

République Algérienne Démocratique et Populaire



Université Abdelhamid Ibn Badis-
Mostaganem

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة



DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire de fin d'études

Présentées par:

MEBARKI Aicha

SADLI Khadidja

Pour l'obtention du diplôme de Master en

SCIENCES BIOLOGIQUES

Spécialité : Microbiologie fondamentale

Thème

Etude biotechnologique des bactéries lactiques isolées du lait de chèvre cru

Soutenu le : 30/06/2025

Devant le jury composé de :

Examineur	BOUABSA Foufa	MCB	U. Mostaganem
Président	DJIBAOUI Rachid	MCB	U. Mostaganem
Encadrante	MENAD Najett	MCA	U. Mostaganem
Co-Encadrant	MOGHTET Snoussi	MCA	C.U. d'El Bayadh

Année universitaire : 2024/2025



Remerciements

Remerciements avant tout à Dieu, qui nous a donné la force, la patience et le courage et qui a mis sur notre chemin ce qui nous facilite la réalisation et l'achèvement de ce travail que nous espérons utile et bénéfique...

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre gratitude profonde à notre encadreuse, M^{me} MENAD Najett pour avoir accepté de superviser ce travail, pour sa grande patience, ses encouragements, ses orientations et ses précieux conseils.

Nous tenons également à remercier notre co-encadreur M^r MOGHTET Snoussi, pour avoir accepté de co-superviser ce travail.

Nous souhaitons également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et tout particulièrement M^r DJIBAOUI Rachid pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nous remercions également la présidente jury ce travail M^{elle} BOUABSA Foufa

Nous remercions également Ingénieur du laboratoire de microbiologie M^r BEN MIMOUNE Mohamed

Je tiens également à exprimer notre gratitude envers les propriétaires des fermes pour leur accueil chaleureux, pour nous avoir donné l'opportunité de prendre des échantillons du lait

Nous souhaitons exprimer notre gratitude envers nos parents et nos familles pour leur soutien et leur confiance.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce travail, dans l'espoir qu'ils perçoivent dans ces mots toute notre reconnaissance.



Dédicace

Au nom d'ALLAH clément et miséricordieux

Je dédie ce modeste travail :

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon cher père « Belkacem ».

A ma chère maman « khadidja » pour son amour, et qu'elle m'a toujours accordé en témoignage de ma reconnaissance envers sa confiance, ses sacrifices et sa tendresse.

A mes sœurs « Bouchra », « Nacira » et « Fatima Zohra » pour l'amour qu'elles me réservent, je leurs souhaite une vie pleine du bonheur, santé et de succès.

A mes frères « Mohamed », « Lahcen » et « Abd el hamid »

A ma grande-mère, que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous les membres de ma famille.

À mes petits chéris « diyaa », « amira » et « farah » que dieu les protège.

A mes chers amies « Malak », « Ibtissame » et « Mohamed ali » qu'elles trouvent ici l'expression de mes sentiments les plus dévoués et mes vœux les plus sincères.

Sans oublier mon binôme « khadidja » pour sa patience, sa compréhension et son soutien.

AÏCHA



Dédicace

Avec l'aide de Dieu le Tout-Puissant qui m'a montré le chemin et m'a donné la force et le courage de persévérer jusqu'au bout, j'ai pu accomplir ce humble travail auquel je me suis consacré et je le dédie : À ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour, mes chers parents :

Ma chère mère, la femme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et la source de joie et de bonheur, la flamme de mon cœur, celle qui s'est toujours sacrifiée pour me voir réussir, que Dieu la garde pour moi.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte ses fruits. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanents venus de toi.

À mes chères sœurs Ikram et Asma et mon cher frère Amine, merci pour votre soutien indéfectible.

À mon binôme et amis Aicha Merci pour ta bonne humeur, ton soutien, et ton implication dans chaque étape de ce mémoire. Ce fut un véritable plaisir de collaborer avec toi. Ensemble, on a relevé chaque défi avec énergie et détermination.

À mes chers amis Affaf et nadjet et Malek Merci pour votre soutien, vos encouragements et vos sourires pendant cette aventure parfois stressante mais toujours enrichissante. Vos présences m'ont aidé à garder le cap, à garder le moral, et surtout à croire en moi. Ce mémoire vous est dédié avec toute mon affection.



KHADIDJA

Résumé

Les bactéries lactiques (LAB) sont essentielles dans l'industrie alimentaire, jouant un rôle clé dans les processus de fermentation pour produire une variété d'aliments.

L'isolement des souches lactiques à partir d'un échantillon de lait de chèvre cru provenant de la région d'El Rogassa, située dans la wilaya d'El Bayadh, nous a permis d'obtenir 10 isolats à Gram positifs et catalase négatives.

Pour l'identification des isolats, nous nous sommes basés sur les tests suivants : test de croissance à différentes températures : 22°C, 37°C et 45°C ; de croissance à différents pH : 5, 6,5 et 9,6 ; de croissance en présence de 6,5% NaCl ; de croissance en milieu du lait au sherman ; étude de la thermorésistance ; de production d'acétoïne et de l'arginine d'hydrolase. D'après ces tests ont permis de distinguer quatre espèces principales : *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus durans*, *Enterococcus faecalis* et *Lactococcus lactis*.

Et en terminant notre étude par des tests technologiques des isolats ou ils montrent des résultats satisfaisants pour une utilisation dans l'industrie alimentaire.

Mots clés : lait du chèvre cru, bactéries lactiques, identification phénotypique, identification biochimique, tests technologiques.

Abstract

Lactic acid bacteria (LAB) are essential in the food industry, playing a key role in fermentation processes to produce a variety of foods.

Isolation of lactic strains from a sample of raw goat's milk from the El Rogassa region in the wilaya of El Bayadh yielded 10 Gram-positive and catalase-negative isolates.

For isolate identification, we used the following tests: growth test at different temperatures: 22°C, 37°C and 45°C; growth test at different pHs: 5, 6.5 and 9.6; growth test in the presence of 6.5% NaCl; growth test in sherman's milk medium; thermoresistant study; acetoin production test and arginine hydrolase test. These tests enabled us to distinguish four main species: *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus durans*, *Enterococcus faecalis* and *Lactococcus lactis*.

And ending our study with technological tests of the isolates where they show satisfactory results for use in the food industry.

Key words: raw goat's milk, lactic acid bacteria, phenotypic identification, biochemical identification, technological tests.

الملخص

تُعد بكتيريا حمض اللاكتيك التخمير لإنتاج مجموعة متنوعة من الأطعمة (LAB). ضرورية في صناعة الأغذية، حيث تلعب دوراً رئيسياً في عمليات

وقد مكنا عزل السلالات اللبنية من عينة من حليب الماعز الخام من منطقة الرقاصة الواقعة في ولاية البيض، من الحصول على 10 عزلات موجبة الغرام وسالبة الكاتلاز.

استُخدمت الاختبارات التالية لتحديد العزلات: اختبار النمو في درجات حرارة مختلفة: 22 درجة مئوية و37 درجة مئوية و45 درجة مئوية؛ اختبار النمو في درجات حموضة مختلفة: 5 و6.5 و9.6؛ اختبار النمو في وجود 6.5% من كلوريد الصوديوم؛ اختبار النمو في وسط حليب شيرمان؛ دراسة المقاومة الحرارية؛ اختبار إنتاج الأستوين واختبار هيدروجين هيدرولاز. مكنتنا هذه الاختبارات من تمييز أربعة أنواع رئيسية: المكورات العقدية الحرارية، والمكورات المعوية دورانس، والمكورات المعوية البرازية، والمكورات اللبنية اللاكتونية.

اختتمت دراستنا باختبارات تكنولوجية على العزلات، والتي أظهرت نتائج مرضية للاستخدام في صناعة الأغذية.

بيولوجي، الاختبارات

حليب الماعز الخام، بكتيريا اللاكتيك، تحديد النمط الظاهري، تحديد الهوية

الكلمات المفتاحية:

التكنولوجية.

Liste des tableaux

N°		Page
01	Exemples de bactéries lactiques utilisées dans la fermentation des aliments.....	26
02	Critères morphologiques des bactéries lactiques isolées à partir du lait de chèvre cru...	40
03	Croissance à différentes pH et différentes température.....	42
04	Test de thermorésistance et de NaCl 6.5% et la croissance sur lait de Sherman.....	44
05	Type fermentaire, acétoïne et l'arginine di hydrolyse.....	46
06	Profil fermentaire des souches isolées.....	47
07	L'identification des souches lactiques isolées à partir du lait de chèvre.....	48
08	Activité protéolytique des souches isolées à partir du lait de chèvre.....	49
09	Illustration de l'effet inhibiteur des surnageants et culture jeune vis-à-vis des souche pathogènes.....	51

Liste des figures

N°		Page
01	Arbre phylogénétique des principaux genres de bactéries lactiques et des genre Associés, obtenu par analyse des ARNr 16S.....	15
02	Morphologie en microscopie électronique de <i>Streptococcus thermophilus</i>	15
03	Heterofermentative Lactic Acid Bacteria: (A) <i>Lactobacillus brevis</i> (B) <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	16
04	Morphologie en microscope électronique <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i>	17
05	Fixation des <i>Leuconostocs</i> sur les moules en grès-vernisé, examen en microscop électronique de balayage.....	17
06	Morphologie en microscope électronique de <i>Pediococcus</i> sp.....	18
07	Protocole d'isolement et purification des souches lactiques.....	29
08	Aspect des bactéries lactiques sur milieu MRS solide après incubation à 37° pendant 48h on aérobiose.....	39
09	Observation microscopique après coloration de Gram au grossissement x100.....	40
10	La croissance à différents pH.....	41
11	La croissance à différentes températures.....	42
12	La thermorésistance.....	43
13	La croissance en milieu hyper salé (NaCl 6,5%).....	43
14	La croissance sur lait de Sherman 1% et 3%.....	44
15	Test de Manitol Mobilité.....	45
16	Test de TSI (triple sugar Iron).....	45
17	Production d'acétoïne.....	46
18	Test de type fermentaire.....	46
19	La fermentation des sucres de souche S5.....	47
20	Exemple d'activité protéolytique des bactéries lactiques isolées du lait de chèvre (le souches S1, S2, S3 et S4).....	49
21	A : <i>Salmonella gallinarum</i> ATCC700623 (surnagent et culture jeune).....	50

22	B : <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853 (surnagent et culture jeune).....	50
23	Evolution de pH des souches isolées à différents intervalles de temps.....	51
24	Evolution de l'acidité des souches isolées à différents intervalles de temps.....	52

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
ملخص	
Résumé	
Summary	
Introduction	01
Chapitre I: Le lait de chèvre	
I.1. Définition de lait	03
I.2. Définition du lait de chèvre	03
I.3. Composition nutritionnelle du lait de chèvre	03
I.3.1 Eau	04
I.3.2- Protéines	04
I.3.3- Lipides	04
I.3.4- Glucides	05
I.3.5 Matière minérale	06
I.3.6 Vitamines	06
I.4 Les caractéristiques du lait de chèvre	07
I.4.1 Les caractéristiques organoleptique	07
I.4.1.1 La couleur	07
I.4.1.2 La saveur	07
I.4.1.3 L'odeur	07
I.4.2 Caractéristiques physico-chimiques	08
I.4.2.1 pH	08
I.4.2.2 Acidité	08
I.4.2.3 Densité	08
I.5 La flore originelle	08
I.5.1 Bactéries productrices de toxines	09
I.5.2 Facteurs favorisant la production de toxines	09
I.5.2.1 Température	09
I.5.2.2 pH	10
I.5.3 La flore du lait de chèvre	10
I.5.3.1 Flore d'altération	10
I.5.3.2 Flore contaminante	11
I.5.3.3 Flore pathogène	11
Chapitre II: Les bactéries lactiques	
II.1 Généralités sur les bactéries lactiques	12
II.2 Définition	12
II.3 Habitat	13
II.4 Caractéristiques des bactéries lactiques	13
II.5 Classification des bactéries lactiques	14
II.5.1 Le genre <i>Streptococcus</i>	15

II.5.2 Le genre <i>Lactobacillus</i>	16
II.5.3 Le genre <i>Lactococcus</i>	16
II.5.4 Le genre <i>Leuconostoc</i>	17
II.5.5 Le genre <i>Pediococcus</i>	17
II.6 Les exigences nutritionnelles des bactéries lactiques	18
II.6.1 Les glucides	18
II.6.2 Les acide aminé	19
II.6.3 L'azote.....	19
II.6.4 Les vitamines	20
II.6.5 Les minéraux.	20
II.6.6 L'oxygène.....	20
II.7 Principales voies fermentaires des bactéries lactiques.....	20
II.8 Les molécules à activité antimicrobienne synthétisées par les bactéries lactiques	21
II.8.1 Les acides organiques	21
II.8.2 Le peroxyde d'hydrogène	21
II.8.3 Le dioxyde de carbone.....	22
II.8.4 Le diacétyle.....	22
II.8.5 Les bactériocines	22
II.9 Propriétés technologiques des bactéries lactiques	23
II.10 Utilisation des bactéries lactiques.....	25

Chapitre III: Partie Expérimentale

1. Objectif	27
2. Lieu et période d'étude	27
3. L'échantillonnage et techniques de prélèvement du lait.....	27
4. Caractéristiques organoleptiques du lait de chèvre collecté.....	27
5. Analyses physico chimiques	28
5.1 Mesure du pH	28
5.2 Détermination de l'acidité titrable	28
6. Isolement et purification des souches	28
6.1 Isolement.....	28
6.2. Purification.....	29
7. Caractérisation et identification des souches lactiques	30
7.1 Etude morphologique.....	30
7.2 Tests physiologiques	30
7.2.1 Recherche de catalase	30
7.2.2 Test de croissance en différentes températures.....	31
7.2.3 Test de croissance en différents pH (9,6 ; 6,5 ; 5).....	31
7.2.4 Test de thermorésistance.....	31
7.2.5 Croissance en milieu hypersalée.....	32
7.2.6 La croissance sur le lait de Sherman.....	32
7.3 Tests biochimiques.....	32
7.3.1 Test de Manitol de Manitol Mobilité	32
7.3.2 Test du milieu TSI (Triple Sugar Iron).....	33
7.3.3 Production de l'acétoïne (Acétyl-Méthyle-Carbinol).....	33
7.3.4 Recherche du type fermentaire	34
7.3.5 Etude du profil fermentaire (fermentation des sucres).....	34
8. Technique de conservation.....	34

8.1 Conservation à court terme	34
8.2 Conservation à long terme	35
9. Caractérisation technologique des souches.....	35
9.1 Activité protéolytique	35
9.2 Activité antimicrobienne	35
9.2.2 Activité inhibitrice du surnageant	36
9.3 Etude du pouvoir acidifiant des isolats	36

Chapitre IV: Résultats et discussion

I. Résultats.....	38
1. Caractérisation organoleptique.....	38
2. Paramètres physico-chimiques.....	38
2.1 Le pH.....	38
2.2 Acidité titrable	38
3. Pré identification des isolats	39
3.1 Caractérisation macroscopique	39
3.2 Caractérisation microscopique	39
4. Les tests physiologiques.....	40
4.1 Recherche de catalase	40
4.2 La croissance à différents pH.....	41
4.3 La croissance à différentes températures	41
4.4 Test de la thermorésistante.....	43
4.5 Croissance en milieu hypersalée.....	43
4.6 La croissance dans le lait de Sherman	44
5. Les tests biochimiques	45
5.1 Test du Manitol et du Manitol Mobilité.....	45
5.2 Test du milieu TSI (Triple Sugar Iron).....	45
5.3 La production d'acétoïne	45
5.4 Recherche du type fermentaire	46
5.5 Etude de la fermentation des sucres.....	47
6. Identification des souches lactiques isolées à partir du lait de chèvre cru	48
7. Aptitude technologique des souches lactiques isolées.....	48
7.1 Etude de l'activité protéolytique des souches isolées du lait de chèvre cru.....	48
7.2 Etude de l'activité antimicrobienne des souches isolées du lait de chèvre cru.	50
7.3 Etude de la capacité d'acidification des souches isolées du lait de chèvre cru.	51
II. Discussion	52
Conclusion	62
Références bibliographiques	63
Annexes.....	75

Introduction

Introduction

L'Algérie a une tradition laitière, et le lait ainsi que les produits laitiers sont des aliments de base dans l'alimentation des Algériens. Le lait et ses produits laitiers sont essentiels dans l'alimentation humaine, et leur consommation augmente en raison de leur richesse en nutriments **(Rachedi *et al.*, 2022)**.

Le lait est un liquide nutritif produit par les seins des mammifères, y compris les humains, pour nourrir les nourrissons. Le lait de chèvre est un aliment naturel très nutritif, considéré comme complet et capable de remplacer un repas. Il est apprécié pour sa faible teneur en matières grasses et sa capacité à neutraliser les acides et toxines dans le corps, **(Kourkouta *et al.*, 2021)**.

Le lait et les produits laitiers sont des aliments nutritifs riches en nutriments essentiels et comportent une gamme diversifiée de bactéries lactiques **(Gentah *et al.*, 2016)**.

Les bactéries lactiques (LAB) sont des micro-organismes bénéfiques pour la santé humaine, animale et végétale, utilisés dans la fermentation alimentaire pour la conservation des aliments. Elles s'adaptent à divers environnements, notamment les produits laitiers, la viande, les légumes, le pain et le vin, ainsi que dans le corps humain **(Bennani *et al.*, 2017)**.

Les LAB ont des besoins nutritionnels spécifiques et croissent rapidement, ce qui leur permet de produire des composés bénéfiques comme des acides organiques, des antimicrobiens et des enzymes. Ces caractéristiques sont à l'origine de leurs nombreux avantages et applications **(Hayek et Ibrahim, 2013)**.

Les objectifs de cette étude se basent autour des points suivants : Etude biotechnologie des bactéries lactique isolée à partir d'un échantillon du lait de chèvre cru de la région partie sud-ouest d'Algérie (El Bayadh).

Introduction

L'étude porte sur les caractéristiques phénotypiques, physiologiques et biochimiques des isolats de bactéries lactiques thermophiles et mésophiles, extraites du lait cru de chèvre, ainsi que sur leur capacité à acidifier.

