

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE 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 و الحياة

Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de fin d'études

Présentée par :

CHOUARFIA Zahira

HAIDRA Hafsa

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Sciences Alimentaires

Spécialité : Production et transformation laitière

THÈME

**Caractérisation des aptitudes technologiques d'un *Lactococcus lactis* isolé
des produits laitiers locaux**

Soutenu publiquement le 23/6/2026

Devant les membres du jury

Président	Dr DAHOU Abdelkader Amine	Maître de conférences A	U. Mostaganem
Examinatrice	SISBANE Ismahène	Maître de conférences B	U. Mostaganem
Encadrant	Dr TAHLAITI Hafida	Maître de conférences A	U. Mostaganem

Travail réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animales

Année universitaire 2025/2026

Remerciements

(وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ)

(وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ)

بسم الله الرحمن الرحيم

Au terme de ce parcours universitaire, marqué par l'effort, la patience et la persévérance, nous rendons grâce à Dieu Tout-Puissant, qui nous a accordé la force intérieure, la clarté d'esprit et la constance nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

Cette Mémoire n'aurait pas été possible sans les précieux conseils et la bienveillance de la professeure **Dr TAHLAITI Hafida**, envers qui nous exprimons notre plus profonde gratitude. Son encadrement rigoureux, sa présence constante et ses conseils académiques inestimables ont été des mentors essentiels tout au long de ce parcours.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre professeur **Dr DAHOU Abdelkader El Amine** pour ses conseils avisés, ses commentaires constructifs, son savoir, sa patience et son orientation précieuse. Son rôle a été déterminant et, grâce à son enseignement, nous avons pu acquérir les connaissances nécessaires à la réussite de notre formation et à l'amélioration de notre parcours académique et professionnel. Cela a eu un impact significatif sur la qualité de ce mémoire.

Nous adressons également nos sincères remerciements à l'ingénieur **Monsieur BENHARRAT Noredine**, pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Nous tenons à remercier aussi au Co-encadrées, la **Doctorante TABET Khadidja**, et à **Dr SISBANE Ismahène**, examinatrice, d'avoir porté son intérêt au travail et accepté d'évaluer mon mémoire.

Nous tenons également à remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique du cours de Production et Transformation Laitières, le Département des Sciences Alimentaires, la Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie, et l'Université Abdelhamid Ben Badis de Mostaganem.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont apporté leur soutien moral, intellectuel ou technique, et dont l'aide a transformé les difficultés en expériences formatrices et les efforts en accomplissement.

Dédicaces

C'est avec un grand plaisir et une profonde reconnaissance que je dédie ce modeste travail :

À ma chère mère, qui m'a donné la vie et a fait de moi une femme confiante, passionnée par la vie, persévérante et travailleuse. Elle a toujours été à mes côtés, par son amour, son soutien et ses sacrifices. Les mots me manquent pour exprimer toute ma gratitude. Seigneur, bénis-la et accorde-lui une longue vie.

À mon père, pour ses efforts, et ses sacrifices, sa présence et son soutien tout au long de mon parcours académiques. Que Dieu le protège pour moi.

À mon frère et à ma sœur, pour leur encouragement, leur solidarité et leur soutien constant.

Louange à Dieu qui nous a bénis de ce sentiment et de ce moment en cette belle journée, et qui nous a accordé la force et la persévérance nécessaires pour vivre cet instant.

Sans oublier un merci spécial pour mes amis, mes proches, et à toutes les personnes qui nous ont soutenus et accompagnés.

Zahira

Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir donné du courage et de la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leurs prières tout au long de mes études, mon père le premier a vu et a cru que je suis digne de cette profession, ma mère mon ange gardien qui m'a toujours soutenu sur tous les plans de la vie, la personne qui a cru en moi quand moi-même j'ai cessé d'y croire :

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon bien être. J'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés,

Dévouement aussi à mes frères (Khair-Eddine et Ihabe-Eddine) et ma douce sœur Bouchra. Pour leur encouragement et leur soutien moral. Que dieu vous bénisse de santé et long vie.

A tous mes amis qui m'ont soutenu et conseillé d'une manière ou d'une autre.

A tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent pas devant les obstacles de la vie. A ma généreuse famille et toutes les personnes qui m'aime et continueront de m'aimer, ma gratitude à vous.

A toute la promo de production et transformation laitière. 2023 / 2026. À toutes les abonnés et les clients de mon petit projet **Délice by haf**

Hafsa

Résumé

Cette étude vise à valoriser le patrimoine microbien local à travers l'utilisation d'une souche de *Lactococcus lactis* (issue du laboratoire LSTPA) pour la fabrication d'un lait fermenté traditionnel de type Raïb. L'objectif est d'exploiter le lait de brebis de race locale Hamra afin de proposer un produit fini standardisé, de qualité supérieure et parfaitement reproductible. La démarche expérimentale s'articule autour de trois étapes fondamentales assurant la qualité et la traçabilité du Raïb. Elle débute par la caractérisation du lait cru, impliquant des analyses physico-chimiques pour évaluer sa composition fonctionnelle et des examens microbiologiques, incluant le dénombrement de la flore totale et lactique, afin de valider l'aptitude technologique de la matière première. La seconde phase correspond au procédé de fabrication proprement dit, qui consiste à ensemercer le lait de brebis avec une souche *Lactococcus lactis* sélectionnée pour ses performances technologiques contrôlées, avant de conduire la fermentation sous des paramètres d'incubation strictement contrôlés. Enfin, le protocole se conclut par l'analyse du produit fini, où le Raïb est soumis à des tests physico-chimiques et à des épreuves sensorielles pour garantir sa conformité et sa qualité gustative. Les analyses du lait de brebis Hamra révèlent une excellente aptitude à la transformation (pH 6,29, Densité, 1046g/L de lactose 6,09 g/L de matière grasse 2,79 g/L de matière protéique 4,17 g/L), une flore totale de (5×10^6) UFC/ml et une flore lactique de $(4,32 \times 10^4)$ UFC/ml. L'ensemencement avec la souche autochtone *Lactococcus lactis* induit une acidification rapide, atteignant le point isoélectrique après 24 heures à 30 °C. Le Raïb stabilisé obtenu affiche un pH de 4,7 et une acidité de 82°D, et se distingue par une excellente qualité organoleptique notée 6,59/20, alliant une texture onctueuse à un profil aromatique typique. Ce travail démontre l'intérêt technologique et économique de la valorisation des ressources locales (race ovine Hamra et souche microbienne autochtone). L'optimisation de ce procédé permet de formuler un lait fermenté innovant, sain et reproductible, ouvrant ainsi des perspectives de valorisation pour l'industrie agroalimentaire locale.

Mots-clés : Lait de brebis, Race Hamra, *Lactococcus lactis*, Raïb, Valorisation technologique.

Abstract

This study aims to enhance the local microbial heritage through the use of a strain of *Lactococcus lactis* (from the LSTPA laboratory) for the manufacture of a traditional fermented milk of the Raïb type. The aim is to use local Hamra sheep's milk in order to offer a standardized, high-quality and perfectly reproducible finished product. The experimental approach is based on three fundamental steps ensuring the quality and traceability of Raïb. It begins with the characterization of raw milk, involving physico-chemical analyses to assess its functional composition and microbiological examinations, including the enumeration of total and lactic flora, in order to validate the technological suitability of the raw material. The second phase corresponds to the manufacturing process itself, which consists of inoculating sheep's milk with a *Lactococcus lactis* strain selected for its controlled technological performance, before conducting fermentation under strictly controlled incubation parameters. Finally, the protocol concludes with the analysis of the finished product, where the Raïb is subjected to physico-chemical tests and sensory tests to ensure its conformity and taste quality. Hamra sheep's milk analyses reveal an excellent processability (pH 6.29, density, 1046g/L of lactose 6.09 g/L of fat 2.79 g/L of protein matter 4.17 g/L), a total flora of (5×10^6) CFU/ml and a lactic flora of (4.32×10^4) CFU/ml. Seeding with the indigenous strain *Lactococcus lactis* induces rapid acidification, reaching the isoelectric point after 24 hours at 30 °C. The resulting stabilized Raïb has a pH of 4.7 and an acidity of 82 °D, and is distinguished by excellent organoleptic quality rated 6,59/20, combining a smooth texture with a typical aromatic profile. This work demonstrates the technological and economic interest of the development of local resources (Hamra sheep breed and indigenous microbial strain). The optimization of this process makes it possible to formulate an innovative, healthy and reproducible fermented milk, thus opening up opportunities for the local food industry.

Keywords: Sheep's milk, Hamra breed, *Lactococcus lactis*, Raïb, Technological valorisation.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تعزيز التراث الميكروبي المحلي من خلال استخدام سلالة لاکتوکوکس لاکتیس (من مختبر LSTPA) لتصنيع الحليب المخمر التقليدي من نوع Raïb. الهدف هو استخدام حليب أغنام الحمرا المحلي من أجل تقديم منتج نهائي موحد وعالي الجودة وقابل للتكرار بشكل مثالي. يعتمد النهج التجريبي على ثلاث خطوات أساسية لضمان جودة Raïb وإمكانية تتبعه. ويبدأ الأمر بتوصيف الحليب الخام، بما في ذلك التحليلات الفيزيائية والكيميائية لتقييم تركيبه الوظيفي والفحوصات الميكروبيولوجية، بما في ذلك تعداد النباتات الكلية واللاكتيكية، من أجل التحقق من الملاءمة التكنولوجية للمادة الخام. المرحلة الثانية تتوافق مع عملية التصنيع نفسها، والتي تتكون من تلقح حليب الأغنام بسلالة لاکتوکوکس لاکتیس المختارة لأدائها التكنولوجي الخاضع للرقابة، قبل إجراء التخمير تحت معايير حضانة خاضعة لرقابة صارمة. وأخيراً، يختتم البروتوكول بتحليل المنتج النهائي، حيث يخضع الرايب لاختبارات فيزيائية وكيميائية واختبارات حسية لضمان مطابقته وجودة مذاقه. أظهرت تحاليل حليب أغنام الحمرا قابلية معالجة ممتازة (درجة الحموضة 6.29، كثافة 1046 جم/لتر من اللاكتوز. 6,09 جم/لتر من الدهون 2,79 جم/لتر من مادة البروتين 4,17 جم/لتر)، إجمالي فلورا $CFU/ml (5 \times 10^6)$ وفلورا لاکتيكية $(32,4 \times 10^4) CFU/ml$. يؤدي البذر بالسلالة المحلية لاکتوکوکس لاکتیس إلى تخمض سريع، حيث يصل إلى نقطة التساوي الكهربائي بعد 24 ساعة عند 30 °درجة مئوية. يتمتع الرايب المستقر الناتج بدرجة حموضة تبلغ 4.7 وحموضة تبلغ 82 °D، ويتميز بجودة حسية ممتازة مصنفة بـ 20/6،59، حيث يجمع بين الملمس الناعم والملف العطري النموذجي. يوضح هذا العمل الأهمية التكنولوجية والاقتصادية لتنمية الموارد المحلية (سلالة أغنام الحمرا والسلالة الميكروبية المحلية). إن تحسين هذه العملية يجعل من الممكن صياغة حليب مخمر مبتكر وصحي وقابل للتكرار، وبالتالي فتح الفرص لصناعة الأغذية المحلية.

الكلمات المفتاحية: حليب الأغنام، سلالة الحمرا، لاکتوکوکس لاکتیس، رايب، التثمين التكنولوجي

Liste des figures

Figure 1: Micrographie des bactéries lactiques (bâtonnets ou de coques) en coloration au microscope (ex: <i>Lactobacillus</i> ou <i>Streptococcus</i>) (Hassan et al., 2017).	4
Figure 2: Arbre phylogénétique des bactéries lactiques (Holzapfel et al., 2001).	5
Figure 3: Techniques d'identification utilisées dans les aliments fermentés (El Sheikha & Hu, 2020)...6	
Figure 4: Laboratoire de recherche des Sciences et Technique de Production Animale (LSTPA)	20
Figure 5: Lactoscan analyseur de lait en spectroscopie infrarouge (photo originale).	21
Figure 6: Dilutions décimales de lait.	22
Figure 7: Dénombrement des BL en anaérobie (Méthode de la bougie).	24
Figure 8: Coloration de Gram (de gauche-droite) (Salvador, 2018).	25
Figure 10: Résultats du test d lactofermentation du lait	38
Figure 11: Aspect des colonies des bactéries isolées obtenues après 48h à 72h d'incubation à 37°C sur les milieux solides, d'observation nette extraite de plusieurs milieux de travail.....	40
Figure 12: Observation microscopique des bactéries de type <i>Lactobacillus</i> , Gram positif (Gx100).....	40
Figure 13: Observation microscopique des bactéries du genre <i>Lactococcus</i> après coloration de Gram (Gx100)	41
Figure 14: Résultats du test profil fermentaire des souches isolées	43
Figure 15: Résultats du test de croissance à différentes concentrations d NaCl.....	45
Figure 16: L'apparition des zones d'hydrolyse des protéines de lait écrémé sur milieu M17 par les bactéries lactiques	45
Figure 17: Résultats du test de production du diacétyle par la souche isolée.....	46
Figure 18: Courbe d'acidification de la souche LC 1	48
Figure 19: Courbe d'acidification de la souche LC 2	48
Figure 20: Courbe d'acidification de la souche LC 3.....	48
Figure 21: Courbe d'acidification de la souche LC 4.....	49
Figure 22: Courbe d'acidification de la souche LC 5.....	49
Figure 23: Courbe d'acidification de la souche LC 6.....	49
Figure 24: Courbe d'acidification de la souche LC 7	50
Figure 25: Courbe d'acidification de la souche LC 8.....	50
Figure 26: Courbe d'acidification de la souche LC 9.....	50
Figure 27: Courbe d'acidification de la souche LC 10	51
Figure 28: Aspect visuel et texturaux du raïb élaboré après fermentation et conditionnement dans des pots stériles	51

Liste des abréviations

D° :	Degré Dornic
LSTPA :	laboratoire de recherche des Sciences et Technique de Production Animale
MG :	Matière grasse
MS :	Matière sèche
PC :	Point de congélation
PCA :	Plate Count Agar
MRS :	Man Rogosa Sharpe
pH :	Potentiel Hydrogène
BL :	Bactéries lactiques
UFC :	Unité Formant Colonie
<i>L.lactis</i> :	<i>Lactococcus lactis</i>
ARNr :	Acide Ribonucléique Ribosomique
MALDI :	Matrix Assited Laser Desoprtnion Ionisation
NaCl :	chlorure de Sodium
CO₂ :	dioxyde de carbone
ADN :	Acide désoxyribonucléique

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

ABSTRACT

ملخص

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction.....1

Chapitre I : Généralités sur les bactéries lactiques et les produits laitiers locaux

1.1. Les bactéries lactiques (BL).....3

1.1.1. Classification et identification (morphologie, physiologie, méthodes d'identification
phénotypiques et moléculaires)3

