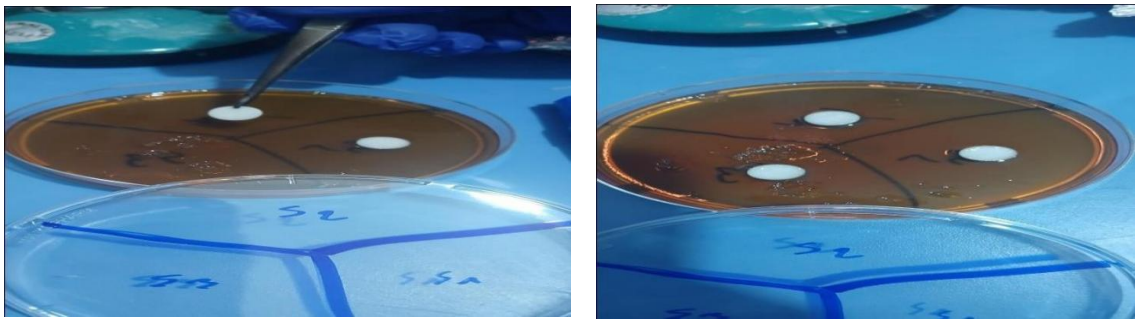


Figure 12 : l'activité protéolytique**.**

3 Etude d'activité antibactérienne des souche (BL)

La méthode des disques, décrite par **(Tadesse et al., 2004)**, a été consacrée à tester l'activité inhibitrice des souches lactiques à l'aide des souches de référence. Elle consiste à inonder en surface du milieu Mueller-Hinton les souches de référence d'une absorbance variant entre 0,08 et 0,1, et incubées pendant 30 minutes à 37 °C. À la surface de la gélose, des disques stériles de 5 mm sont déposés et reçoivent 10 µl de la culture lactique jeune. Ensuite, les boîtes sont incubées à 4 °C pendant 4 h, suivies par une incubation à 37 °C pendant 24 h. L'activité antibactérienne se révèle par l'apparition de zones claires autour des disques. Le diamètre de la zone d'inhibition est calculé à partir des bordures de la zone, comprenant le diamètre du disque.

4 Antibiogramme des bactéries pathogènes

L'antibiogramme permet d'étudier la sensibilité des souches à tester vis-à-vis des antibiotiques. Cette sensibilité a été testée par la méthode de diffusion (méthode des disques) préconisée par le CLSI (*Clinical Laboratory Standards Institute*) sur milieu Müller-Hinton en utilisant plusieurs antibiotiques. Les boîtes sont ensemencées par une suspension bactérienne préparée dans de l'eau physiologique stérile à partir d'une culture jeune de 18 heures et pure, sur un milieu d'isolement approprié. La densité de l'inoculum est ajustée avec une suspension calibrée à 0,5 McFarlane ou à une D.O. de 0,08 à 0,10 lue à 625 nm, contenant environ 10^8 bactéries par ml.

L'ensemencement est réalisé sur gélose Müller-Hinton par écouvillonnage, sur laquelle sont disposés les disques d'antibiotiques. Les boîtes sont laissées sur la paillasse pendant 15 minutes. L'incubation s'effectue à 37 °C pendant 24 heures. La lecture des résultats s'effectue par la mesure, avec précision, des diamètres de la zone d'inhibition apparue, à l'aide d'un pied à coulisse ou d'une règle **(Hossain.M et al.,2013).**



Figure13 : Antibiogramme des bactéries pathogènes**.**

Chapitre II

Résultats et discussion

1.Résultats et interprétations

1.1. Isolement et pré identification des bactéries lactiques

Après isolement et purification sur milieu MRS, qui est un milieu spécifique aux bactéries lactiques, les colonies suspectes ont été prélevées puis cultivées dans un milieu liquide MRS, en fonction de leur origine, afin de les enrichir, suivies d'un repiquage multiple sur les mêmes milieux, mais en version solide, pour une purification optimale. L'identification des isolats lactiques au niveau du genre a été réalisée grâce à des tests basés sur les propriétés culturelles, morphologiques (macroscopiques et microscopiques), physiologiques et biochimiques, effectués sur des cultures pures**.**

❖ Caractères morphologiques

La morphologie des bactéries lactiques, la forme, le contour, la couleur, la viscosité, est un critère important pour leur identification. Après la purification des isolats, sur les 8 isolats suspectés comme bactéries lactiques, 3 d'entre eux (2 isolats provenant du lait de vache et 1 du lait de chèvre) sont catalase négative, oxydase négative et Gram positif. Ils sont donc considérés présomptivement comme des bactéries lactiques. Par la suite, un examen à la fois macroscopique et microscopique a été effectué sur ces 3 isolats.

A Examen macroscopique

L'observation macroscopique des cultures en milieux liquide a permis de constater que tous les isolats possèdent un trouble homogène indiquant une bonne croissance après 48 h d'incubation on condition anaérobie.

Sur milieux solides, l'observation a révélé plusieurs aspects morphologiques des colonies à savoir :

- Petites Colonies arrondis, lisses, de couleur crémé ou blanc, ayant un contour régulier.
- Colonies moyennes arrondis, de couleur blanc à contour distinct.
- Grosses colonies, bombées, lisses de couleur blanc cassé, ayant un contour distinct.

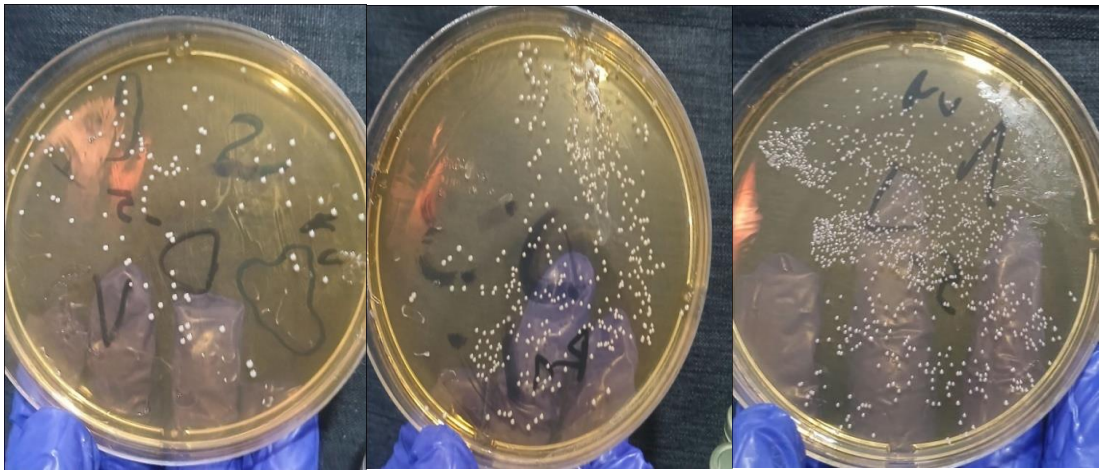


Figure 14 : Aspect macroscopique des colonies cultivées sur milieu solide MRS.

Tableau10 : Caractères macroscopiques des colonies isolées.

La souche	Origine	La forme	La clouer	L'aspect	La taille
S1	Vache	Arrondie	Blanc	Bombé	Grouse
S2	Vache	Arrondie	Blanc	Lisse	Petite
S3	Chever	Arrondie	Blanc	Lisse	Moyen



Figure15 : aspect des colonies des isolats S1, S2, S3isolées sur milieu MRS après purification.

B Examen microscopique après coloration de Gram

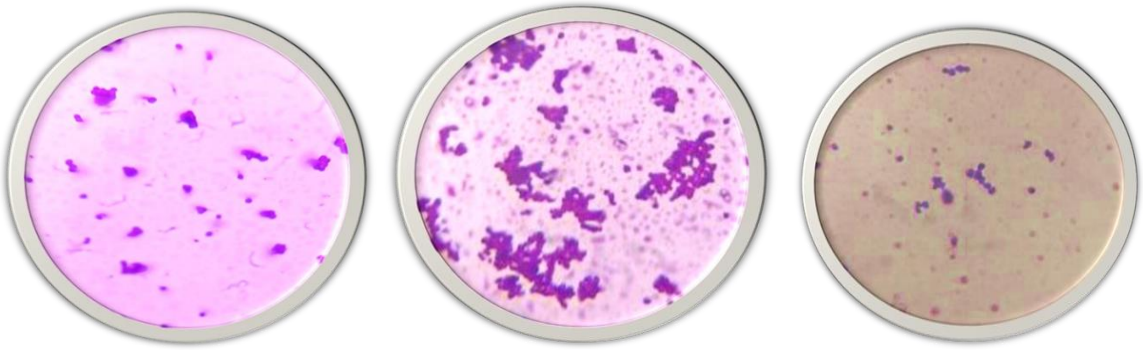
Après la coloration de Gram, nous avons procédé à un examen microscopique avec l'objectif (Gx100), en utilisant l'huile à immersion. De ce fait, parmi les huit isolats examinés, tous les isolats Gram négatif ont été éliminés. Seuls les trois isolats Gram positif ont été retenus et conservés pour la suite de l'étude. Ces bactéries se présentent sous diverses formes et modes d'association. Les cellules se caractérisent par des formes variées.

- En coques disposés en groupes en amas.
- En coques disposés en tétrade, parfois en paires, isolés ou en quatrains.
- En coques disposés en courtes chaînes, parfois isolés.

Les résultats du caractère microscopique des trois souches isolées sont résumés dans le tableau (11).

Tableau11 : Caractères microscopique des isolats.

Isolats	Forms	Mode de regroupements
S1	Cocci	Amas
S2	Cocci	Tétrade/Diplocoque/isoles
S3	Cocci	Courtes chaînes/isoles



A B C

Figure16 : La forme obtenue, observée au microscope optique avec un grossissement de (G x 100), est accompagnée des légendes A, B et C.

Test de catalase

Parmi les huit isolats, seuls trois ont été sélectionnés pour l'étude de la catalase. Ces derniers se sont révélés positifs lors du test de coloration de Gram. Cependant, ces bactéries ne présentaient pas d'effervescence lors de l'ajout d'une goutte de H_2O_2, ce qui est compréhensible étant donné qu'elles ne possèdent pas d'activité catalasique.

Test oxydase

Parmi les huit isolats, seuls trois ont été sélectionnés pour l'étude de l'oxydase. Ces derniers se sont révélés positifs lors du test de coloration de Gram. Ces bactéries ne présentaient aucun changement de couleur lorsqu'elles étaient appliquées sur un disque contenant le réactif : le tétraméthyl-p-phenylenediamine. Cela s'explique par le fait qu'elles ne possèdent pas d'activité oxydasique.

Ces trois caractéristiques (Gram +, catalase −, oxydase −) permettent leur classification dans le groupe des bactéries lactiques.

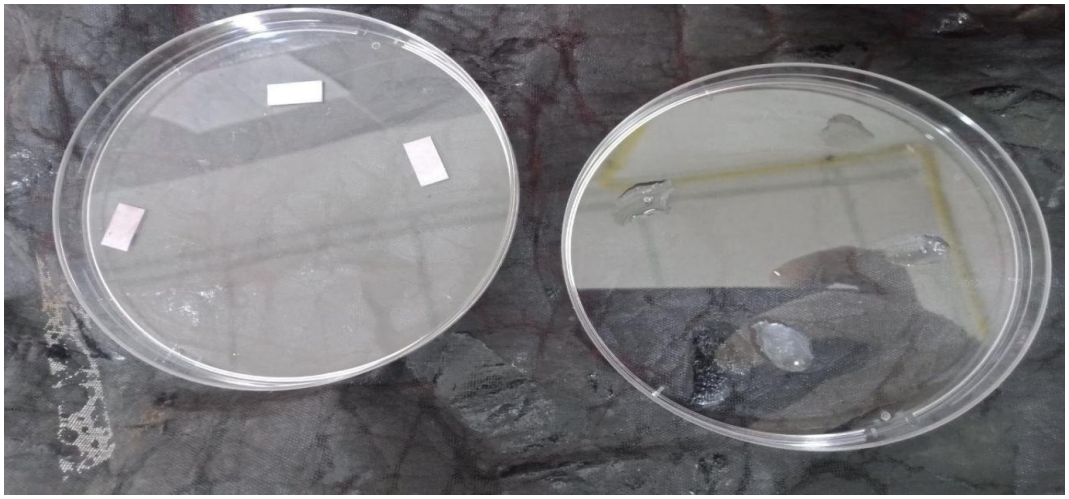


Figure17 : Résultats de test de catalase et oxydase**.**

❖ Caractères physiologiques

Une étude physiologique a été effectuée en utilisant divers tests : la capacité de croissance à différents pH (4 et 9,6), à diverses concentrations de NaCl, à différentes températures, ainsi que le test de thermorésistante. Le tableau 12 résume les résultats de ces tests.