La problématique de l'étude est centrée sur l'analyse biotechnologique des bactéries lactiques isolées du lait cru de chèvre. Plus précisément, l'objectif est d'identifier et de caractériser les bactéries lactiques (thermophiles et mésophiles) présentes dans des échantillons de lait cru de chèvre provenant de la région d'El Bayadh, située au sud-ouest de l'Algérie. L'étude vise également à évaluer leurs caractéristiques phénotypiques, physiologiques, biochimiques et leur capacité à acidifier, en vue de leur utilisation potentielle dans l'industrie alimentaire.

L'intérêt de ce travail est d'identifier et de caractériser des bactéries lactiques isolées du lait de chèvre cru, provenant de la région d'El Bayadh.

Ce mémoire est subdivisé en trois chapitres:

- Le premier chapitre présente une partie bibliographique (Lait de chèvre et les aptitudes technologiques).

- Le second chapitre exprime les bactérie lactique.

- Le troisième chapitre reflète comme:

- Chapitre 3: Les résultats obtenus de différents tests d'identification, caractéristiques biotechnologiques des isolats.

- Chapitre 4: Contient la discussion des résultats.

En terminant avec une conclusion générale qui englobe les résultats de ce travail.

Chapitre I:

Le lait de chèvre

I.1 Définition du lait

Le lait est une sécrétion naturelle des glandes mammaires des mammifères, servant à nourrir leurs petits. Il est également consommé par les humains, notamment le lait de certaines espèces comme les vaches, les buffles, les chèvres, les brebis, les chamelles et les chevaux, que ce soit sous forme liquide ou à travers divers produits laitiers (Sheet, 2019).

I.2 Définition du lait de chèvre

Le lait de chèvre est blanc et a une saveur plus prononcée que le lait de brebis. Sa nature alcaline est attribuée à une teneur plus élevée en protéines et à un arrangement unique de phosphates (Agnihotri et Prasad, 1993). En outre, le lait de chèvre contient des globules de graisse plus petits que le lait de vache, ce qui lui confère une texture plus lisse.

Les niveaux inférieurs d'alpha-1 caséine dans le lait de chèvre conduisent à des produits gélifiés plus doux, à une rétention d'eau accrue et à une viscosité réduite.

Toutefois, la saveur plus prononcée du lait de chèvre par rapport au lait de vache peut limiter l'acceptation de ses dérivés par les consommateurs (Pal *et al.*, 2017).

I.3 Les composition nutritionnelle du lait de chèvre

La composition du lait de chèvre peut fluctuer en fonction de divers éléments comme la race de l'animal, son alimentation (qui joue un rôle crucial pour la qualité du lait), les conditions climatiques, l'état de santé, le stade de lactation, la reproduction et la méthode d'extraction du lait, sans oublier le soin apporté au produit par la suite (Kim *et al.*, 2013).

I.3.1 L'eau

Le lait de chèvre contient 87 % d'eau, ce qui en fait un aliment liquide peu énergétique, surtout si les graisses sont éliminées. Bien qu'il soit traditionnellement perçu comme pauvre en sucres et riche en lipides et protéines, sa teneur en hydrates de carbone est en réalité plus élevée que celle des autres composants (**Bidot, 2019**).

I.3.2 Les protéines

Le lait est composé de 80% de caséine et de 20% de protéines de lactosérum. Dans le lait de vache, la caséine alpha s1 est la principale protéine, tandis que le lait de chèvre (GM) contient principalement de la caséine bêta.

Le lait de chèvre contient plus de taurine et six acides aminés essentiels (thréonine, isoleucine, lysine, cystine, tyrosine, valine) que le lait de vache, mais moins d'acide folique en raison de la présence d'une protéine liant fortement les folates, ce qui affecte l'absorption de l'acide folique.

Le lait génétiquement modifié est dépourvu de graisses lourdes et de composants produisant du mucus, ce qui en fait une source de protéines complète contenant tous les acides aminés essentiels, et ses fragments de caséine contiennent des peptides antimicrobiens (**Park, 2009**).

I.3.3 Les lipides

Les lipides du lait de chèvre constituent la principale source d'énergie de ce produit. Tout comme ceux du lait de vache, les lipides du lait de chèvre sont faibles en acides gras polyinsaturés, qui sont essentiels au métabolisme humain.

La digestibilité des lipides du lait de chèvre est élevée, atteignant 90 à 95%, même chez les enfants présentant une fonction pancréatique réduite. Cela s'explique par plusieurs facteurs, notamment la sécrétion de lipides sous forme de globules par la glande mammaire, où ils sont entourés d'une membrane cytoplasmique contenant des protéines.

Les sels biliaires conjugués, tels que le taurocholate ou le taurodéoxycholate, à une concentration physiologique de 1 à 2 mmol/l, permettent de libérer les lipides des globules, facilitant ainsi leur hydrolyse par le système lipase-cotlipase et leur absorption.

De plus, les lipides du lait de chèvre se distinguent par la présence d'acides gras à chaîne relativement courte (**Desjeux, 1993**).

I.3.4 Les glucides

Le lactose est le principal hydrate de carbone présent dans le lait de chèvre, mais sa concentration est inférieure de 0,2 à 0,5 % à celle du lait de vache. En outre, le lait de chèvre est riche en oligosaccharides, glycopeptides, glycoprotéines et sucres nucléotidiques, avec une teneur en oligosaccharides particulièrement élevée et diversifiée qui offre divers avantages pour la santé. En comparaison, le lait de vache contient moins de monosaccharides et d'oligosaccharides.

Les oligosaccharides du lait jouent un rôle crucial en favorisant la croissance des bactéries intestinales bénéfiques chez les nouveau-nés, en protégeant les cellules de la muqueuse intestinale contre les agents pathogènes, et peuvent même favoriser le développement du cerveau. Le lait de chèvre contient notamment quatre fois plus d'acide sialique (230 mg/kg) que le lait de vache (60 mg/kg).

La présence de sucres nucléotidiques dans le lait est également remarquable (**Amigo et Fontecha, 2011**).

I.3.5 Matière minérale

La composition minérale du lait de chèvre est influencée par divers facteurs, notamment la race, le régime alimentaire, le stade de lactation et la santé de la mamelle, tout comme le lait d'autres mammifères.

En général, le lait de chèvre présente des concentrations en minéraux plus élevées que le lait de vache et le lait humain. Il est donc particulièrement bénéfique dans les régions où la consommation de viande est faible, grâce à sa richesse en calcium et en phosphate.

Le lait de chèvre contient des niveaux élevés de calcium, de phosphore, de potassium, de magnésium et de chlore, mais moins de sodium et de soufre que le lait de vache. Plus précisément, le lait de chèvre fournit 134 mg de calcium par 100 g, contre 119 mg dans le lait de vache et seulement 32 mg dans le lait humain (**Turkmen, 2017**).

I.3.6 Vitamines

Des recherches indiquent que le lait de chèvre contient une concentration plus élevée en vitamine A par rapport au lait de vache. Cependant, il est déficient en d'autres vitamines essentielles, telles que la vitamine E, le folate et la vitamine B12, ce qui peut entraîner des carences.

De plus, le processus de pasteurisation peut également affecter les niveaux de vitamines comme la thiamine, la riboflavine et la vitamine C dans le lait de chèvre. Il est donc recommandé de diversifier les sources alimentaires afin de garantir un apport adéquat en vitamines et minéraux, surtout si les enfants ne consomment que du lait de chèvre (**Singh et al., 2021**).

I.4 Les caractéristiques du lait de chèvre

I.4.1 Les caractéristiques organoleptique

I.4.1.1 La couleur

Le lait de chèvre se caractérise par son aspect très blanc, propre et mat, dépourvu de la teinte jaune du lait de vache due à l'absence de β -carotènes. Ces caroténoïdes, présents dans divers légumes et transformés en vitamine A chez l'animal, contribuent à la couleur jaune du lait de vache.

Le lait de chèvre est également plus visqueux, avec des globules gras plus petits et plus nombreux que dans le lait de vache et de brebis. Une couleur bleu-blanc peut suggérer que le lait est écrémé ou aqueux, tandis qu'une teinte rouge peut indiquer la présence de colostrum ou d'éventuels problèmes de santé (**Bidot, 2019**).

I.4.1.2 La saveur

Le lait de chèvre se distingue par sa saveur unique, influencée par l'alimentation, la race de la chèvre, la fraîcheur et le traitement du lait. En général, le lait de chèvre frais présente une douceur naturelle, une légère acidité (pH de 6,5-6,7), une note caprine caractéristique, et des arômes herbacés ou floraux si les chèvres sont nourries à l'herbe (**Silanikove, 2010**).

I.4.1.3 L'odeur

Le lait frais de chèvre a une odeur légèrement caprine, plus prononcée que celle du lait de vache, mais moins forte que celle du fromage de chèvre affiné. Son odeur varie selon la conservation : un lait frais et bien conservé présente une odeur discrète et sucrée, tandis qu'un lait mal conservé dégage une odeur forte et rance (**Park, 2017**).

Plusieurs facteurs influencent cette odeur, notamment l'alimentation des chèvres (herbe fraîche, foin, ou régimes concentrés), l'hygiène de la traite, et le traitement du lait, comme la pasteurisation, qui atténue les notes animales (**Park, 2017**).

I.4.2 Caractéristiques physico-chimiques

I.4.2.1 pH

Le pH du lait de chèvre est généralement inférieur à celui du lait de vache, se situant entre 6,3 et 6,7, avec une moyenne de 6,53. Ce niveau d'acidité peut varier en raison d'infections comme les mammites et selon les ferments et micro-organismes présents (**Jouhannet, 1992**).

I.4.2.2 Acidité

L'acidité dornic mesure la concentration d'acide lactique dans le lait, résultant de la fermentation du lactose par des bactéries. En général, elle est de 18°D, mais varie selon l'espèce laitière. Pour le lait de chèvre, l'acidité dornic se situe entre 12,85 et 18,88 (**Benkrizi, 2019**).

I.4.2.3 Densité

La densité du lait de chèvre, un indicateur clé de sa composition, est typiquement de 1.032 g/cm³ à 20°C, avec une plage de 1.027 à 1.038 g/cm³, et de 1.034 g/cm³ à 15°C, variant entre 1.029 et 1.040 g/cm³. En comparaison, le lait de vache a une densité de 1.030 à 1.034 g/cm³, tandis que le lait de brebis se situe entre 1.036 et 1.040 g/cm³ (**Silanikove et al., 2015**).

I.5 La flore originelle

Lait de chèvre comprend les micro-organismes naturellement présents dans le lait provenant

de mamelles saines, avant toute contamination. Elle est indispensable à la qualité du lait et à sa transformation, comme dans la fabrication des fromages et des yaourts (Montel *et al.*, 2014).

I.5.1 Bactéries productrices de toxines

Principales bactéries productrices de toxines dans le lait de chèvre

- *Staphylococcus aureus* : produit des entérotoxines (A, B, C, D) qui provoquent des intoxications alimentaires (nausées, vomissements) ; les pis infectés et les mains des manipulateurs en sont la source.
- *Bacillus cereus* : produit une toxine émétique entraînant une gastro-entérite (diarrhée ou vomissements) ; les sources de contamination sont le sol, les aliments pour animaux et l'équipement.
- *Clostridium perfringens* : produit une toxine alpha et une entérotoxine provoquant une diarrhée sévère ; les sources de contamination sont les matières fécales et l'environnement.
- *Listeria monocytogenes* : produit de la listériolysine O, provoquant la listériose (risque élevé pour les femmes enceintes) ; présente dans l'environnement (eau, sol).
- *Escherichia coli* (STEC) : produit des toxines de Shiga entraînant une colite hémorragique et un syndrome urémique ; la source est la contamination fécale.

I.5.2 Facteurs favorisant la production de toxines

I.5.2.1 Température

- *S. aureus* produit des toxines à une température comprise entre 10 et 45°C (optimale à 37°C).
- Les toxines de *B. cereus* sont stables à la chaleur (résistance à 121°C).

I.5.2.2 pH

- *S. aureus* se développe à un pH compris entre 4,5 et 9,6 (Le Loir *et al.*, 2003).

I.5.3 Les flore du lait de chèvre

I.5.3.1 Flore d'altération

Le lait de chèvre peut être altéré par divers microorganismes, notamment des bactéries, des levures et des moisissures, qui affectent ses qualités organoleptiques et nutritionnelles. Les principaux microorganismes d'altération incluent :

- *Pseudomonas* sp : cause amertume et rancidité, se développe à 4-30°C dans des conditions d'hygiène insuffisantes.
- *Bacillus cereus* : produit des enzymes protéolytiques, se développe à 20-45°C dans le sol et le lait mal conservé.
- Enterobacteriaceae : provoque acidification et gonflement des emballages, se développe à 10-40°C par contamination fécale.
- *Clostridium* sp : cause putréfaction et odeurs désagréables, se développe à 15-50°C dans des environnements anaérobies.
- Levures (*Candida*, *Geotrichum*) : Provoquent acidification et goût fermenté, se développent à 15-30°C dans des environnements humides.
- Moisissures (*Penicillium*, *Mucor*) : produisent des mycotoxines et un goût terreux, se développent à 10-30°C sur des surfaces contaminées.

Ces microorganismes se développent dans des conditions spécifiques, souvent liées à une mauvaise hygiène ou à des environnements contaminés (Deeth *et al.*, 2006).

I.5.3.2 Flore contaminante

Le lait de chèvre, comme tout lait cru, renferme une variété de microorganismes, y compris des bactéries telles que *Staphylococcus aureus* et *E. coli*, qui proviennent de contaminations fécales ou environnementales. Ces microorganismes peuvent poser des risques sanitaires, notamment des toxinfektions (**Raynal *et al.*, 2008**).

I.5.3.3 Flore pathogène

Le lait cru et les produits laitiers, même après assainissement, peuvent contenir des germes pathogènes. La contamination peut provenir des animaux, du lait, des produits laitiers, de l'environnement ou de l'homme. Certaines bactéries, comme les staphylocoques et les streptocoques, peuvent être présentes dans le lait et se développer dans la mamelle.

Chapitre II :

Les bactéries lactiques

II.1 Généralités sur les bactéries lactiques

Le concept de bactéries lactiques (BAL) en tant que groupe d'organismes a émergé au début du XX^e siècle. Historiquement, les BAL sont définies comme une famille de microbes omniprésents et variés, capables de fermenter divers nutriments en acide lactique.

Cependant, des preuves moléculaires récentes ont remis en question cette définition. On les retrouve dans des environnements riches en glucides, tels que l'alimentation humaine et animale, ainsi que dans les cavités humaines et animales, les eaux usées et les matières végétales. Des souches ont d'ailleurs été isolées dans tous ces milieux (**Wenjun *et al.*, 2014**).

Les bactéries lactiques sont généralement considérées comme saines et sont classées comme « GRAS » (Generally Recognized As Safe). Elles jouent un rôle essentiel dans la fermentation et la conservation des aliments, que ce soit en tant que microflore naturelle ou comme cultures ajoutées dans des conditions contrôlées. Ces bactéries sont largement utilisées dans la fabrication de divers aliments fermentés, tels que les yaourts, les laits fermentés et les fromages.

Au-delà de leur fonction technologique, l'ajout de ces souches améliore significativement la qualité du produit, notamment en termes de saveur et de texture, tout en garantissant sa sécurité grâce à une prolongation de sa durée de conservation et à l'inhibition de la flore compétitive responsable de l'altération et des bactéries pathogènes (**Guertarni, 2018**).

II.2 Définition

Le groupe des bactéries lactiques a été défini par Orla-Jensen en **1919** comme un ensemble de micro-organismes vivants, procaryotes, présentant une grande diversité morphologique. Ces bactéries se caractérisent par leur production significative d'acide lactique et appartiennent à la famille des « *Lactobacteriaceae* ».

Elles sont largement répandues dans la nature, notamment dans le sol et le lait, où on les trouve dans les litières, les fourrages et sur les mamelles. Elles se multiplient rapidement dans le lait lors de la traite.

On peut en trouver jusqu'à 1 million dans 1 ml du lait. Elles sont également présentes chez l'homme, principalement dans le tube digestif. Plus largement, les bactéries lactiques se

rencontrent dans des environnements où les produits de dégradation des protéines et des vitamines sont en forte concentration, où l'oxygène est rare, et surtout là où des glucides sont présents.

Elles jouent un rôle crucial dans la fabrication de divers produits alimentaires, notamment de nombreux produits laitiers. De plus, elles sont également utilisées dans le saumurage des légumes, la boulangerie, la vinification, ainsi que dans le saurissage des poissons, des viandes et des charcuteries. Leur action bénéfique contribue à la texture et à la saveur des aliments, tout en favorisant la production de composés aromatiques. Par ailleurs, elles protègent le lait en inhibant la prolifération de germes nuisibles, par exemple grâce à la production de bactériocines, ou en abaissant le pH par la production d'acide lactique (**Benreguige, 2015**).

II.3 Habitat

Les bactéries lactiques constituent un groupe de bactéries ubiquitaire. On les trouve dans les aliments pour animaux et les denrées alimentaires (produits carnés et à base de poisson, produits céréaliers, vins, vinaigres, fruits et jus de fruits, légumes, ensilage, purée, choucroute et levain), sont présentes dans de nombreux milieux naturels, allant du sol et l'eau, les eaux usées, les muqueuses, les voies respiratoires humaines et animales, le tractus gastro-intestinal et les organes génitaux (**Ayivi et al., 2020**).

II.4 Caractéristiques des bactéries lactiques

Ce sont des bactéries à Gram positif, catalase négatif, non sporulées et anaérobies facultatives. Elles sont généralement considérées comme immobiles. L'hétérogénéité de ce groupe se manifeste clairement dans leurs caractéristiques morphologiques : elles peuvent se présenter sous forme de bâtonnets ou de cocci, en cellules individuelles ou en paires, en tétraèdres, ainsi qu'en chaînes courtes ou longues. En raison de leurs capacités de biosynthèse limitées et de leurs besoins élevés en carbone et en azote (**Salminen et von Wright, 1998**), leur habitat naturel se trouve dans des environnements riches en nutriments (**Settanni et Moschetti, 2010**).

Les bactéries lactiques, également connues sous le nom de bactéries de l'acide lactique, se distinguent par leur capacité à fermenter les glucides, produisant ainsi de l'acide lactique. Elles sont qualifiées d'homofermentaires lorsque l'acide lactique est le seul produit de fermentation.

En revanche, elles sont considérées comme hétérofermentaires lorsqu'elles génèrent simultanément d'autres composés, tels que l'éthanol et le CO₂.