1.1.1.1 Classification3

1.1.1.2. Méthodes d'identification phénotypique.....5

1.1.1.3. Méthodes moléculaires d'identification des BL6

1.1.2. Habitat et diversité dans les produits laitiers7

1.1.2.1. Diversité dans les produits laitiers7

1.2 Les produits laitiers locaux/traditionnels8

1.2.1 Type de produits (lait cru, Jben, Smen, leben, etc.)8

1.2.2 Importance socio-économique et culturelle9

1.2.2.1 Importance socio-économique.....9

1.2.2.2 Importance culturelle et patrimoniale10

1.2.3 Microflore indigène associée à ces produits10

Chapitre II : Aptitudes technologiques d'intérêt des bactéries lactiques

2.1. Caractérisation spécifique de *Lactococcus lactis*.....13

2.1.1. Focus sur *Lactococcus lactis*13

2.1.1.1. Caractéristiques distinctives et son utilisation principale dans l'industrie laitière
(fromagerie)13

2.1.1.2. Aptitudes technologiques spécifiques (production de diacétyl, etc.)13

2.2. Aptitude à l'acidification	14
2.2.1. Cinétique d'acidification (production d'acide lactique).....	14
2.2.2. Production d'autres acides organiques	15
2.3. Aptitude protéolytique.....	16
2.3.1. Rôle dans la maturation des fromages et le développement des arômes	16
2.4. Production de composés d'arômes et de texture	16
2.5. Aptitude à la bioprotection et activité antimicrobienne.....	16

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Cadre de l'étude	19
2. Lieu et période expérimentale.....	19
3. Origine et échantillonnage du lait fermenté.....	20
4. Les analyses physico-chimiques	20
5. Test de Lactofermentation	21
1. Protocole	21
6. Préparation de l'échantillon	22
1. Préparation des Dilutions	22
2. Dénombrement sur les milieux	22
a. Dénombrement des flores mésophiles totales	22
b. Dénombrement de la flore lactique	23
7. Pré- identification de la flore lactique isolée	25
1. Coloration de Gram	25
2. Test de catalase	25
8. Tests morphologiques	26
9. Tests biochimiques de performances technologiques du <i>Lactococcus lactis</i>	26
1. Le Test de pH et la Cinétique d'acidification	27
2. Le Test de Croissance à différentes températures	27
3. Test profil fermentaire (type fermentaire)	28
4. Test de thermorésistance.....	28
5. Croissance dans des conditions hostiles	28
a. Croissance en présence de 4% et 6,5%, de NaCl	28
b. Croissance à pH 9 et 4	28
10. Etude des aptitudes technologiques.....	29
1. Etude de l'activité protéolytique	29
2. Profil aromatique	29

11. Essai technologique de biofermentation et de coagulation lactique	29
1. Revivification des souches lactiques	29
2. Protocole de fabrication du Raïb	30
➤ Réception et standardisation.	30
➤ Traitement thermique.....	30
➤ Refroidissement.....	30
➤ Ensemencement et fermentation.....	30
➤ Conditionnement et réfrigération	30
3. Protocole d'évaluation physicochimique du lait fermenté.....	30
4. Tests de dégustation (Analyse sensorielle du produit fini)	31
5. Protocole d'organisation du test de dégustation.....	31
6. Fiche de dégustation standardisée du Raïb (Note sur 20)	32
1. Aspect visuel et Couleur (sur 4 points).....	32
2. Texture et Consistance en bouche (sur 5 points).....	32
3. Odeur et Flaveur (sur 4 points).....	32
4. Saveur et Goût (sur 7 points)	33
5. Interprétation de la note finale sur 20	33

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. l'analyse physico-chimique du lait de brebis.....	35
2. Test de lactofermentation	38
3. La qualité microbiologique du lait	39
3.1 Evaluation de la flore totale et lactique du lait de brebis	39
4. Analyse morphologique des colonies et des cellules de la flore lactique	39
6.1. Analyse microscopique.....	40
5. Tests biochimiques de performances technologiques du <i>Lactococcus lactis</i>	42
5.1. Test de croissance à différentes températures (45°C, 15°C).....	42
5.2. Le type fermentaire	43
5.3. Test thermorésistance (croissance à 63°C).....	43
5.4. Croissance à différentes pH 9 et 4	44
5.5. Croissance à différentes concentrations de NaCl (6,5 et 4,5%)	44
6. Etude des aptitudes technologique	45
6.1. Activité protéolytique	45
6.2. Production de composés aromatiques	46
6.3. Pouvoir acidifiant	47

7. Essai technologique de biofermentation de coagulation lactique.....	51
8. L'analyse sensorielle	53
Conclusion.....	55
Annexe	

Introduction

Introduction

Les produits laitiers fermentés occupent une place essentielle dans le domaine de l'alimentation grâce à leur valeur nutritionnelle, et à leur contribution à la conservation du lait. Depuis longtemps, les fermentations lactiques constituent l'un des procédés biotechnologiques les plus employés pour la transformation du lait, permettant l'obtention de produits variés tels que le Raïb, et les fromages. L'efficacité de ces fermentations repose principalement sur l'action des bactéries lactiques, microorganismes capables de métaboliser le lactose en acide lactique, provoquant ainsi l'acidification du milieu, la coagulation des protéines laitières et l'inhibition partielle des flores indésirables. Au-delà de cette fonction acidifiante, ces bactéries participent également au développement des propriétés texturales, aromatiques et microbiologiques des produits finis (Bintsis, 2023) .

Parmi les BL présentant un intérêt majeur en technologie laitière, *Lactococcus lactis* occupe une position distincte. Elle est utilisée depuis longtemps dans la fermentation laitière, tant dans les procédés industriels bien maîtrisés que dans les systèmes artisanaux traditionnels. Elle intervient principalement dans l'acidification rapide du lait, la coagulation optimale de la caséine, ainsi qu'à la production d'arômes contribuant à la qualité finale des produits. De plus, sa capacité à synthétiser des composés bioactifs (bactériocines, peptides, exopolysaccharides, etc.) ainsi que son statut de sécurité sanitaire reconnu (GRAS) ce qui en fait un microorganisme de choix pour les applications agroalimentaires.

Dans une perspective de mise en valeur des ressources biologiques endogènes et de limitation du recours aux cultures starters d'origine industrielle, l'étude des souches autochtones isolées des produits laitiers traditionnels apparaît comme une démarche particulièrement pertinente. Leur exploitation offre ainsi la possibilité de préserver et de valoriser un patrimoine microbien local tout en favorisant le développement de produits laitiers fermentés améliorés. De plus, le lait de brebis de race Hamra, en raison de sa composition riche en protéines, constitue une matrice favorable à la fermentation et à la production de divers dérivés laitiers de qualité, ce qui renforce son intérêt dans les programmes de valorisation des ressources locales.

Introduction

Dans cette optique, le présent travail s'inscrit dans une démarche de valorisation des ressources microbiennes autochtones et des matières premières locales, à travers l'étude des aptitudes technologiques d'une souche de *Lactococcus lactis* isolée des produits laitiers locaux. L'objectif est d'évaluer son potentiel d'application d'une souche de *Lactococcus lactis* isolée du lait de brebis Hamra dans la fabrication d'un Raïb, en examinant ses caractéristiques physiologiques, biochimiques et fermentaires, ainsi que sa capacité à assurer une acidification efficace et une transformation satisfaisante des produits fermentés. Cette caractérisation vise à apprécier l'aptitude de la souche à conduire à l'obtention d'un produit fermenté stable, présentant des propriétés physico-chimiques conformes et des qualités organoleptiques adéquates (Wels et al., 2019 ; Ayed et al., 2024).

Partie I.

Synthèse

Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les bactéries lactiques et les produits laitiers locaux

1.1. Les bactéries lactiques (BL)

1.1.1. Classification et identification (morphologie, physiologie, méthodes d'identification phénotypiques et moléculaires) : Les bactéries lactiques (BL) sont des bactéries Gram-positives, non sporulées, majoritairement anaérobies facultatifs, spécialisées dans la fermentation des sucres avec production prédominante d'acide lactique. Elles occupent une place centrale dans les produits laitiers locaux (jben, smen, lait fermenté spontané, lait de chamelle ou de chèvre artisanal) grâce à leur rôle dans l'acidification, la conservation et le développement de profils aromatiques spécifiques (Ayivi et al., 2020 ; Bouchibane et al., 2023).

1.1.1.1 Classification : La classification actuelle des BL repose sur trois niveaux: taxonomie moléculaire, morphologie cellulaire, et physiologie métabolique (Figure 1) (Wels et al., 2019 ; Ayed et al., 2024).

a. Niveau taxonomique : Les BL sont regroupées dans l'ordre Lactobacillales (anciennement *Lactobacillus sensu lato*) et subdivisées phylogénétiquement en genres et en espèces selon la séquence du gène 16S ARNr, des gènes House-keeping (rpoB, pheS, dnaK, groEL), ainsi que des analyses génomiques entières de séquence (WGS) (Ayed et al., 2024).

b. Niveau morphologique : dans ce niveau on distingue essentiellement trois formes principales :

Les coques : sont des cellules de forme sphérique ou ovale, de diamètre compris entre 0,5 et 1,0 μm . Elles se présentent souvent en paires, en chaînes courtes ou en agrégats, selon le genre : les *Lactococcus* et *Streptococcus* apparaissent typiquement en paires ou en chaînes de coques, tandis que les *Pediococcus* se disposent fréquemment en paires ou en tétrades (groupes de quatre cellules).

Les bâtonnets : sont des cellules allongées, de forme cylindrique ou légèrement courbée, d'environ 0,5–1,0 μm de large sur 1–10 μm de long, selon l'espèce. Les genres *Lactobacillus* et certains *Leuconostoc* sont représentatifs de cette forme, avec des bâtonnets isolés ou formant de courtes chaînes après la division cellulaire.

Les coccobacilles : représentent une forme intermédiaire, à la fois légèrement allongée et quasi sphérique, souvent observée dans quelques souches de *Leuconostoc* ou dans des flores mixtes (Mokoena et al., 2021).

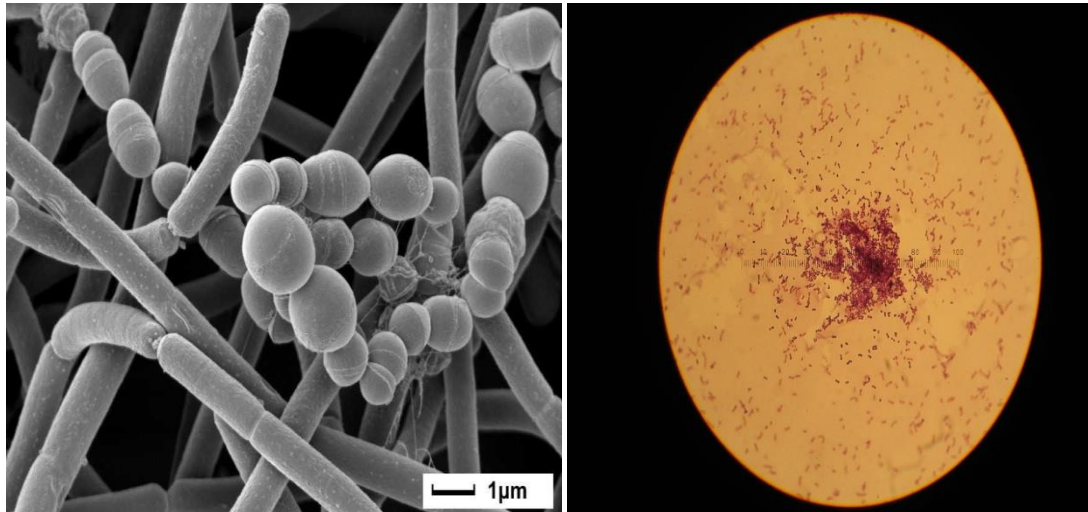


Figure 1: Micrographie des bactéries lactiques (bâtonnets ou de coques) en coloration au microscope (ex: *Lactobacillus* ou *Streptococcus*) (Hassan et al., 2017).

c. **Niveau physiologique** : Les BL sont classées selon Le type de fermentation (Figure 2)

Homofermentaires : qui produisent principalement l'acide lactique comme produit de fermentation : (ex : *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, certains *Lactobacillus*).

Hétérofermentaires : qui fermentent le glucose en acide lactique, mais aussi en acide acétique, éthanol et/ou CO₂ (ex : *Leuconostoc*, certains *Lactobacillus*) (Wels et al., 2019 ; Ayed et al., 2024).



Figure 2: Arbre phylogénétique des bactéries lactiques (Holzapfel et al., 2001).

D'autres critères physiologiques sont fréquemment pris en compte : la configuration de l'acide lactique produit, la température optimale de croissance (mésophile "20-30°C" et thermophile "30-43°C"), la capacité à fermenter divers sucres (lactose, galactose, sucres du lactosérum, etc.), ainsi que la tolérance au pH, au NaCl et aux bases. Cette caractérisation métabolique est directement liée aux applications technologiques des BL dans les produits laitiers, fermentés et fonctionnels, notamment pour l'acidification, la maturation, l'aromatisation et la bioprotection (Ayed et al., 2024).

1.1.1.2. Méthodes d'identification phénotypique

a. Tests morphologiques et biochimiques de base : Les bactéries lactiques sont caractérisées par des tests morphologiques et biochimiques de base nécessaires à leur identification. Parmi ceux-ci, la coloration de Gram, test de catalase, observée de la morphologie (coques, bâtonnets) sur milieux MRS/M17 (Figure 3) (Azmi & Hashim, 2018 ; Silarbi et al., 2025).

L'utilisation de ces milieux sélectifs c'est importante dans l'étude des produits laitiers locaux

b. Profils de fermentation des sucres (API 50 CHL, ID 32) : on présente ces systèmes comme outils de diagnostic rapide pour identifier les genres et espèces des BL. Ces méthodes présentent certaines limites, car les résultats parfois discordants avec la séquence 16 S ARNr, d'où la nécessité d'une approche polyphasique (Sharma et al., 2020 ; Zheng et al., 2020 ; Mokoena et al., 2021).

c. **Tolérance aux conditions de stress** : cette partie est utilisée pour caractériser les BL de produits locaux (Wels et al., 2019 ; Silarbi et al., 2025).

d. **Spectrométrie de masse (MALDI-TOF)** : présenter MALDI-TOF-MS comme méthode rapide d'identification au niveau de l'espèce à partir des profils protéiques.

Utilisation de MALDI-TOF pour identifier des *Lactobacillus* de produits laitiers algériens (Bouchibane et al., 2025).