Tableau12 : caractérisations physiologiques des isolats.

Isolats	**Température °C**			**Thermorésistante (60°C, 10min)**	**PH**		**Concentrations De Na Cl (%)**		
	30	37	45		4	9,6	2%	4%	6%
S1	-	+	+	+	+	-	+	+/-	-
S2	-	+	+	+	+	-	+	+/-	-
S3	+	+	-	-	+	-	+	-/+	-

+ : réaction positive ; - : réaction négative ; +/- : faible croissance.

Effet de PH

Ce test a été réalisé dans des bouillons fortement alcalins (pH = 9,6) et fortement acides, dont le pH a été ajusté à 4. Après une incubation à 37 °C pendant 24 à 72 heures, les trois isolats ont montré une croissance dans le milieu MRS à pH 4, indiquée par l'apparition d'une turbidité. En revanche, à un pH de 9,6, aucun des trois isolats n'a montré de croissance.

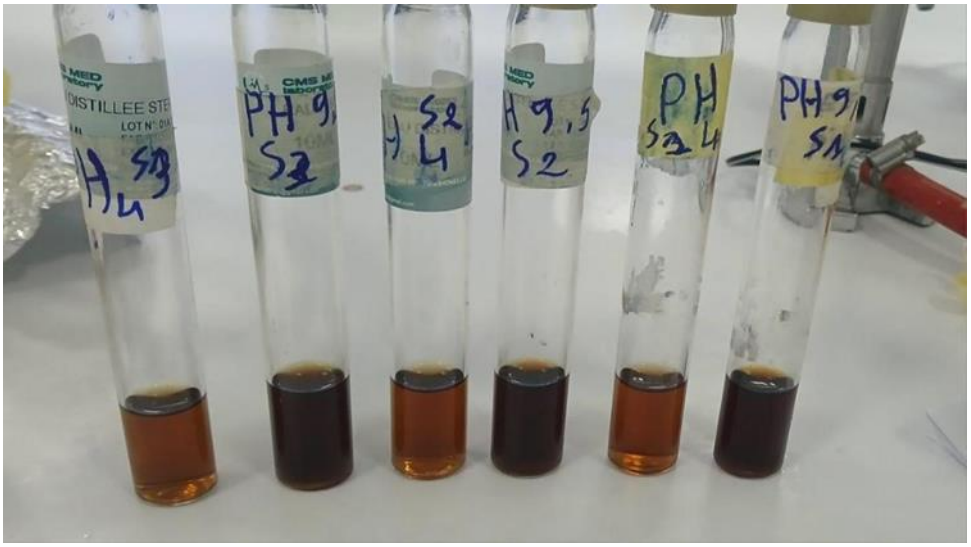


Figure18 : Résultats de croissance à différentes valeurs de pH : pH 4 ; pH 9,6.

Effet de NaCl

L'expérimentation sur des souches cultivées avec 2 %, 4 % et 6,5 % de NaCl nous a permis d'évaluer leur capacité à se développer face à ces différentes concentrations. Les observations montrent que tous les échantillons étudiés se développent très bien en présence de 2 % de NaCl. Cependant, lorsque la concentration atteint 4 %, les trois isolats montrent une croissance satisfaisante. Enfin, aucune croissance n'a été observée à une concentration de 6,5 % de NaCl.

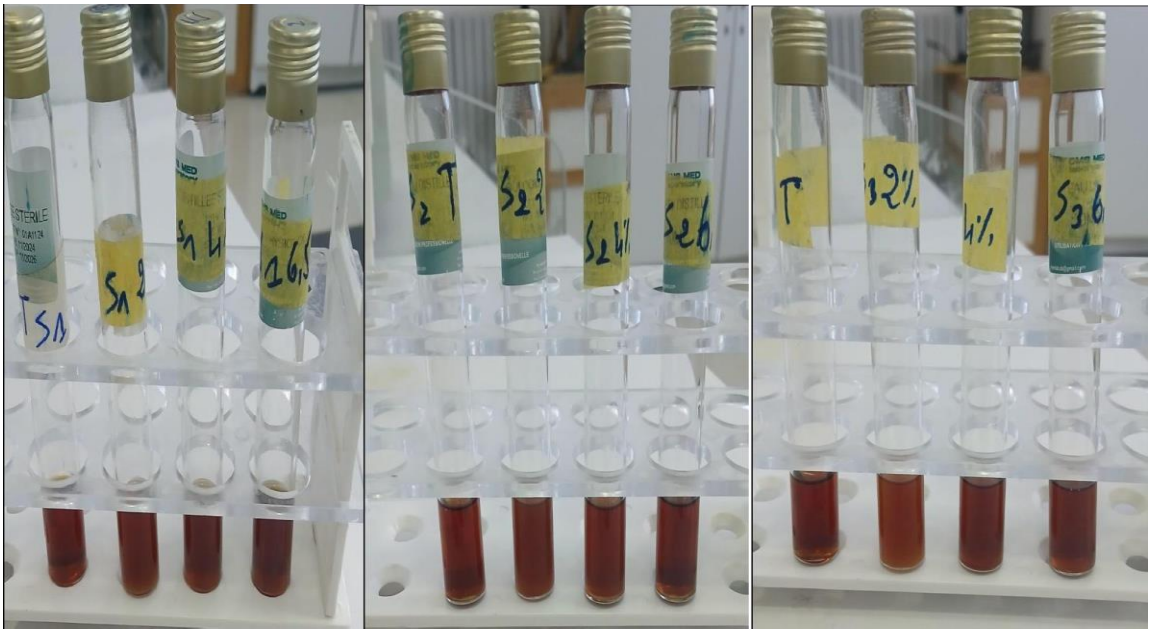


Figure19 : Résultats de la croissance en présence de différentes concentrations de NaCl : 2 %, 4 %, 6,5 %, pour les trois isolats, comparés à un tube témoin non ensemencé.

Croissance à différentes températures

L'emploi de ce test permet de classer les isolats en deux catégories : le groupe des souches mésophiles et le groupe des souches thermophiles. Dans ce test, effectué dans un bouillon MRS, les souches S1 et S2 se développent à 37 °C et 45 °C, ce qui permet de les classer parmi les souches thermophiles. En revanche, la souche S3 pousse à 30 °C et 37 °C, ce qui indique un profil mésophile.

Test de thermorésistante

La thermorésistante est un caractère physiologique permettant de distinguer les isolats capables de tolérer une température de 60 °C pendant 10 minutes de ceux qui en sont incapables.

Après une exposition à 60 °C pendant 10 minutes, suivie d'une incubation de 48 heures, seuls les deux isolats S1 et S2 ont présenté un résultat positif. En revanche, l'isolat S3 a présenté un résultat négatif (figure 20).

Seuls les isolats thermophiles parviennent à se développer, contrairement aux isolats mésophiles qui ne présentent aucune croissance.

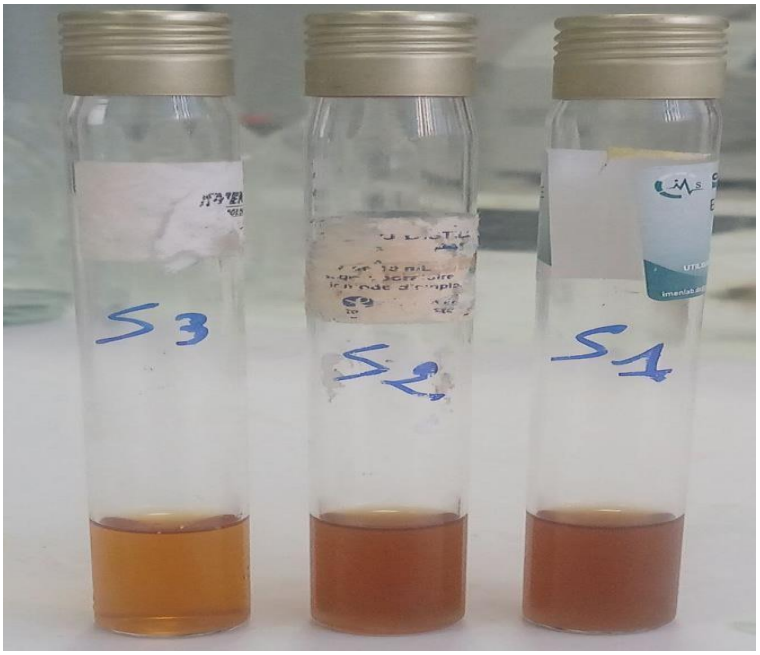


Figure20 : Résultats du test de thermorésistante.

❖ Caractères biochimiques

Teste mannitol

Le milieu vire au jaune en cas de fermentation du mannitol, accompagnée d'une diffusion de la culture autour de la piqûre (bactérie mannitol +, mobile). Dans le cas contraire, aucun changement de couleur n'est observé et la culture reste localisée au point d'inoculation (bactérie mannitol –, immobile).



Figure21 : Résultats du test au mannitol.

1.2 Caractéristiques technologiques

1.2.1 Résultats de l'activité protéolytique

L'absence de halo clair autour des disques imbibés de cultures des souches, sur une gélose MRS enrichie à 10 % de lait écrémé, indique une absence d'activité protéolytique chez les souches isolées. D'après les résultats obtenus, ces bactéries ne possèdent pas les protéinases ni les peptidases nécessaires à la dégradation des protéines du lait en acides aminés.

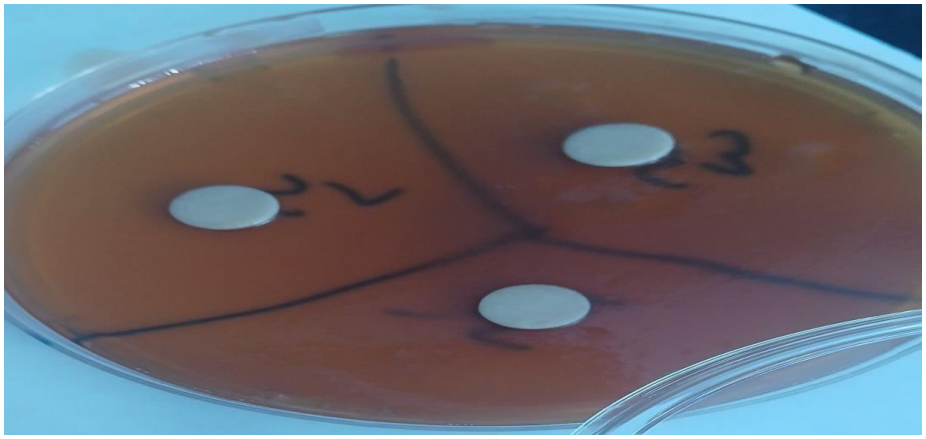


Figure22 : Résultats de l'activité protéolytique.

1.2.2 Résultats de l'activité antibactérienne des souches

Dans cette section, nous avons évalué l'effet inhibiteur des bactéries lactiques sur une souche pathogène à Gram positif (*Staphylococcus aureus*), ainsi que sur trois souches à Gram négatif (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella pneumoniae*). L'inhibition se manifeste par la formation de zones claires autour des disques.

Nos résultats montrent que toutes les souches isolées ont démontré un net effet inhibiteur vis-à-vis des trois souches pathogènes, représenté par des zones claires aux bordures bien distinctes, à

l'exception de *Pseudomonas aeruginosa*, qui n'a pas été inhibée.