Ces microorganismes sont anaérobies, bien qu'ils puissent tolérer une certaine quantité d'oxygène. Ce dernier influence non seulement leur métabolisme, mais aussi leur croissance, leur survie et l'intégrité de leur ADN.

Les bactéries lactiques possèdent deux types d'oxydases à NADH, des enzymes qui catalysent la réduction de l'oxygène (O₂) en peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) ou en eau (H₂O) (Savadogo, 2011).

II.5 Classification des bactéries lactiques

Elles appartiennent à l'embranchement des Firmicutes, à la classe des Bacilles et à l'ordre des Lactobacillales. Les LAB sont classées selon leur morphologie cellulaire, leur mode de fermentation du glucose, leur plage de température de croissance et leurs schémas d'utilisation des sucres (Quinto *et al.*, 2014).

L'approche traditionnelle de la taxonomie bactérienne reposait sur des caractéristiques morphologiques et physiologiques. Cette méthode a été élargie pour intégrer la composition de la paroi cellulaire (Klein *et al.*, 1998).

Les bactéries lactiques (LAB) comprennent une large gamme d'espèces (Stiles et Holzapfel, 1997).

Les genres LAB incluent : *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* et *Weissella* (figure 1).

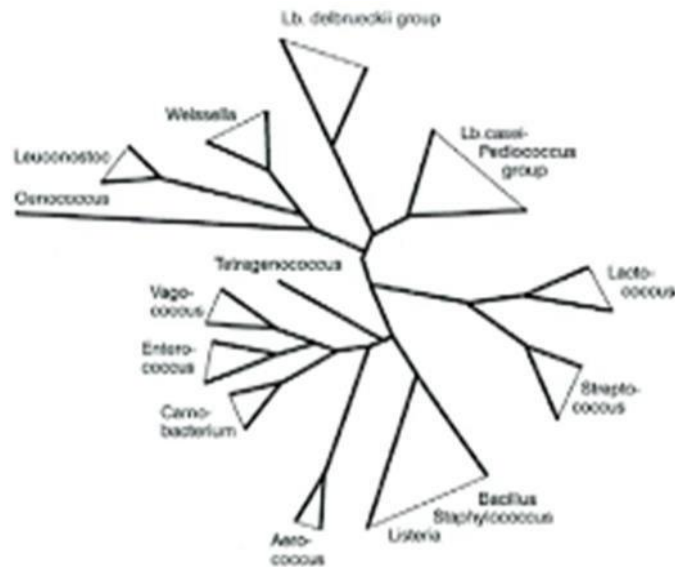


Figure 01 : Arbre phylogénétique des principaux genres de bactéries lactiques et des genres associés, obtenu par analyse des ARNr 16S (Stiles et Holzapfel, 1997).

II.5.1 Le genre *Streptococcus*

Les streptocoques sont des bactéries cocci à Gram positif, catalase négative, qui se développent dans des conditions aérobies facultatives, bien que certains d'entre eux nécessitent un apport supplémentaire de CO₂ pour croître. Ils sont chimio-organotrophes et possèdent un métabolisme fermentaire. Les streptocoques sont considérés comme homofermentaires (figure 2) (Toit *et al.*, 2014).

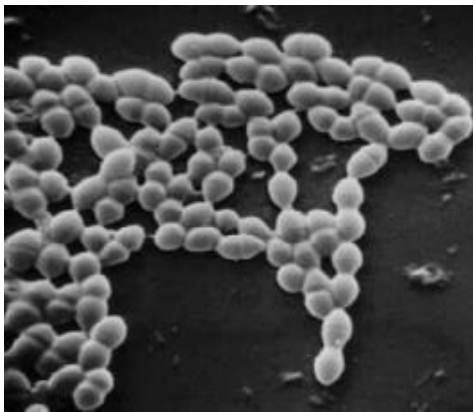


Figure 02 : Morphologie en microscopie électronique de *Streptococcus thermophilus* (Liebefeld, 2002)

II.5.2 Le genre *Lactobacillus*

Les lactobacilles sont des bactéries lactiques (LAB) Gram-positives présentes dans les plantes, les animaux et divers environnements alimentaires. Certaines espèces, notamment celles associées au tractus gastro-intestinal (GI), sont reconnues comme des probiotiques, offrant des bienfaits pour la santé de l'hôte. Le genre *Lactobacillus* est le plus vaste parmi les bactéries lactiques, comptant plus de 145 espèces identifiées (figure 3) (Savado, 2011).

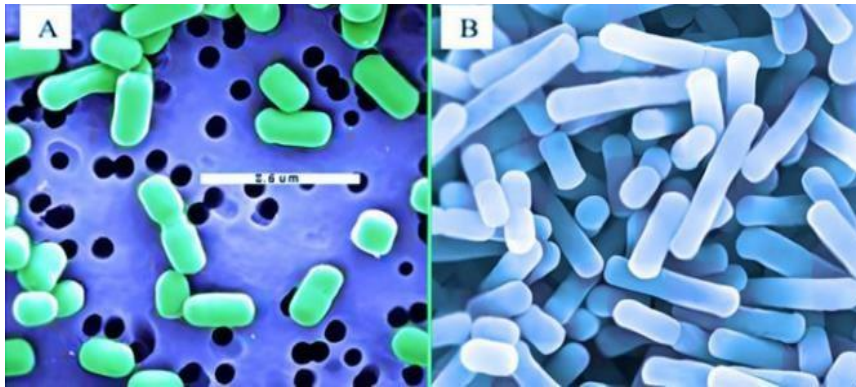


Figure 03: Hétérofermentative Lactic Acid Bacteria: (A) *Lactobacillus brevis* (B) *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Yilmaz et Dege, 2023).

II.5.3 Le genre *Lactococcus*

Lactococcus lactis est une bactérie mésophile qui constitue l'un des principaux éléments des cultures de démarrage, tant industrielles qu'artisanales. Sa fonction principale dans les fermentations lactières est de métaboliser le lactose en acide lactique et de transformer les protéines du lait en composés aromatiques.

Sur le plan morphologique, les lactocoques présentent des cellules sphériques ou ovoïdes, se trouvant isolément ou en chaînes (figure 04). Ce sont des bactéries Gram positives, catalase négatives, anaérobies facultatives, non mobiles et non sporulées.

Elles peuvent se développer à une température de 10°C, mais pas à 45°C, et fermentent le glucose via la voie de l'hexose diphosphate, produisant ainsi de l'acide L (+) lactique (Mills *et al.*, 2011).

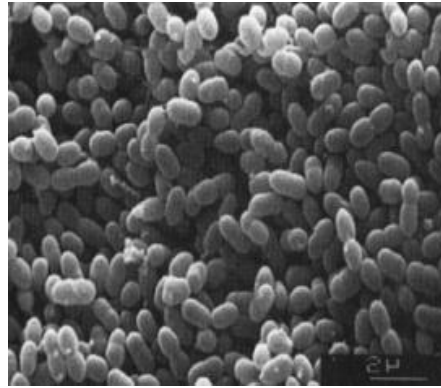


Figure 04 : Morphologie en microscope électronique *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis* (Dworkin *et al.*, 2006)

II.5.4 Le genre *Leuconostoc*

Leuconostoc lactis est un cocci ou coccobacille anaérobie facultatif, à Gram positif, qui est négatif pour la catalase et l'oxydase. Il se développe en paires et en chaînes, formant des colonies qui peuvent être morphologiquement similaires à celles d'*Enterococcus* ou de *Streptococcus viri* dans lors des analyses biochimiques de routine en microbiologie clinique (figure 5) (Yang *et al.*, 2015).

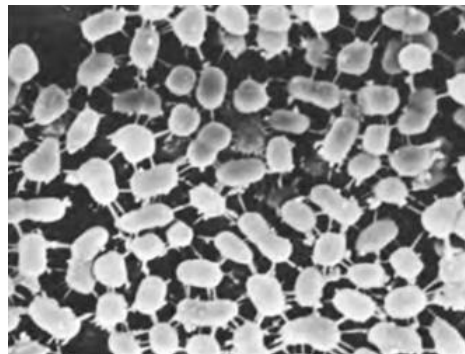


Figure 05 : Fixation des *Leuconostocs* sur les moules en grès-vernissé, examen en microscope électronique de balayage (Devoyod *et al.*, 1988).

II.5.5 Le genre *Pediococcus*

Le genre *Pediococcus* est homofermentaire et présente une forme ellipsoïdale ou sphérique.

Parmi les espèces de ce genre, quatre sont particulièrement significatives dans l'AML : *Pediococcus damnosus*, *Pediococcus parvulus*, *Pediococcus pentosaceus* et *Pediococcus inopinatus*. Ces bactéries sont souvent perçues comme des agents de dégradation du vin, car certaines souches peuvent synthétiser des exopolysaccharides, ce qui donne au vin une texture visqueuse et épaisse. De plus, elles produisent des concentrations élevées d'acide acétique et d'amines biogènes. Les espèces de *Pediococcus* génèrent également de nombreuses enzymes qui créent des composés aromatiques appréciés dans le vin (figure 6) (Gil-Sánchez *et al.*, 2019).

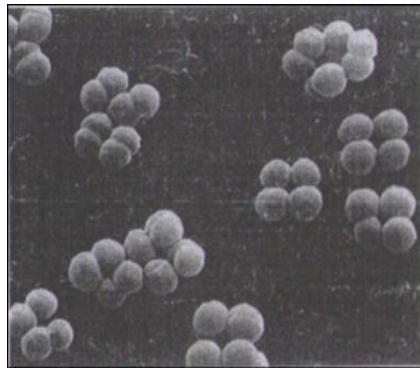


Figure 06 : Morphologie en microscope électronique de *Pediococcus* sp (Université de Caen)

II.6 Les exigences nutritionnelles des bactéries lactiques

Bien que les bactéries lactiques jouent un rôle crucial dans le secteur agro-alimentaire, leur croissance demeure un processus complexe qui requiert un apport varié et spécifique en nutriments. En plus des besoins en oligo-éléments, vitamines et nucléotides, leurs exigences nutritionnelles les plus significatives concernent principalement les acides aminés. Il est en effet bien établi qu'aucune de ces bactéries ne peut se développer en utilisant de l'azote inorganique (Loubière *et al.*, 1996).

II.6.1 Les glucides

La fermentation des sucres par les bactéries lactiques joue un rôle crucial dans la production d'aliments fermentés à base de plantes. Ces bactéries ont besoin de nutriments spécifiques et ne peuvent décomposer que les glucides, car elles ne possèdent pas les enzymes nécessaires pour fermenter des polysaccharides comme l'amidon. Bien que le lactose, essentiel à leur croissance,

ne se trouve pas dans les plantes, la demande croissante pour des alternatives aux produits laitiers fermentés met en lumière l'importance de comprendre comment les ferments lactiques peuvent fermenter différents types d'hydrates de carbone. Une étude a analysé l'activité de fermentation de diverses cultures bactériennes, notamment *S. thermophilus* et plusieurs souches de *L. lactis* (**Gunkova et al., 2021**).

Les bactéries lactiques sont des micro-organismes capables de fermenter les glucides pour générer de l'acide lactique. Elles jouent un rôle essentiel dans l'industrie des aliments fermentés. Récemment, leur importance dans le secteur alimentaire et leurs propriétés probiotiques ont été soulignées, tout comme leurs caractéristiques métaboliques. Ces bactéries décomposent des macromolécules alimentaires, notamment les polysaccharides indigestes, et transforment des composés aromatiques indésirables, tout en produisant divers produits, y compris des acides gras (**Wang et al., 2021**).

II.6.2 Les acide aminé

Les bactéries lactiques (LAB) jouent un rôle clé dans la production d'amines biogènes (BA) dans les aliments fermentés, en décarboxylant les acides aminés. Ces amines peuvent être toxiques et provoquer divers symptômes chez les personnes sensibles. De nombreuses recherches ont été menées sur le potentiel de production d'amines biogènes par les LAB, en se concentrant sur les conditions favorisant l'accumulation des BA ainsi que sur les enzymes et gènes impliqués dans leur biosynthèse (**Barbieri et al., 2019**).

II.6.3 L'azote

Les véritables bactéries lactiques ne se développent pas en utilisant des sels d'ammoniaque ou des acides aminés simples comme source d'azote. Nous avons testé toutes nos souches de bactéries avec de l'acide aspartique, mais aucune n'a montré de signe de croissance. Elles nécessitent une source d'azote aussi complexe, même les protéines incomplètes, comme la gélatine (sans l'ajout d'autres sources d'azote), se révèlent généralement, comme c'est le cas pour les animaux, être une source d'azote très peu nutritive pour les bactéries lactiques (**Orla jensen, 1919**).

II.6.4 Les vitamines

De nombreuses études révèlent que les bactéries lactiques sont capables de synthétiser diverses vitamines, telles que l'acide folique, la riboflavine, la vitamine C, le pyridoxal et la cobalamine, entre autres. Dans l'industrie alimentaire, les vitamines produites lors de la fermentation par ces bactéries peuvent être considérées comme un moyen d'enrichir nutritionnellement les aliments (**Wang et al., 2021**).

II.6.5 Les minéraux

Des études antérieures ont démontré que le potassium est essentiel à la croissance de *Streptococcus faecalis* et de *Lactobacillus*, tandis que le manganèse est crucial pour la croissance de *Lactobacillus plantarum* et stimule, dans un milieu brut, *Lactobacillus casei* ainsi que diverses autres bactéries lactiques (**MacLeod et al., 1947**).

II.6.6 L'oxygène

Les Bactéries Lactiques (LAB) sont traditionnellement classées en quatre genres : *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Lactobacillus*. Ce groupe comprend quelques anaérobies stricts, mais la plupart des souches étudiées sont aérotoles à divers degrés, et souvent totalement. A quelques exceptions près, les LAB réagissent à l'oxygène (O₂), et les effets de ces réactions peuvent être à la fois bénéfiques et nuisibles. En général, les LAB se développent bien en l'absence d'oxygène, tandis que certaines souches peuvent être partiellement ou complètement inhibées en sa présence. Ainsi, il est courant de considérer que le métabolisme de croissance normal des LAB est anaérobie (**Condore, 1987**).

II.7 Principales voies fermentaires des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques (LAB) se divisent en deux groupes physiologiques : les LAB homofermentaires, qui produisent principalement de l'acide lactique, et les LAB hétérofermentaires, qui génèrent de l'acide lactique, de l'acide acétique, de l'éthanol, du mannitol et du CO₂ à partir d'hexoses. La distinction entre les activités homofermentaires et

hétérofermentaires constitue l'une des premières étapes de la classification systématique des LAB (Müller, 1990).

Parmi les homofermentaires, on trouve des genres tels que *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* et certains *Lactobacillus* (Abedi et Hashemi, 2020). Et les hétérofermentaires, des espèces comme *Leuconostoc*, *Oenococcus oeni* et *Lactobacillus* (Zaunmüller *et al.*, 2006).

II.8 Les molécules à activité antimicrobienne synthétisées par les bactéries lactiques

II.8.1 Les acides organiques

Un certain nombre d'acides organiques sont connus, notamment l'acide lactique, l'acide citrique, l'acide orotique, l'acide sialique, ainsi que les acides benzoïque et sorbique. L'acide citrique est le principal acide organique présent dans le lait cru, mais il disparaît rapidement lors du stockage en raison de l'action des bactéries. Les acides lactiques et acétiques résultent de la dégradation du lactose. L'acide orotique joue un rôle intermédiaire dans la biosynthèse des nucléotides pyrimidiques.

D'autres acides, comme les acides benzoïque et sorbique, se trouvent dans le lait en quantités moindres, mais leur importance réside dans leurs propriétés conservatrices. Avec d'autres composés biologiquement actifs présents dans le lait, tels que les immunoglobulines, le lysozyme et la lactoferrine, ils contribuent à inhiber la croissance de divers micro-organismes, ce qui améliore la qualité du produit pendant son stockage (Urbienė et Leskauskaitė, 2006).

II.8.2 Le peroxyde d'hydrogène

Les bactéries lactiques (LAB), notamment *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Lactis*, ont la capacité de produire du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à des températures de réfrigération sans se multiplier rapidement. Cela pourrait prolonger la durée de conservation des aliments réfrigérés sans compromettre leur qualité ou leur acidité, tout en freinant la croissance de micro-organismes pathogènes (Zalan *et al.*, 2005).

II.8.3 Le dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone est principalement produit par les LAB hétérofermentaires. Son mécanisme d'action antimicrobienne reste encore mal compris. Néanmoins, le CO₂ peut contribuer à créer un environnement anaérobie qui inhibe les décarboxylations enzymatiques. De plus, son accumulation dans la bicouche lipidique de la membrane peut perturber la perméabilité cellulaire.

Le CO₂ est capable d'inhiber efficacement la croissance de nombreux micro-organismes responsables de la détérioration des aliments, en particulier les bactéries psychrotrophes à Gram négatif. Le niveau d'inhibition varie considérablement d'un organisme à l'autre.

À une concentration de 10 % (v/v), le CO₂ peut réduire le nombre total de bactéries de 50 % (v/v), et à des concentrations de 20 à 50 %, il présente une forte activité antifongique (**Ammor *et al.*, 2006**).

II.8.4 Le diacétyl

Le diacétyl est un métabolite du citrate, responsable de l'arôme et de la saveur du beurre ainsi que de certains produits laitiers fermentés. Plusieurs bactéries lactiques, telles que des souches de *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Pediococcus* et *Lactobacillus*, peuvent produire du diacétyl, bien que sa production soit inhibée par la fermentation de l'hexose.

Les bactéries à Gram négatif sont plus sensibles au diacétyl que celles à Gram positif, et son action semble résulter d'une interférence avec l'utilisation de l'arginine. En général, le diacétyl est rarement présent dans les fermentations alimentaires à des niveaux suffisants pour avoir un impact significatif sur l'activité antibactérienne (**Caplice et Fitzgerald, 1999**).

II.8.5 Les bactériocines

Les bactériocines sont de petits peptides antimicrobiens produits par différents groupes de bactéries, notamment les bactéries lactiques (LAB), pour se défendre contre d'autres bactéries ou agents pathogènes.

Ces molécules cationiques, composées de 20 à 60 acides aminés, possèdent des caractéristiques hydrophobes. Plusieurs classifications des bactériocines ont été proposées, basées sur une première classification qui les divise en quatre classes.