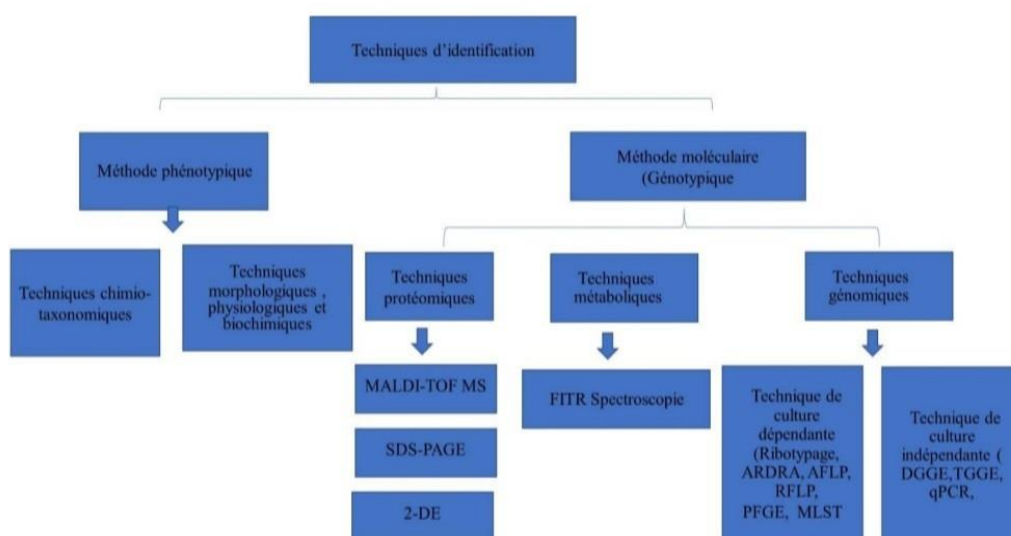


Figure 3: Techniques d'identification utilisées dans les aliments fermentés (El Sheikha & Hu, 2020).

1.1.1.3. Méthodes moléculaires d'identification des BL: Les bactéries lactiques (BL) sont essentielles à la fermentation des produits laitiers traditionnels algériens tels que le Jben, le Smen et le leben. Les méthodes phénotypiques classiques limitent la discrimination précise des souches autochtones en raison de leur variabilité environnementale. Les techniques moléculaires, basées sur l'analyse génomique, offrent une résolution supérieure au niveau espèce et souche (Sharma et al., 2020)

a. Techniques PCR conventionnelles

Le séquençage du gène 16S ARNr reste la méthode de référence : l'ADN est amplifié par PCR avec des amorces universelles (ex. 27F/1492R), séquencé, puis comparé à des bases comme SILVA ou NCBI pour une identification phylogénétique fiable des genres *Lactococcus*, *Lactobacillus* et *Streptococcus* (Drevinek et al., 2023).

La PCR spécifique cible des gènes marqueurs comme *rpoB* (sous-unité β de l'ARN polymérase) ou *sodA* (superoxyde dismutase), surpassant le 16S pour différencier des espèces proches ; elle est rapide et sensible pour *L. lactis* ou *Entérocoques* (Drevinek et al., 2023).

b. Méthodes de profilage génétique

La PCR-RFLP digère les amplicons (16S ou ITS) par enzymes de restriction, produisant des profils électrophorétiques pour typage intraspécifique. La RAPD-PCR génère des empreintes aléatoires via amorces courtes, idéale pour la diversité génomique des BL.

La PCR-DGGE sépare les amplicons *rpoB* ou 16S en gradient dénaturant, révélant les profils communautaires dans les fermentations complexes (Bhavya et al., 2023).

c. Approches génomiques récentes

Le séquençage complet du génome (WGS) et le séquençage de nouvelle génération (NGS) pour métagénomique 16S permettent une analyse exhaustive, incluant MLST et gènes fonctionnels (bactériocines, résistance) ; dominant depuis 2023-2025 pour starters probiotiques (Bhavya et al., 2023 ; Peng et al., 2023).

La Bacterial Melting Curve Analysis (BMCA), innovante en 2026, utilise des courbes de fusion pour classification rapide et évaluation de viabilité (Liang et al., 2026).

1.1.2. Habitat et diversité dans les produits laitiers : Les bactéries lactiques sont retrouvées dans des environnements riches en nutriments, notamment le lait cru, les surfaces de transformation, les équipements de traite et les fermenteurs, ainsi que dans le tractus digestif et sur les végétaux proches des élevages (Battera et al., 2023).

Dans les systèmes laitiers modernes et traditionnels, elles proviennent soit de la flore naturelle du lait cru (vache, chèvre, brebis), soit de ferments ajoutés, et peuvent persister dans les biofilms des cuves et accessoires de fabrication, ce qui influence fortement la microflore des produits finis (Gao et al., 2019).

1.1.2.1. Diversité dans les produits laitiers : La diversité des bactéries lactiques (BL) dans les produits laitiers est aujourd'hui reconnue comme très riche, en

particulier dans les produits traditionnels et fermentés spontanément. Des études récentes montrent que ces produits abritent plusieurs genres de BL, une étude récente menée sur 15 échantillons de produits laitiers traditionnels (lait cru, leben, jben, etc.) a permis d'isoler 142 souches de BL, appartenant à plusieurs espèces dominantes : *Lactococcus lactis* (9,15%), *Enterococcus faecalis* (7,04%), *Lactobacillus plantarum* (6,33%), *Lactobacillus fermentum* (6,33%), *Lactobacillus acidophilus* (5,64%), *Leuconostoc lactis* (5,64%), *Lactococcus cremoris* (5,64%) et *Lactococcus lactis subsp. lactis* (5,64%), ainsi que d'autres espèces en moindre proportion (**Guétouache, 2021 ; Bouchibane et al., 2023**).

1.2 Les produits laitiers locaux/traditionnels :

1.2.1 Type de produits (lait cru, Jben, Smen, leben, etc.) : les produits laitiers traditionnels algériens sont issus, en grande partie, du lait cru de vache, chèvre, brebis ou chamelle, traité et transformé selon des procédés artisans transmis de génération en génération (**Leksir et al., 2019**).

1. Lait cru : Lait non pasteurisé, consommé frais ou utilisé comme base pour les fermentations traditionnelles ; il est central dans les productions rurales pour sa richesse naturelle (**FAO, 2026**).

2. Jben : Fromage frais traditionnel algérien, fabriqué artisanalement avec du lait cru coagulé par enzymes animales (Hakka) ou végétales (fleurs d'artichaut), très populaire dans les zones rurales comme Ain Sefra ou Mechria (**Amimour, 2019**).

3. Smen : Beurre fermenté clarifié et vieilli, obtenu par barattage prolongé, mentionné dans des études historiques récentes comme ingrédient clé de la cuisine maghrébine médiévale et actuelle (**Brisville, 2021**).

4. Leben (Lben) : Lait fermenté épais (babeurre) issu du barattage du Raïb, consommé pour ses probiotiques ; versions modernes en Algérie, comme certaines préparations commerciales locales (Raïb Soummam) peuvent intégrer des arômes tout en respectant la tradition (**Bennamara et al., 2022**).

5. Raïb : lait fermenté épais (plus consistant que leben), souvent préparé à partir de lait entier (**Badji et al., 2023**).

6. Klila, Bouhezza, fromages de brebis/chèvre traditionnels : fromages traditionnels secs ou semi-secs fabriqués à partir de lait de brebis ou de chèvre, souvent vendus localement (**Amimour, 2019**).

7. Contexte récent : La production laitière algérienne couvre environ 2,5 milliards de litres par année (2024), avec un fort recours aux importations, mais les produits traditionnels persistent via les femmes rurales et marchés locaux. Ces pratiques évoluent vers plus d'hygiène tout en préservant l'héritage (**Amimour, 2019**).

1.2.2 Importance socio-économique et culturelle : Les produits laitiers traditionnels (lait cru, Leben, Jben, Smen, Klila, Bouhezza, etc.) ont une importance socio-économique et culturelle majeure en Algérie, tant pour les ménages que pour les territoires ruraux, où ils sont à la fois aliment, revenu et symbole identitaire.

1.2.2.1 Importance socio-économique

a. Sécurité alimentaire et source de protéines : Le lait et ses dérivés constituent l'une des principales sources de protéines et de calcium dans la ration alimentaire des ménages, particulièrement en milieu rural et péri-urbain (**Abdelli et al., 2021**).

La consommation de lait et de produits laitiers a plus que triplé en Algérie entre 1968 et 2018, atteignant environ 157 kg par habitant et par an, ce qui fait de la filière un pilier de la nutrition nationale (**FAO, 2024**).

b. Revenu pour les femmes rurales et petits éleveurs : Revenu pour les femmes rurales et petits éleveurs. La fabrication des produits laitiers traditionnels (Jben, Klila, Bouhezza, Smen, Leben) est souvent assurée par les femmes rurales, qui transforment le lait excédentaire en produits de conservation plus longue (fromages, beurre fermenté, yaourts).

Ces produits sont vendus sur les marchés locaux, via le colportage ou les ventes directes, ce qui constitue un complément de revenu non négligeable et participe à la rémunération du travail féminin non déclaré (**Abdelli et al., 2021**).

d. Filière laitière et développement local : La filière laitière est reconnue comme un secteur stratégique de l'agriculture algérienne, avec un fort potentiel de création d'emplois (élevage, collecte, transformation, commercialisation) (**Kheffache, 2021**).

La valorisation des produits laitiers traditionnels constitue un levier pour relocaliser une partie de la valeur ajoutée, en passant d'une simple production de lait cru

à la transformation et à la commercialisation de produits finis à forte valeur symbolique (Mamine et *al.*, 2021).

1.2.2.2 Importance culturelle et patrimoniale :

a. **Héritage gastronomique et rites de la table** : Les produits comme le Jben, le Smen, le Leben et divers fromages traditionnels (Klila, Bouhezza) sont des marqueurs identitaires régionaux et familiaux, transmis de génération en génération par les femmes pasteurs et fermières (Leksir et *al.*, 2019).

Leur présence dans les menus quotidiens, lors des cérémonies, des mariages ou des jours de fête renforce leur rôle de symbole de bien-être, de générosité et de partage (Benamara et *al.*, 2022).

b. **Patrimoine culturel immatériel** : Les techniques de fabrication des produits laitiers en Algérie constituent un riche patrimoine immatériel fondé sur un savoir-faire empirique transmis de génération en génération. Elles reposent sur des procédés tels que curage du lait, caillage spontané, affinage en poches, fermentation en pots de terre, etc.) reflètent une sagesse empirique accumulée au fil des siècles, adaptée aux contraintes de climat, de saisonnalité et de conservabilité (Leksir et *al.*, 2019 ; Benamara et *al.*, 2022).

Ces savoir-faire sont aujourd'hui considérés comme un patrimoine bio-alimentaire à préserver, car ils sont menacés par la standardisation industrielle et la raréfaction des systèmes de production extensifs (Boussekine et *al.*, 2022).

c. **Rôle des femmes comme dépositaires du savoir** : La plupart des productions de Leben, Jben, Smen et fromages de brebis/chèvre sont réalisées par des femmes qui maîtrisent les gestes, les rythmes de traite, les temps de fermentation et les combinaisons de lait (chèvre, brebis, vache).

Leur savoir-faire constitue à la fois un capital culturel et un capital économique non suffisamment valorisé dans les politiques de développement (Mamine et *al.*, 2021).

1.2.3 **Microflore indigène associée à ces produits** : la microflore indigène associée aux produits laitiers traditionnels algériens (lait cru, Jben, Smen, Leben, Ighi, Bouhezza, Klila, etc.) est constituée d'une flore lactique autochtone, très diversifiée, qui

joue un rôle central dans la fermentation, la typicité et la conservation de ces produits (Leksir et al., 2019).

1.2.3.1 Définition de la microflore indigène : La microflore indigène définit une microflore native d'un habitat particulier. La microflore indigène du tractus gastro-intestinal a des effets profonds sur le développement anatomique, physiologique et immunologique de l'hôte. La microflore indigène, en qualité de microflore résidente, stimule le système immunitaire de l'hôte pour qu'il réponde plus rapidement au défi des agents pathogènes, par l'antagonisme bactérien, inhibe la colonisation du tractus gastro-intestinal par des agents pathogènes exogènes manifestes. Les bactéries gastro-intestinales indigènes sont également des agents pathogènes opportunistes et peuvent se déplacer à travers la barrière muqueuse pour provoquer une infection systémique chez les hôtes affaiblis (Willey et al., 2023).

1. Microflore indigène dans le lait cru : dans le lait cru, la microflore indigène est dominée par des BL de type :

Lactococcus (souvent très abondant dans le lait de vache), *Streptococcus thermophilus*, *Leuconostoc* et quelques *Lactobacillus*.

Ces bactéries sont présentes en quantité souvent comprise entre 10^5 et 10^7 UFC/ml, selon la saison, l'espèce animale et la zone géographique (Battera et al., 2023).

Elles constituent la flore de “démarrage” pour la fermentation du lait et des produits dérivés (Bintsis et Papademas, 2022 ; Coelho et al., 2022).

2. Microflore indigène dans les produits fermentés (Leben, Ighi, Jben, Smen, etc.) :

Leben / Ighi / Raïb: Les laits fermentés traditionnels (Leben, Ighi, Raïb) constituent des réservoirs naturels de microflore indigène riche en bactéries lactiques (BL) aux propriétés technologiques remarquables. Leben est dominée par *Lactococcus* (67,85%) et *Leuconostoc* (32,14%), avec des espèces principales telles que *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar. diacetylactis* (39,28%) et *Lactococcus lactis subsp. cremoris* (28,57%). Les bactéries lactiques atteignent des concentrations élevées de 10^8 à 10^9 UFC/ml (8–9 Log₁₀ UFC/ml) dans ces produits fermentés. Par rapport l'Ighi, la teneur moyenne en *Lactococcus* est de (9,69±0,39) Log₁₀ UFC/ml et celle des *Lactobacillus* de

($8,68 \pm 0,39$) Log_{10} UFC/ml. Ces souches présentent un pouvoir acidifiant marqué ($51,43\text{--}70^{\circ}\text{D}$ d'acidité totale après 24 h à 37°C), une activité protéolytique exocellulaire élevée, une activité aromatisante (production de diacétyle) et une activité antimicrobienne (production de bactériocines contre *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*) (**Ghalouni, 2019 ; Bouchibane et al., 2023**).

Ces aptitudes technologiques confirment que le leben, l'Ighi et le Raïb représentent une source naturelle précieuse de *Lactococcus lactis* aux propriétés convenables pour leur exploitation comme levains lactiques dans l'industrie laitière (**Momeny et al., 2023 ; Dahou et al., 2026**).

Jben, Klila, Bouhezza: Ces fromages traditionnels présentent une flore lactique très riche, cette flore est toujours dominée par les BL indigènes, notamment les genres *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, qui participent à la coagulation, à la dégradation de la caséine et à la production de saveurs.

Ces aptitudes technologiques et probiotiques intéressantes, notamment la production d'acide lactique, la capacité d'inhibition des microorganismes indésirables, cela indique la caractérisation des souches comme *Lactococcus lactis* dans une perspective de valorisation biotechnologique (**Benamara et al., 2022 ; Belarbi et al., 2026**).

Smen / Dhan: Le Smen est un exemple de produit où la flore indigène est “sélectionnée” par la fermentation longue dans le beurre ou la crème.