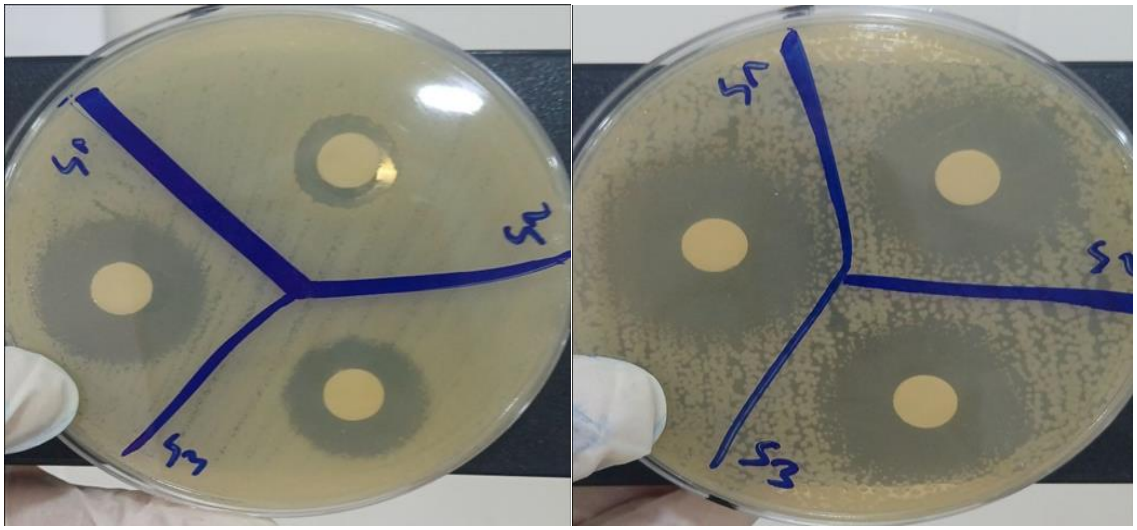


Figure23 : Activité antimicrobienne des souches lactiques contre les souches pathogènes (*E. coli, S. aureus).*

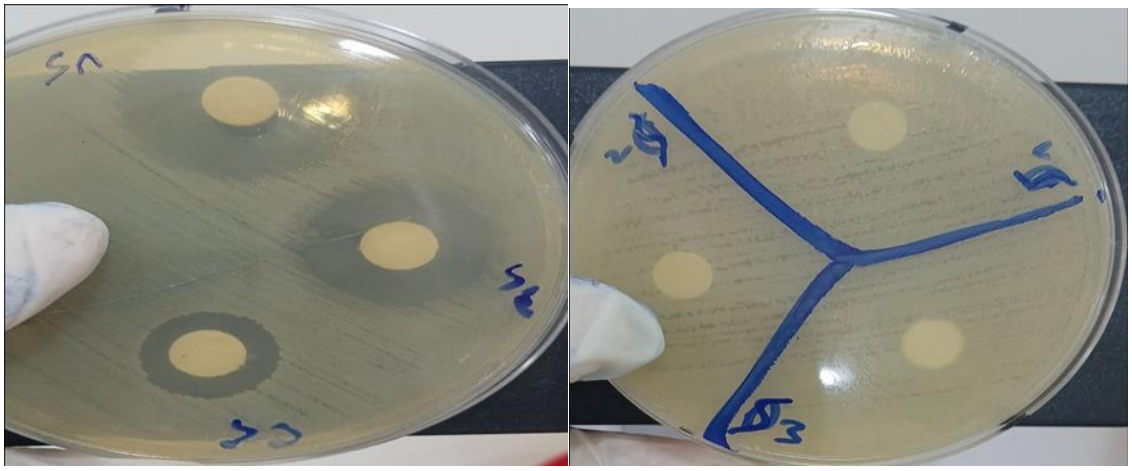


Figure24 : Activité antimicrobienne des souches lactiques contre les souches pathogènes (*Klebsiella pneumoniae Pseudomonas aeruginosa*).

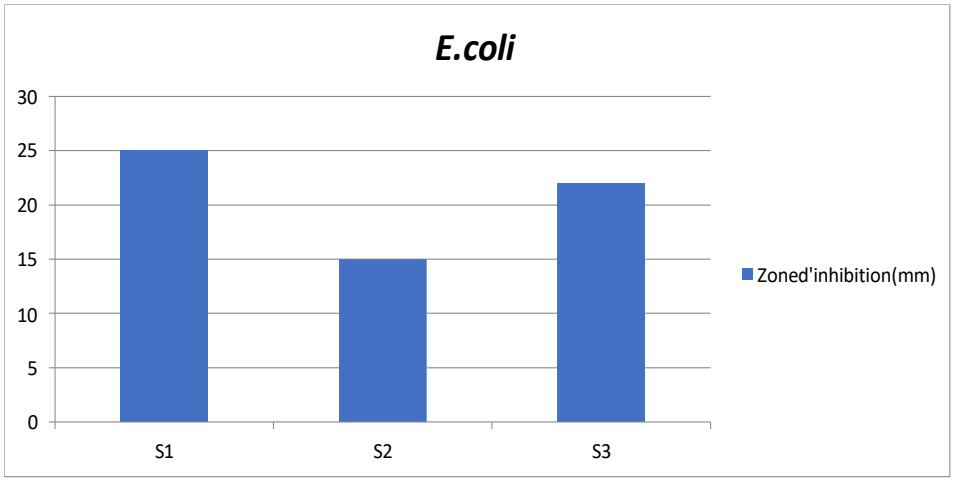


Figure25 : L'activité antibactérienne des trois souches lactiques vis-à-vis de *Escherichia coli* (*E. coli*).

La figure (25) montre une inhibition considérable de la souche *E. coli* par les souches lactiques, avec des diamètres d'inhibition variant entre 15 et 25 mm Il apparaît que la souche S1 présente une bonne activité antimicrobienne comparativement aux autres, avec une moyenne de 22 mm de diamètre, suivie par S2 (15 mm) et enfin S3.

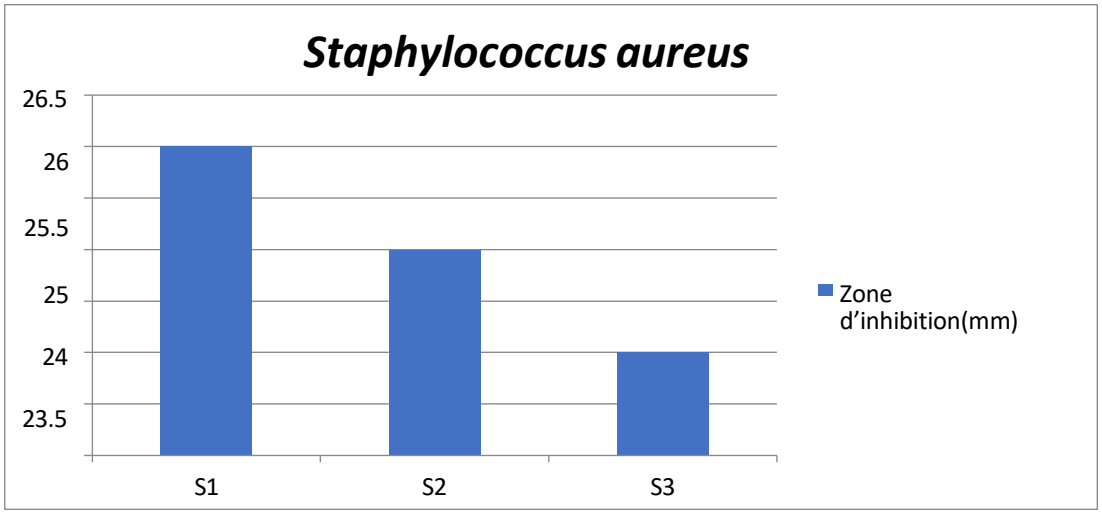


Figure 26 : L'activité antibactérienne des trois souches lactiques vis-à-vis de *Staphylococcus aureus.*

D'après les résultats des zones d'inhibition figurent (26), nous remarquons que la souche *Staphylococcus aureus* a été inhibée par les trois souches lactiques, avec une intensité d'activité très proche. Le diamètre des zones d'inhibition varie entre 24 et 26 mm.

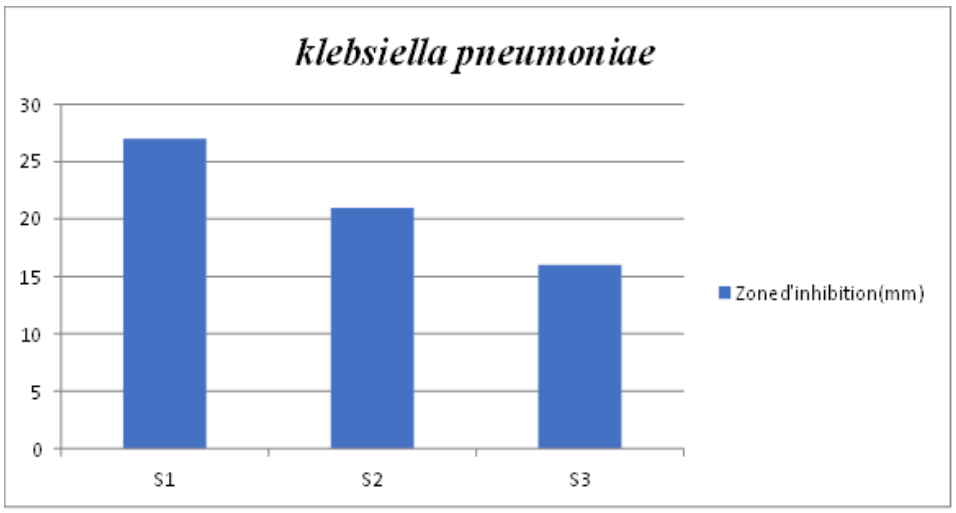


Figure27 : L'activité antibactérienne des trois souches lactiques vis-à-vis de *Klebsiella pneumoniae.*

Selon la figure (27), nous remarquons que toutes les souches étudiées présentent des zones d'inhibition intéressantes, variant entre 16 et 27 mm. La souche S1 présente le plus grand diamètre de zone d'inhibition27 (mm) plue large que S2 et S3.

Activité antimicrobienne des souches lactiques contre la souche pathogène *Pseudomonas aeruginosa***.**

Les résultats n'ont montré aucune zone d'inhibition autour des disques figure (24), traduisant ainsi l'absence d'activité antimicrobienne chez ces souches.

2 L'antibiogramme

Le tableau ci-dessous (13) présente les résultats d'inhibition en milieu solide Müller-Hinton des souches pathogènes face aux différents antibiotiques testés. Les diamètres des zones d'inhibition mesurés sont comparés aux diamètres critiques fournis par le CLSI, afin de classer chaque bactérie dans l'une des catégories suivantes : résistante (R), sensible (S) ou intermédiaire (I).

Tableau13 : Antibiogramme des bactéries pathogènes testées.

Antibiotique	*E. Coli.*	*Staphylococcus aureus*	*Klebsiella pneumoniae*	*Pseudomonas aeruginosa*
AMC	R	/	R	/
AK	S	/	S	S
AZT/ATM	S	/	S	/
CIP	/	/	/	R
CS/CLM/CL	S	/	S	S
C	S	/	R	/
GN/GEN	S	/	S	S
LEV	/	S	/	/
P	/	S	/	/
SXT	/	/	/	R
VA	/	S	/	/
FF	/	/	/	S
CD	/	S	/	/

S : Sensible R : Résistance / : Ne pas utiliser cet antibiotique pour cette souche bactérienne.