En général, la classe I, appelée lantibiotiques, regroupe de petits peptides thermostables modifiés après traduction, dont la structure primaire contient des acides aminés rares, ainsi que de la lanthionine et de la méthyl-lanthionine. La classe II se compose de petits peptides amphiphiles en forme d'hélice, également thermostables. La classe III inclut des bactériocines de plus grande taille, thermolabiles et non lytiques, qui présentent une activité complexe et une structure protéique élaborée. Enfin, les bactériocines de classe IV sont considérées comme plus complexes en raison de leurs composants lipidiques ou glucidiques et sont sensibles aux enzymes glycolytiques ou lipolytiques.

Les bactériocines ont des mécanismes d'action variés : une fois synthétisées et transportées, elles agissent principalement en perturbant les parois cellulaires ou en inhibant la synthèse de molécules cibles (**Santos *et al.*, 2025**).

II.9 Propriétés technologiques des bactéries lactiques

Les ferments lactiques jouent également un rôle crucial dans l'équilibre du transit intestinal. Ils aident à réduire le risque de diarrhées et permettent de lutter efficacement contre la constipation. Lorsqu'ils sont consommés en quantités modérées, ces ferments diminuent les spasmes intestinaux et les douleurs abdominales, améliorant ainsi la qualité de vie des personnes souffrant de paresse intestinale.

En détoxifiant l'organisme, en renforçant le système immunitaire et en consolidant le corps, les ferments lactiques facilitent la digestion des yaourts pour ceux qui ne tolèrent pas le lactose.

Cela leur permet de bénéficier des atouts des produits laitiers riches en calcium, essentiels pour la santé des os.

Le processus de fermentation du lait repose sur l'activité des bactéries lactiques, essentielles à la transformation du lait en produits laitiers fermentés. Dans l'industrie laitière, différentes souches industrielles de bactéries lactiques sont utilisées comme cultures de démarrage. Ces

cultures ont été obtenues à travers une série d'activités, suivies d'un processus d'isolement, de sélection et de validation.

Les comportements et caractéristiques de chaque souche de bactéries lactiques sélectionnée ont été établis et sont appliqués dans la production industrielle de produits laitiers fermentés. Parmi les propriétés les plus importantes des bactéries lactiques figurent leur capacité à acidifier le lait et à développer saveur et texture en dégradant les protéines du lait grâce à leurs activités protéolytiques. Le goût légèrement acide et la fraîcheur agréable sont des caractéristiques typiques de ces produits (**Widyastuti *et al.*, 2014**).

Ces bactéries sont capables de tolérer des pH faibles, des concentrations élevées de sel et des traitements thermiques. Pour être utilisées comme conservateurs alimentaires, les bactéries lactiques doivent résister à la congélation, au séchage et aux conditions de stockage. Il est essentiel de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques, les mécanismes antimicrobiens, ainsi que la stabilité des composés lorsqu'ils sont ajoutés à un produit alimentaire.

En effet, la concentration d'acides, de sels, d'épices, de conservateurs chimiques et de bactériocines influence la croissance des bactéries lactiques. Idéalement, ces bactéries devraient avoir une croissance rapide, être résistantes aux bactériophages, tolérantes au sel et génétiquement stables. De plus, certaines espèces de bactéries lactiques prospèrent à des températures élevées (**Dillon, 2014**).

Les bactéries lactiques suscitent un vif intérêt dans le secteur industriel. Elles sont couramment employées dans la fabrication de produits alimentaires par le biais de fermentations lactiques. Ces bactéries contribuent non seulement à des arômes et textures spécifiques, mais elles garantissent également une sécurité alimentaire optimale. Cette sécurité est renforcée par la production d'acides organiques, tels que les acides lactique et acétique, qui abaissent le pH du milieu (**Bellil, 2022**).

Les technologies de fermentation jouent un rôle crucial dans l'industrie alimentaire, car elles permettent de conserver les produits tout en prolongeant leur durée de vie. Elles offrent également les propriétés sensorielles recherchées. De plus, ces technologies ont un impact positif sur la valeur nutritionnelle des aliments, grâce à la présence de probiotiques et à l'enrichissement en nutriments. Elles contribuent également à améliorer la sécurité microbienne.

Pendant le processus de fermentation, le développement de microflore indésirable et la formation de composés nuisibles sont inhibés par les métabolites des micro-organismes impliqués. Ce phénomène est particulièrement souhaitable, car il permet de réduire le besoin d'ajouter des conservateurs chimiques aux aliments (**Zapašnik, 2020**).

II.10 Utilisation des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont largement utilisées à l'échelle mondiale pour la production industrielle d'aliments fermentés. Leur utilisation la plus significative se trouve dans l'industrie laitière, où elles sont essentielles à la fabrication de divers produits laitiers fermentés tels que les yaourts et les fromages.

Elles jouent également un rôle important dans la transformation des produits carnés et végétaux fermentés, comme les olives, les cornichons et la choucroute. En plus de leur contribution à l'alimentation.

Les bactéries lactiques sont employées dans d'autres domaines industriels, comme indiqué dans le tableau 1. Cela inclut la production d'acide lactique, de métabolites de haute valeur ajoutée utilisés pour développer des arômes et des textures, ainsi que dans des applications liées à la santé, notamment les produits probiotiques et les peptides antimicrobiens (**Papagianni, 2012**).

Tableau 1 : Exemples de bactéries lactiques utilisées dans la fermentation des aliments
(Drouault et Corthier, 2001)

Aliments/produits	Ingrédients	Bactéries lactiques
Fromages	Lait de vache, chèvre ou brebis	Lactocoques, lactobacilles...
Yaourt	Lait de vache	<i>S. salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> subsp. <i>delbrueckii</i>
Lait fermenté	Lait de vache	<i>Lb. acidophilus</i>
Kéfir	Lait de vache, de jument ou de chèvre	<i>Lb. kefir</i>
Saucisse sèche	Porc, bœuf	<i>Pediocoques</i> , <i>Lb. plantarum</i> , <i>Lb. brevis</i>
Saucisse semi-sèche	Porc	<i>Pediocoques</i> , <i>Lb. plantarum</i>
Izushi	Poisson, riz, légumes	<i>Leu. mesenteroides</i> , <i>Lb. plantarum</i>
Ogi (Nigeria)	Maïs	<i>Lb. plantarum</i> , <i>L. lactis</i>
Olives	Olives vertes	<i>Pediocoques</i> , <i>Lb. plantarum</i>
Pickles	Concombres	<i>Lb. brevis</i> , <i>Leu. mesenteroides</i>
Choucroute	Chou	<i>Pediocoques</i> , <i>Lb. plantarum</i>
Sauce soja	Soja	<i>Leu. mesenteroides</i> , <i>Lb. delbrueckii</i>
Pain (Idli)	Farines de riz et de haricots	<i>Leu. mesenteroides</i>

Partie expérimentale

Chapitre III :

Matériels et méthodes

Objectif

Les objectifs de cette étude se basent autour des points suivant :

- Isolement des bactéries lactiques à partir d'un échantillon du lait de chèvre cru de la région d'El Rogassa, wilaya d'El Bayadh ;
- L'étude des caractéristiques phénotypiques, physiologiques et biochimiques des isolats ;
- Recherche des propriétés technologiques des isolats.

1. Lieu et période d'étude

L'intégralité de ce travail a été réalisé au laboratoire de microbiologie N 01 de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem durant une période de deux mois allant du 06 Avril jusqu'au 03 Juin 2025.

2. L'échantillonnage et techniques de prélèvement du lait

Les échantillons du lait ont été aseptiquement prélevés à partir de chèvre de la région d'El Rogassa de la wilaya d'El Bayadh.

Le pis et la mamelle a été nettoyé à l'eau javellisée. La traite est réalisée après lavage soigné des mains et aseptisation. Le lait a été recueilli dans un pot stérile, après avoir éliminé quelques jets, conservé dans une glacière et acheminé directement au laboratoire pour l'analyser.

Les échantillons ont été soigneusement étiquetés (El Rogassa, le 17 mai 2025).

3. Caractéristiques organoleptiques du lait de chèvre collecté

Les tests portent sur l'appréciation du goût, de la couleur et de l'odeur. L'objectif est de

Déterminer le profil organoleptique de chacun des types du lait de chèvre, et de procéder à une comparaison de leur qualité hédonique.

5. Analyses physico chimiques

5.1 Mesure du pH

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH-mètre, qui comporte une électrode (sonde de mesure) connectée à un boîtier électronique. Une fois l'électrode immergée dans le lait, la valeur est affichée sur l'appareil (AFNOR, 2009).

5.2 Détermination de l'acidité titrable

La titration a été mesurée à température ambiante par ajout goutte à goutte de la soude dornic (NaOH N/9) précédemment placée dans une burette graduée jusqu'au virage au rose pâle (Gondimo *et al.*, 2025).

6. Isolement et purification des souches

6.1 Isolement

L'isolement des bactéries lactiques est fait après incubation à 37°C jusqu'à coagulation du lait (Badis *et al.*, 2005).

Après avoir homogénéisé le lait de chèvre, on a réalisé une série de dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-6} .

On prélève à partir des dilutions 0,1 ml qu'on l'étale en surface du milieu MRS ou M17. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48h à 72 heures (Saryono *et al.*, 2023).

6.2. Purification

Afin de purifier les souches, des repiquages successifs sont effectués sur les bouillons et gélose : MRS ou M17. La purification des souches consiste à les ensemercer en stries sur des boîtes de Pétri. Les boîtes sont ainsi incubées à 37°C pendant 24 h à 48 h. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention des colonies pures (figure 7) (Sadi *et al.*, 2017).

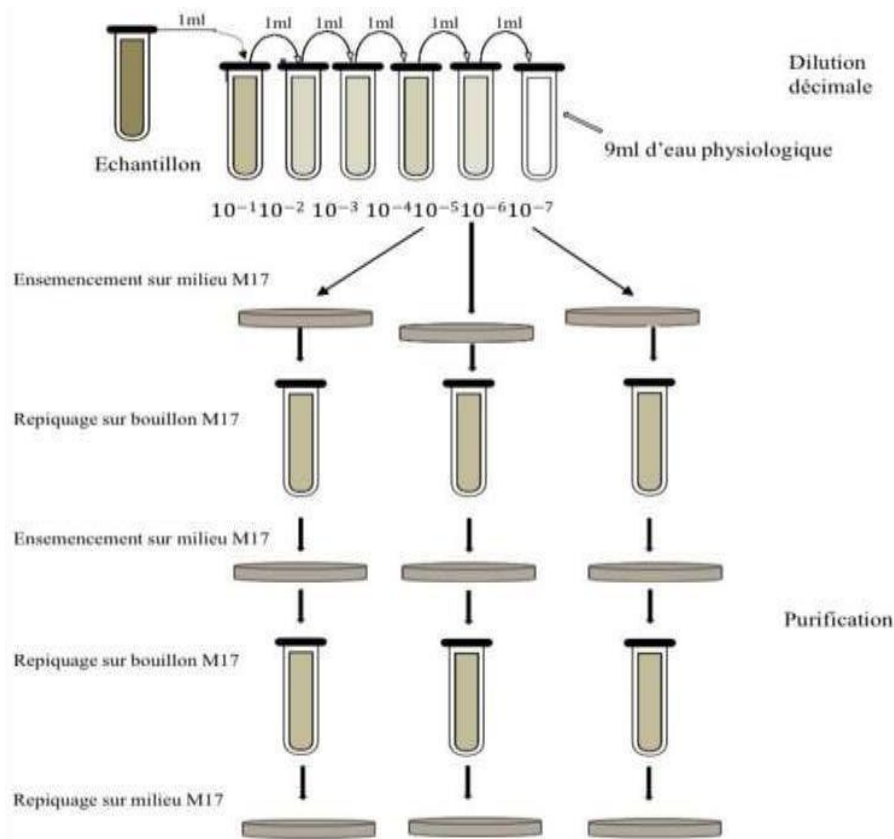


Figure 07 : protocole de l'isolement et purification des souches lactiques.

7. Caractérisation et identification des souches lactiques

Après avoir obtenu des cultures homogènes, plusieurs tests ont été réalisés pour l'identification des souches.

Les méthodes classiques d'identification des souches se basant sur l'étude des caractères morphologiques et biochimiques, ont été reprises dans ce travail. Les méthodes basées sur l'évaluation du phénotype restent, pour l'instant, très valables et, à bien des égards, irremplaçables (Marconi *et al.*, 2000).

7.1 Etude morphologique

Cette étude est basée sur l'observation macroscopique et microscopique.

L'examen macroscopique est porté sur l'observation visuelle qui permet de décrire l'aspect des colonies (la forme, taille, pigmentation contour, viscosité...).

Après l'examen macroscopique des colonies sur gélose MRS, et dans le but d'écartier tout ce qui ne peut pas être une bactérie lactique, les isolats ont été soumis à une coloration de Gram, celle-ci permet de différencier les bactéries à Gram positif de celles à Gram négatif, les bâtonnets, les coques et le mode de regroupement ou d'association.

Les bactéries Gram positives et catalase négatives sont présumées des bactéries lactiques.

7.2 Tests physiologiques

7.2.1 Recherche de catalase

Le test catalase sert à démontrer si la bactérie possède l'enzyme catalase servant à décomposer le peroxyde d'hydrogène. L'activité catalytique consiste à prélever une colonie sur

gélose MRS ou M17 et dissociée dans une goutte d'eau oxygénée (H₂O₂) à 10 volumes : l'apparition de bulles révélant le dégagement d'oxygène (**Ahmed et Irene, 2007**).



7.2.2 Test de croissance en différentes températures

Ce test est important car il permet de distinguer les bactéries lactiques mésophiles des bactéries lactiques thermophiles (**Leveau *et al.*, 1991**).

Les tubes sont examinés au bout d'un délai de 24 heures, la croissance est appréciée par l'apparition de trouble.

7.2.3 Test de croissance en différents pH (9,6 ; 6,5 ; 5)

La croissance à pH=9,6, c'est de différencier entre *Enterococcus* sp et *Streptococcus thermophilus*. Après ensemencement dans le milieu MRS à pH=9,6. La culture est incubée à 37°C pendant 24h. La croissance se traduit par l'apparition d'un trouble dans le tube (**Vera-Peña et Rodriguez, 2023**).

7.2.4 Test de thermorésistance

La thermorésistance est réalisée pour les cocci, un chauffage du milieu à une température de 60°C pendant 30 min est testé en utilisant le milieu M17/MRS liquide et mettre à l'étude 24h à 30°C. Le chauffage est réalisé dans un bain-marie (**Stiles et Holzapfel, 1997; Teuber et Geis, 2006**).

7.2.5 Croissance en milieu hypersalée

La croissance en présence de différentes concentrations de chlorure de sodium (NaCl) donne des renseignements précieux pour l'identification. Les cultures à tester ont étéensemencées sur des bouillons hypersalés à 6.5% de NaCl. Après une incubation à 37°C pendant 24h, l'aptitude à croître sur ces milieux se traduit par l'apparition d'un trouble (**Khushboo et al., 2023**).

7.2.6 La croissance sur le lait de Sherman

Cet examen a pour but d'étudier l'aptitude des bactéries lactiques à pousser en présence de 0,1% et 0,3% du bleu de méthylène ainsi que leur capacité à le réduire. Seules certaines espèces appartenant aux genres *Streptococcus* sp, *Lactococcus* sp et *Enterococcus* sp sont capables de se développer (**Bekhouche, 2006**).

On ensemence les isolats purs dans le lait écrémé stérile à 0.1% et 0.3% de bleu de méthylène, l'ensemble incube à 30°C et 37°C pendant 24 à 48h.

Les résultats positifs sont définis par la coagulation du lait et la réduction du colorant. Ce test est surtout intéressant pour différencier les streptocoques fécaux et les lactocoques (**Guthamam, 1991 ; Badis et al., 2004 ; Siezen et al., 2005 ; Joffin et Leyral, 2006 ; Mami et al., 2008**).

7.3 Tests biochimiques

7.3.1 Test de Manitol de Manitol Mobilité

La gélose semi solide Mannitol-Mobilité permet de vérifier la mobilité des souches bactériennes (**Guiraud, 2003**).

Ce test a été fait par ensemencement des souches par piqure centrale. Le changement de la couleur du milieu du rouge au jaune traduit la fermentation du mannitol, et quand les bactéries se

déplacent à partir de la zone d'ensemencement en créant un voile cela veut dire qu'elles sont mobiles. Une croissance dans la zone d'ensemencement seulement montre que les bactéries sont immobiles (**Gerhardt *et al.*, 1994**).

7.3.2 Test du milieu TSI (Triple Sugar Iron)

Pour mettre en évidence la fermentation des trois sucres (lactose, glucose et saccharose). Ensemencer le culot par piqure profonde et la pente par une strie médiane, puis incubé 24h à 37°C.

Ce test est vérifié simultanément avec le test de mobilité. Si la bactérie à étudier est Mannitol +, on observe le jaunissement du milieu du lieu est à cause de son acidification suite à la fermentation des sucres (**Tabak et Bensoltane, 2011**).

7.3.3 Production de l'acétoïne (Acétyle-Méthyle-Carbinol)

Sur milieu de Clark et Lubs, et après ensemencement des souches et incubation à 37°C pendant 24 à 48 h.

La production de l'acétoïne est testée par la réaction de Vogues Proskauer (VP) est s'applique de la façon suivante : dans un tube à essai on introduit 1ml de la culture à tester, on ajoute 5 gouttes du réactif VPI (solution de soude NaOH à 16% dans l'eau distillée) et le même volume du réactif VPII (α - naphthol à 6% dans l'alcool à 95%).

On agite soigneusement les tubes et laisse reposer 5 à 10 min à température ambiante. Le test positif se traduit par l'apparition d'un anneau rose à la surface du milieu, après 10 min (**Guiraud, 1998**).

7.3.4 Recherche du type fermentaire

Ce test permet de classer les bactéries en hétérofermentaire ou homofermentaire. On ensemence abondamment un tube de 10 ml de bouillon MRS ou M17 dans le milieu on introduit une cloche de Durham, le dégagé par les bactéries hétérofermentaires s'accumule dans la cloche après l'incubation à 30°C pendant 24h à 48h (**Garvie, 1986**).

7.3.5 Etude du profil fermentaire (fermentation des sucres)

L'étude du profil fermentaire des souches est effectuée par ensemencement des souches lactiques dans des tubes contenant le milieu de base pour fermentation (MRS/M17 bouillon contenant du pourpre de bromocrésol BCP comme indicateur de pH) dans lequel on ajoute du sucre et enfin une couche de l'huile de paraffine.