Ce sont surtout des *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. brevis*) et des *Lactococcus* qui dominent après plusieurs semaines de fermentation, tandis que levures et moisissures disparaissent progressivement (**Boussekine et al., 2022**).

Chapitre II : Aptitudes technologiques d'intérêt des bactéries lactiques

2.1. Caractérisation spécifique de *Lactococcus lactis*

2.1.1. Focus sur *Lactococcus lactis* : *Lactococcus lactis* est une bactérie lactique essentielle en fromagerie, reconnue pour sa capacité à fermenter le lactose en acide lactique. Elle se distingue par ses caractéristiques spécifiques et son rôle clé dans la production de fromages.

2.1.1.1. Caractéristiques distinctives et son utilisation principale dans l'industrie laitière (fromagerie) : Cette bactérie est homofermentaire, Gram-positive, non mobile et catalase-négative, produisant principalement de l'acide lactique à partir du glucose. Mésophile, elle croît optimalement à 30 °C (entre 10 et 30 °C), avec une morphologie pléomorphe en coques, paires ou chaînes courtes, et porte souvent des plasmides codant des adaptations environnementales comme la production de nisine, une bactériocine (Wels et al., 2019).

1. Utilisation principale en fromagerie : Dans l'industrie laitière, les sous-espèces *Lactococcus lactis subsp. Lactis* et *Lactococcus lactis subsp. cremoris* sont largement utilisés comme levains starters pour acidifier le lait, favoriser la coagulation des protéines et contribuer au développement de la texture ainsi que des composés aromatiques lors de la fabrication de nombreux fromages (pâte molle, dure) et d'autres produits fermentés. Par ailleurs, *Lactococcus lactis subsp. lactis* biovar diacetylactis est capable de métaboliser le citrate en produisant notamment du diacétyl, conférant une saveur beurrée aux fromages frais comme le fromage blanc (Mahony et al., 2019).

2.1.1.2. Aptitudes technologiques spécifiques (production de diacétyl, etc.) *Lactococcus lactis* excelle par ses aptitudes technologiques en fromagerie, notamment la production de composés aromatiques comme le diacétyl et d'autres métabolites clés. Ces propriétés sont surtout portées par ses sous-espèces et biovar spécifiques (Bolotin et al., 2001).

1. Production de diacétyl : c'est le biovar diacetylactis de *L. lactis subsp. Lactis* métabolise les citrates en diacétyl (arôme beurré) et acétoïne via la voie citrate-lyase et α -acéto-lactate décarboxylase. Cette aptitude est cruciale pour les fromages frais et semi-mous, où elle développe des saveurs intenses; des souches modifiées génétiquement maximisent ce rendement en réorientant le flux carboné (Darby et al., 2019).

2. Production de bactériocines : Certaines souches produisent la nisine (classe II), une l'antibiotique active contre *Listeria monocytogenes*, *Clostridium* et d'autres bactéries Gram-positifs, améliorant la sécurité alimentaire sans altérer les organoleptiques. Ces peptides antimicrobiens à spectre étroit ou large sont utilisés comme cultures protectrices pour prolonger la durée de vie des produits laitiers (**Kacem et al., 2004 ; Dortu et Thonart, 2009**).

Autres aptitudes clés

a. Exopolysaccharides (EPS) : Synthétisés pour conférer texture crémeuse et viscosité aux yaourts/fromages, stabilisant les émulsions (**Kleerebezem et al., 2020**).

b. Protéolyse : Dégradation des protéines lactières en peptides/aminoacides, favorisant arômes (acétoïne, acétaldéhyde) et maturation (**Fox et al., 2017**).

c. Acidification rapide : Homolactique, abaisse le pH en acide lactique pour coagulation et inhibition microbienne (**Karlsen et al., 2021**).

2.2. Aptitude à l'acidification

L'aptitude à l'acidification des bactéries lactiques (BL) mesure leur capacité à produire de l'acide lactique à partir de sucres comme le lactose, essentielle en industrie laitière pour la coagulation et la conservation. Elle se caractérise par la cinétique de production d'acide lactique et la formation d'autres acides organiques selon les types des BL (homo- ou hétérofermentaire) (**Darvishi et al., 2021 ; Wang et al., 2021**).

2.2.1. Cinétique d'acidification (production d'acide lactique) : La cinétique décrit la vitesse de croissance bactérienne (vitesse spécifique μ) et de production d'acide lactique (vitesse volumétrique PV), modélisée par Luedeking-Piret : $P = \alpha X + \beta \mu$, où P est la production, X la biomasse, α le coefficient de production liée à la croissance et β non liée (**Lukedecking et Piret, 1959 ; Huang et al., 2023**).

Cette activité dépend principalement de la température, du pH, et des nutriments et de la souche utilisée. *Lactococcus lactis* est une bactérie homofermentaire qui convertit la majeure partie du lactose en acide lactique par la voie glycolytique, ce qui lui confère une forte capacité acidifiante. Cette propriété technologique joue un rôle essentiel dans la qualité sensorielle et la sécurité microbiologique des produits laitiers fermentés (**Shen et al., 2022 ; Bouchibane et al., 2023**).

1. Production d'acide lactique : Les BL homofermentaires (*Lactococcus*, *Streptococcus*) produisent principalement du lactate via glycolyse du lactose (transports PTS ou perméase spécifiques), une forte acidification du milieu et une diminution du pH (<4,5), ce qui contribue à inhiber les pathogènes (**Guan et al., 2025**).

La production dépend de la souche utilisée du substrat, et des conditions de fermentation qui favorisent l'anaérobiose en sucres fermentescibles (**Ammar et al., 2020**).

2.2.2. Production d'autres acides organiques

Les BL homofermentaires facultatives produisent acétique et formique en conditions limitantes (absence de glucose) (**Serna-Cock et Vallejo-Castillo, 2019**).

Les hétérofermentaires (*Leuconostoc*) génèrent lactate + acétique, éthanol, CO₂ via voie phosphocétolase (1 lactate, 1 éthanol, 1 CO₂/glucose) (**Bouchibane et al., 2023 ; Akpogheli et al., 2025**).

Autres : propionique, butyrique (SCFA), succinate chez certaines souches comme *L. acidophilus* (**Maryati et al., 2021 ; Wang et al., 2021**).

Tableau 1: Compare les types de bactéries lactiques (LAB) selon leur aptitude à l'acidification. Il met en évidence les différences entre les voies métaboliques, les acides produits et les souches typiques (**Famerée et Lainé, 2022**).

Type LAB	Voie principale	Produits acides principaux	Exemples souches
Homofermentaire	Glycolyse	Lactique (>90%)	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>L. helveticus</i>
Hétérofermentaire	Phosphocétolase	Lactique, acétique	<i>Leuconostoc</i> , <i>L. brevis</i>
Mixte/facultative	Glycolyse + mixte	Lactique, acétique, formique	<i>L. plantarum</i>

2.3. Aptitude protéolytique

L'activité protéolytique de *L. lactis* joue un rôle crucial dans la maturation des fromages et le développement des arômes. Cette activité repose sur un système enzymatique complexe incluant des protéases pariétales (PrtP/PrtM) et des peptidases intracellulaires (PepN, PepXP). Ont mis en évidence des différences significatives entre souches dans l'expression de ces enzymes, soulignant l'importance des conditions de criblage pour obtenir des mesures prédictives. Les souches autochtones isolées de produits traditionnels présentent souvent une activité protéolytique originale, contribuant à la génération de peptides et d'acides aminés précurseurs d'arômes (Christensen et al., 2023 ; van Olst et al., 2024).

2.3.1. Rôle dans la maturation des fromages et le développement des arômes

Les enzymes protéolytiques, issues de la présure, des bactéries lactiques (comme *Lactococcus lactis* ou Entérocoques) et des levures, hydrolysent la caséine pendant l'affinage. Cela libère des composés précurseurs d'arômes (alcools, acides, cétones) et réduit l'amertume en dégradant les peptides amers, améliorant la qualité sensorielle des fromages comme le Camembert ou le Roquefort. Leur activité est particulièrement positive sur la texture grâce à une protéolyse contrôlée (Coelho et al., 2022 ; Centeno et Carballo, 2023).

2.4. Production de composés d'arômes et de texture : La production de composés d'arômes constitue une aptitude technologique majeure de *L. lactis*. Les souches de *L. lactis subsp. lactis* biovar diacetylactis métabolisent le citrate pour produire principalement du diacétyle (arôme beurré) et d'acétoïne, grâce à la voie de métabolisme du citrate impliquant notamment la citrate-lyase et α -acéto-lactate décarboxylase. Cette aptitude est cruciale pour les fromages frais et semi-mous, où elle développe des saveurs intenses ; des souches modifiées génétiquement maximisent ce rendement en réorientant le flux carboné (Hernandez-Valdes et al., 2020).

2.5. Aptitude à la bioprotection et activité antimicrobienne

Les bactéries lactiques jouent un rôle clé en bioprotection grâce à leur production de bactériocines et de peroxyde d'hydrogène, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire en inhibant les pathogènes. Ces composés antimicrobiens offrent une alternative naturelle aux conservateurs chimiques (Pujato et al., 2024).

2.5.1. Production de bactériocines : Les bactériocines sont des peptides antimicrobiens de faible poids moléculaire produits par des bactéries lactiques, avec un spectre d'action souvent étroit mais efficace contre des pathogènes alimentaires comme *Listeria monocytogenes*.

Elles tolèrent bien les variations de pH et les traitements thermiques, et sont considérées comme sûres (GRAS), sensibles aux protéases digestives et non toxiques pour les cellules eucaryotes.

Utilisées comme starters dans les produits fermentés ou cultures protectrices dans les aliments non fermentés, elles prolongent la durée de conservation sans altérer fortement les propriétés organoleptiques (**Pujato et al., 2024**).

2.5.2. Production de peroxyde d'hydrogène : Ce métabolite antimicrobien est produit par les bactéries lactiques, aux côtés d'acides organiques et de dioxyde de carbone, renforçant leur aptitude à la bioprotection (**Ibrahim et al., 2021**).

Son activité inhibitrice cible les bactéries altérantes ou pathogènes, particulièrement en milieux laitiers ou carnés. Il complète l'effet des bactériocines pour une action synergique dans la préservation des aliments (**Hernandez-Figuero et al., 2024**).

2.5.3. Leur rôle dans la sécurité alimentaire : Ces composés permettent une bioconservation naturelle grâce à leur activité antimicrobienne, réduisant les risques de contamination par des pathogènes dans les aliments d'origine animale et végétale (**Mokoena et al., 2021**).

Les souches productrices agissent comme bioprotecteurs, offrant une technologie douce reconnue GRAS et applicable en agroalimentaire.

Des défis persistent, comme l'optimisation de la production et la réglementation des bactériocines comme additifs (**Pujato et al., 2024**).

PARTIE II

Matériel et Méthodes

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Cadre de l'étude

Cette étude vise à valoriser le potentiel technologique d'une souche de *Lactococcus lactis* issue du patrimoine microbien local dans l'élaboration d'un lait fermenté à base de lait de brebis. Pour ce faire, une caractérisation physico-chimique et une évaluation de la flore totale et lactique de la matière première seront préalablement menées afin d'assurer sa standardisation biologique et technologique, garantissant ainsi la qualité et la reproductibilité du produit fini.

Pour garantir la qualité, la standardisation et la reproductibilité du produit fini, les objectifs opérationnels ont été définis comme suit :

Caractérisation de la matière première : Évaluer les profils physico-chimiques (composition en éléments fonctionnels) et microbiologiques (dénombrement de la flore totale et de la flore lactique) du lait de brebis cru de race Hamra afin de valider son aptitude technologique à la fermentation.

Sélection et valorisation de la souche : Intégrer une souche de *Lactococcus lactis*, issue de la souche du laboratoire LSTPA, reconnue pour ses performances technologiques et acidifiantes.

Élaboration et optimisation du produit : Formuler et fabriquer un lait fermenté de type Raïb en adaptant les paramètres du procédé (ensemencement, incubation).

Évaluation finale : Apprécier la qualité du produit fini à travers des analyses physico-chimiques et une évaluation sensorielle, afin de valider l'intérêt organoleptique et technologique de la formulation.

2. Lieu et période expérimentale

L'intégralité du travail a été réalisée au niveau de laboratoire de recherche des Sciences et Technique de Production Animale (LSTPA) de l'université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. Route de Hassi Mamèche.

Période expérimentale : du mois de Février 2026 au mois d'Avril 2026.



Figure 4: Laboratoire de recherche des Sciences et Technique de Production Animale (LSTPA)

3.3. Origine et échantillonnage du lait fermenté

Lait de brebis utilisé dans cette étude provient de la région de Naâma, issue de la race ovine locale el Hamra, bien adaptée aux conditions steppiques de cette zone.

Les échantillons de lait ont été prélevés directement après la traite dans des conditions d'hygiène appropriées, puis collectés dans des flacons stériles. Ils ont ensuite été conservés à une température de réfrigération (environ 4°C) et transportés au laboratoire (LSTPA) pour la réalisation des analyses.

4. Les analyses physico-chimiques

1. **Lactoscan :** toutes les analyses physico-chimiques ont été réalisées par l'appareil LACTOSCAN au niveau du Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale.

Le Lactoscan est un instrument qui permet de déterminer les paramètres de qualité les plus importants dans différents types de lait et ces dérivés (Figure 5).

Il est utilisé pour la détermination des matières grasses (FAT), des solides non gras (SNF), des protéines, du lactose, des sels, de la teneur en eau, de la température (°C), du point de congélation, du pH, de la conductivité et de la densité dans un seul échantillon.



Figure 5: Lactoscan analyseur de lait en spectroscopie infrarouge (photo originale).

5. Test de Lactofermentation

Objectif du test : Obtenir une indication globale de l'aptitude des laits à la transformation d'un point de vue microbien (**Fédération Internationale du Lait « FIL », 2018**).

Principe du test

Il est basé sur la coagulation acide du lait par floculation des protéines, ce test permet de suivre le comportement de l'écosystème microbien du lait dans des conditions définies par celles du test (couple temps / température) en observant, au travers de l'aspect du coagulum, l'effet de la croissance conjointe des différentes microflores du lait (compétition, synergie). Il permet d'émettre des hypothèses sur la prédominance de microflores d'altération et la charge microbienne globale des laits et de mesurer l'aptitude à l'acidification des laits.

1. Protocole

- Avoir préalablement prélevé de façon aseptique un échantillon de lait à l'aide d'un contenant stérile.
- Travail en conditions stériles (bec bunsen / hotte à flux laminaire).
- Régler l'étuve à 37°C, au moins une heure avant son utilisation
- Déposer, sans incorporer trop d'air, 3 ml de lait dans un tube stérile (Lithium Héparine) .et fermer le tube stérile

- Placer le tube sur un portoir à l'étuve) à 37°C.
- Laisser incuber 24 heures.