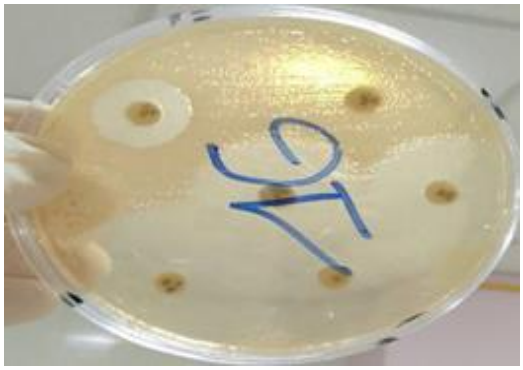


Figure28 : antibiogramme de *E. coli.*

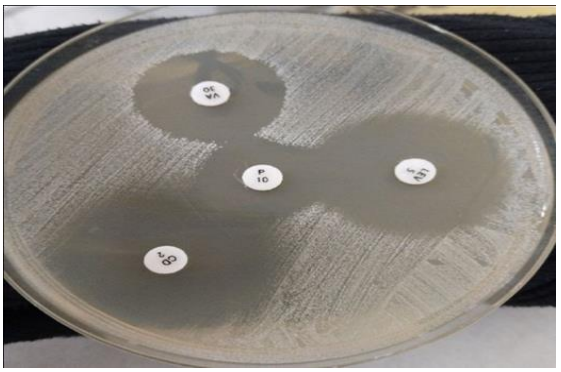


Figure29 : antibiogramme de *Staphylococcus aureus*

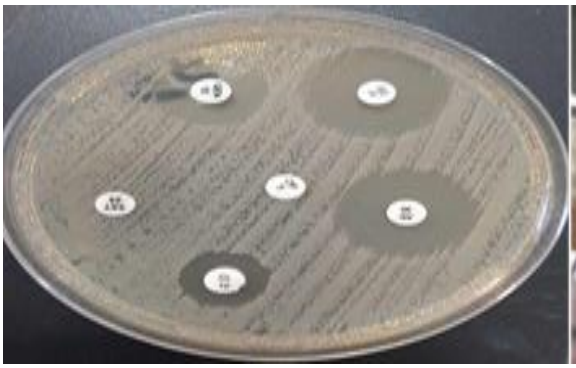


Figure30 : antibiogramme de *Pseudomonas pneumoniae*



Figure31 : antibiogramme de *Klebsiella aeruginosa*

3 Discussion

Le lait est un écosystème naturel pour les bactéries lactiques. Il constitue l'un des produits laitiers les plus consommés en raison de son importance nutritionnelle **(Paci Kora, 2004).**

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram positif, généralement immobiles, asporulées, catalase négatives, oxydase négatives, et en général réductrices de nitrate négatives. Ce sont des bactéries anaérobies facultatives **(Hogg, 2005)**.

Les tests préliminaires de l'examen macro- et microscopique réalisés dans cette étude ont permis de différencier les bactéries lactiques des autres types de bactéries. Tous les isolats testés se sont révélés Gram +, catalase –, oxydase –.

Selon les critères de détermination des bactéries lactiques (bactéries à Gram positif, généralement immobiles, asporulées, catalase négative, oxydase négative) **(Motyl et al., 2009)**, les trois isolats obtenus à partir du lait de chèvre et de vache sont identifiés comme des bactéries lactiques.

Les résultats microscopiques de notre étude ont révélé la présence de bactéries de forme coque. Nos observations sont proches de celles rapportées dans plusieurs études menées dans un contexte similaire au nôtre, réalisées sur des produits laitiers tels que le lait cru et les fromages **(Badis et al., 2005 ; Ababsa, 2012).**

Cependant, nos résultats diffèrent de ceux rapportés par **Tahlaiti (2019)**, qui a observé une prédominance des bacilles par rapport aux coques.

Cette divergence pourrait s'expliquer par le fait que les espèces de bactéries lactiques détectées dépendent essentiellement de la nature du lait cru et des conditions d'analyse **(Saidi et al., 2002).**

Schillinger et Lucke (1987) ont été les premiers à proposer une clé d'identification des bactéries lactiques, basée sur la comparaison des caractéristiques physiologiques et biochimiques typiques des différentes espèces. Néanmoins, cette clé permettait uniquement d'orienter l'identification, sans aboutir à une identification précise.

Dans notre étude, nous sommes basés uniquement sur trois souches de forme coque.

L'identification du genre a été réalisée en suivant les recommandations de **(Bouchibane M. 2023) et (Sadi f 2017).**

L'orientation de l'identification s'est basée sur plusieurs critères : la morphologie cellulaire, la croissance à différentes températures, la capacité de croissance à des concentrations élevées de NaCl (2 %, 4 %, 6,5 %), la tolérance aux pH acides et alcalins, ainsi que la thermorésistante **(König et Fröhlich, 2009 ; Bekhouche, 2006)**.

Les trois souches étudiées présentent une morphologie de type coque. Les souches S1 et S2 sont thermophiles, capables de se développer à 37 °C et 45 °C, mais incapables de croître à 30 °C. En revanche, la souche S3 est mésophile, elle pousse à 30 °C et 37 °C.

Toutes les souches ont montré une bonne croissance en présence de 2 % de NaCl, une croissance faible à 4 %, et aucune croissance à 6,5 %.

Elles tolèrent les milieux acides, mais ne peuvent pas se développer dans un milieu basique.

Dans le test de thermorésistante, seules les souches S1 et S2 ont montré une croissance après exposition à 60 °C, tandis que la souche S3 n'a pas survécu **(Bekhouche, 2006 ; Badis et al., 2005).**

L'acidophile des souches isolées reflètent leur capacité à se développer dans des milieux à pH faible qu'elles acidifient elles-mêmes par la production d'acide lactique. Cette caractéristique permet d'augmenter la durée de conservation du produit en limitant la prolifération des micro-organismes d'altération ou pathogènes. Elle contribue également à conférer au produit des propriétés organoleptiques spécifiques **(Montel et al., 2005)**.

D'après les résultats des tests au mannitol, les souches S1 et S2 fermentent le mannitol, ce qui se traduit par un changement de couleur du milieu vers le jaune. En revanche, la souche S3 ne fermente pas le mannitol, ce qui maintient la couleur rouge du milieu.

Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés par **(Djadouni F. 2013)** et **(Hansal N. 2015).**

Les résultats obtenus montrent que les trois souches lactiques étudiées n'ont présenté aucune activité protéolytique. Ces observations concordent avec les travaux de **(Sadi F. 2017)** et **(Hansal N. 2015).**

Activité antibactérienne

Les souches S1 (*Enterococcus* sp.), S2 (*Pediococcus* sp.) et S3 (*Leuconostoc* sp.) ont montré des zones d'inhibition vis-à-vis de la souche pathogène à Gram négatif testée (*Escherichia coli*), avec un spectre d'activité antimicrobienne variant entre 15 mm et 25 mm .

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux rapportés par **(Zergoug A. 2017)** et **(Sadi F. 2017)**. En revanche, **(Dahou A. 2015)**, ayant isolé des souches lactiques à partir du *J'ben*, n'a détecté aucun effet inhibiteur sur *E. coli*.

D'après nos résultats, les souches S1 (*Enterococcus sp.*), S2 (*Pediococcus* sp.) et S3 (*Leuconostoc* sp.) présentent une activité antimicrobienne contre la souche pathogène

Staphylococcus aureus. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par, **(Hansal N. 2015)** et **(Bekhouche F. 2006).**

Cependant, des travaux plus récents tels que ceux de **(Metrouh R. 2022)** ont montré que la souche *Enterococcus* sp. Ne présente pas d'effet inhibiteur contre *Staphylococcus aureus*. Cette divergence peut être expliquée par l'utilisation de méthodes différentes d'évaluation de l'activité antimicrobienne.

L'activité antimicrobienne des souches testées contre *Klebsiella pneumoniae* a été évaluée. Les diamètres des zones d'inhibition ont révélé une forte activité antimicrobienne pour l'espèce *Enterococcus sp.*, et une faible activité pour l'espèce *Leuconostoc sp.* Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par **(Ababsa A. 2012)** et **(Sadi F. 2017).**

Selon **(Metrouh R. 2022)**, la souche *Enterococcus sp.* N'a montré aucun effet inhibiteur contre *K. pneumoniae*. Ces résultats ne sont pas conformes aux nôtres, ce qui peut s'expliquer par le fait que l'échantillon de Metrouh a été prélevé à partir de la zebda, ce qui pourrait influencer la composition microbienne.

Dans le cadre de cette étude, aucune activité antibactérienne n'a été détectée chez les trois souches testées vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*. Ces résultats sont en accord avec ceux de **(Djadouni F. 2013)** et **(Metrouh R. 2022).**

Antibiogramme

L'antibiogramme de la souche *E. coli* révèle une résistance à l'amoxicilline-acide clavulanique (AMC), ainsi qu'une sensibilité à l'amikacine (AK), à la colistine (CLM), au chloramphénicol (C), à la gentamicine (GEN) et à l'Aztreonam (ATM). Ces résultats ont été confirmés par **(Sumathi B et al.,2008) et (GA. Kamblel et al.,2013)**

La souche *Klebsiella pneumoniae* présente une résistance à la céphalotine (C) et à l'amoxicilline-acide clavulanique (AMC), tandis qu'elle est sensible à l'amikacine (AK), à la colistine (CLM), à l'Aztreonam (ATM) et à la gentamicine (GEN). Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par **(Boukhemis A et Boutersa A 2015) et (Harrat T et Bahchachi M 2020).**

Le résultat de la souche *Staphylococcus aureus* étudiée s'est révélé sensible à la lévofloxacine (LEV), à la pénicilline (P), à la clindamycine (CD) et à la vancomycine (VA), ce qui traduit un profil de sensibilité favorable aux antibiotiques testés. Ce résultat correspond à ce travail **(Mahendra et al., 2017) et (Ugwu. MC et al., 2015)**

Les résultats de l'antibiogramme de la souche *Pseudomonas aeruginosa* indiquent

une résistance aux antibiotiques CIP (ciprofloxacine) et SXT (triméthoprime + sulfa), tandis qu'elle est sensible aux antibiotiques GEN (gentamicine), FF (fosfomycine) et AK (amikacine). Les mêmes résultats ont été obtenus avec **(Hossain.M et al., 2013) et (Rubina. S et al., 2014).**

Conclusion

Conclusion

Les bactéries lactiques sont des microorganismes présentant des caractéristiques morphologiques, physiologiques et métaboliques variées. On les retrouve essentiellement dans le lait et les produits laitiers (yaourt, fromage, lben…), mais aussi dans d'autres niches écologiques, soit seules, soit en association avec d'autres microorganismes bénéfiques comme les levures.

Elles sont utilisées de différentes manières : comme ferments ou starters de fermentation, comme agents de Bioconservation, ou encore comme probiotiques**.**

La présente étude a été conduite dans le but d'isoler, identifier et tester les propriétés technologiques (activité protéolytique, pouvoir antibactérien) de la population lactique présente dans le lait de chèvre et de vache provenant des deux régions situées dans la wilaya de Médéa (Kwale, ben chakw).

Sur la base de la coloration de Gram et catalase, oxydase les 3 isolats ont été sélectionnés et pré- identifier comme des bactéries lactiques.

L'étude des aptitudes technologiques a montré que le pouvoir protéolytique est important pour l'ensemble des bactéries lactiques (BL) étudiées. D'après le test d'antagonisme, nous avons constaté que les trois souches lactiques étaient productrices de substances inhibitrices, dont l'activité la plus importante a été obtenue par la souche S1 vis-à-vis de *Klebsiella pneumoniae* (27 mm), ce qui indique que nos bactéries lactiques sont capables de synthétiser des substances ayant une activité antibactérienne.

En revanche, les trois souches de BL n'ont montré aucun effet inhibiteur vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa*. Ainsi, à travers cette étude, nous avons mis en évidence l'importance des bactéries lactiques tant sur le plan alimentaire que sanitaire. Leur capacité à produire des substances antimicrobiennes naturelles en fait des agents prometteurs dans la lutte contre les micro-organismes pathogènes.

Le lait, en tant que matrice nutritive riche et favorable au développement microbien, constitue un excellent milieu pour l'isolement de ces souches bénéfiques. En approfondissant nos connaissances sur leurs caractéristiques, leurs métabolites et leur pouvoir inhibiteur, nous ouvrons la voie à de nouvelles applications dans les domaines de la sécurité alimentaire, de la santé publique et de la valorisation des produits laitiers.

Ces travaux pourront ainsi contribuer à promouvoir une alimentation plus saine et naturelle, tout en renforçant le rôle préventif de la microbiologie dans nos systèmes alimentaires.

Perspectives et Recommandations

Poursuivre l'identification moléculaire des souches isolées pour une classification plus précise (ex. par séquençage de l'ADN 16S rRNA).

Étudier le mécanisme d'action des substances antimicrobiennes produites par les bactéries lactiques.

Tester l'efficacité in vivo des souches sélectionnées sur des modèles animaux ou cellulaires.

Valoriser les souches prometteuses en tant qu'agents probiotiques ou biopréservateurs dans l'industrie alimentaire.

Évaluer la stabilité et la sécurité des substances antimicrobiennes produites dans différentes conditions de transformation ou de stockage.