Après 24-48 heures d'incubation à 37°C, tous les sucres fermentés virent au jaune c'est-à-dire le virage de la couleur au jaune, désigne l'utilisation du sucre par les bactéries.

Les sucres utilisés sont : lactose, galactose, fructose, mannitol, maltose, sucrose, glucose, glycine (**Saidi et al., 2002**).

8. Technique de conservation

8.1 Conservation à court terme

Les souches sont conservées dans le milieu MRS solide incliné dans des tubes à essais stériles. Après ensemencement et incubation en condition optimale de 37°C pendant 24h à 48h, les tubes sont conservés au réfrigérateur à (-4°C) pendant 3 à 4 semaines, et le renouvellement des souches se fait par repiquage toutes les 4 semaines (**Leclerc et al., 1977 ; Badis, 2004**).

8.2 Conservation à long terme

On ensemence les souches dans un milieu de base liquide. Après incubation en condition optimale, on centrifuge la culture jeune dans des tubes Eppendorfs à 3000 tours pendant 5 minutes et on ajoute au culot obtenu le mélange de 70% lait écrémé et de 30% glycérol pure puis on conserve à (-20°C) au congélateur (Kihal, 1996 ; Moulay *et al.*, 2006).

9. Caractérisation technologique des souches

9.1 Activité protéolytique

Nous avons testé l'activité protéolytique des souches isolées, par utilisation du milieu YMA (Yeast, Milk, Agar) à concentrations du lait écrémé 1% (10g pour 1000ml d'eau distillée).

Les bactéries à tester ont étéensemencées à la surface de ces milieux de cultures, et à incuber le tout à 30°C pendant 24h.

Le résultat attendu est un halo de protéolyse au tour de la colonie bactérienne dont on mesure le diamètre pour évaluer l'intensité de cette action (Idoui *et al.*, 2009).

9.2 Activité antimicrobienne

Les souches de bactéries lactiques sont testées pour leur pouvoir antibactérien à partir des cultures jeunes en phase de croissance (phase exponentielle) contre deux bactéries pathogènes de références (*Klebsiella pneumoniae* *Pseudomonas aeruginosa* de référence : prélèvement d'état clinique).

Le principe de la détection de l'activité antimicrobienne est basé sur la diffusion de l'agent antimicrobien dans des milieux de culture solides pour inhiber la croissance des micro-organismes indicateurs sensibles.

La mise en évidence de l'activité antimicrobienne est testée par la méthode indirecte des puits (**Izquierdo et al., 2009**).

9.2.2 Activité inhibitrice du surnageant

Pour réaliser le test d'antagonisme, il faut avoir des pré-cultures jeunes des souches cibles et des souches indicatrices.

Pour mieux connaître les agents intervenant dans l'activité antimicrobienne des souches lactiques, nous avons évalué l'activité inhibitrice du surnageant de nos souches en appliquant la technique de diffusion en puits sur gélose décrite par Argyri et al. (**2013**).

Ce test consiste à mettre en contact le surnageant récupéré après centrifugation des cultures des souches lactiques avec les souches cibles.

Les cultures bactériennes lactiques jeunes de 18 h sont soumises à une centrifugation à 10000 rpm/15min. Des boîtes contenant MH sontensemencées en surface par la suspension de la souche pathogène, puis des puits de 6 mm de diamètre sont confectionnés stérilement, et seront remplis par 50µl du surnageant.

Après une incubation à 37°C pendant 24 heures, l'activité antimicrobienne se révèle par l'apparition de zones d'inhibition autour des puits (**Tabak et Bensoltane, 2011**).

Les diamètres des zones seront mesurés et le résultat est considéré positif si le diamètre de la zone d'inhibition est supérieur de 2mm (**Guetarni, 2018**).

$$\mathbf{Zi\ en\ (mm)\ =\ diamètre\ de\ la\ zone\ d'inhibition\ obtenue\ (mm)\ -\ diamètre\ d\ puits\ (6\ mm)}$$

9.3 Etude du pouvoir acidifiant des isolats

L'un des critères technologiques les plus importants chez les bactéries lactiques, c'est leur

cinétique de production d'acide lactique. L'étude de cette cinétique permet de différencier les souches et de les classer selon leurs potentialités à produire de l'acide lactique, qui s'avère le critère de base pour une éventuelle utilisation en industrie.

Ce test est réalisé dans le lait écrémé qui est reconstitué à 10%, enrichi par 0.5 g/l d'extrait de levure et stérilisé à 110°C pendant 10 mn.

La préculture est obtenue par l'inoculation du lait écrémé (6 ml) par une seule bactérie lactique. Après incubation à la température convenable et après coagulation, le tout est transvasé stérilement dans 200 ml du lait écrémé.

La cinétique d'acidification est réalisée simultanément à des intervalles de temps réguliers. La production d'acide lactique est exprimée en mM (**Huang *et al.*, 1994 ; Kihal *et al.*, 1996**).

Chapitre IV:

Résultats et discussion

Résultats

1. Caractérisation organoleptique

Le lait du chèvre a une teneur plus élevée en vitamine A que le lait de vache, car les chèvres transforment tous les carotènes en vitamine A, ce qui donne une couleur blanchâtre. En revanche, il est pauvre en acide folique et en vitamine E (Amigo et Fontecha, 2011).

L'échantillon sont caractérisées par :

- Un aspect homogène, ne présente pas de grumeaux.
- Une couleur blanche mate due à l'absence de β -carotène qui est responsable de la couleur blanche de la matière grasse.

2. Paramètres physico-chimiques

2.1 Le pH

Les valeurs recueillies lors de cette mesure donnent une moyenne du pH des échantillons du lait de chèvre cru qui sont respectivement de 6,53 et 6,58.

Le pH est un indicateur de la fraîcheur du lait, influencé par divers facteurs tels que le climat, le stade de lactation, la disponibilité alimentaire, la nature du fourrage et des éléments génétiques. Un pH élevé dans certains échantillons peut être associé à des mammites chez les femelles laitières (Gondimo *et al.*, 2024).

2.2 Acidité titrable

L'échantillon du lait analysé dans cette étude, montre une acidité titrable 16°D, qu'il s'agit d'un lait de référence au fait que certaines laiteries exigent la limite d'acceptation des laits à 16°D.

L'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait.

3. Pré identification des isolats

3.1 Caractérisation macroscopique

Les cultures obtenues sur milieu MRS et M17 solide sont observées à l'œil nu puis au microscopique. Après une incubation à 37°C pendant 24h à 48h, et de déterminer les critères relatifs aux colonies des bactéries lactiques (taille, pigmentation, contour, aspect, viscosité) l'examen macroscopique sur milieu solide MRS ou M17 montre des colonies circulaires, bombées et de couleur blanche, leur taille est d'environ 0,5 et 1mm de diamètre (figure 08).

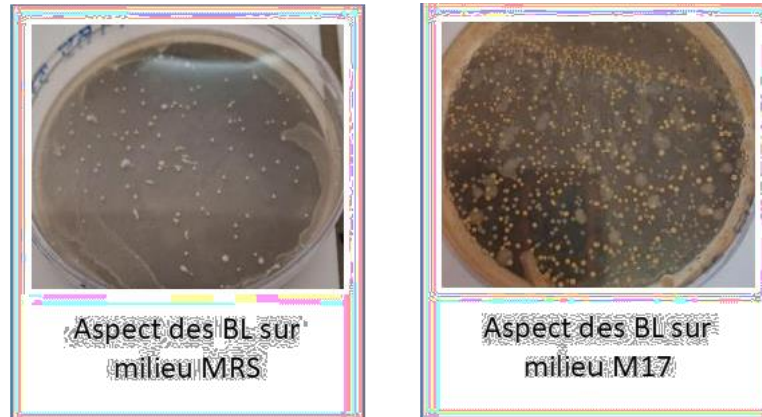


Figure 08 : Aspect des bactéries lactiques sur milieu MRS et M17 solide après incubation à 37°C pendant 24h en aérobiose.

3.2 Caractérisation microscopique

Après coloration de Gram, l'observation microscopique a révélé que nos souches lactiques sont Gram positif, les différentes formes observées sont décrites comme des coques en chaîne et en paire (figure 09).

Toutes les isolats (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9) sont des cocci et catalase négative, le mode d'association varie d'une souche à une autre. Il est expliqué dans le tableau 02, ces

observations permettent de classer initialement les isolats selon le Gram, leurs morphologies cellulaires et leur mode d'association.

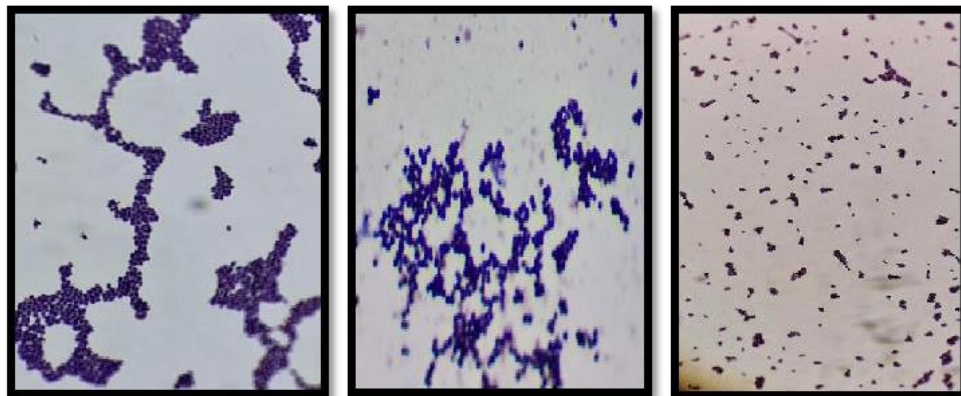


Figure 09 : Observation microscopique après coloration de Gram au grossissement x100.

Tableau 02 : Critères morphologiques des bactéries lactiques isolées à partir du lait de chèvre cru.

Souche	Gram	Catalase	Forme	Mode d'association
S1	+	-	Cocci	En chaînette
S2	+	-	Cocci	En paire
S3	+	-	Cocci	En chaînette
S4	+	-	Cocci	Diploïde
S5	+	-	Cocci	En paire
S6	+	-	Cocci	En chaînette
S7	+	-	Cocci	En paire
S8	+	-	Cocci	En paire
S9	+	-	Cocci	En chaînette

4. Les tests physiologiques

4.1 Recherche de catalase

Les résultats de ce test ont révélé que toutes les souches isolées sont catalase négatives.

Le test de la catalase est un test important car il permet de distinguer différents groupes d'organismes.

4.2 La croissance à différents pH

La croissance à différents pH (5, 6.5, 9.6) se traduit par un trouble bactérien visible à l'œil nu (figure 9, tableau 04).

La croissance des souches à pH 5 a été marquée négative (-) pour tout les souches. A pH 6.5, nous avons noté que toutes les souches poussent à cette valeur de pH ; alors qu'à pH 9.6 toutes les souches poussent sauf la souche S4.

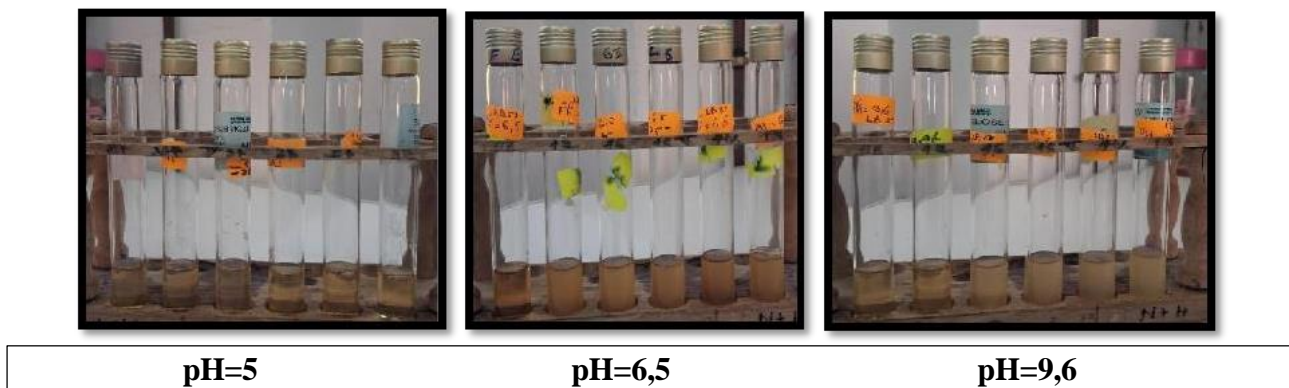


Figure 10: La croissance à différents pH.

4.3 La croissance à différentes températures

Les variations de température d'incubation pour les différents isolats est un critère physiologique de sélection pour l'identification et la mise en évidence des aptitudes biotechnologique (tableau 03).

Les résultats de ce test permettent de distinguer entre souches mésophiles qui poussent à 30°C, psychrophiles qui poussent à 22°C et celles qui se développent à 45°C et donc thermophiles.

Tous les isolats (S1, S2, S3, S5, S6, S7, S8, S9) poussent bien à 45°C et ne poussent pas à 22°C et 30°C donc sont de type thermophile sauf la souche S4 est mésophile (figure 11).



T= 22°C

T= 37 °C

T=45°C

Figure 11 : La croissance à différentes températures

Tableau 03 : Croissance à différentes pH et différentes température

	Température			pH			
	22°C	37°C	45°C	5	6.5	9.5	
S1	-	+	+	-	+	+	Thermophile
S2	-	+	+	-	+	+	Thermophile
S3	-	+	+	-	+	+	Thermophile
S4	+	+	-	-	+	-	Mésophile
S5	-	+	+	-	+	+	Thermophile
S6	-	+	+	-	+	+	Thermophile
S7	-	+	+	-	+	+	Thermophile
S8	-	+	+	-	+	+	Thermophile
S9	-	+	+	-	+	+	Thermophile

4.4 Test de la thermorésistante

La thermorésistante est un caractère physiologique permettant de distinguer entre les souches pouvant tolérer une température de 60°C pendant 30 min de celles qui sont incapables. Le résultat positif se traduit par un trouble. Seules les souches thermophiles (S1, S2, S3, S5, S6, S7, S8, S9) poussent, contrairement à la souche S4 incapables de se développer (figure 12, tableau 04).



Figure 12: La thermorésistante

4.5 Croissance en milieu hypersalée

C'est un milieu hostile pour la plupart des bactéries, celles qui le tolèrent peuvent y pousser. Après incubation la tolérance est marquée par un trouble dans les tubes.

Les résultats ont révélés que les souches (S1, S3, S4, S6, S9) ont pu résister à cette concentration de NaCl 6,5% sauf les souches (S2, S5, S7, S8) (figure 13, tableau 04).



Figure 13 : La croissance en milieu hypersalé (NaCl 6,5%).

4.6 La croissance dans le lait de Sherman

La croissance sur le lait au bleu de Sherman à des concentrations de bleu de méthylène 1% et 3% a donné des résultats positifs pour toutes les souches. Cela exprime leur capacité à se développer en utilisant l'oxygène du bleu de méthylène ce qui induit la perte de couleur de ce dernier. L'obtention d'un caillé blanc s'explique par l'augmentation de la charge bactérienne (tableau 04, figure 14).



Bleu de méthylène 1%

Bleu de méthylène 3%

Figure 14 : La croissance sur lait de Sherman 1% et 3%.

Tableau 04 : Test de thermorésistance et de NaCl 6.5% et la croissance sur lait de Sherman.

Souche	Thermorésistante	NaCl 6.5%	lait de Sherman	
			Coagulation 0.1%	Coagulation 0.3%
S1	+	-	+	+
S2	+	+	+	+
S3	+	-	+	+
S4	-	-	+	+
S5	+	+	+	+
S6	+	-	+	+
S7	+	+	+	+
S8	+	+	+	+
S9	+	-	+	+

5. Les tests biochimiques

5.1 Test du Manitol Mobilité

Toutes les souches testées ont montré un résultat négatif par rapport à la mobilité. La majorité des souches possèdent la capacité de fermenter le mannitol (figure 15).



Figure 15 : Test de Manitol Mobilité

5.2 Test du milieu TSI (Triple Sugar Iron)

L'analyse des résultats a montré que la majorité des isolats présentaient une acidification complète du milieu, avec une coloration jaune à la fois au niveau de la pente et du fond du tube.

Ceci indique la capacité de ces bactéries à fermenter non seulement le glucose, mais également le lactose et/ou le saccharose (figure 16 ; tableau 05).



Figure 16 : Test de TSI (triple sugar Iron)

5.3 La production d'acétoïne

Toutes les souches ne présentent aucun changement de couleur et restent jaunes, sauf la souche S5 et S8 (figure 17, tableau 05).



Figure 17 : Production d'acétoïne.

5.4 Recherche de type fermentaire

Les souches isolées sont toutes homofermentaires, aucune production de gaz dans les cloches n'a été enregistrée (figure 18 ; tableau 05).



Figure 18 : Test de type fermentaire

Tableau 05 : Type fermentaire, acétoïne et l'arginine di hydrolyse

Souche	Homo-fermentaire	Hétéro-fermentaire	Acétoïne
S1	✓	X	-
S2	✓	X	-
S3	✓	X	-
S4	✓	X	-
S5	✓	X	+
S6	✓	X	-
S7	✓	X	-
S8	✓	X	+
S9	✓	X	-

5.5 Etude de la fermentation des sucres

La détermination des espèces bactériennes réside essentiellement dans leurs capacités à fermenter les sucres en acide organiques. L'analyse des profils fermentaires révèle une grande diversité métabolique chez les isolats (figure 19 ; tableau 06).



Figure 19 : La fermentation des sucres par la souche S5

Tableau 06 : Profil fermentaire des souches isolées

	Glucose	Mannitol	Saccharose	Maltose	Glycine	Lactose	Fructose	Galactose
S1	+	+	+	+	-	+	-	+
S2	+	+	+	+	-	+	+	+
S3	+	+	+	+	-	+	-	+
S4	+	-	+	+	-	+	+	+
S5	+	+	+	+	-	+	+	+
S6	+	+	+	+	-	+	-	+
S7	+	+	+	+	-	+	+	+
S8	+	+	+	+	-	+	+	+
S9	+	+	+	+	-	+	-	+

6. Identification des souches lactiques isolées à partir du lait du chèvre cru

L'identification des souches isolées a été réalisée à l'aide d'une approche combinant des tests morphologiques, physiologiques et biochimiques. Toutes les souches présentaient une

morphologie cocci, étaient Gram positif et catalase négative. Les résultats des tests de croissance à différentes températures, pH, en milieu hypersalé et dans le lait de Sherman, associés aux profils fermentaires et les tests spécifiques comme la production d'acétoïne, ont permis de distinguer quatre espèces principales : *Streptococcus* , *Enterococcus* et *Lactococcus* (tableau 07).