6. Préparation de l'échantillon

1. Préparation des dilutions : Les dilutions décimales du lait sont réalisées en utilisant 9 ml d'eau physiologie et 1 ml de l'échantillon (lait) précédent vont nous permettre d'obtenir une gamme de 10^{-1} à 10^{-8} , idéale pour le dénombrement bactérien dans les produits laitiers. Cette méthode suit les normes ISO 6887-1 et est standard en microbiologie alimentaire algérienne (Figure 6) (**Fédération Internationale du Lait « FIL », 2018**).

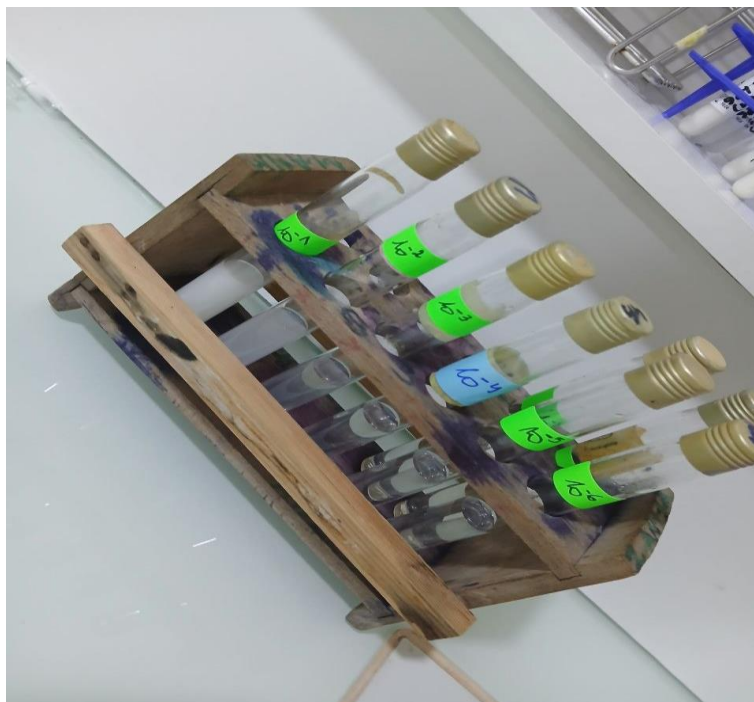


Figure 6: Dilutions décimales de lait.

2. Dénombrement sur les milieux

a. Dénombrement des flores mésophiles totales

Le milieu PCA (Plate Count Agar), ou gélose pour dénombrement, est un milieu non sélectif utilisé pour le dénombrement des micro-organismes mésophiles totaux, principalement en conditions aérobies, mais adaptable aux conditions anaérobies avec des ajustements spécifiques.

Conditions aérobies

À partir des dilutions décimales réalisées, un volume de 0,1 ml de chaque dilution a été ensemencé aseptiquement à la surface de boîtes de Pétri contenant un milieu PCA préalablement solidifié. L'inoculum a ensuite été étalé uniformément à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, préalablement courbée à la flamme pour servir d'étaleur. L'incubation se fait à des conditions aérobie et anaérobie, à 37 °C pendant une durée de 24 à 48 heures.

Conditions anaérobies

Le dénombrement a été effectué sur milieux PCA, par étalement en surface de 0,1ml de chaque dilution. L'incubation s'est faite, en anaérobie, à 37°C pendant 48 à 72 h.

b. Dénombrement de la flore lactique

Le dénombrement et l'étude de la flore lactique autochtone du lait cru de brebis de race Hamra est réalisé sur les milieux sélectifs MRS et M17. Cette étape est une indispensable en technologie laitière pour optimiser et maîtriser les procédés de transformation.

Cette évaluation, fondée sur l'analyse de la flore totale et des critères morphologiques macroscopiques et microscopiques, incluant la forme des colonies, la distinction entre coques et bacilles, la coloration de Gram et le test de la catalase, a permis d'identifier les profils microbiens présumés. La maîtrise de cet écosystème microbien d'origine offre ainsi une opportunité unique d'orienter stratégiquement la fermentation lactique afin de standardiser la production du Raïb, qualités organoleptiques locales.

Le milieu MRS (Man Rogosa Sharpe), quant à lui, est un milieu sélectif adapté à l'isolement des bactéries lactiques (LAB) telles que les *Lactobacillus*, notamment en conditions anaérobies et à (pH 5,6) favorisant leur croissance tout en inhibant les contaminants.

Selon **Terzaghi et Sandine (1975)**, le milieu M17 est utilisé pour le dénombrement d'un lait traditionnel typique de la région de Naâma, tout en préservant son authenticité et sa sélectivité des streptocoques lactiques comme *Streptococcus*

Matériel et Méthodes

thermophilus et *Lactococcus lactis* dans les produits laitiers, en conditions aérobies à pH ajusté à 6,3 pour optimiser la croissance.

La flore lactique aérobie

Après préparation des dilutions décimales de l'échantillon (de 10^{-1} à 10^{-8}), l'ensemencement a été réalisé sur les milieux MRS (pH 5,6) et M17 (pH 6,3) préalablement coulés dans des boîtes de Pétri et laissés à solidifier. Pour chaque dilution sélectionnée, un volume de 0,1ml a été déposé à la surface de la gélose solidifiée, puis étalé uniformément à l'aide d'une pipette Pasteur stérile afin d'assurer une répartition homogène des colonies. Les boîtes ont été laissées quelques minutes pour permettre l'absorption de l'inoculum. L'incubation a été réalisée à 37 °C pendant 48 à 72 heures (Labrie et al., 2018).

Flore lactique anaérobie

Le dénombrement a été effectué sur milieux MRS, par étalement en surface de 0,1ml de chaque dilution. L'incubation s'est faite, en anaérobie, à 37°C pendant 48 à 72 h (Figure 7)



Figure 7: Dénombrement des BL en anaérobie (Méthode de la bougie).

7. Pré- identification de la flore lactique isolée

1. **Coloration de Gram** : La coloration de Gram est la coloration différentielle microbiologique la plus importante et la plus largement utilisée, publiée par **Hans Christian Gram (1884)**.

Elle permet de différencier les bactéries selon deux types de bactéries, les bactéries Gram négatives (G-) et les bactéries Gram positives (G+)

La coloration du frottis fixé à la chaleur au préalable au violet de Gentiane pendant une minute, puis traité pendant une minute par une solution de lugol, ensuite il est rincé à l'eau distillée. Une décoloration d'un solvant, de l'éthanol à 95 %, durant 2 à 3 secondes tout en maintenant sur la lame inclinée. Puis rincé à l'eau distillée immédiatement, on soumet le frottis à une contre-coloration de 30 secondes à la Fuchsine. Après un bref rinçage, on sèche le frottis au buvard et on l'examine à l'objectif à immersion (grossissement X 1000). Toutes les bactéries lactiques sont à Gram positif, elles fixent le violet de gentiane (Figure 8) (**Salvador, 2018**).

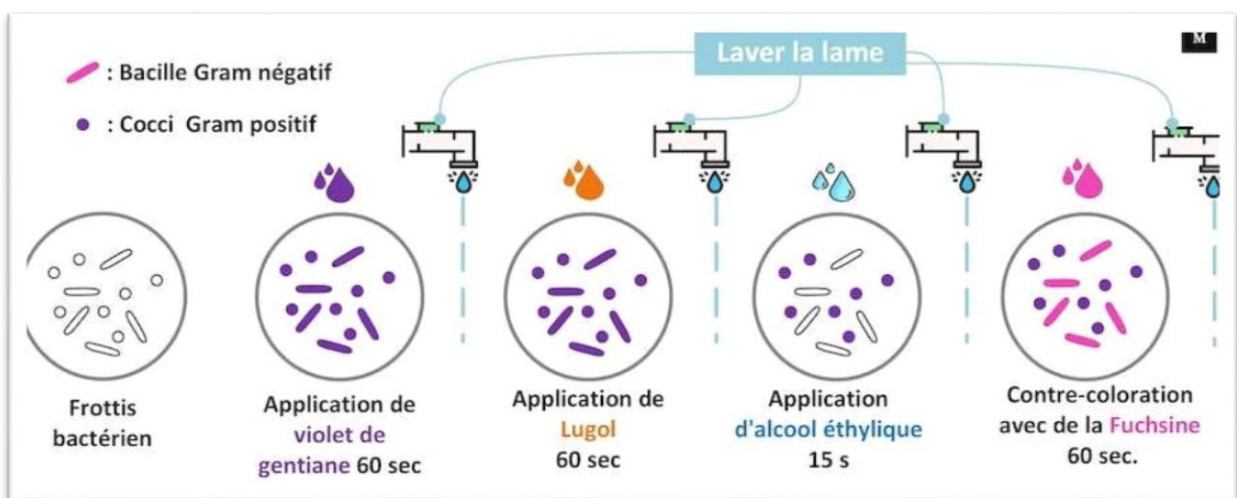
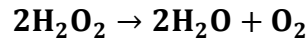


Figure 8: Coloration de Gram (de gauche-droite) (**Salvador, 2018**).

2. **Test de catalase** : ce test montre que certaines bactéries produisent du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) lors de leur respiration. Ces bactéries peuvent décomposer le peroxyde d'hydrogène grâce à l'enzyme catalase.

Pour détecter cette enzyme, un échantillon de la colonie testée est dilué dans une goutte de peroxyde d'hydrogène déposée sur une lame stérile. Le dégagement de bulles de gaz indique la présence de catalase, selon l'équation suivante :



Les bactéries Gram-positives et catalase-négatives sont des bactéries lactiques (El Sheikh et Hu, 2020).

8. Tests morphologiques

Ces tests ont été réalisés par l'observation macroscopique et microscopique

a. Examen macroscopique : ce test met en lumière la morphologie des colonies observées sur boîtes de Pétri à l'aide d'une loupe binoculaire. Cette observation permet de déterminer les caractères culturels (forme, aspect, taille, couleur, disposition et contour) (Zergoug, 2017).

b. Examen microscopique : l'observation microscopique est réalisée par une coloration spécifique nous offrant la possibilité de classer les isolats en fonction du type de Gram (positif ou négatif), leur morphologie (bacille ou coque) et leurs modes d'associations (isolés, en tétrades ou en chaînettes). Les bactéries lactiques sont à Gram-positives et catalase-négatives (Tahlaiti, 2019).

9. Tests biochimiques de performances technologiques du *Lactococcus lactis*

Les tests biochimiques de performances technologiques de *Lactococcus lactis* visent à vérifier son aptitude à transformer le lait de façon optimale pour le Raïb. Le protocole consistait à ensemencer la souche dans du lait stérile et à suivre son évolution en mesurant le pH, l'acidité et la croissance à différentes températures (Fédération Internationale du Lait « FIL », 2018).

Les tests ont été menés comme suit :

Matériel requis

Souche : Culture pure de *Lactococcus lactis*.

Milieu : Lait écrémé reconstitué (à 10%, 10 ml) stérilisé à l'autoclave.

Équipement : incubateurs réglés à différentes températures (30°C, 37°C et 42°C).

Instruments : Un pH-mètre et un matériel de titration pour l'acidité Dornic (°D).

1. Le Test de pH et la Cinétique d'acidification

La surveillance du développement de la bactérie lactique et de la chute du pH permet de valider le processus de transformation du lait et d'obtenir un caillé sain. Pour s'assurer de la conformité de ce contenu et du bon déroulement de l'acidification, voici la démarche à suivre :

Préparation : Inoculer le lait stérile avec une quantité standard (1%, 10 ml) de la culture de *L.lactis*. Homogénéiser.

Incubation : Placer le lait dans une étuve à la température optimale de la souche (autour de 30°C).

Suivi : Prélever des échantillons à intervalles réguliers (toutes les 2 heures).

Mesure : Mesurer le pH à l'aide du pH-mètre et l'acidité en °D où $1^{\circ} D = 0,1 \text{ g/L}$ d'acide lactique) avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à N/9 en présence de phénolphthaléine comme indicateur.

Analyse : Tracer les courbes de cinétique (pH en fonction du temps) pour identifier la vitesse moyenne d'acidification.

2. Le Test de Croissance à différentes températures

Ce test a permis de déterminer les plages thermiques idéales de la souche et de confirmer son profil mésophile, indispensable pour la typicité du Raïb.

Ensemencement : Préparer plusieurs tubes ou flacons de lait stérile et les inoculer avec la même quantité de *L. lactis*.

Incubation : Placer un tube dans chaque bain-marie/étuve aux températures cibles:

- 15°C (T° basse)
- 30°C (T° optimale théorique)
- 45°C (T° élevée)

Matériel et Méthodes

Suivi : Observer l'apparition de la coagulation (signe de croissance active) et mesurer le pH toutes les heures.

Analyse : Conclure sur la température qui permet la baisse de pH la plus rapide et la coagulation la plus ferme. *L. lactis* étant une bactérie lactique mésophile, elle se développe de manière optimale entre 20°C et 30°C.

3. Test profil fermentaire (type fermentaire) : le test permet de déterminer le type de métabolisme à partir de la dégradation du glucose et de production du gaz (CO₂).

Ce test nous permet de classer les bactéries lactiques en voie homofermentaire ou en voie Hétérofermentaire.

Les souches isolées sont ensemencées dans les tubes (10 tubes) contenant de 10 ml de bouillon MRS dans lequel on introduit une cloche de Durham (vérifier que la cloche est totalement remplie de milieu avant stérilisation, pour éviter une fausse bulle). Après incubation à 30°C pendant 24h à 48 h. Le CO₂ dégagé par les bactéries Hétérofermentaires s'accumule dans la cloche (**Ketrouci, 2021**).

4. Test de thermorésistance

Ce test permet d'identifier les isolats résistants à une température de 63,5°C pendant 30 minutes, selon les méthodes décrites par **Stiles et Holzapfel (1997)**, ainsi que **Geis (2006)**. Le test a été réalisé dans le milieu liquide M17, puis incubé à 30 °C pendant 24 h. Le chauffage a été effectué au bain-marie à 63,5°C pendant 30 minutes. Un résultat positif se traduit par un trouble.

5. Croissance dans des conditions hostiles : ce test est utilisé pour caractériser les *Lactocoques* des Entérocoques.

a. Croissance en présence de 4% et 6,5%, de NaCl : on a testé la croissance des souches en présence de différentes concentrations de chlorure de sodium (NaCl), à savoir 4 %, 6,5 %, puis elles ont été incubées à 30°C pendant 24 h. Ce test est réalisé uniquement pour les Coccis et on apprécie la croissance par apparition d'un trouble (**Rougissant et al., 2006**).

b. Croissance à pH 9 et 4 : ce test est réalisé en inoculant un milieu liquide (bouillon M17), dont le pH est porté à 9 et 4 par des souches pures. L'incubation est

réalisée à 30°C pendant 24 à 48 h et la croissance est appréciée par l'apparition d'un trouble (Klein et *al.*, 1998).