Explorer d'autres sources (produits laitiers, plantes fermentées, etc.) pour isoler de nouvelles souches d'intérêt.

Intégrer les souches efficaces dans des formulations thérapeutiques ou préventives contre certaines infections humaines ou animales.

Références Bibliographiques

A

Abdel basset, M. (2009). Isolement, caractérisation et purification de bactériocines produites par des bactéries lactiques autochtones : études physiologiques et biochimiques [Thèse de doctorat, Université Badji-Mokhtar-Annaba].

Ababsa, A. (2012). Recherche de bactériocines produites par les bactéries

Lactiques du lait, Mémoire magister Génie microbiologique non publiée, Université de Sétif, Sétif.

Aboutayeb, R. (2009). *Technologie du lait et dérivés laitiers*. Consulté le 15 mai 2016, sur http://www.azaquar.com

Alok Kumar Yadav, Singh, J., & Yadav, S. K. (2016). Composition, nutritional and therapeutic values of goat milk : A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35(2), 96–102. https://doi.org/10.18805/ajdfr.v35i2.10719

Amiot, J., Fourner, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., & Turgeon, H. (2002). *Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait*. In Vignola, C. L. (Ed.), *Science et technologie du lait – Transformation du lait*. École polytechnique de Montréal.

Amroun TT, Zerrouki N (2014) Caractérisation de la composition biochimique du lait de chèvres kabyles élevées en région montagneuse en Algérie. Rencontres Recherche Ruminants 21 : 293.

Atlan, D., Béal, C., Champonier-Vergès, M. C., Chapot-Chartier, M. P., Chouayekh, H., Cocaign-Bousquet, M., ... & Yvon, M. (2008). Métabolisme et ingénierie métabolique. In Corrieu, G. & Luquet, F. M. (Eds.), *Bactéries lactiques : de la génétique aux ferments* (pp. 271–447). Tec & Doc, Lavoisier.

Avagodo, A. (2004). Caractérisation biochimique et moléculaire des bactéries lactiques productrices d'exopolysaccharides isolées à partir d'échantillons de lait fermenté du Burkina Faso [Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou].

AXELSSON, L. (2004). Lactic acid bacteria, classification and physiology. In *Lactic acid bacteria : microbiological and functional aspects* (3rd ed.). Marcel Dekker.

B

Badis, A. N., Laouabdia-Sellami, D., Guetarni, M., Kihal, M., & Ouzrout, R. (2005). Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales « Arabia et Kabyle ». *Science et Technologie*, 23, 30–37.

Bekhouche, F. (2006). *Bactéries lactiques du lait cru de vache et Microorganismes pectinolytiques des olives noires et vertes : 1. Isolement et Identification biochimique. 2. Évaluation et Optimisation de la production d'enzyme polygalacturonase* (Thèse de doctorat, Université de Mentouri Constantine).

Benmouna, Z. (2019). *Étude de bactériocines de bactéries lactiques et leurs effets sur les bactéries pathogènes et/ou d'altération* (Thèse de doctorat en sciences : biotechnologie, Université d'Oran).

Bennai, T., & Temine, S. (2017). Isolement de souches de lactobacilles performantes (Mémoire de fin de cycle Master, option Microbiologie Alimentaire Santé, Université A. Mira Béjaïa).

BILLAUDELLE. (1974). Moisissures et mycotoxines dans les denrées alimentaires d'origine. Toulouse : Méd. Vét.

Bouricha, H. (2018). Caractérisation du lait cru de la ferme expérimentale de Hassi-Mamèche : Précisément la flore thermophile et mésophile, master en biologie, université de Mostaganem, Mostaganem.

Boukhemis Amina, Boutersa Amina. (2015). Identification et antibiorésistance de souches d'Escherichia coli et de Klebsiella pneumoniae des infections urinaires à l'aide des moyens classiques et des moyens automatisés. Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine.

BOTTAZZI, V. (1988). An introduction to rod-shaped lactic bacteria. *Biochimie*, 70, 303–315.

Bouadjaib, S. (2013). *Étude physico-chimique du produit laitier traditionnel du Sud algérien « Jben », recherche du pouvoir antimicrobien des bactéries lactiques* (Mémoire de Master, Université de Tlemcen Abou Bekr Belkaid).

Bouchibane, M. (2023). *Identification des bactéries lactiques isolées des produits laitiers artisanaux : Aptitudes technologiques et essais de fabrication d'un lait fermenté* (Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ben Badis – Mostaganem).

Boulouf, A. (2016). *Étude du pouvoir technologique de quelques bactéries lactiques du fromage traditionnel "Bouhezza"* (Mémoire de magister en science alimentaire, Université Frères Mentouri Constantine).

Boumediene, K. (2013). *Recherche des bactéries lactiques productrices de bactériocines et étude de leur effet sur des bactéries néfastes* (Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen).

Butel, M. J. (2014). Les probiotiques et leur place en médecine humaine. Journal des Anti-infectieux, 16(2), 33–43.

Bylund, G. (1995). *Dairy processing handbook*. Tetra Pak Processing Systems AB.

C

Caroli, A. M., Chessa, S., & Erhardt, G. (2009). Invited review : Milk protein polymorphisms in cattle : Effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science*, 92, 5335–5352.

Chandan, R. C., Attaie, R., &Sahani, K. M. (1992). Nutritional aspects of goat's milk and its products. In *Proceedings of 5th International Conference on Goats* (Vol. 2, pp. 399–420). New Delhi, India.

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

Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. M., & Doreau, M. (2000). Ruminant milk fat plasticity : Nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Annales de Zootechnie*, 49(3), 181–205.

Collins, M. (1993). *Évaluation des aptitudes technologiques et probiotiques des bactéries lactiques locales* (Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah-Ouargla).

CORRIEU, G., & LUQUET, F. M. (2008). *Bactéries lactiques : de la génétique aux ferments* (2e éd.). Lavoisier, Paris.

D

Daviau C., Famelart M.H., Pierre A., Goudedranche H. et Maubois J.L.,□□(2000). Rennet coagulation of skin milk and curd drainage : Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. Lait, 80 (4) : 397- 415.

Davy, C., Famelart, M. H., Pierre, A., Goudedranche, H., & Maubois, J. L. (2000). Rennet coagulation of skim milk and curd drainage : Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment.

DEEGAN L.H., CASSER D.P., HILL C. and ROSS P. (2006). Bacteriocins : biological tools for bio-preservation and shelf-life extension. *Rev. Int. Dairy J.*, 16, 1058-1071.

DAHOU. A (2015). La microflore lactique d'un fromage traditionnel Algérien « type j'ben » : connaissance des écosystèmes microbiens laitiers locaux et de leurs rôles dans la fabrication des fromages https://www.researchgate.net/publication/341089433

Delorme, C., Bartholini, C., Bolotine, A., Ehrlich, S.D.and Renault, P. (2010). Emergence of a cell wall protease in the *Streptococcus thermophilus* population. Apl. Env. Microbiol., 76(2) : 451-460.

De Man, J. C. Rogosa, M., and Sharpe, M. E. : (1960). A medium for the cultivation of lactobacilli. Journal of Applied Microbiology. Applied Microbiology, *23*, 130-135.

https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1960.tb00188.x

Dillenseger, H. (2019). *Les bactériocines : en alternative aux traitements antibiotiques* (Thèse de doctorat, Universitè de Bordeaux).

Desjeux, J. (1993). Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. *Le Lait*, 73, 573–580.

DESMAZEAUD M. (1983). L'état des connaissances en matière de nutrition des bactéries lactiques. *Lait*, 63, 267-316.

DE VOS P., GARRITY G.M., JONES, D., KRIEG N.R, LUDWING,

W., RAINEY, F, A., SCLEIFER, K. H., WHITMAN, W.B.,2009. Bergey's manual of Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three : The Firmicutes. Springer Dordrecht Heidelberg, USA.2ndEd.3 :1450p.

DEVOYOD J.J., POULLAIN F., 1988.Les *Leuconostocs*. Propriétés : leur rôle en Technologie laitière. Le lait,68 :249-279.

Djadouni, F. (2013). *Évolution de l'activité antimicrobienne des isolats de bactéries lactiques et détermination du spectre d'action de leurs biopeptides vis-à-vis des germes d'altération* (Thèse de doctorat, Université d'Oran, Es-Sénia).

Djellouli, M. (2018). Production et caractérisation de peptides bioactifs issus de l'hydrolyse des protéines alimentaires : Cas des protéines de coproduits marins et des protéases des bactéries lactiques [Thèse de doctorat, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella].

Dmytrów, I., Mituniewicz-Małek, A., & Balejko, J. (2010). Assessment of selected physicochemical parameters of UHT sterilized goat's milk. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities – Food Science and Technology*, 13(1), 09.

Dortu, C. (2008). *Isolement d'une bactérie lactique produisant de la sakacin G et utilisation sur des matrices alimentaires* [Thèse de doctorat, Université de Gembloux].

Dortu, C., & Thonart, P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13, 143–154.

Drici, M. (2013). *Recherche des bactéries lactiques productrices de bactériocines et étude de leur effet sur des bactéries néfastes* (Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen).

Drider, D., & Prévost, H. (2009). *Bactéries lactiques : Physiologie, métabolisme, génomique et applications industrielles*. Éd. Economica Anthropos.

Drider D. et Prévost H. (2009). Bactéries lactiques : Physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications industrielles. Ed. Economica Anthropos, Paris, France. Pp 381-427.

Drouault, S., & Corthier, G. (2001). Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Veterinary Research*, 32(2), 101–117.

Durlu-Ozkaya, F., &Ayhan, D. (2019). Antimicrobial activity of bacteriocins produced by lactic acid bacteria (LAB) on food spoilage and foodborne pathogens. In M. Toldra (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 90, pp. 229–250). Academic Press.

DEVOYOD J.J., POULLAIN F., 1988.Les *Leuconostocs*. Propriétés : leur rôle en Technologie laitière. Le lait,68 :249-279.

E

El-Ghaish, S., Ahmadova, A., Hadji-Sfaxi, I., El Mecherfi, K. E., Bazukyane, I., Choiset, Y., Rabesona, H., Sitohy, M., Popov, Y. G., Kuliev, A., Mozzi, F., Chobert, J. M., & Haertlé, T. (2011). Potential use of lactic acid bacteria for reduction of allergenicity and for longer conservation of fermented foods. Trends in Food Science & Technology, *22*(8), 1–8.

F

FAO. (2002). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine* (Chapitre 5: Laits fermentés). Collection FAO/Alimentation et Nutrition, 28.

FAO/WHO. (2001). *Report of a Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria*. FAO/WHO, London, Ontario, Canada.

Federighi, M. (2005). Bactériologie alimentaire : Compendium d'hygiène des aliments (2e éd., pp. 220–224). Economica.

Felis, G. E., & Dellaglio, F. (2007). Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria. Current Issues in Intestinal Microbiology, 8, 44–61.

Fredot, E. (2005). Connaissance des Aliments, Bases alimentaires et nutritionnelles de La diététique. Tec & Doc Lavoisier

Fguiri, I., Ziadi, M., Atigui, M., Assadi, M., & Ayadi, M. (2016). Isolation and characterisation of lactic acid bacteria strains from raw milk for potential use in the production of fermented dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 69(1), 103–113. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12221.

G

Gaucheron, F. (2004). Minéraux et produits laitiers. Éditions Lavoisier, Paris GNOLA C, 2002. Science et technologie de lait. Ecole polytechnique de Monterial.

Getaneh G*, Mebrat A, Wubie A and Kendie H (2016). Review on Goat Milk Composition and its Nutritive Value. Doi : 10.15744/2393-9060.3.401

Giraffa, G. (2003). Functionality of enterococci in dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 88(2–3), 215–222.

Giraffa, G., Chanishvili, N., &Widyastuti, Y. (2010). Importance of lactobacilli in food and feed biotechnology. *Research in Microbiology*, 161(6), 480–487.

Gould, G. W. (1991). Antimicrobial compounds. In I. Goldberg & R. Williams (Eds.), *Biotechnology and Food Ingredients* (pp. 461–483). Van Nostrand Reinhold.

Guetarni, D., Badis, A., Henni, D. E., & Kihal, M. (2011). Isolation and identification of lactic acid bacteria from fermented milk productsused as potential protective cultures. African Journal of Food Science and Technology, 2(9), 204–210.