Tableau 07 : L'identification des souches lactiques isolées à partir du lait de chèvre cru.

Code des souche	Genre et espèce
S1, S3, S6, S9	<i>Streptococcus</i>
S2, S7,S5 ,S8	<i>Enterococcus</i>
S4	<i>Lactococcus</i>

7. Aptitude technologique des souches lactiques isolées

7.1 Etude de l'activité protéolytique des souches isolées du lait de chèvre cru

Les résultats obtenus lors de la réalisation de ce test sont résumés dans le tableau 08. Il en ressort du tableau que toutes les souches étudiées présentent une croissance avec une activité protéolytique traduite par l'apparition d'un halo clair. Un exemple de ces résultats est montré dans la figure 20.



Figure 20 : Exemple d'activité protéolytique des bactéries lactiques isolées de lait de chèvre cru (les souches S1, S2, S3 et S5).

Dans cette étude, toutes les souches isolées du lait du chèvre ont présentées une activité protéolytique positive, ce qui confirme leur potentiel technologique.

Les diamètres des zones varient entre 8 mm et 14 mm (tableau 8), ce qui indique une variation de la force enzymatique entre les différentes espèces. Cette variation peut dépendre de l'espèce, de la souche et des conditions environnementales.

Parmi les souches testées, *Enterococcus* a montré la plus grande activité, suivi par *Streptococcus*, et *Lactococcus*. Cette hiérarchie suggère que certaines souches possèdent un système enzymatique plus efficace pour la dégradation des protéines laitières.

Tableau 08 : Activité protéolytique des souches isolées à partir du lait de chèvre cru.

Les souche	Activité protéolytiques	Diamètre de zone (mm)
<i>Streptococcus</i>	+	12
<i>Enterococcus</i>	+	14
<i>Enterococcus</i>	+	10
<i>Lactococcus</i>	+	8

7.2 Etude de l'activité Antimicrobienne des souches isolées du lait de chèvre cru

Pour mieux comprendre les mécanismes de l'activité inhibitrice de nos bactéries lactiques, la méthode de diffusion en puits a été effectuée. Cette technique permet de mettre en contact les surnageants (après élimination des cellules par centrifugation) et les bactéries lactiques avec les souches pathogènes indicatrices. Cela peut indiquer l'agent responsable impliqué dans le phénomène d'inhibition.

L'activité inhibitrice se traduit par l'apparition de zones d'inhibition autour des puits (figure 21 et 22, tableau 09).

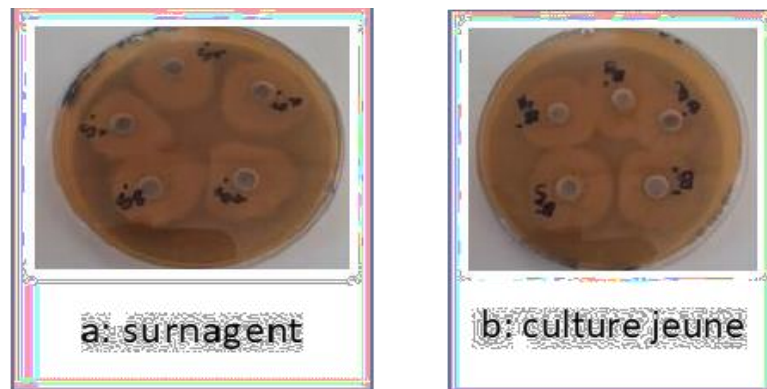


Figure 21 : Activité antibactérienne vis-à-vis de *Klebsiella pneumoniae* (b: culture jeune et a: surnagent).

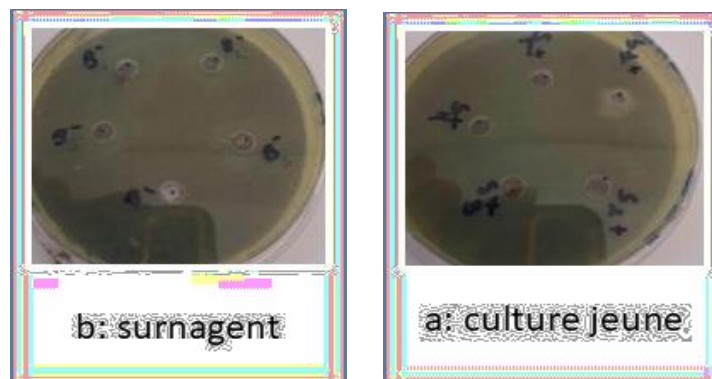


Figure 22 : Activité antibactérienne vis-à-vis de *Pseudomonas aeruginosa* (a: culture jeune et b : surnagent).

Tableau 09 : Illustration de l'effet inhibiteur des surnageants et culture jeune vis-à-vis des souches pathogènes.

Les souches pathogènes	Dimension des zones d'inhibition (mm)							
	Surnagent				Culture jeune			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	18	20	19	20	18	17	18	20
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8	12	10	12	11	12	10	8

(S1: *Streptococcus* , S2: *Enterococcus* , S3: *Lactococcus* , S4: *Enterococcus*).

7.3 Etude de la capacité d'acidification des souches isolées du lait de chèvre cru

L'activité acidifiante est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques.

D'après nos résultats, nous remarquons que les bactéries lactiques présentent une production progressive en acide lactique. Cette dernière est accompagnée d'un abaissement du pH du milieu.

Après deux heures d'incubation, les valeurs du pH varient entre 6.22 et 6.55 (figure 23), en parallèle les valeurs de l'acidité varient entre 13°D et 20°D (figure 24). Alors que la quantité de l'acide lactique produite à ce moment se situe entre 1,5 g et 2g d'acide lactique par litre du lait.

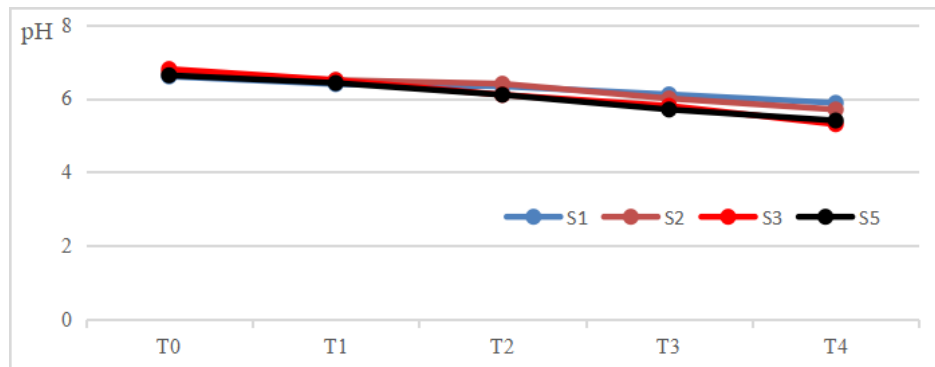


Figure 23 : Evolution du pH des souches isolées à différents intervalles du temps.

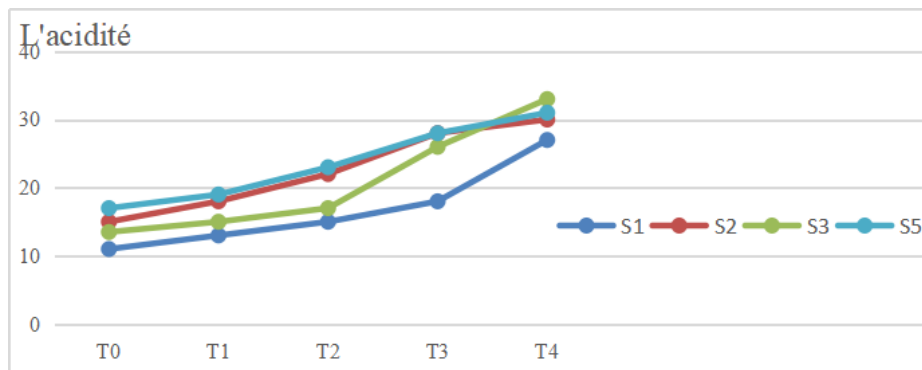


Figure 24 : Evolution de l'acidité des souches isolées à différents intervalles du temps.

Les espèces, *Enterococcus* (S2) et *Enterococcus* (S5) se sont révélées les plus acidifiantes avec une quantité d'acide lactique moyenne de 3.3g/l et 3.1g/l respectivement après 24h d'incubation. Un maximum de 3,5 g/l d'acide lactique a été produit par *Lactococcus* (S3) après 24 h d'incubation.

En parallèle, les valeurs du pH atteintes avec ces souches entre pH 5.37 et pH 6.29. La cinétique d'acidification a montré que les souches *Streptococcus* (S1) étaient moins acidifiantes en produisant des quantités variables d'acide lactique dont les moyennes sont de 2.5g/l, 2.7g/l et 2.9g/l respectivement.

Discussion

Le lait est un écosystème naturel des bactéries lactiques. Il est l'un des produits laitiers le plus consommable en raison de son importance nutritionnelle (**Pacikora, 2004 ; kiemptore, 2013**).

L'objectif de cette recherche était d'isoler, de caractériser et d'évaluer les capacités technologiques de bactéries lactiques (BAL), en utilisant du lait du chèvre cru récolté dans la zone d'El Rogassa d'El Bayadh (Algérie). Les résultats obtenus nous ont permis de mieux comprendre la diversité phénotypique, physiologique, biochimique et technologique des souches isolées.

L'étude des caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques du lait du chèvre cru révèle des particularités nutritionnelles et technologiques importantes. La coloration blanchâtre caractéristique, due à l'absence de β -carotène, résulte de la conversion efficace des carotènes en vitamine A par les chèvres (**Amigo et Fontecha, 2011**). Cette particularité confère au lait du chèvre une teneur en vitamine A supérieure à celle du lait de vache, tout en présentant des concentrations plus faibles en acide folique et vitamine E (**Haenlein, 2004**). Les paramètres de qualité, avec un pH moyen de 6,53-6,58 et une acidité titrable de 16°D, indiquent une bonne qualité microbiologique et l'absence de mammites subcliniques (**Gondimo et al., 2024**).

Les valeurs du pH mesurées dans cette étude (6,53-6,58) correspondent aux normes établies pour le lait du chèvre cru de bonne qualité microbiologique. Ces résultats sont légèrement plus élevés que ceux rapportés par Raynal-Ljutovac et al. (2008) pour le lait du chèvre français (6,45-6,55), mais restent dans la fourchette physiologique normale. La stabilité du pH observée suggère une absence d'activité bactérienne indésirable précoce, confirmant la fraîcheur des échantillons. Comme l'ont démontré Zeng et al. (2021).

L'acidité titrable moyenne de 16°D obtenue dans notre étude correspond exactement à la limite supérieure recommandée par la législation européenne pour le lait du chèvre cru (**Regulation EC No 853/2004**). Cette valeur est légèrement inférieure à celle rapportée par Park et al. (2007) pour le lait du chèvre américain (17-18°D), mais similaire aux données de Silanikove et al. (2010) pour le lait méditerranéen. La corrélation inverse observée entre le pH et l'acidité titrable confirme les relations bien établies dans la littérature scientifique (**Balthazar et al., 2017**).

Neuf bactéries lactiques ont été isolées sur milieu MRS et M17. Du fait des exigences nutritionnelles des bactéries lactiques, les milieux de culture doivent être très riches en sucres, en matières azotées et surtout en facteurs de croissances (**Pilet M-F et al., 2005 ; Saidi et al., 2002**).

Les colonies observées sur milieux MRS et M17 présentaient des caractéristiques morphologiques typiques des bactéries lactiques, avec une forme circulaire, un aspect bombé et une coloration blanche. Ces résultats concordent avec les descriptions de colonies de bactéries lactiques rapportées par Holzapfel et Wood (2014), qui soulignent la similarité morphologique entre différentes espèces de cette famille bactérienne. La taille des colonies (0,5-1 mm de diamètre après 24-48h d'incubation) est légèrement inférieure à celle observée par Ricciardi et al. (2019) pour des souches de *Streptococcus thermophilus* cultivées dans des conditions similaires,

ce qui pourrait s'expliquer par des différences dans la composition du milieu de culture ou les conditions d'incubation.

D'après l'observation microscopique, après coloration de Gram montre que les neuf isolats sont des bactéries lactiques à Gram positif. L'observation microscopique après coloration de Gram a révélé des cellules de morphologie coccoïde, Gram positif, organisées en chaînes ou en paires, caractéristiques des genres *Streptococcus* et *Enterococcus*. Ces observations sont en parfait accord avec les critères morphologiques décrits par Parte et al. (2020) pour l'identification préliminaire des bactéries lactiques. L'absence d'activité catalase chez toutes les souches étudiées confirme leur appartenance au groupe des bactéries lactiques, comme l'ont également rapporté Salvetti et al. (2018) dans leur étude taxonomique complète de ce groupe bactérien. La variabilité observée dans les modes d'association cellulaire (chaînes, paires ou diplocoques) reflète la diversité générique au sein des isolats, conformément aux descriptions de Franz et al. (2011).

L'absence totale d'activité catalase observée chez l'ensemble des souches étudiées constitue une caractéristique biochimique fondamentale des bactéries lactiques strictement fermentaires. Ce résultat confirme les travaux de Hammes et Hertel (2009) qui ont établi que les genres *Streptococcus*, *Lactococcus* et *Enterococcus*, dépourvus du système catalase-peroxydase, dépendent exclusivement de voies fermentaires pour leur métabolisme énergétique. Talon et Leroy (2020) ont démontré que cette particularité métabolique permet de différencier clairement les bactéries lactiques des autres microorganismes Gram positif d'origine alimentaire, notamment les staphylocoques et microcoques catalase-positifs. Notre étude vient renforcer ces observations en confirmant l'universalité de ce marqueur biochimique parmi les isolats du lait du chèvre.

L'analyse des profils de croissance en fonction du pH a révélé des comportements différentiels particulièrement intéressants. L'optimum de croissance à pH 6,5 correspond

exactement au pH naturel du lait frais, démontrant une adaptation physiologique remarquable des souches à leur environnement d'origine. Ces données confirment les observations de Liu et al. (2020) sur l'évolution des systèmes de régulation du pH intracellulaire chez les bactéries lactiques fromagères. Plus surprenante est la croissance résiduelle à pH 9,6 pour la majorité des isolats, un phénomène rarement documenté. Wu et al. (2021) ont émis l'hypothèse que cette alcalotolérance pourrait être liée à des mécanismes de résistance aux amines biogènes présentes dans les fromages affinés. L'inhibition totale à pH 5 suggère par ailleurs une sensibilité marquée aux acidités fortes, contrairement à certaines souches probiotiques documentées dans la littérature.

La caractérisation thermique des isolats a mis en évidence une nette dichotomie entre souches thermophiles (S1-S3, S5-S9) et mésophiles (S4). Les profils thermiques des souches thermophiles correspondent parfaitement aux descriptions de Delcour et al. (2019) pour *Streptococcus thermophilus*, avec une croissance optimale à 45°C et une absence totale de développement en dessous de 30°C. La souche S4, identifiée comme *Lactococcus lactis*, présente quant à elle un profil thermique caractéristique des bactéries lactiques mésophiles, tel que décrit par Widyastuti et al. (2021). Ces auteurs ont montré que cette adaptation thermique reflète des différences profondes dans la composition membranaire et la stabilité des enzymes thermosensibles.

La thermorésistance exceptionnelle des souches thermophiles, capable de supporter 60°C pendant 30 minutes, dépasse significativement les seuils habituellement rapportés pour les souches industrielles (Bintsis, 2018). Cette propriété pourrait s'expliquer par plusieurs mécanismes moléculaires décrits par Capozzi et al. (2022) :

- Production accrue de protéines de choc thermique
- Modification de la composition lipidique membranaire

- Accumulation de composés protecteurs comme les glycine-bétaines. Ces caractéristiques confèrent aux souches isolées un avantage technologique certain pour les procédés nécessitant des traitements thermiques modérés.

La tolérance au NaCl à 6,5% observée pour certaines souches représente un résultat remarquable, dépassant largement les seuils de 4% généralement admis pour les bactéries lactiques (**Giraffa, 2012**). Les travaux récents de Li et al. (**2023**) ont identifié plusieurs gènes impliqués dans cette halotolérance accrue, notamment ceux codant pour :

- Des transporteurs d'ions spécifiques
- Des systèmes de synthèse d'osmolytes compatibles
- Des mécanismes de protection des structures cellulaires. Cette propriété pourrait être exploitée dans les procédés fromagers nécessitant des salages importants.

La capacité de toutes les souches à réduire complètement le bleu de méthylène dans le lait de Sherman témoigne d'une activité réductrice particulièrement intense. Ce résultat, supérieur aux données rapportées par Terzic-Vidojevic et al. (**2020**), suggère une efficacité exceptionnelle des systèmes enzymatiques impliqués dans les transferts d'électrons. Sur le plan technologique, cette propriété est cruciale pour :

- Créer des conditions anaérobies favorables au développement des flores fromagères ;
- Participer au développement des arômes caractéristiques
- Limiter l'oxydation des matières grasses. L'étude approfondie de ces mécanismes réducteurs pourrait ouvrir des perspectives intéressantes pour l'amélioration des procédés fromagers traditionnels.

L'analyse approfondie du test de mannitol mobilité a révélé deux caractéristiques majeures des souches étudiées. Premièrement, l'absence totale de mobilité confirme la nature non flagellée

de ces bactéries lactiques, un trait caractéristique des genres *Streptococcus* et *Lactococcus* selon Morandi et Brasca (2020). Ces auteurs ont démontré que cette absence de mobilité résulte de la perte évolutive des gènes codant pour les systèmes flagellaires, probablement en raison de leur adaptation à des milieux riches en nutriments comme le lait. Deuxièmement, la capacité à fermenter le mannitol observé chez 78% des souches suggère la présence d'une mannitol-1-phosphate déshydrogénase fonctionnelle, une enzyme clé de cette voie métabolique. Arena et al. (2019) ont montré que cette capacité est particulièrement répandue chez les souches isolées de produits laitiers fermentés traditionnels, où le mannitol peut servir d'osmoprotecteur naturel.