10. Etude des aptitudes technologiques

1. Etude de l'activité protéolytique :

L'activité protéolytique de la souche isolée a été évaluée conformément à la méthode décrite par **Van den Berg et al. (1993)**. On a ensemencés chaque souche isolée, issue d'une culture jeune, en touche à la surface du milieu solide et à des distances égales les unes des autres, sur gélose M17 additionnée de lait écrémé totalement (5% coulé, solidifié et séché). Puis on incubé à 30°C pendant 24h. L'activité protéolytique a été mise en évidence par l'apparition d'une zone claire autour des colonies.

2. Profil aromatique :

La capacité des souches lactiques à produire de l'acétoïne a été mise en évidence sur le milieu de Clark et Lubs. Elle est testée par la réaction de Voges Proskauer (VP), qui est basée sur le principe que l'acétoïne se transforme en diacétyle sous l'action de la soude en présence d'oxygène. Ce dernier se combine avec l' α -naphtol en formant un complexe rouge détectable. Pour la mise en œuvre, 1ml de la culture obtenue sur milieu Clark et Lubs est introduit dans des tubes à essai (10), puis incubé à 30°C pendant 24 h à 48 h. On lui ajoute 3 à 5 gouttes des deux réactifs VP1 (α -naphtol) et VP2 (KOH) dans chaque milieu. Les tubes sont laissés ouverts. Après 10 minutes, la présence d'acétoïne se traduit par une coloration rose en surface mais pouvant diffuser dans tout le milieu (Jaouani et *al.*, 2015).

11. Essai technologique de biofermentation et de coagulation lactique

L'objectif de cet essai est pour évaluer les aptitudes technologiques des souches lactiques utilisées.

1. Revivification des souches lactiques

La revivification consiste à réactiver les cellules bactériennes après la congélation, suit une procédure standard de repiquage et activation pour leur viabilité. Cette étape

pour maintenir les propriétés technologiques des bactéries lactiques selon **Guiraud (1998)**.

Les souches congelées sont décongelées rapidement, puis introduire une goutte d'inoculum dans 9ml de milieu de croissance, le bouillon M17 (pour *Lactococcus lactis*) et MRS. L'incubation se fait à 30°C et 37°C pendant 24h.

a. Purification : après activation, repiquage successif en bouillon M17 et MRS. Après la croissance des bactéries on procède à la purification sur milieu solide M17.

Après l'incubation à 30°C et 37°C pendant 24h, les colonies pures (blanchâtres, lenticulaires) ont été purifiées par les méthodes des stries sur milieux solides M17 (**Badis et al., 2005**).

La pureté des souches a été vérifiée par observation microscopique (coloration de Gram) avec une recherche de catalase après chaque repiquage. Toutes les souches sont de catalase négative et de Gram positif, sont prêtes pour la réalisation des essais technologiques (**Idoui et al., 2009**).

2. Protocole de fabrication du Raïb

➤ **Réception et standardisation :** Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait cru.

➤ **Traitement thermique :** Pasteurisation du lait à 85°C pendant 5 minutes pour détruire la flore pathogène compétitive.

➤ **Refroidissement :** Abaissement rapide de la température à 30°C, zone optimale pour le développement des bactéries lactiques mésophiles autochtones.

➤ **Ensemencement et fermentation :** Inoculation de la flore lactique sélectionnée (1%) de *Lactococcus lactis* et (1%) de *Leuconostoc*, incuber pendant 24 heures jusqu'à l'obtention d'un gel ferme (pH autour de 4,5 - 4,6).

➤ **Conditionnement et réfrigération :** Conditionnement du liquide obtenu (Raïb) en pots aseptiques et stockage immédiat à +4 °C pour stopper l'acidification.

3. Protocole d'évaluation physicochimique du lait fermenté

L'analyse de la qualité a reposé sur trois paramètres fondamentaux : le pH, l'acidité Dornic (°D) et l'Extrait Sec Total (EST).

Matériel et Méthodes

Le pH est mesuré directement par immersion d'une électrode de pH-mètre préalablement étalonnée dans l'échantillon homogénéisé à température ambiante.

L'acidité Dornic est obtenue par titrage de 10 ml de lait fermenté avec de la soude N/9 en présence de quelques gouttes de phénolphthaléine comme indicateur coloré, jusqu'à l'apparition d'un rose très pâle persistant ; le volume de soude versé multiplié par dix donne l'acidité en degré Dornic.

L'extrait sec total est déterminé par dessiccation d'une prise d'essai (environ 5 g) pesée dans une coupelle et placée dans une étuve à 105°C pendant 4 heures jusqu'à obtention d'une masse constante ; le rapport en pourcentage entre la masse du résidu sec et la masse initiale permet d'évaluer la concentration en matière utile.

4. Tests de dégustation (Analyse sensorielle du produit fini)

Évaluation par un panel de dégustateurs pour valider la conformité du Raïb traditionnel de Naâma :

Aspect visuel : Liquide blanc opaque, parfaitement homogène, sans grumeaux ni séparation de phases.

Texture en bouche : Consistance fluide mais veloutée, onctueuse et nappante (liée à l'EST résiduel et aux protéines de brebis).

Profil olfactif et gustatif : Flaveur acide fraîche et équilibrée (corrélée au pH de 4,5), odeur lactique caractéristique, développant des arômes volatils typiques (diacétyl) sans aucune amertume.

5. Protocole d'organisation du test de dégustation

Préparation des échantillons : Servir le Raïb à une température stricte de 8 à 10 °C dans des pots stériles, codés par des chiffres à trois chiffres pour garantir l'anonymat.

Conditions de laboratoire : Réaliser le test dans une salle calme, sans odeur, à lumière du jour et à une température ambiante de 20-22 °C.

Composition du panel : Réunir un jury de 5 à 10 dégustateurs formés aux défauts et qualités des laits fermentés traditionnels.

Neutralisation du palais : Fournir de l'eau plate entre chaque échantillon pour rincer la bouche.

6. Fiche de dégustation standardisée du Raïb (Note sur 20)

1. Aspect visuel et Couleur (sur 4 points)

Critères : Couleur blanc opaque homogène, absence de grumeaux, absence de séparation de phases (pas de synérèse ou de sérum visible à la surface).

Barème :

4 pts : Parfaitement homogènes, couleur blanche caractéristique.

2-3 pts : Légère présence de grumeaux ou trace minime de sérum.

0-1 pt : Déphasage important, aspect caillé hétérogène.

2. Texture et Consistance en bouche (sur 5 points)

Critères : Fluidité veloutée, onctuosité, effet nappant lié à l'extrait sec total (EST) du lait, absence de texture filante ou farineuse.

Barème

5 pts : Très onctueux, nappe bien la bouche, consistance idéale.

3-4 pts : Un peu trop liquide ou légèrement trop épais.

1-2 pts : Texture sableuse, farineuse ou présence de gros morceaux de gel.

3. Odeur et Flaveur (sur 4 points)

Critères : Odeur lactique fraîche, arôme volatil typique (diacétyl), absence d'odeurs parasites (étable, rance, plastique, levure).

Barème

4 pts : Excellente odeur de ferment frais, arôme franc de Raïb.

2-3 pts : Odeur faible ou présence d'une note volatile masquant le produit.

0-1 pt : Odeur repoussante, rance, phénolée ou de moisissure.

4. Saveur et Goût (sur 7 points)

Critères : Acidité fraîche et équilibrée (corrélée au pH de 4,5 et à l'acidité Dornic de 70-80°D), arrière-goût agréable, absence d'amertume ou d'acidité piquante/brûlante.

Barème

6-7 pts : Acidité parfaite, goût équilibré très agréable en fin de bouche.

4-5 pts : Produit légèrement trop acide ou trop doux (manque de fermentation).

2-3 pts : Acidité agressive, piquante (production de gaz) ou amertume prononcée.

0-1 pt : Goût totalement altéré, produit impropre.

5. Interprétation de la note finale sur 20

16 à 20 : Produit d'excellente qualité, typique du Raïb traditionnel.

12 à 15 : Produit de qualité satisfaisante, légers défauts corrigibles.

10 à 11 : Produit médiocre, défauts notables de fabrication.

Moins de 10 : Produit défectueux, non conforme et rejeté.

Observation : Les protocoles de préparation du Raïb, d'évaluation physico-chimique et de dégustation ont été établis selon les recommandations de la Fédération Internationale du Lait (Figure 9) (**Fédération Internationale du Lait « FIL », 2018**).

PARTIE III

Résultats et Discussion

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. l'analyse physico-chimique du lait de brebis

Les résultats obtenus à partir de l'appareil Lactoscan sont résumés dans ce tableau :

Tableau 2: Résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'échantillon du lait fermenté

Paramètres	Pourcentage	Norme FAO
Matière grasse (MG)	2,79%	6 - 8%
Matière sèche non grasse (PS)	13,53%	11,1%
Protéine	4,17%	5,7%
Lactose	6,09%	4,5 – 5,5%
Point de congélation (PC)	-0,738%	-0,540°C - 0,580°C
pH	6,29%	6,50 - 6,80
Température	16,2°C	–
Densité	1046	1034 -1038

a. Matière grasse

La matière grasse du lait de brebis contient davantage d'acides gras à courte et à moyenne chaîne, mais moins d'acides gras à chaîne longue que le lait de vache, ce qui le rend donc plus facile à digérer (**Revilla et al., 2017**).

La teneur en matière grasse obtenue est 2,79% ce résultat est inférieure aux valeurs de référence rapportées pour le lait de brebis (6-8%) **FAO (1990)**. Cette faible teneur peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment selon la race, le stade de lactation, l'alimentation et les conditions technologiques en générale.

b. Taux Protéique

La teneur en protéines est 4,17%, cette valeur est inférieure aux valeurs de référence de **FAO (1990)**, généralement rapportées pour le lait de brebis cru, qui se situent entre 5 et 6%. Les protéines participent directement à la texture, au pouvoir de coagulation, et lié aussi à la stabilité. Ce qui expliquer l'intérêt technologique de ce type de lait (**Ketrouci, 2021**).

Selon **Claeys et al. (2014)**, le lait de brebis contient presque deux fois plus de protéines que les laits de chèvre et de vache. Ces formes moléculaires de protéines et séquences d'acides aminés ont une qualité nutritionnelle et un impact positif sur la digestibilité.

c. Teneur en lactose

Le lactose est un nutriment précieux, car il favorise l'absorption intestinale du calcium, du magnésium et du phosphore, et l'utilisation de la vitamine D (**Campbell et Marshall, 1975**).

La teneur en lactose de 6,09%, cette valeur est légèrement supérieure aux valeurs de référence rapportées pour le lait de brebis (4,5- 5,5%) selon **FAO (1990)**. Malgré cette différence le lactose demeure le principal glucide du lait, qui constitue le substrat énergétique des bactéries lactiques lors de la fermentation.

d. Le pH

La valeur du pH est de 6,29 ; valeur légèrement inférieure à la valeur de référence du lait de brebis frais (6,5 – 6,8) selon **FAO (1990)**. Cette légère diminution peut traduire un début d'acidification dû à l'activité des bactéries lactiques ou peut être influencée par les conditions de conservation et de manipulation de l'échantillon avant l'analyse (**Fédération Internationale du Lait « FIL », 2018**).

e. La densité et point de congélation

La densité de 1046, une valeur supérieure à la plage de référence du lait de brebis frais (1034-1038) selon **FAO (1990)**. Cette densité élevée peut être liée à une teneur importante en extrait sec (protéines, lactose et sels minéraux), à une faible teneur en MG peut avoir contribué à l'augmentation de la densité du lait.

Le point de congélation indiqué à -0,738, une valeur plus négative que celle généralement rapportée pour le lait de brebis frais (-0,540°C à -0,580°C) selon **FAO (1990)**. Cette diminution peut être liée à une concentration plus élevée en substances dissoutes (lactose, sels minéraux et protéines), qui abaisse le point de congélation. . En général, le point de congélation est utilisé comme indice de contrôle de la composition et peut être se modifier en cas d'ajout de variation de la teneur en matières dissoutes.

Les résultats des analyses révèlent un lait de brebis Hamra de qualité atypique pour la production de Raïb. La faible matière grasse facilite la conservation et la digestibilité, mais l'acidité et le point de congélation indiquent un mouillage du lait.

L'analyse de chaque paramètre permet d'en comprendre les tenants et les aboutissants de ces résultats obtenus :

1.2.1 Paramètres de matière et de composition

Matière grasse (MG - 2,79%) : Ce taux est inhabituellement bas pour du lait de brebis, qui oscille généralement entre 6% et 8%. Cela peut s'expliquer par un stade de lactation avancé, la saison d'élevage (fourrages secs), ou une dilution.

Matière sèche non grasse ou extrait sec dégraissé (ESD 13,53%) et protéines (4,17%) : Ces valeurs restent dans les normes correctes pour un ovin de race locale. Les protéines apportent un bon potentiel de coagulation pour former la texture du Raïb.

Lactose (6,09%) : Ce taux sert de substrat majeur aux bactéries lactiques pour acidifier le lait naturellement lors de la fermentation.

1.2.1 Paramètres physiques

Densité (1046) : Une densité aussi élevée est classique chez la brebis laitière, bien qu'elle soit ici en contradiction apparente avec le faible taux de matière grasse.

Température (16,2°C) : Le lait n'était plus réfrigéré. À cette température, la flore bactérienne a pu se développer et entamer la fermentation.

Point de congélation (PC - 0,738°C) : Un lait de brebis pur présente habituellement un point de congélation proche de -0,540°C à -0,580°C. Une valeur anormalement basse dénote généralement un ajout d'eau (mouillage) ou une acidité très élevée augmentant la concentration en ions.

1.2.2 Acidité et aptitude à la transformation

pH (6,29) : Un lait frais a un pH compris entre 6,5 et 6,7. Un pH de 6,29 confirme que le processus de fermentation (acidification) a déjà commencé. Ce pH est toutefois idéal pour lancer l'ensemencement ciblé (levains lactiques) propre à la fabrication du Raïb.

1.2.3. Aptitude à la production du Raïb

Les avantages : La matière grasse plus faible rend le produit final moins lourd (moins de risque de lipolyse) et plus facile à digérer. La richesse en lactose promet un goût acidulé franc après fermentation.

Les points de vigilance : La baisse de la matière grasse nuit au goût onctueux typique du Raïb. Par ailleurs, la nature du point de congélation implique d'améliorer l'intégrité du lait (réduire le mouillage du lait) avant la pasteurisation et l'ajout de la flore lactique typique.

2. Test de lactofermentation

Les résultats du test de lactofermentation du lait. Ont mis en évidence une coagulation lactique homogène du lait avec apparition d'un coagulum caractéristique, traduisant une acidification suffisante du milieu. Cette coagulation est attribuée à la production d'acide lactique par les souches, qui provoque une déstabilisation des micelles de caséine et la formation d'un caillé.