Guiraud, J. P. (2003). *Microbiologie alimentaire* (292 p.). Éditions Dunod.

Guillouard, I., Guzzo, J., Juillard, V., Ladero, V., Lindley, N., Lortal, S., Loubière, P., Maguin, E., Monnet, C., Monnet, V., Rul, F., Tourdot-Maréchal, R. et Yvon M. 2008.

Métabolisme et ingénierie métabolique. In Corrieu, G. et Luquet, F.M., bactéries lactiques de

La génétique aux ferments. Tec & Doc, Lavoisier : 271-447.

GARCIA-QUINTANS N., MAGNI C., DE MENDAZA D. and LOREZ P. (1998). The citrate transport system of *Lactococcus lactis subsp lactis biovar diacetylactis* is induced by acid stress. *Appl. Environ. Microb.*, 64, 850-857.

G.A. Kamble1, R.C. Shah2 and P.M. Tumane (2013). Characterization and Antibiogram Study of *E. coli* Clinical Isolates.

Ugwu MC1*, Mokwe NM1, Ejikeugwu PC1, Enemor EC1, Eze CO1,2, Ugwu BC1, Gugu TH1(2015). Antibiogram of Staphylococcus Aureus from Healthy School Pupils in Agulu, Southeastern Nigeria.

H

Hadef, S. (2012). Évaluation des aptitudes technologiques et probiotiques des bactéries lactiques [Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah Ouargla].

Haenlein, G. F. W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51, 155–163.

Hammes, W. P., & Hertel, C. (2009). The genera Lactobacillus and Carnobacterium. In W. H. Holzapfel & B. J. Wood (Eds.), *Lactic acid bacteria : Biodiversity and taxonomy* (pp. 239–302). Wiley-Blackwell.

Hansal, N. (2015). *Isolement, purification, identification et étude des caractéristiques biotechnologiques de Leuconostoc mésentéroide isolé à partir du lait cru de chèvre* (Mémoire de Magistère, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella).

Hassan, A. N., & Frank, J. F. (2001). Starter cultures and their use. In E. H. Marth & J. L. Steele (Eds.), Applied Dairy Microbiology (2nd ed., pp. 151–205). Marcel Dekker.

Hardie, J.M. Et Whiley, R.D. (2006). The genus *Streptococcus*-Oral ; in : ṚProkaryotesṛ, 4, Bacteria, Firmicutes, cyanobacteria. 3eme Ed., Springer, New York, USA.

Harrat Takoua, Bahchachi Maroua. (2020). Les infections urinaires et l'antibiorésistance des espèces Escherichia coli et Klebsiella pneumoniae. Université des Frères Mentouri Constantine 1.

Hemme, D., & Foucaud-Scheunemann, C. (2004). Leuconostoc mesenteroides subsp. mésentéroide : A starter for flavour and gas production in dairy fermentations. *Le Lait*, 84(2), 115–124.

Hermier, J., Lenoi, J., Weber, F., 2009. Bases sur la microbiologie du lait et du fromage 6.

Herich, R., & Levkut, M. (2002). Lactic Acid Bacteria, Probiotics and Immune System. Veterinarni Medicina – *Czech*, 47(6), 169–180.

Holzapfel, W. H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J., & Schillinger, U. (2001). Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 365S–373S.

Hussen, F.Sh. (2021). Propriétés enzymatiques du lait de différentes espèces animales. Molécules, 26(6), 1558.

HUTKINS R. W. (2006). Microbiolgy and Technology of Fermented Foods. First édition. Blackwell Publishing.

HUGENHOLTZ J. (1993). Citrate metabolism in lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.*, 12, 165-178.

Ho, 2007. Evaluation des aptitudes technologiques et probiotiques des bactéries Lactiques locales. Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah-Ouargla. P : 3 (88).

Holland, R., Liu, S.Q., Crow, V.L., Delabre, M.L., Lubbers, M., Bennett, M. et Norris, G. 2004. Esterases of lactic acid bacteria and chees flavor : milk fat hydrolysis vs Alcoolisis. International dairy journal : 711-718.

Hoden A et Coulon J.B. (1991). Maîtrise de la composition du lait. – Influence des Facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim., 4 (5), p.p. 361 – 367

Hogg, T. (2005). Essential microbiology, John Wiley ET Sons, Ltd, 188-190

H. Et Kihal, M. (2002). Caractérisation des bactéries lactiques isolées du lait de chèvre des régions arides, J. Aleg. Reg. Arides. 1 : 1-11.

Hossain M.G., ∗1Saha S., 3Rahman M.M.,2 Singha J.K. and 2 Mamun A.A. (2013). Isolation, Identification and Antibiogram Study of *Pseudomonas Aeruginosa* from Cattle in Bangladesh.

Hoden A et Coulon J.B. (1991). Maîtrise de la composition du lait. – Influence des Facteurs nutritionnels sur la quantité et les taux de matières grasses et protéiques. INRA Prod. Anim., 4 (5), p.p. 361 – 367

I

Ibourahema, C., Wilhelm, H., Hounhouigan, J. D., &Jakobsen, M. (2008). Characterization of lactic acid bacteria from indigenous African fermented food products : Screening for bacteriocin production. *International Journal of Food Microbiology*, 124(3), 335–343. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.003.

Idoui, Tayeb, and Essaid Leghouchi. (2009). Lactic acid bacteria from Jijel's traditional butter : Isolation, identification and major technological traits. *Grasas y Aceites*, *59*(4), 361-367. https://doi.org/10.3989/gya.2008.v59.i4.530

J

Jeantet R., C. T. (2007). *Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec*

Et doc. Lavoisier.

Jeantet R. Croyennec T. Mahant M. Schuck P. Brulé G. (2008). Les produits laitiers (2emeed.) : Lavoisier.

Jaubert G, (1997). Biochemical characteristics and quality of goat milk. CIHEAM, Options Méditerranéennes, 25, 71-74

Jaubert G, (2001). Flavour of goat farm bulk milk. Cah Opt Mediter, 25 : 89- 93.

Jiang, T., Mustapha, A., & Savaiano, D. A. (1996). Improvement of lactose digestion in humans by ingestion of unfermented milk containing *Bifidobacterium longum*. *Journal of Dairy Science*, 79, 750–757.

Jooyandeh, H., & Abroumand, A. (2010). Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milks. *World Applied Science Journal*, 11(11), 1316–1322.

Jouan, P. (2002). *Lactoprotéines et lactipeptides : Propriétés biologiques*. Éditions INRA.

Jouhannet, P. (1992). *Le lait de chèvre, un produit d'avenir ?* [Thèse de doctorat en pharmacie, Université de Limoges].

JOHANNA B and HOLZAPFEL W. (2006). The genera *Leuconostoc, Oenococcus* and *Weissella* ; in : "Prokaryotes", 4, Bacteria, Firmicutes, cyanobacteria. 3eme Ed., Springer, New York, USA.

Jooyandeh H, Abroumand A (2010) Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milks. Words Applied Science Journal 11 (11): 1316- 1332.

K

Kassas, Z. (2017). Croissance de souches de bactéries lactiques d'intérêts technologiques et/ou probiotiques sur MRS végétal modifié. These de Doctorat En Microbiologie. Universite Badji Mokhtar Ŕ Annaba.

Kaan Tekinsen, K., Elmali, M., & Ulukanli, Z. (2007). Microbiological quality of UHT milk consumed in Turkey. *Journal of Food Safety*, 7, 45–48.

Kabir, A. (2015). *Contrainte de la production laitière en Algérie et évaluation de la qualité des laits dans l'industrie laitière* [Thèse de doctorat, Université Ahmed Ben Bella, Oran].

Kaktcham, P. M., Temgoua, J. B., Zambou, N. F., Diaz-Ruiz, G., Wacher, C., & Pérez-Chabela, M. L. (2012). In vitro inhibition of food pathogens and potential probiotic properties of bacteriocin-producing lactic acid bacteria isolated from "Sha'a", a maize-based traditionally fermented beverage from Cameroon. *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health*, 5(1), 47–67. https://doi.org/10.1504/IJFSNPH.2012.046244

Kaktcham, P. M., Zambou, N. F., Tchouanguep, M. F., & Diaz-Ruiz, G. (2012). Antimicrobial and probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from a traditional fermented maize-based beverage in Cameroon. *British Microbiology Research Journal*, 2(2), 104–117.

Kalagridou-Vassiliadou, D. 1984. Lypolitic activity and heat resistance of extracellular Lipase of some Grambacteria. Milchwiss 84 : 601-603.

KalačP., et SamkováE. The effects of feeding various Forgas on fatty acid composition of bovin milk fat : à review. Czech Journal of Animal Science, 2010. 55 :521-537.

Kanekanian, A. D. (Ed.). (2014). *Milk and dairy products as functional foods*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781118635056.

Kang, K.H., Shin, H.J., Park, Y.H .and Lee, T.S. (1989). Studies on the antibacterial substances produced by lactic acid bacteria : purification and some properties of antibacterial substance ṚBifilongṛ produced by B. longum. Korean Dairy Sci 1 : 204Ŕ16.

Khan, S. H., & Ansari, F. A. (2007). Probiotics—The friendly bacteria with market potential in global market. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20(1), 76–82.

Klein, G., Pack, A., Bonaparte, C., & Reuter, G. (1998). Taxonomy and physiology of probiotic lactic acid bacteria. International Journal of Food Microbiology, 41, 103–125.

Kongo, J. M. (2013). Lactic acid bacteria as starter cultures for fermented foods in Africa. In C. B. Ray & F. Montet (Eds.), *Microorganisms and fermentation of traditional foods* (pp. 139–158). CRC Press.

König, H., & Fröhlich, J. (2009). *Biology of microorganisms on grapes, in must and in wine*. Springer-Verlag.

Kouadria, R., & Saidi, D. (2017). Étude de quelques souches de bactéries lactiques isolées de laits crus pour leur potentiel antibactérien. *Revue des Bioressources*, 7(1), 1–10.

Khalisani, K. (2011). An overview of lactic acid bacteria. *International Journal of Biosciences (*IJB), 1, 1-13.

KONINGS W.N., POOLMAN B. and DRIESSEN A.J. (1989). Bioenergetics and solute transport in lactococci. *Crit. Rev. Microbio.*, 16, 419-476.

Khalil, R., Elbahloul, Y., Djadouni, F.and Omar, S. (2009). Isolation and partial characterization of a bacteriocin produced by a newly isolated *Bacillus megaterium 19* strain. Pak. J. Nutr., 8 : 242-250.

L

Lairini, S., Beqqali, N., Bouslamti, R., Belkhou, R., &Zerrouq, F. (2014). Isolement des bactéries lactiques à partir des produits laitiers traditionnels marocains et formulation d'un lait fermenté proche du Kéfir. *Afrique Science*, *10*(4), 267–277.

Lansing, M., Prescott, J. P., Harley, D., & Klein, A. (2003). Microbiologie. De Boeck Supérieur P 549.

Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67–78.

Leveau, J. Y., & Bouix, M. (1993). Microbiologie industrielle : Les microorganismes d'intérêt industriel (pp. 85–87). Tec & Doc, Lavoisier.

Liasi, S. A., Azmi, T. I., Hassan, M. D., Shuhaimi, M., Rosfarizan, M., &Ariff, A. B. (2009). Antimicrobial activity and antibiotic sensitivity of threeisolates of lactic acid bacteria from fermented fish product, budu. *Malaysian Journal of Microbiology*, 5(1), 33–37.

Liu, S. (2003). Practical implications of lactate and pyruvate metabolism by lactic acid bacteria in food and beverage fermentations. *International Journal of Food Microbiology*, 83(2), 115–131.

Luquet, F. M., & Corrieu, G. (2005). *Bactéries lactiques et probiotiques*. Éditions Lavoisier.

Lücke, F.K. 2000. Utilization of microbes to process and preserve meats. *Meat Science* 56 : 105–115.

Lysiane, D. (2012). Stratégies de limitation du portage sain des Escherichia coli producteurs de Shigatoxines (STEC) par les bovins : Potentiel bio-protecteur des bactéries lactiques en alimentation animale [Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal].

L´opez-Aliaga I, D´ıaz-Castro J, Alf´erez M, Barrionuevo M, Campos M S A (2010) Review of the nutritional and health aspects of goat milk in cases of intestinal resection. Dairy science & technology 90 : 661.