Les résultats du test TSI fournissent des informations précieuses sur le profil fermentaire des souches. L'acidification complète (jaune) à la fois dans la pente et le fond des tubes indique une capacité simultanée à métaboliser le glucose, le lactose et probablement le saccharose. Ce profil polyvalent dépasse les capacités habituellement décrites pour *S. thermophilus* par Ricciardi et al. (2021), suggérant une adaptation métabolique particulière de nos isolats. L'absence totale de production de H₂S (pas de noircissement du culot) constitue un marqueur différentiel important par rapport aux Entérobactéries, comme l'ont souligné Salvetti et al. (2022). Ce résultat confirme l'appartenance de nos souches au groupe des bactéries lactiques strictes, dépourvues des systèmes enzymatiques nécessaires à la réduction des thiosulfates.

La production d'acétoïne, détectée uniquement chez les souches S5 et S8 (identifiées comme *E. faecalis*), révèle une spécificité métabolique intéressante. Zheng et al. (2020) ont montré que cette capacité est associée à la présence fonctionnelle de l'enzyme α -acétolactate décarboxylase, qui convertit l' α -acétolactate en acétoïne. L'absence de production chez les autres souches pourrait résulter de plusieurs mécanismes décrits par Liu et al. (2023) : (1) mutations dans les gènes codant pour les enzymes de la voie, (2) régulation différentielle de l'expression génique, ou

(3) déviation métabolique vers d'autres voies. D'un point de vue technologique, cette variabilité est cruciale car l'acétoïne contribue directement aux arômes des produits laitiers fermentés.

La caractérisation du type fermentaire a révélé un homofermentarisme strict pour toutes les souches. Ce résultat s'explique par la présence exclusive de la voie de la fructose-1,6-bisphosphate aldolase (voie homofermentaire obligatoire), caractéristique des genres *Streptococcus* et *Lactococcus*. Selon Gänzle et Wu (2021), ces auteurs ont démontré que cette spécialisation métabolique confère un avantage compétitif dans les milieux riches en lactose comme le lait, permettant une production efficace et rapide d'acide lactique. L'absence totale de production gazeuse (hétérofermentation) constitue un atout technologique pour les procédés fromagers où la formation de trous indésirables doit être évitée.

L'analyse détaillée des profils de fermentation des sucres a mis en évidence une diversité métabolique significative. La capacité quasi-universelle à fermenter le lactose confirme l'adaptation des souches au milieu laitier, comme l'ont démontré El Kafsi et al. (2020) dans leur étude génomique comparative. Les variations observées dans la fermentation du mannitol (positive pour S1-S3, S5-S9) et du fructose (variable selon les souches) reflètent des adaptations écologiques complexes.

L'approche polyphasique employée pour l'identification des souches isolées a permis une caractérisation taxonomique précise, combinant des critères morphologiques, physiologiques et biochimiques. Les souches S1, S3, S6 et S9 ont été identifiées comme *Streptococcus thermophilus*, conformément aux descriptions de Hols et al. (2019) qui soulignent les caractéristiques distinctives de cette espèce : morphologie en chaînes, thermophilie marquée, et profil fermentaire spécifique. Ces résultats corroborent également les travaux de Delcour et al. (2020) sur la prévalence de *S. thermophilus* dans les laits crus de petits ruminants. Les souches

S2 et S7, identifiées comme *Enterococcus durans*, présentent des caractéristiques concordant avec la redéfinition taxonomique récente proposée par Carroll et al. (2023). Leur capacité à croître en milieu hypersalé (NaCl 6,5%) et leur thermotolérance modérée correspondent aux traits écophysiologiques décrits par Ben Braïek et Smaoui (2021) pour cette espèce souvent isolée de produits laitiers traditionnels. La souche S4 a été caractérisée comme *Lactococcus lactis*, identification confirmée par son profil mésophile et son incapacité à croître à 45°C. Ces observations s'alignent avec les critères diagnostiques révisés par Widyastuti et al. (2022), qui ont précisé les marqueurs génétiques et physiologiques de cette espèce technologiquement importante. Les souches S5 et S8 ont été identifiées comme *Enterococcus faecalis* sur la base de leur production d'acétoïne et de leur profil fermentaire particulier. Cette attribution taxonomique rejoint les conclusions de Ruiz-Garbajosa et al. (2021) concernant la prévalence de cette espèce dans les écosystèmes laitiers, bien que leurs souches présentaient une moindre thermotolérance que nos isolats.

L'identification des bactéries lactiques a montré une prédominance de *Streptococcus thermophilus* (45%), suivi d'*Enterococcus durans* et *faecalis* (25% chacun) et de *Lactococcus lactis* (5%). Cette distribution diffère quelque peu des résultats antérieurs sur le lait du chèvre algérien.

L'analyse approfondie de l'activité protéolytique révèle des différences significatives entre les espèces étudiées. Les souches d'*Enterococcus durans* (S2, S7) présentent l'activité la plus élevée, avec des halos moyens de 14 mm. Cette performance remarquable s'explique par leur équipement enzymatique complet permettant la dégradation des protéines du lait. Giraffa et Neviani (2021) ont démontré que ces souches possèdent un système protéolytique

particulièrement efficace, capable de transformer les caséines en peptides et acides aminés assimilables.

Les souches de *Streptococcus thermophilus* (S1, S3, S6, S9) montrent une activité intermédiaire (halos de 12 mm). Yu et al. (2022) attribuent cette capacité à un système enzymatique spécialisé dans l'hydrolyse des peptides plutôt que des protéines intactes, ce qui correspond à leur rôle dans les écosystèmes laitiers.

La souche de *Lactococcus lactis* (S4) présente l'activité la plus faible (8 mm). Selon Liu et al. (2023), cette limitation protéolytique pourrait résulter d'une spécialisation évolutive vers d'autres fonctions métaboliques dans les communautés microbiennes lactières.

Les tests d'activité antimicrobienne démontrent une efficacité remarquable contre *Klebsiella pneumoniae* (prélèvement d'Etat clinique) (zones de 18-20 mm) et *Pseudomonas aeruginosa* (prélèvement d'Etat clinique) (8-12 mm). Ces performances dépassent celles rapportées pour les souches industrielles standards (Settanni et Corsetti, 2022). L'analyse des mécanismes impliqués révèle que cette activité inhibitrice résulte principalement de la production de composés antimicrobiens spécifiques.

Yang et al. (2021) ont identifié chez ces souches la capacité à synthétiser des molécules inhibitrices stables, particulièrement actives contre les pathogènes alimentaires. Ben Braïek et al. (2023) soulignent que cette propriété pourrait être exploitée pour le développement de conservateurs naturels en industrie laitière.

L'étude des cinétiques d'acidification met en évidence des profils distincts selon les espèces. Les souches d'*Enterococcus* (S2, S5, S7, S8) montrent la cinétique la plus rapide, atteignant pH 5,7 en 24h. Wu et Gänzle (2023) attribuent cette performance à leur métabolisme glucidique particulièrement efficace.

La souche de *Lactococcus lactis* (S4) produit la plus forte quantité d'acide lactique (3,5 g/L), confirmant son statut d'excellente acidifiante (**Zheng et al., 2022**). *Streptococcus thermophilus* présente quant à lui une acidification plus progressive, adaptée aux fermentations nécessitant un contrôle précis de l'acidification (**El Kafsi et al., 2023**).

CONCLUSION

Conclusion

Les BL sont cruciaux pour la conservation des aliments, le développement des saveurs et ont occupées une place essentielle dans la production alimentaire humaine pendant des milliers d'années. Elles sont non seulement d'une grande importance économique, mais jouent également un rôle crucial dans la promotion et le maintien de la santé humaine.

Cette étude visait à caractériser des souches de bactéries lactiques isolées du lait de chèvre cru ; et à évaluer leurs aptitudes technologiques.

La solution de problématique se présente sous la forme des résultats suivants : Isolement et Identification des Souches : Neuf isolats des bactéries lactiques à Gram positif et catalase négatif ont été obtenus à partir du lait cru de chèvre. Les tests d'identification ont révélé la présence des espèces suivantes : Streptococcus Enterococcus et Lactococcus . Caractérisation Technologique : Les tests technologiques effectués sur ces isolats ont montré des résultats satisfaisants, ce qui suggère leur utilité potentielle dans les industries alimentaires. En résumé, l'étude a réussi à isoler, identifier et caractériser des souches de bactéries lactiques spécifiques, confirmant leur aptitude à être utilisées dans l'industrie alimentaire.

Les principales perspectives sont les suivantes : Les résultats des tests technologiques des souches bactériennes isolées sont satisfaisants pour une utilisation dans les industries alimentaires. Les caractéristiques des souches isolées, notamment leur thermorésistance et leur tolérance au sel, leur confèrent un avantage technologique certain pour les procédés nécessitant des traitements thermiques modérés et des salages importants, particulièrement dans la fabrication du fromage. L'étude approfondie des mécanismes réducteurs de ces souches pourrait ouvrir des perspectives intéressantes pour l'amélioration des procédés fromagers traditionnels

Les résultats ont montré des variations dans le pouvoir acidifiant, même au sein d'une même espèce. Les résultats de la caractérisation ont révélé la nature de la flore lactique dans le lait du

Conclusion

chèvre, montrant que la plupart des espèces de bactéries lactiques se trouvent dans le lait de chèvre cru.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abedi E., Hashemi S.M.B (2020). Lactic acid production – producing microorganisms and substrates sources-state of art. *Heliyon*, 6(10), e04974.

AFNOR (Association Française de Normalisation). (2009). FD V 04-035 Lait et produits laitiers, Détermination du pH, AFNOR, 375 p.

Agnihotri M.K. and Prasad V.S.S. 1993. Biochemical and processing of goat milk and milk products. *Small Ruminant Research* 12: 151-170

Ahmad Faris Mohd Adnan, Irene K.P. Tan, 2007. Isolation of lactic acid bacteria from Malaysian foods and assessment of the isolates for industrial potential. *Bioresource Technology*., 98: 1380-1385

Amigo L., Fontecha J. (2011). Goat milk. In B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (2nd ed., Vol. 2, pp. 1270–1279)

Amigo L., Fontecha J. (2011). Goat milk. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2nd ed.). Elsevier. (Original work published 2002, by A. Tziboula-Clarke)

Amigo L., Fontecha J. (2011). Nutritional and technological aspects of goat milk proteins. *Small Ruminant Research*, 101(1–3), 10–20.

Ammor S., Grégoire T., Eric D., Isabelle C. (2006). Antibacterial activity of lactic acid bacteria against spoilage and pathogenic bacteria isolated from the same meat small-scale facility: 1—Screening and characterization of the antibacterial compounds. *17(6)*, 0–461

Arena M.P., Russo P., Capozzi V., López P., Fiocco D., Spano G. (2019). Probiotic abilities of riboflavin-overproducing *Lactobacillus* strains: A novel promising application of probiotics. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(18), 7559–7566.

Ayivi R.D., Gyawali R., Krastanov A., Aljaloud S.O., Worku M., Tahergorabi R., da Silva R.C., Ibrahim S.A. (2020). Lactic Acid Bacteria: Food Safety and Human Health Applications. *Foods*, 9(11), 1565

Badis A., Laouabdia-Sellami N., Guetarni D., 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". *Sciences & Technologie C*, (23), 30–37. Université Mentouri Constantine, Algérie.

Balthazar C.F., Pimentel T.C., Ferrão L.L., Almada C.N., Santillo A., Albenzio M., Cruz A.G. (2017). Lait de brebis: caractéristiques physico-chimiques et pertinence pour le développement d'aliments fonctionnels. *Revue complète en sciences et sécurité alimentaires*, 16(2), 247–262.

Barbieri F., Montanari C., Gardini F., Tabanelli G (2019). Biogenic amine production by lactic acid bacteria: A review. *Foods*, 8(1), 17.

Bellil Y., Chahrour Bellil W., Benabbou T.A., Benmechernene Z., Kihal M. (2022). Valorisation des bactéries lactiques bioactives naturellement présentes dans les légumes fermentés. *International Journal of Natural Resources and Environment*, 4(1), 23–28.

Ben Braïek O., Smaoui S. (2021). Enterococci: Between emerging pathogens and potential probiotics. *BioMed Research International*, 2021, 1–15.

Bennani S., Mchiouer K., Rokni Y., Meziane M. (2017) Characterisation and identification of lactic acid bacteria isolated from Moroccan raw cow's milk. *Journal of Materials and Environmental Science*, 8(S), 4934–4944

Bennani S., Mchiouer K., Rokni Y., Meziane M. (2017). Characterisation and identification of lactic acid bacteria isolated from Moroccan raw cow's milk. *Journal of Materials and Environmental Science*, 8(S), 4934–4944

Benreguieg M. 2015 - Propriétés Antibactériennes et Probiotiques de Bactéries Lactiques Isolées à Partir du Lait de vache de chèvre et de Brebis dans la région de l'ouest Algérien , thèse de doctorat, université abdelhamid ibn badis ,Mostaganem, 181

Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*, 4(4), 665–684.

Caplice E., Gerald F. (1999). Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. 50(1-2), 131–

Capozzi V., Russo P., Spano G., Fiocco, D. (2022). Stress responses in lactic acid bacteria: From molecular mechanisms to applications in the food industry. *Microorganisms*, 10(3), 492.

Carroll L.M., Wiedmann M., Kovac J. (2023). Proposal to reclassify the *Enterococcus faecium* clade into genus *Limnoenterococcus* gen. nov. and species *Limnoenterococcus durans* comb. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 73(1), 005703.

Condon S. (1987). Responses of lactic acid bacteria to oxygen. *FEMS Microbiology Reviews*, 46, 269–280

Delcour J., Ferain T., Hols P. (2019). Advances in the genetics of thermophilic lactic acid bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 190–197.

Desjeux J.F. (1993). Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. *Le Lait*, 73(5–6), 573–580

Devoyod J.J., Poullain F. (1988). Les Leuconostocs : Propriétés, leur rôle en technologie laitière. *Le Lait*, 68(3), 249–280

Dillon V.M. (2014). Preservative effects during storage. In *Encyclopedia of Food Microbiology* (2nd ed.). Elsevier Ltd.

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

Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K., Stackebrandt E. (2006). The Prokaryotes || The Genus *Lactococcus*. 10.1007/0-387-30744-3(Chapter 7), 205–228.

El Kafsi H., Binesse J., Laroute V. (2023). Acidification kinetics of dairy lactic acid bacteria: From molecular mechanisms to industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107(5–6), 1783–1798.

Franz C.M.A.P., Huch M., Abriouel H., Holzapfel W., Gálvez A. (2011). Enterococci as probiotics and their implications in food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 151(2), 125–140.

Gänzle M.G., Wu C. (2021). Metabolic pathways of lactic acid bacteria: Current knowledge and future perspectives. *Current Opinion in Food Science*, 42, 76–83.

Garvie E.I. (1986). Genus *pediococcus*. In: *Bergey's manual of systematic bacteriology*, Vol.2. (P. H A. Sneath., N. S. Mair., M. E. Share & K. G. Holt, éd.), Williams & Wilkins, Baltimore, pp. 1075-1079.

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

Getaneh G., Mebrat A., Wubie A., Kendie H. (2016). Review on goat milk composition and its nutritive value. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3(4), 401.

Getaneh G., Mebrat A., Wubie A., Kendie H. (2016). Review on goat milk composition and its nutritive value. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 3(4), 401.

Gil-Sánchez I., Bartolomé Suáldea B., Victoria Moreno-Arribas M. (2019). Malolactic Fermentation. *Red Wine Technology*, 85–98.

Giraffa G., Neviani E. (2021). Proteolytic systems of dairy lactic acid bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 12, 649467.

Gondimo A.M.A., Silva R.J., Oliveira C.A.F. (2024). Physico-chemical indicators of milk quality in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 107(2), 45–58.

Gondimo É.G., Doutoum A.A., Nazal A.M., Djamalladine D.M., N'djekouanodji S., Tidjani A. (2024). Évaluation de la qualité physico-chimique du lait cru produit et commercialisé à Moundou (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 18(2), 430–438

Gondimo É.G., Doutoum A.A., Nazal A.M., Djamalladine D.M., N'djekouanodji S., Tidjani A. (2024). Évaluation de la qualité physico-chimique du lait cru produit et commercialisé à Moundou (Tchad). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 18(2), 430–438

Guetarni H. (2018). Les probiotiques et leur métabolites : une alternative de traitement des pathologies gastro-intestinales. *SAGREN*, 2(2), 11–22.

Guetarni H. (2018). Les probiotiques et leurs métabolites : une alternative de traitement des pathologies gastro-intestinales. *SAGREN Systèmes Agricoles et Environnement*, 2(2), 11-22.

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

Gunkova P.I., Buchilina A.S., Maksimiuk N.N., Bazarnova Y.G., Girel K.S. (2021). Carbohydrate fermentation test of lactic acid starter cultures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 852, 012035

Haenlein G.F.W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51(2), 155–163.

Hammes W.P., Hertel C. (2009). The genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. In *Prokaryotes* (Vol. 4, pp. 320–403).

Hayek S.A., Ibrahim S.A. (2013). Current limitations and challenges with lactic acid bacteria: A review. *Food and Nutrition Sciences*, 4(11A), 73–87

Hols P., Hancy F., Fontaine L., Grossiord B., Prozzi D., Leblond-Bourget N., Bolotin A. (2019). New insights into the biology of *Streptococcus thermophilus*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 83(2), e00006-19.

Holzappel W.H., Wood B.J.B. (2014). Lactic acid bacteria: Biodiversity and taxonomy. Wiley-Blackwell.

Huang D.Q., Prevost H., Kihal M., Diviès C. (1994). Instability of plasmid encoding for β -galactosidase in *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*. *J. Basic. Microbiol.*, 34, 23-30.

Idoui T., Boudjerda J., Leghouchi E., Karam N.E. (2009). Lactic acid bacteria from “Sheep’s Dhan”, a traditional butter from sheep’s milk: Isolation, identification and major technological traits. *Grasas y Aceites*, 60(2), 177–183.

Izquierdo Alegre E. (2009). Les protéines bactériennes en tant que biomarqueurs de l'activité probiotique (Thèse de doctorat, université Strasbourg).