Cette observation confirme que la souche possède une activité acidifiante élevée, un critère technologique majeur pour son utilisation éventuelle comme fermente dans la fermentation dans la fabrication de produits laitiers fermentés locaux. Les résultats obtenus dans les figures suivantes :

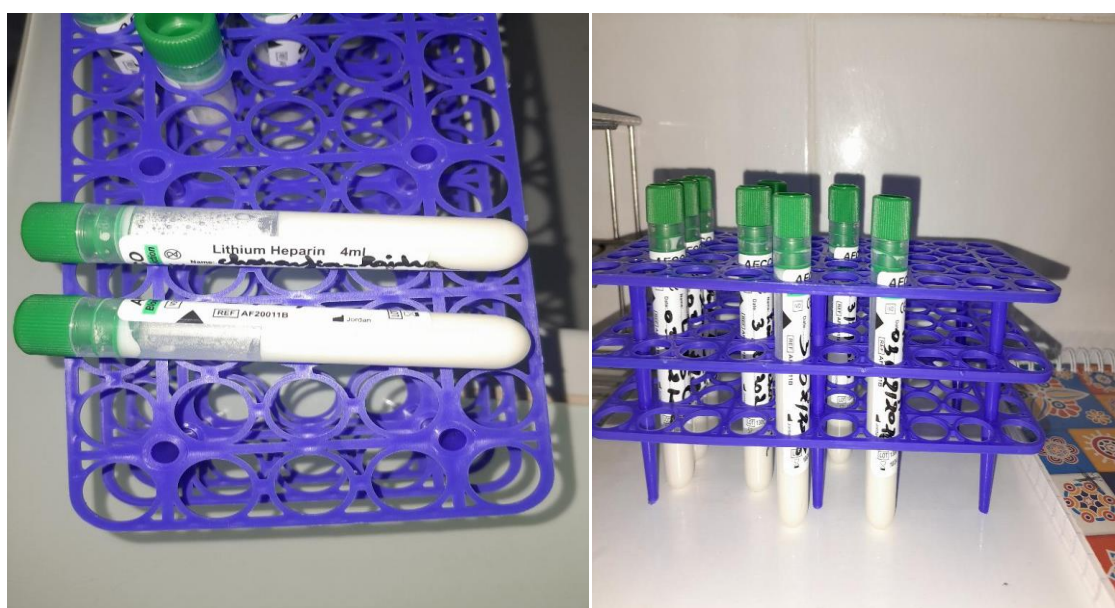


Figure 9: Résultats du test de lactofermentation du lait

3. La qualité microbiologique du lait

Les analyses microbiologiques des laits permettent de déterminer le contrôle de la conformité microbiologie, et évaluer l'activité, et la viabilité des souches lactiques. Apparemment l'évaluation microbiologique est importante pour vérifier l'efficacité des conditions de fermentation appliquées.

3.1 Evaluation de la flore totale et lactique du lait de brebis

Le dénombrement de la flore lactique sur gélose MRS et M17 est effectué selon **Joffin et leyral, (2006)**. Une charge très importante en bactéries lactiques a été enregistrée avec une moyenne de ($4,32 \times 10^4$) qui montre que la flore lactique est viable, active dans le travail étudié. La croissance de ces souches confirme leur capacité à se développer dans ces conditions. On réalise que la moyenne se situe entre les valeurs obtenues sur gélose M17 ($3,45 \times 10^4$) et sur milieu MRS ($5,18 \times 10^4$).

Le dénombrement de la flore mésophile totale sur gélose PCA dans les conditions aérobies (5×10^6) par rapport aux conditions anaérobies ($2,90 \times 10^6$), indique que les souches isolat traduisent une activité microbienne importante et que ces bactéries sont capables d'assurer la production d'acide lactique. C'est une activité essentielle pour la coagulation et la stabilité microbiologique des produits laitiers.

4. Analyse morphologique des colonies et des cellules de la flore lactique

L'étude des caractéristiques macroscopiques et microscopiques sont la base de détermination du genre et de l'espèce dans certains cas d'étude selon la figure 11.

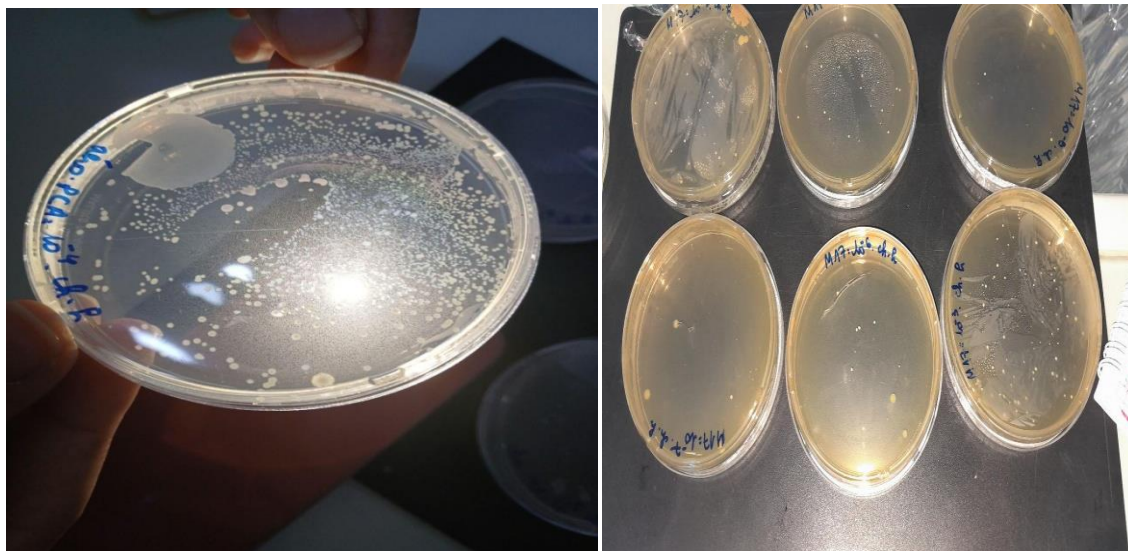


Figure 10: Aspect des colonies des bactéries isolées obtenues après 48h à 72h d'incubation à 37°C sur les milieux solides, d'observation nette extraite de plusieurs milieux de travail

4.2. Analyse microscopique

L'observation microscopique de coloration de Gram montre que l'ensemble des souches isolées sont à Gram positif, présentant une forme coque. L'arrangement cellulaire observé varie entre des diplocoques et de courtes chainettes, ce qui correspond aux caractéristiques morphologiques des bactéries lactiques (Figure 12 et 13).

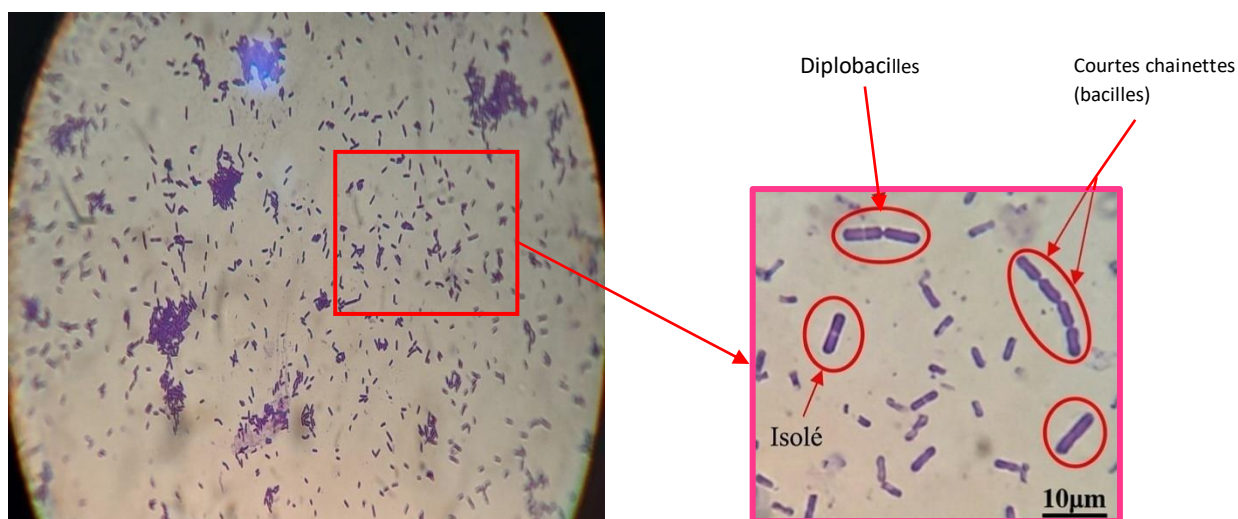


Figure 11: Observation microscopique des bactéries de type *Lactobacillus*, Gram positif (Gx100)

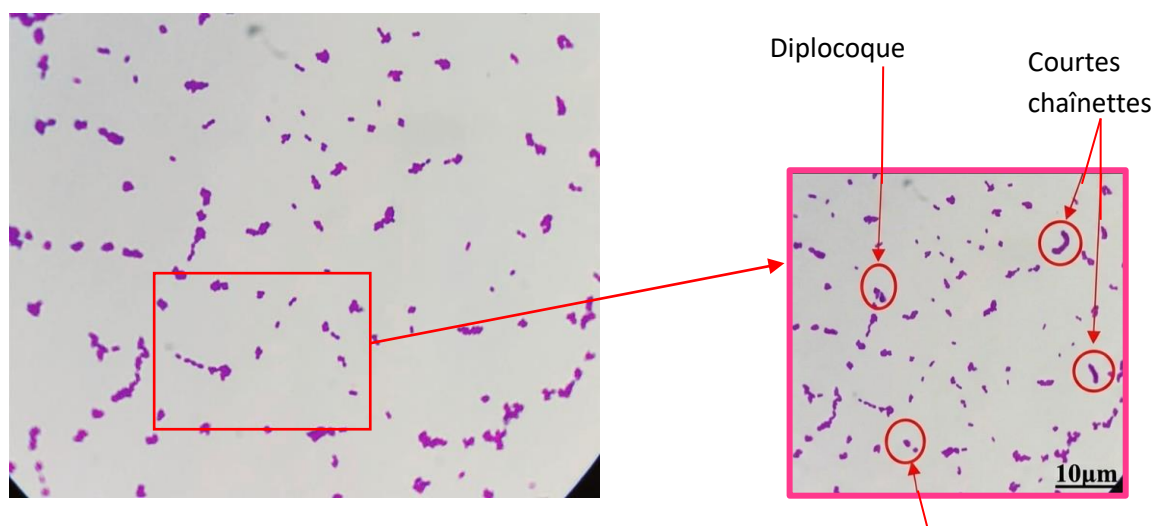


Figure 12: Observation microscopique des bactéries du genre *Lactococcus* après coloration de Gram (Gx100)

La présence de *Lactococcus* et *Lactobacillus* confirme que le lait de brebis est dominé par une flore lactique typique, responsable de l'acidification, de la coagulation du lait.

La composition microbienne observée (*Lactococcus* et *Lactobacillus*) valide le caractère fermenté naturel du lait de brebis étudié et fournit une base rationnelle pour la sélection et l'étude approfondie d'une souche *Lactococcus lactis* dans le cadre de ce travail.

Les aptitudes technologiques de cette souche (*Lactococcus lactis*) une fois caractérisées, pourront être comparées aux profils décrits dans la littérature pour d'autres isolats de *L.lactis* issus de produits laitiers locaux, contribuant ainsi à une meilleure compréhension de la diversité et du potentiel fonctionnel de la flore lactique autochtone.

Aussi l'incubation à 37°C a permis une croissance importante des souches obtenues, suggérant que cette température se situe dans sa plage optimale de développement. Cette observation confirme que la souche *L.lactis* répond aux critères de croissance typiques d'une bactérie lactique mésophile et laisse supposer qu'elle pourrait être employée efficacement comme fermente dans des conditions de fermentation proches de celles utilisées en industrie laitière.

5. Tests biochimiques de performances technologiques du *Lactococcus lactis*

5.1. Test de croissance à différentes températures (45°C, 15°C)

Les résultats de croissance observés à 45°C et 15°C permettent de caractériser le profil physiologique de la souche *Lactococcus lactis* en lien avec sa température optimale et son appartenance à un groupe mésophile.

A 45°C, l'absence de croissance dans les tubes 1, et 3, 5, 10, couplée à une croissance faible ou incertaine (+/-) dans les autres tubes, indique que la souche supporte très mal les températures élevées. Ceci est cohérent avec la biologie de *Lactococcus lactis*, dont la plage de croissance optimale se situe généralement entre 30 et 37°C, avec une décroissance marquée vers 40-42°C. Le faible ou nulle croissance à 45°C confirme donc que la souche est mésophile, et que des incubations à cette température compromettent son développement et, par conséquent, son activité de fermentation (Tableau 3).

Tableau 3: Résultats de la croissance de la souche *Lactococcus lactis* à différentes températures.

Températures	45°C	15°C
Tube 1	-	+
Tube 2	+/-	+/-
Tube 3	-	+
Tube 4	+/-	+
Tube 5	-	+
Tube 6	+/-	+
Tube 7	+/-	+
Tube 8	+/-	+
Tube 9	+/-	+
Tube 10	-	+

+ : Croissance claire +/- : Croissance faible ou incertaine - : Absence de croissance

En revanche, à 15°C, la présence de croissance positive dans la majorité des tubes, avec seulement un tube affichant un résultat (+/-), montre que la souche est capable de se développer à basse température, même si la croissance est plus lente. Cela suggère

une certaine aptitude psychrotrophe ou psychrotolérants, conforme à ce qui est décrit pour plusieurs isolats de bactéries lactiques mésophiles capables de se multiplier dans une température de 10°C à 30°C.

A la fin, *Lactococcus lactis* pousse mal à 45°C mais est capable de se développer à 15°C

5.2. Le type fermentaire : Les résultats de ce test sont réalisés dans ces figures :

Ces résultats indiquent que l'isolat présente une faible capacité de fermentation sur les substrats testés, avec seulement 2 tubes positifs qui montrent que l'activité enzymatique de la souche est sélective : elle peut fermenter certains proposés. Cette différence peut être liée à la présence ou à l'absence d'enzymes spécifiques nécessaires à l'utilisation de chaque sucre. L'absence totale de production de gaz est un résultat important qui indique que la souche n'effectue pas de dégradation des sucres avec production de CO₂, ne suit pas un métabolisme hétérofermentaire, mais présente plutôt un profil homofermentaire, avec production majoritaire d'acide lactique. Ce comportement est compatible avec celui d'une souche *Lactococcus lactis* ayant un intérêt technologique pour l'acidification des produits laitiers (Figure 14).



Figure 13: Résultats du test profil fermentaire des souches isolées

5.3. Test thermorésistance (croissance à 63°C)

Le test de thermorésistance à 63°C a montré un résultat négatif dans tous les 10 tubes : aucune croissance n'a été observée après incubation. Cela indique que la souche

isolée est fortement sensible à cette température, confirmant son caractère mésophile classique et sa faible résistance à la chaleur.