Lechardeur, D. (2011). Using heme as an energy boost for lactic acid bacteria. Curr Opin Biotechn.

M

Mabrouk, S. S., & Benamar, S. (2013). Propriétés antimicrobiennes et probiotiques des bactéries lactiques isolées à partir de produits laitiers artisanaux. *Revue Microbiologie Industrielle Sanitaire et Environnementale*, 7(2), 9–19.

Makheloufi, K. M. (2011). Caractérisation d'une bactériocine produite par une bactérie lactique Leuconostoc pseudomesenteroides isolée du boza [Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie].

Mahieddine, B., Feknous, N., Farah, M., Dalichaouche, N., Ines, F., Lynda, T., Nadia, M., and Redouane, Z. (2017). Caractérisation du lait de chèvre produit dans la région du Nord-est Algérien. Essai de fabrication du fromage frais. Algerian Journal of Natural Products 5, 492-506.

Mathieu J. (1999). Initiation à la physicochimie du lait. Edt Lavoisier, Tec et Doc, Paris. 220p (3-190).

Mami, A. (2013). *Recherche des bactéries lactiques productrices de bactériocines à large spectre d'action vis-à-vis des germes appliqués dans les toxi-infections alimentaires en Algérie* [Thèse de doctorat, Microbiologie Appliquée].

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols : Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747. https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727

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].

Menad, N. (2017). *Effet antagoniste des bactéries lactiques isolées à partir du lait de vache vis-à-vis de Salmonella sp.* (Thèse de doctorat non publiée, Université de Mostaganem).

Meschy, F. (2002). Eléments minéraux majeurs : données récentes chez les caprins. *INRA Productions Animales*, 15(4), 267–271.

Messens, W., et De Vuyst, L. 2002. Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdough-a review. *International Journal of Food Microbiology* 72 : 31–43.

Metchnikoff, E. (1907). In the prolongation of life : Optimistic studies (M. Chalmers, Ed.). William Heinemann.

Metrouh, R. (2022). Caractérisation d'une collection de bactéries lactiques autochtones : étude des propriétés biotechnologiques et probiotiques (Thèse de doctorat, Université Chahid Cheikh Larbi Tébessa).

Montel, M. C., Béranger, C., &Bonnemaire, J. (2005). Les fermentations au service des produits de terroir. INRA, Paris.

Morrissey, M. C., Harman, E. A., & Johnson, M. J. (1995). Resistance training modes : specificity and effectiveness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 648–660.

Morgnan F, Bodin J-P, Garborit P (2001) Lien entre le niveau de lipolyse du lait de chèvre et la qualité sensorielle des fromages au lait cru ou pasteurisé. Lait 81: 743-756.

Motyl, I., Klewicka, E., &Libudzisz, Z. (2009). New strain of lactic acid bacteria Lactobacillus casei. *Polish Patent Application*, 147–160.

Mozzi, F., Raya, R. R., & Vignolo, G. M. (2010). Biotechnology of lactic acid bacteria : Novel applications (pp. 3–73). Blackwell Publishing.

Mozzi F., Raya R.R. et Vignolo G.M., 2010. Biotechnology of lactic acid bacteria : Novel applications. *Blackwell. Publishing*. 13

Mukhekar, A., Desale, D. J., &Narute, A. B. (2017). Effect of lactation order and stage of lactation on physico-chemical properties of Sangamneri goat milk. *International Journal of Recent Scientific Research*, 8(4), 16683–16686.

Murray, B. E. (1990). The life and times of the Enterococcus. Clinical Microbiology Reviews, 3(1), 46–65.

Mahendra Kumar Trivedi, Alice Branton, Dahryn Trivedi, Gopal Nayak, Mayank Gangwar, Snehasis Jana (2017). Antibiogram Typing of Biofield Treated Multidrug Resistant Strains of Staphylococcus Species.

N

Nahal, A. (2015). Étude de l'activité antimicrobienne de bactéries lactiques vis-à-vis des bactéries pathogènes [Mémoire de magister, Université Ibn Khaldoun de Tiaret].

Novel G., (1993). Les bactéries lactiques in " Microbiologie industrielle" Les microorganismes d'intérêt industriel. Ed. Leveau, G.V., Bouix, M. Techniques et documentation Lavoisier. Paris. PP. 171-215.

Nuraida, L. (2015). A review : Health promoting lactic acid bacteria in traditionalIndonesian fermented foods. *Food Science and Human Wellness*, 4(2), 47–55. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.06.001

Ouwehand, A. C., Salminen, S., &Isolauri, E. (2002). Probiotics : An overview of beneficial effects. *Antonie van Leeuwenhoek*, 82(1–4), 279–289. https://doi.org/10.1023/A:1020620607611.

Ogawa, J., Kishino, S., Ando, A., Sugimoto, S., Mihara, K. et Shimizu, S. 2005. Production of conjugated fatty acids by lactic acid bacteria. Journal of Bioscience and Bioengineering : 100(4), 355-364.

P

Paci Kora, E. (2004). Interactions physicochimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : Quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur (Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris).

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

Parvez, S., Malik, K. A., Kang, S. A., & Kim, H. Y. (2006). Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. *Journal of Applied Microbiology*, 100(6), 1171–1185. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02963.x

Pilet, M. F., Magras, C., & Federighi, M. (2005). Bactéries lactiques. In M. Federighi (Ed.), Bactériologie alimentaire (2e éd., pp. 219–240). Economica.

POUGEON S. (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinai

Université Paul Sabatier de Toulouse, France.

Pougheon, S.,2001- Contribution a l'etude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologies laitière. Série A. Séminaires Méditerranéens ; n :115.

Price R.J., et Lee J.S. (1970). Inhibition of Pseudomonas species by hydrogen

PeroxideproducingLactobacilli. J. Milk and Food Technol, 33 : 13-18.

R

RAYNAUD S. (2006). Régulation métabolique et transcriptionnelle de l'autoacidification chez *Lactococcus lactis*. Thèse Doctorat, Universite Paul Sabatien, Toubouse, France.

Ramet J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO, Production et santé animales, no 48, 187 p.

Raynal K. et Remeuf F., (2000). Effect of storage at 4 degrees C on the physicochemical and renneting properties of milk : a comparison of caprine, ovine and bovine milks. Journal Dairy Res., 67(2) : 199-207.

Remeuf F., Lenoir J. et Duby C, (1989). Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. Lait, 69, 499-518.

Roberfroid M (2001) Prebiotics : preferential substrates for specific germs. American Journal of Clinical Nutrition 73 (suppl) : 406S-409S. Ross, R. P., Stanton, C., Hill, C., Fitzgerald, G. F., et Coffey, A. 2000. Novel cultures for cheese improvement. *Trends in Food Science and Technology* 11 :96–104.

Rubina Sabir1, Syed Faraz Danish Alvi2, Asher Fawwad3, Abdul Basit (2014) . Antibiogram of *Pseudomonas aeruginos*a and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in patients with diabetes.

RAYNAUD S. (2006). Régulation métabolique et transcriptionnelle de l'autoacidification chez *Lactococcus lactis*. Thèse Doctorat, Universite Paul Sabatien, Toubouse, France.

Ross, R. P., Stanton, C., Hill, C., Fitzgerald, G. F., et Coffey, A**.** 2000. Novel cultures for cheese improvement. *Trends in Food Science and Technology* 11 :96–104.

S

Saidi, D. (2014). Étude des bactéries lactiques isolées de produits laitiers traditionnels algériens pour leur potentiel probiotique (Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen).

Sadi F. (2017). Isolement et identification des souches de bactéries lactiques avec des caractéristiques technologiques et probiotiques. Université Hassiba Benbouali de Chlef Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

Saad, N. (2010). Caractérisation d'entités moléculaires de surface impliquées dans la relation de la bactérie probiotique *Lactobacillus plantarum 299v* avec l'hôte : approche in vitro. Thèse Doctorat. Biologie et santé. Université Limog.

Saidi, D., &Kouadria, R. (2015). Caractérisation de souches de bactéries lactiques isolées de lait cru et évaluation de leur activité antimicrobienne. *African Journal of Food Science*, 9(2), 56–63. https://doi.org/10.5897/AJFS2014.1234

Saidi, N., Guessas, B., Bensalah, F., Badis, A., Hadadji, M., Henni, D. E., Prévost, H., & Kihal, M. (2002). Caractérisation des bactéries lactiques isolées du lait de chèvre des régions arides. *Journal Algérien des Régions Arides*, *1*, 1–11.

Saloff-Coste, C. J. (1994). Lactic acid bacteria. World Newsletter Danone, n°5, 2–6.

Samelis, J., Maurogenakis, F., &Metaxopoulos, J. (1994). Characterization of lactic acid bacteria isolated from naturally fermented Greek dry salami. International Journal of Food Microbiology, *23*, 179–186.

Singh, V. P. (2018). Recent approaches in food bio-preservation-a review. *Open veterinary Journal*, *8*(1), 104-111.

Schillinger, U., & Lücke, F. K. (1987). Identification of Lactobacilli from meat and meat products. *Food Microbiology*, *4*, 199–208.

Schillinger, U., & Luke, F. K. (1989). Antibacterial activity of Lactobacillus sake isolated from meat. Applied and Environmental Microbiology, 55, 1901–1906.

SHEHATA, M., El Sohaimy, S., El-Sahn, M., & Youssef, M. (2016). Screening of isolated potential probiotic lactic acid bacteria for cholesterol-lowering property and bile salt hydrolase activity. Annals of Agricultural Science, 61(1), 65–75.

Simpson, W. J., & Taguchi, H. (1995). The genus Pediococcus with notes on the genera Tetragenococcus and Aerococcus. In B. J. B. Wood & W. H. Holzapfel (Eds.), The Genera of Lactic Acid Bacteria (Vol. 2, pp. 125–172). Chapman & Hall.

Singh, R., Sharma, S., & Bhat, T. K. (2015). Milk proteins and human health : a1/A2 milk hypothesis. Indian Journal of Endocrinology and Metabolism, 19(2), 167. [56] Jooyandeh H. et Abroumand A., (2010). Physicochemical, nutritional, heat treatment effects and dairy product aspects of goat and sheep milks. World Applied Science Journal.11(11), p.p.1316-1322.

Stavropoulou, E., &Bezirtzoglou, E. (2020). Probiotics in medicine : A long debate. *Frontiers in Immunology*, *11*, 554558.

Stiles, M. E., & Holzapfel, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of food and their current taxonomy. International Journal of Food Microbiology, 36, 1–39.

Schnürer, J. et Magnusson, J. (2005). Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. Food Sc. Technol, 16 : 70-78.

Szajewska H, Shamir R (2013). Cow’s Milk and Goat’s Milk vol 108, pp 56–62 (DOI : 10.1159/000351485).

Sumathi B.R, Amitha R. Gomes and G. Krishnappa (2008). Antibiogram profile based dendrogram analysis of *Escherichia coli* serotypes isolated from bovine mastitis

T

Tadesse, G., Ephraim, E., &Ashenafi, M. (2004). Assessment of the antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from Borde and Shamita, traditional Ethiopian fermented beverages, on some foodborne pathogens and effect of growth medium on the inhibitory activity. *International Journal of Food Safety*, *5*, 13–20.

Tahlaiti, H. (2019). Étude des propriétés technologiques et inhibitrices de bactéries lactiques isolées à partir de blé fermenté (Thèse de doctorat, Université de Mostaganem – Abdelhamid Ibn Badis).

Tailliez, P. (2001). Les bactéries lactiques, ces êtres vivants apparus il y a près de 3 milliards d'années. Le Lait, 81, 11.

Tamang, J. P., Watanabe, K., & Holzapfel, W. H. (2016). Review : Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Frontiers in Microbiology*, 7, 377. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377

Tamime, A. Y. (2002). Microbiology of starter cultures. In R. K. Robinson (Ed.), Dairy Microbiology Handbook (3rd ed., pp. 261–366). John Wiley and Sons.

TAMIME A. Y., SKRIVER A. et NILSSON L. E. (2006). Starter cultures ; in : "Fermented milks". First edition., Blackwell science, Ltd, 9600 Garsington Road, Oxford OXO 2D9, UK.

Tapsoba, F., &Mouquet-Rivier, C. (2017). Fermented foods and their health benefits. In *Fermented foods in health and diseaseprevention* (pp. 475–502). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802309-9.00021-4.