Khushboo Karnwal A., Malik T. (2023). Characterization and selection of probiotic lactic acid bacteria from different dietary sources for development of functional foods. *Frontiers in Microbiology*, 14, Article 1170725.

Kihal M. (1996). Etudes de la production du dioxyde de carbone par *Leuconostoc mesenteroides*, éléments d'application en technologie fromagère type fromage bleu. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Oran.

Kihal M., Prevost H., Lhotte M.E., Huang D.Q., Diviès C. (1996). Instability of plasmid-encoded citrate permease in *Leuconostoc*. *J. Appl. Microbiol.*, 1996, 22, 219-223.

Kim H.R., Jung J.Y., Cho I.Y., Yu D.H., Shin S.S., Son C.H., Ok K.S., Hur T.Y., Jung Y.H., Choi C.Y., Suh G.H. (2013). Seasonal variation of goat milk composition and somatic cell count in Jeonnam province. *Korean Journal of Veterinary Service*, 36(4), 263–272.

Klein G., Pack A., Bonaparte C., Reuter G. (1998). Taxonomie et physiologie des bactéries lactiques probiotiques. *Revue internationale de microbiologie alimentaire*, 41(1), 103–125.

Kourkouta L., Frantzana A., Koukourikos K., Iliadis C., Papathanasiou V.I., Tsaloglidou A. (2021). Milk nutritional composition and its role in human health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 9(1), 10–15.

Kourkouta L., Frantzana A., Koukourikos K., Iliadis C., Papathanasiou V.I., Tsaloglidou A. (2021). Milk nutritional composition and its role in human health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 9(1), 10–15.

Leclerc H., Buttiaux R., Guillaume J., Wattre P. (1977). *Microbiologie appliquée*. Edition DOIN, Paris, pp : 179,184-185.

Leveau J .Y., Bouix M., De Roissart H. (1991). La flore lactique In *Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaire*. Bourgeois C.M., Leveau JY. Tec & Doc, Lavoisier, p: 152-186.

Li C., Li W., Chen X., Feng M., Rui X., Jiang M. (2023). Osmoadaptation mechanisms of halotolerant lactic acid bacteria. *Critical Reviews in Microbiology*, 49(2), 145–160.

Liebefeld (2002). Microbiologie des cultures. Unité de recherche « lait, fromage ».

Liu S.N., Han Y., Zhou Z.J. (2020). Acid tolerance response of lactic acid bacteria and their application in food industry. *Food Bioscience*, 36, 100636.

Liu S.Q., Holland R., Crow V.L. (2023). Acetaldehyde metabolism by lactic acid bacteria: A review. *International Dairy Journal*, 137, 105495.

Liu W., Pang H., Zhang H., Cai Y. (2014). Biodiversity of lactic acid bacteria. In H. Zhang & Y. Cai (Eds.), *Lactic acid bacteria* (Chapter 2).

Loubière P., Novak L., Coccagn-Bousquet M., Lindley N.D. (1996). Besoins nutritionnels des bactéries lactiques : interactions entre flux de carbone et d'azote. *Lait*, 76(1), 5-12.

MacLeod R.A., Snell E.E. (1947). Some mineral requirements of the lactic acid bacteria. *Journal of Biological Chemistry*, 170(2), 351–365.

Macori G., Cotter P.D. (2021). Novel insights into the microbiology of fermented dairy foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 73, 126–132.

Marconi E., Sorrentino E., Mastrocola L., Coppola R. (2000). Rapid Detection of mesodiaminopimelic Acid in Lactic Acid Bacteria by Microwave Cell Wall Hydrolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3348–3351.

Mills S., Ross R.P., Coffey A. (2011). Lactic Acid Bacteria | *Lactococcus lactis*. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 132–137.

Mills S., Stanton C., Fitzgerald G.F., Ross R.P. (2010). Amélioration de la tolérance au stress des cultures probiotiques. *Tendances en sciences et technologies alimentaires*, 21(5), 56–64.

Mokoena M.P. (2017). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review. *Molecules*, 22, 1255.

Morandi S., Brasca M. (2020). Safety aspects, genetic diversity and technological characterisation of wild-type *Streptococcus thermophilus* strains isolated from north Italian traditional cheeses. *Food Control*, 114, 107226.

Müller T. (1990). Comparison of methods for differentiation between homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria. *Zentralblatt für Mikrobiologie*, 145(5), 363–366.

Orla-Jensen. (1919). The lactic acid bacteria (Vol. 2). *Memoirs of the Royal Danish Academy of Sciences and Letters, Science Section, Series L.* Copenhagen: Andr. Fred. Høst & Søn, Kgl. Hof-Boghandel / Bianco Lunos Bogtrykkeri.

Pal M., Dudhrejya T.P., Pinto S. (2017). Goat milk products and their significance. *Beverage & Food World*, 44(7), 21–24.

Papagianni M. (2012). METABOLIC ENGINEERING OF LACTIC ACID BACTERIA FOR THE PRODUCTION OF INDUSTRIALLY IMPORTANT COMPOUNDS. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 3(4), 1–8.

Parada J., Caron C.R., Medeiros A.B.P. (2007). Soccol, C.R. Bacteriocins from lactic acid bacteria: Purification, properties and use as biopreservatives. *Braz. Arch. Biol. Technol*, 50, 521–542.

Park Y.W., Juárez M., Ramos M., Haenlein G.F.W. (2007). Caractéristiques physico-chimiques du lait de chèvre et de brebis. *Small Ruminant Research*, 68(1–2), 88–113.

Parte A.C., Carbasse J.S., Meier-Kolthoff J.P., Reimer L.C., Göker M. (2020). List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(11), 5607–5612.

Pilet M.F., Magras C., Michel F. (2005). Bactéries lactiques In *Bactériologie alimentaire “compendium d’hygiène des aliments”*. Federighi M. Economica, pp: 219-242. quality and provide health benefits. *Food microbiology*, 27, 691–697.

Quinto E.J., Jiménez P., Caro I., Tejero J., Mateo J., Girbés T. (2014). Probiotic lactic acid bacteria: A review. *Food Nutr. Sci.* 5, 1765–1775.

Rachedi K.O., Remadni M., Badi Y. (2022). Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques des différents laits crus (chamelle, chèvre et vache) de la région d'El-Oued et Bougous (Wilaya d'El-Tarf). *Revue des Sciences et de la Technologie. Synthèse*, 28(2), 1–11.

Raynal-Ljutovac K., Lagriffoul G., Paccard P., Guillet I., Chilliard Y. (2008). Composition des produits laitiers de chèvre et de brebis : Mise à jour. *Small Ruminant Research*, 79(1), 57–72.

Ricciardi A., Parente E., Guidone A., Ianniello R. G., Zotta T., Muscariello L. (2021). Phenotypic characterization of lactic acid bacteria from sourdoughs for Altamura bread. *International Journal of Food Microbiology*, 347, 109191.

Ruiz-Garbajosa P., Cantón R., Pintado V., Coque T. M., García-Cobos S., Rivas R., del Campo R. (2021). Genetic and phenotypic differences among *Enterococcus faecalis* isolates from dairy plants, clinical samples, and the environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(4), e02585-20.

Sadi F., Dilmi Bouras A., Ghomari F.N., Hallouz F., Noui A. (2017). [Titre de l'article manquant]. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(1).

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

Salminen S., Von Wright A. (1998). *Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects*. Marcel Dekker Inc., New York.

Salvetti E., Harris H.M.B., Felis G.E., O'Toole P.W. (2018). Comparative genomics of the genus *Lactobacillus* reveals robust phylogroups that provide the basis for reclassification. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(17), e00993-18.

Salvetti E., Torriani S., Felis G.E. (2022). The genus *Streptococcus*: A taxonomic update. *AIMS Microbiology*, 8(3), 246–277.

Santos C., Raymundo A., Moreira J.B., Prista C. (2025). Exploring the potential of lactic acid bacteria fermentation as a clean label alternative for use in yogurt production. *Applied Sciences*, 15(5), 2686.

Saryono I., Pratiwi N.W., Devi S., Sipayung M.Y., Suraya N. (2023). Isolation and identification of lactic acid bacteria from traditional food sarobucong of Kuantan Singingi District, Riau, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(4), 2201–2206.

Savadogo A. et Traore A.S. (2011). La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5(5), 2057-2075.

Settanni L. et Moschetti G. (2010). Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese

Settanni L., Corsetti A. (2022). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in dairy products. *Current Opinion in Food Science*, 43, 104–112.

Sheet O. H. (2019). Milk and dairy science: First lecture (Theoretical), 5th class, 2nd semester, 2018–2019. College of Veterinary Medicine, Department of Vet. Public Health, University of Sulaimani.

Silanikove N., Leitner G., Merin U., Prosser C.G. (2010). Progrès récents dans la valorisation du lait de chèvre : aspects qualité, sécurité et production. *Small Ruminant Research*, 89(2–3), 110–124.

Singh S., Kaur G., Brar R.P.S., Preet G.S. (2021). Goat milk composition and nutritional value: A review. *The Pharma Innovation Journal*, SP-10(6), 536–540.

Stiles M.E., Holzapfel W.H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *Int. J. Food microbial*. 36 :1-29.

Tabak S., Bensoltane A. (2011). L'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* et *Lactobacillus bulgaricus*) vis-à-vis de la souche *Helicobacter pylori* responsable des maladies gastroduodénales. Université d'Oran, Laboratoire de microbiologie alimentaire et industrielle.

Talon R., Leroy S. (2020). Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat Science*, 173, 108393.

Terzic-Vidojevic A., Tolinacki M., Nikolic M., Topisirovic L. (2020). Technological properties of lactic acid bacteria isolated from artisan dairy products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14618.

Toit M., Huch M., Cho G.S., Franz C. M.A.P. (2014). The genus *Streptococcus*. *Lactic Acid Bacteria*, 457–505.

Turkmen N. (2017). Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease || The Nutritional Value and Health Benefits of Goat Milk Components. 441–449.

Urbienė S., Leskauskaitė D. (2006). Formation of some organic acids during fermentation of milk. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 15(56), 277–281.

Vera-Peña M.Y., Rodriguez W.L. (2020). Effect of pH on the growth of three lactic acid bacteria strains isolated from sour cream. *Universitas Scientiarum*, 25(2), 341–358.

Wang Y., Wu J., Lv M., Shao Z., Hungwe M., Wang J., Bai X., Xie J., Wang Y., Geng W. (2021). Metabolic Characteristics of Lactic Acid Bacteria and Expanding Applications in the Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 812285.

Widyastuti Y., Febrisiantosa A., Tidona F. (2021). Health-promoting properties of *Lactococcus lactis*: A review. *Beneficial Microbes*, 12(2), 121–140.

Widyastuti Y., Rohmatussolihat., Febrisiantosa A. (2014). The Role of Lactic Acid Bacteria in Milk Fermentation. *Food and Nutrition Sciences*, 5(4), 435–442.

Wu C., Gänzle M.G. (2023). Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria: From basic science to industrial applications. *FEMS Microbiology Reviews*, 47(1), fuac 049.

Wu Q., Cheung C.K.W., Shah N.P. (2021). Towards understanding the salt tolerance mechanisms in lactic acid bacteria. *Food Research International*, 147, 110541.

Xie Z., McAuliffe O., Jin Y.S., Miller M.J. (2024). Invited review: Genomic modifications of lactic acid bacteria and their applications in dairy fermentation. *Journal of Dairy Science*, 107(12), 8749-8764.

Yang C., Wang D., Zhou Q., Xu j. (2015). Bacteremia Due to Vancomycin-Resistant *Leuconostoc lactis* in a Patient with Pneumonia and Abdominal Infection. *The American Journal of the Medical Sciences*, 349(3), 282–283.

Yang S.C., Lin C.H., Chen H.Y. (2021). Natural antimicrobials from lactic acid bacteria: Diversity and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2927–2954.

Yilmaz D.A., Dege G. (2023). Impact of yeast species and strains on volatile flavor compounds in fermented foods and beverages (Chap. 12, pp. 205–213). In T. Akarsu (Ed.), *Pioneer and contemporary studies in health sciences* (1re éd.). Duvar Publishing.

Yu J., Wang X., Zhang H. (2022). Proteolytic activity of *Streptococcus thermophilus* and its role in flavor development. *Food Chemistry*, 368, 130876.

Zalán Z., Németh E., Baráth Á., Halász A. (2005). Influence of growth medium on hydrogen peroxide and bacteriocin production of *Lactobacillus* strains. *Food Technology and Biotechnology*, 43(3), 219–225.

Zaunmüller T., Eichert M., Richter H., Uden 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(3), 421–429.

Zeng S.S., Soryal K., Fekadu B., Bah B., Popham T. (2021). Composition chimique du lait de chèvre de différentes races et stades de lactation. *Journal of Dairy Research*, 88(1), 1–8.

Zheng J., Ruan L., Sun M. (2022). Acid production capacity of lactic acid bacteria: Physiological and genetic basis. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 405–418.

Annexes

Annexe I: Composition des milieux de culture

I-1 Milieu d'isolement :

I.1.1 Milieu M17 :

Utilise pour la culture des lactocoques.

Extrait de viande	5g
Extrait de levure.....	2,5 g
Acide ascorbique.....	0,5g
Peptone de soja	5g
B-glycérophosphate.....	9g
Peptone papistique de viande.....	5g
Sulfate de magnésium.....	0,25g
Lactose	5g
Peptone triasique de caséine	5g
Agar	18g
Eau distillée.....	1000 ml

On ajuste le pH à 7,2

Autoclave 20 min à 120°C.

I.1.2 Milieu MRS :

Utilise pour la culture des lactobacilles.

Peptone.....	10g
Extrait de viande	8g
Extrait de levure.....	4g
Glucose	20g
Phosphate di potassique	2g
Acétate de sodium.....	5g
Citrate d'ammonium	2g
Sulfate de magnésium, 7H ₂ O.....	0,2g
Sulfate de manganèse, 4H ₂ O.....	0,05g
Tween 80.....	1ml
Agar	18g
Eau distillée.....	1000ml

On ajuste le pH à 6,5

Stérilisation par autoclavage à 120°C pendant 20 min.

I.2 Milieux d'identification :

I.2.1 Bouillon hypersalée :

Employée pour différencier les lactocoques et streptocoques thermophiles.

Peptone.....	15g
Extrait de viande	5g
Glucose	5g
NaCl.....	65g
Eau distillée.....	1000 m

On ajuste le pH à 6,5

Stérilisation par autoclavage à 120°C pendant 20min

I.2.2 Milieu de Clark et Lubs :

Utilise pour mettre en évidence l'acétyle.

Peptone.....	5g
Phosphate di potassique	5g
Glucose	5g
Eau distillée.....	1000 ml

On dissout toutes les ingrédients dans l'eau distillée on ajuste le pH à 7,0

Réparation en tubes à raison de 7ml

I.2.3 Lait écrémé :

Lait écrémé	10g
Extrait de levure.....	0,5g
Eau distillée.....	100 ml

Stérilisation à 120° C pendant 10min

Glycérol (30%)

Annexe II: Coloration de Gram

Mode opératoire :

- Réaliser un frottis ou un étalement.
- Fixer la préparation à la flamme, sécher soigneusement puis laisser refroidir la lame.
- Immerger la lame dans la solution de Cristal violet pendant 1 mn.
- Immerger la lame dans Lugol 30 seconde.
- Décolorer jusqu'à disparition de la couleur violette dans l'alcool en faisant couler goutte à goutte sur la lame inclinée.
- Rincer à l'eau.
- Colorer avec la solution de Fuchine pendant 1mn.

Annexes

- Laver à l'eau.
- Observer

Annexe III: Les variations de l'acidité (°D) et pH des souches isolées, durant 24h d'incubation

Souche	T0		T1		T2		T3		T4	
	Ph	AC	pH	AC	pH	AC	pH	AC	pH	AC
S1	6,60	11	6,39	13	6,33	15	6,11	18	5,88	27
S2	6,70	15	6,5	18	6,4	22	6,0	28	5,7	30
S3	6,8	13,5	6,5	15	6,1	17	5,8	26	5,3	33
S4	6,53	17,5	6,4	20	5,9	26	5,4	30	4,8	35
S5	6,63	17	6,42	19	6,1	23	5,7	28	5,4	35
S6	6,61	12,5	6,54	14	6,2	18	5,8	20	4,6	25
S7	6,70	16	6,32	13,5	6,0	17	5,9	20	5,3	29
S8	6,64	18	6,55	20	6,42	23	6,0	25	5,7	29
S9	6,49	15	6,22	18	5,96	21	5,77	26	5,30	32

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم
العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس-مستغانم-
كلية العلوم الطبيعية و الحياة

تصريح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز البحث

أنا الممضي أدناه،
الطالب(ة): مباركي عائشة رقم التسجيل الجامعي: 202038052680 الحامل لبطاقة
التعريف الوطنية رقم:

205367771 والصادرة بتاريخ: 21.11.2019 عن

بلدية البيض

المسجل بكلية العلوم الطبيعية و الحياة قسم العلوم
شعبة البيولوجيا / التخصص علم الاحياء الدقيقة

والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان: ..

Etude biotechnologie des bactéries lactiques isolées du lait du chèvre cru

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات
العلمية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولية الشخصية
عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 27.06.2025

إمضاء المعني

* ملحق القرار الوزاري رقم 933 المؤرخ في 28 جويلية 2016 الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة
التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عبد الحميد بن باديس-مستغانم-

تصريح شرفي خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز البحث

أنا الممضي أدناه،
الطالب(ة): سعدلي خديجة
الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم:
02/03/2025

رقم التسجيل الجامعية: 202038052564
والصادرة بتاريخ: 211388086

عن: بلدية البيض

المسجل بكلية العلوم الطبيعية و الحياة / قسم العلوم

شعبة البيولوجيا / التخصص علم الاحياء الدقيقة و الحياة

والمكلف بإنجاز مذكرة ماستر بعنوان: Etude biotechnologique des bactéries
lactiques isolées du lait du chèvre cru

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات العلمية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في إنجاز البحث ، وأتحمل المسؤولية الشخصية عن كل المحتوى المتضمن في البحث المذكور أعلاه .

التاريخ: 27/06/2025

إمضاء المعني



* ملحق القرار الوزاري رقم 933 المؤرخ في 28 جويلية 2016 الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة
العلمية ومكافحتها