Tabasco, R., García-Cayuela, T., Peláez, C.and Requena, T. (2009). *Lactobacillus acidophilus* La-5 increases lactacin B production when it senses live target bacteria. Int. J. Food Microbiol., 132 : 109-116.

Thompson, J., & Gentry-Weeks, C. R. (1994). Métabolisme des sucres par les bactéries lactiques. In H. De Roissart & F. M. Luquet (Eds.), Bactéries lactiques (Vol. 1, pp. 239–290). Lorica.

Thomas, C., Romain, J., and Gérard, B. (2008). "Fondements physicochimiques de la technologie laitière," Lavoisier.

V

Vanwarbeck O., 2008. Caractérisation technico-économique des élevages de chèvres laitières en région de Wallonne. Catégorie agronomique. Haute école de la Province de Liège, 118p. [En ligne] https://www.ficow.be/ficow.site/wp-content/Uploads/Car.pdf.

Veinglou b., BALTADJIEVA M., KALATZOPOULOS G., STAMENOVA

V. et PAPADOPOULOU E. (1982b). La composition de lait de chèvre de la région de Plovidiv et en Bulgarie et de Ioninna en Grèce. Lait, 65, 155-165.

Vierling e. (2003). Aliment et boisson-Filière et produit, 2 ème édition, doin éditeurs,

Centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine *:11*.

Vignola C.L., Michel J.C., Paquin P., Moineau M., Pouliot M. et Simpson R., (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Techniques et documentation Lavoisier. 600p.

Vignola C.L. (2002). Science et technologie du lait. Transformation du lait. Paris.

Ecole Polytechnique de Montréal.

Vinderola, G., &Reinheimer, J. (2003). Lactic acid starter and probiotic bacteria : A comparative 'in vitro' study of probiotic characteristics and biological barrier resistance. *Food Research International*, 36(9–10), 895–904. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00098-X.

Vogel, R. F., Pohle, B. S., Tichaczek, P. S., & Hammes, W. P. 1993.The compétitive advantage of Lactobacillus curvatus LTH 1174 in sausage fermentations is caused by formation of curvacin A. *Systematic and Applied Microbiology* 16 : 457–462.

W

Wallace, T. D., Bradley, S., Buckley, N. D., & Green-Johnson, J. H. (2003). Interactions of lactic acid bacteria with human intestinal epithelial cells : Effects on cytokine production. Journal of Food Protection, 66(3), 466–472.

Wehrmuller K., et Ryffel S., 2007- Produits au lait de chèvre et alimentation.ALP actuel, no 27. Eds, Sta. Rech. Agro. Liebefeld-Posieux ALP. Posieux. Suisse.

Wood, B. J. B., & Holzapfel, W. H. (1995). The lactic acid bacteria (Vol. 2) : The genera of lactic acid bacteria. Blackie Academic & Professional.

Wiseman d applebaum t. (1983). Distribution and 'resistance to Pasteurization of Afla

Toxin Ml in (éd. Joum of food Prot., 46 (6) 1983,).

X

Xie, Y., An, H., Hao, Y., Qin, Q., Huang, Y., Luo, Y.and Zhang, L. (2011). Characterization of an anti Listeria bacteriocin produced by *Lactobacillus plantarum LB-B1*

isolated from koumiss, a traditionally fermented dairy product from China. Food Control, 22 : 1027-1031.

Y

Yateem, A., Balba, M. T., Al-Surrayai, T., Al-Mutairi, B., & Al-Daher, R. (2008). Isolation of lactic acid bacteria with probiotic potential from camel milk. International Journal of Dairy Science, 3, 194–199.

Yu, A. O., Leveau, J. H. J., & Marco, M. L. (2020). Abundance, diversity and plant-specific adaptations of plant-associated lactic acid bacteria. Environmental Microbiology Reports, 12(1), 16–29. https://doi.org/10.1111/1758-2229.12794.

Yeuh-Ting Tsai & Po-Ching Cheng & Tzu-Ming Pan (2012) The immunomodulatory effects of lactic acid bacteria for improving immune functions and benefits. 96 :853–862.

Yulma Lizbeth Aguirre-Garcia, Sendar Daniel Nery-Flores, Lizeth Guadalupe Campos-Muzquiz,

Adriana Carolina Flores-Gallegos, Lissethe Palomo-Ligas, Juan Alberto Ascacio-Valdés,

Leonardo Sepúlveda-Torres and Raúl Rodríguez-Herrera (2024). Lactic Acid Fermentation in the Food Industry and Bio-Préservation of Food., pp 10- 168.

Z

Zalan Z., Barath A., et Halasz A. (2005). Influence of growth medium on hydrogen

Peroxide and bacteriocin production of Lactobacillus strains. Food Technol. Biotech,

43(3) : 219-225.

Zagorec, M, Christieans, S, Coord (2013). Flores protectrices pour la conservation des aliments, pages : 46- 49.

Zaunmüller, T., Eichert, M., Richter, H., & Unden, G. (2006). Variations in the energy metabolism of biotechnologically relevant heterofermentative lactic acid bacteria during growth on sugars and organic acids. Applied Microbiology and Biotechnology, 72, 421–429.

Zergoug, A. (2017). *Effet des probiotiques et bactériocines vis-à-vis des pathogènes responsables des infections urinaires* (Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ben Badis – Mostaganem).

Zeller B, (2005). Le fromage de chèvre : Spécificités technologiques et économiques Thèse de Doctorat de l'université Paul-Sabatier, Toulouse, France.

Zhitnitsky, D., Rose, J., et Lewinson, O. (2017). The highly synergistic, broad spectrum, antibacterial activity of organic acids and transition metals. Scientific reports, 7(1), 1-13.

.

Annexe

Annexe

Annexe 1 : Composition des solutions de titrage

- **Solution de NaOH1N :**

Eau distillé 1000ml

NaOH 40g

- **Solution de HCL1N :**

Eau distillé 100ml

HCL 4ml

Annexe 2 : Composition des diluants (g/l)

- **Eau physiologie 9/ml :**

Na Cl.....9g

Eau distillée 1000ml

Annexe 3 : Composition des milieux de cultures (g/l)

- **Milieu MRS (de Man Rog osa et Sharpe, 1960)**

Extrait de levure 5g

Extrait de viande.....5g

Peptone 10g

Acetate de sodium..... 5g

Citrate de sodium.....2g

Glucose 20g

KH2PO4 ..... 2g

MgSO4..... 0.1g

MnSO4..... 0.05g

Agar 12g

Tween80 ..... 1ml

Eau distillé q.s.....1000ml

PH= 6.5±0.2à37°C

Autoclavage :121°C/15min.

❖ **MRS -Bouillon**

Peptone 10g

Extrait de viande.....8g

Extrait de levure..... 4g

Glucose 20g

Acétate de sodium tri hydraté 5,0g

Citrate d'ammonium..... 2,0g

Tween 80 ..... 1,0ml

Hydrogen phosphate de potassium 2,0g

Sulfate de magnésium heptahydraté 0,2g

Sulfate de manganèse tétra hydraté 0,05g

PH=6.2±0.2

Annexe 4 : coloration de gram

✓ **Préparation d'un frottis**

-Déposer sur une lame propre une goutte d'eau physiologique puis prélever à l'aide d'une pipette Pasteur une fraction d'une colonie isolée.

- Réaliser le frottis de façon à obtenir un étalement mince et homogène.

-Sécher à l'air libre puis fixer le frottis par 3 passages rapides et brefs de la lame au-dessus d'une flamme d'un Bec Bunsen (frottis situé sur le dessus).

✓ **Etapes de la coloration différentielle de Gram**

- Recouvrir la lame de violet de gentiane pendant 1 minute.

- Rejeter le violet de gentiane et recouvrir de Lugol pendant 1 minute.

- Rejeter le Lugol, décolorer à l'alcool 95° pendant 5 secondes et rincer immédiatement à l'eau.

- Recouvrir la lame de fuchsine diluée 1/10 pendant 1 minute puis rincer.

- Sécher à la chaleur et examiner à l'immersion.

La lecture se fait au grossissement x 100 avec une goutte d'huile à immersion (x1000).

Annexe 5 : les résultats de l'activité antimicrobienne des bactéries lactique.

Tableau 1 : les résultats de l'activité antimicrobienne des bactéries lactique vis-à-vis les souches pathogènes.

Souche pathogène / Souche lactiques	E. coli	*Staphylococcus aureus.*	*Klebsiella pneumoniae*	*Pseudomonas aeruginosa.*
S1	25(mm)	26(mm)	27(mm)	0(mm)
S2	15(mm)	25(mm)	21(mm)	0(mm)
S3	22(mm)	24(mm)	16(mm)	0(mm)

Annexe 6

Tableau 2 : les Antibiotiques

	Antibiotiques
AMC	Amoxicilline + AC clavu
AK	Amikacine
AZT /ATM	Aztreonam
CIP	Ciprofloxacine
CS/CLM /CL	Colistine
C	Chloramphénicol
GN/GEN	Gentamycine
LEV	Lévofloxacine
P	Pénicilline
SXT	Tremthoprime +sulfa
VA	Vancomycine
CD	Clindamycine
FF	Fosfomycine

Annexe

Annexe 7 : Matériel non biologique



Dessiccateur



Bec Bunsen



Bain Marie



La loupe



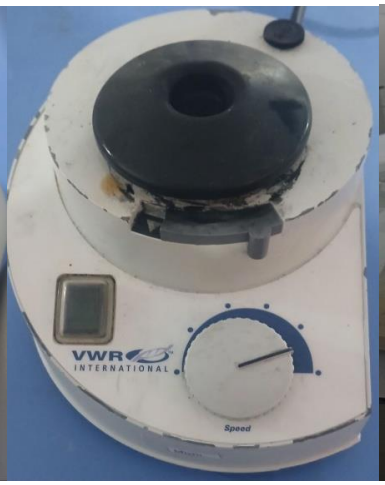
Etuves



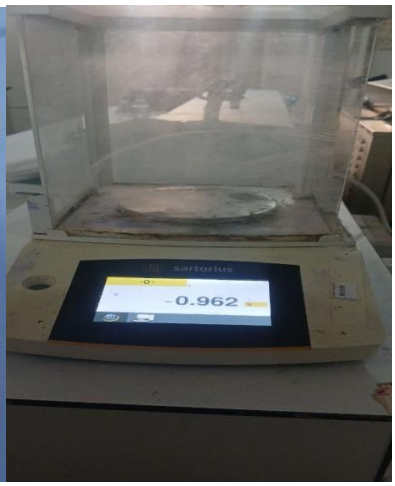
Plaques Chauffantes



Densimètre



Vortex



Balance

Annexe



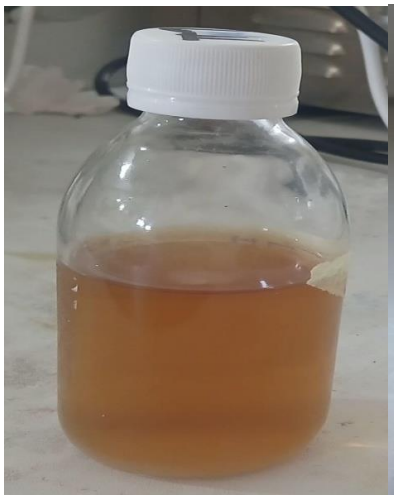
PH mètre



Autoclave



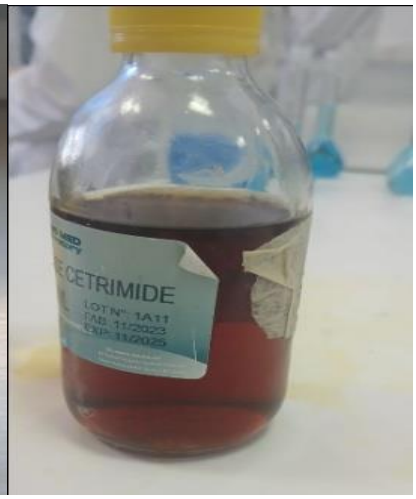
Disques Vierge



Gélose MRS



Muller Hinton



Bouillon MRS



Les Réactifs de la coloratione Gram ‘Cristal Violet, Lugol, L’alcool 95% et la Fuchsine.