5.4. Croissance à différents pH 9 et 4

L'étude de la croissance de la souche de *Lactococcus lactis* à différents pH a montré que pH 9 indique une turbidité variable des tubes inoculés, traduisant une croissance positive de la souche dans des conditions alcalines. Cette croissance indique une capacité de tolérance au stress alcalin et une bonne adaptabilité physiologique de la souche étudiée. Toutefois, l'intensité de la turbidité observée diffère d'un tube à l'autre. Nous avons également constaté que le tube 5 présentait des résultats négatifs, suggérant qu'il y a une absence de développement observable dans le milieu ou à la condition testée, ce qui traduit souvent une incompatibilité physiologique avec cette condition. Par contre, à pH 4, la croissance est presque totalement inhibée, avec un seul tube croissance faible ou incertaine (+/-). Cela indique que l'acidité forte exerce un effet inhibiteur important sur la souche, même si une faible proportion de cellules semble capable de résister à ce stress acide. Ce résultat traduit une acidotolérance modérée, mais pas une véritable capacité de croissance optimale en milieu très acide (Tableau 4).

Tableau 4: Résultats de test de croissance à différents pH (4, 9)

pH	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6	Tube 7	Tube 8	Tube 9	Tube 10
pH 9	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
PH 4	-	-	-	-	-	-	-	-	+/-	-

+ : Positive

- : Négatif

+/- : Croissance faible ou incertaine

5.5. Croissance à différentes concentrations de NaCl (6,5 et 4,5%)

Le milieu salé à concentration de 6,5% est un milieu hostile pour la plupart des bactéries ; celles qui le tolèrent peuvent y pousser. Après incubation les souches sont positives une capacité de se développer à 6,5% NaCl. Par contre, la souche dans le tube 6, on n'a observé aucune croissance. Le milieu à concentration de 4,5% indique que tous les tubes sont positifs (Figure 15).



Figure 14: Résultats du test de croissance à différentes concentrations d NaCl

6. Etude des aptitudes technologique

6.1. Activité protéolytique

L'activité protéolytique des souches se traduit par la formation d'une zone claire autour des souches ensemencées, résultats de l'hydrolyse de la caséine présente dans le milieu. La mesure du diamètre de cette zone de clarification permet d'évaluer l'intensité de l'activité protéolytique des souches étudiées. Les résultats obtenus montrent que la majorité des souches testées présentent une activité protéolytique positive. Résultats obtenus sont indiqués dans les figures suivantes :

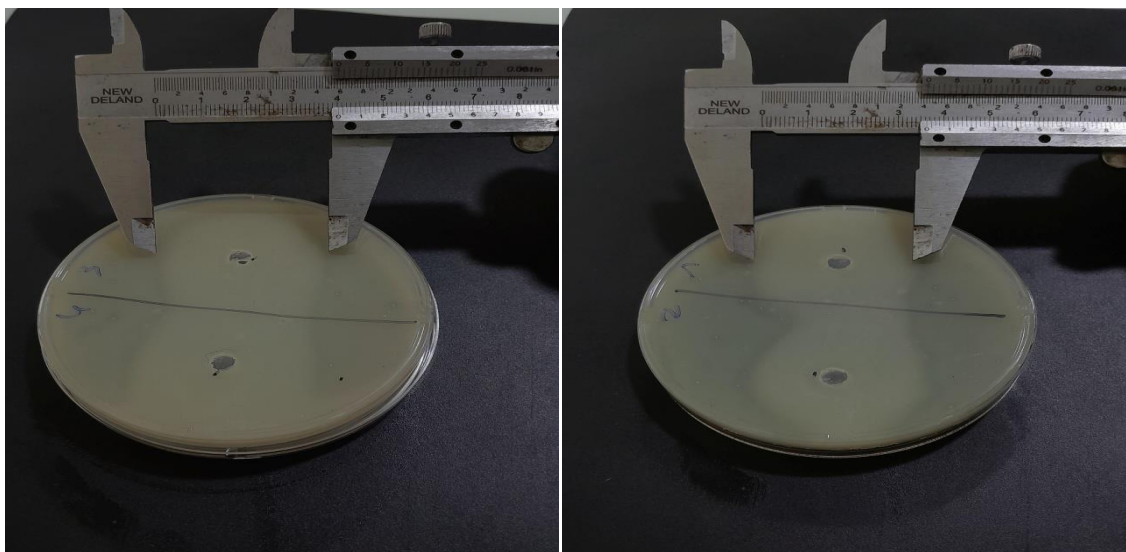


Figure 15: L'apparition des zones d'hydrolyse des protéines de lait écrémé sur milieu M17 par les bactéries lactiques

L'activité protéolytique est également une caractéristique technologique importante chez les bactéries lactiques puisqu'elle leur confère la capacité de croître efficacement dans le lait. Bien que les bactéries lactiques ne soient pas considérées comme fortement protéolytiques, leur système protéolytique est essentiel pour leur croissance dans le lait et contribue de manière significative au développement de la saveur dans les produits laitiers fermentés (**Monnet et Corieu, 2011**).

Les résultats du test de protéolyse montrent que les souches L1, L2, L3, L4, L9, L10 présentent une activité protéolytique positive caractérisée par l'apparition des zones claires autour des colonies. En revanche, les souches L5, L6, L7 et L8 ne montrent aucune hydrolyse visible de la caséine. Cette activité traduit la capacité de certaines souches à dégrader les protéines du lait grâce à la production d'enzymes protéolytiques.

Cette aptitude technologique est importante dans la fabrication des produits laitiers fermentés, car elle participe au développement des caractéristiques organoleptiques telles que la texture et la saveur.

6.2. Production de composés aromatiques

Le test de production des composés aromatiques a été réalisé afin d'évaluer sa capacité à intervenir dans le développement des arômes des produits laitiers fermentés. L'observation obtenue après incubation n'a montré aucune coloration rouge ou rose, ce qui traduit un résultat négatif pour l'ensemble des isolats étudiés (figure 17)



Figure 16: Résultats du test de production du diacétyle par la souche isolée

Ces résultats indiquent l'absence d'activité aromatique détectable dans les conditions expérimentales utilisées. Cette observation suggère que la souche étudiée possède un potentiel aromatisant limité, et que son rôle technologique principal serait plutôt lié à l'acidification du milieu qu'à la production de composés aromatiques. Toutefois, cette absence de réaction peut également être influencée par les conditions du milieu et l'expression spécifique des voies métaboliques de la souche.

6.3. Pouvoir acidifiant

Les résultats obtenus de l'évolution du pH et de l'acidité titrable des dix échantillons au cours du temps. Ce test permet d'évaluer le pouvoir acidifiant des souches isolées et le suivi de leur activité fermentaire. Les résultats sont réalisés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Résultats de suivi du pH et de l'acidité Dornic (D°) des souches

Code	0h		2h		4h		6h		24h	
	pH	Acidité	pH	Acidité	pH	Acidité	pH	Acidité	pH	Acidité
LC 1	7,14	18	7,01	19	6,93	21	6,88	24	4,92	100
LC 2	7,14	18	6,91	20	6,81	25	6,76	26	4,73	95
LC 3	7,14	18	6,97	19	6,86	23	6,81	25	4,66	113
LC 4	7,14	18	7	20	6,91	22	6,85	24	4,59	110
LC 5	7,14	18	7,13	19	7,01	20	6,98	20	4,71	90
LC 6	7,14	18	7,17	18	7,1	18	7,05	19	4,66	110
LC 7	7,14	18	6,95	17	6,91	23	6,85	24	4,65	113
LC 8	7,14	18	6,91	22	6,81	24	6,75	26	4,71	98
LC 9	7,14	18	6,98	23	6,91	23	6,85	25	4,61	105
LC 10	7,14	18	6,96	23	6,87	24	6,82	26	4,57	100

Ces résultats confirment que les souches étudiées peuvent être considérées comme des candidates intéressantes pour les applications laitières, en raison de leur aptitude à acidifier rapidement le milieu (Figure 18-27)

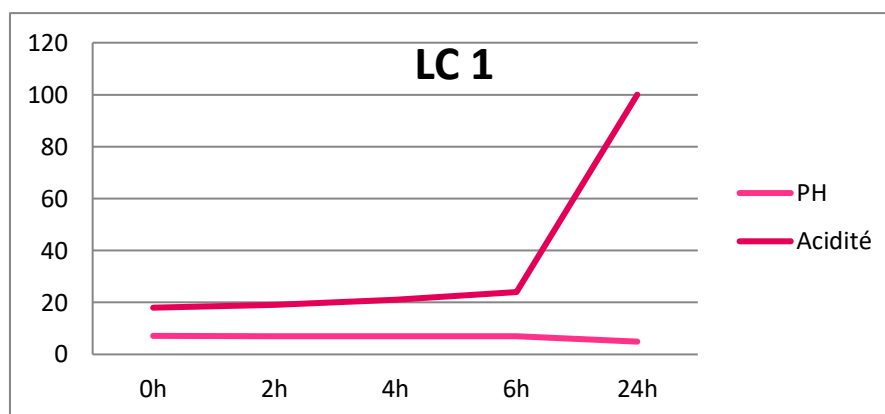


Figure 17: Courbe d'acidification de la souche LC 1

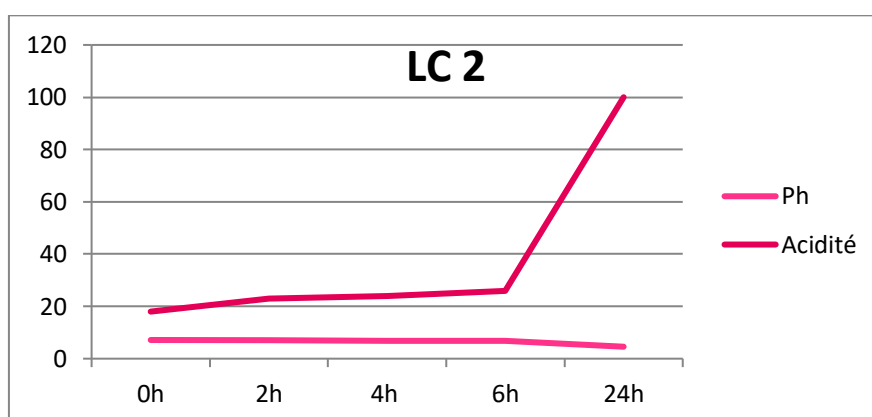


Figure 18: Courbe d'acidification de la souche LC 2

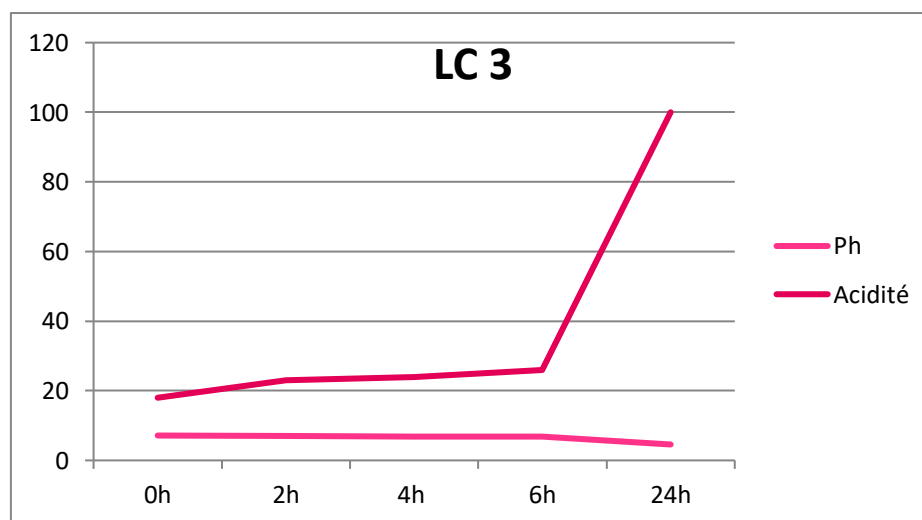


Figure 19: Courbe d'acidification de la souche LC 3

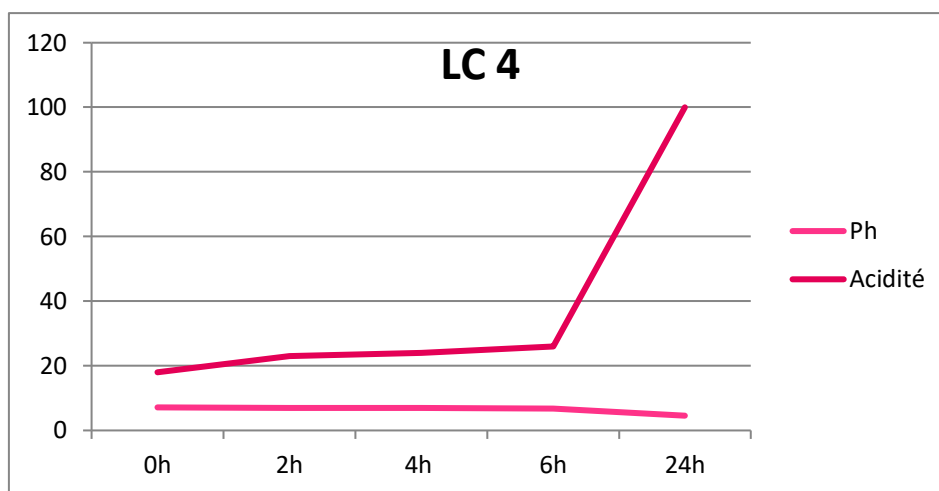


Figure 20: Courbe d'acidification de la souche LC 4

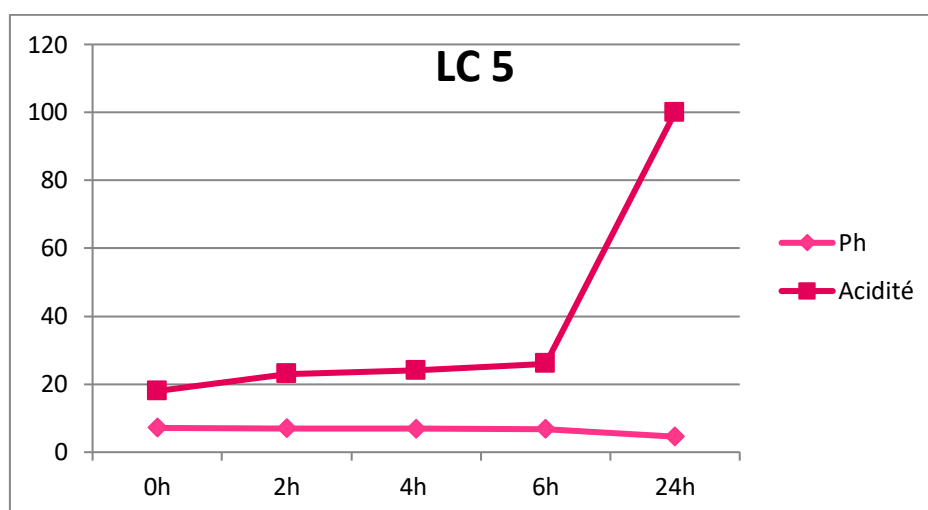


Figure 21: Courbe d'acidification de la souche LC 5

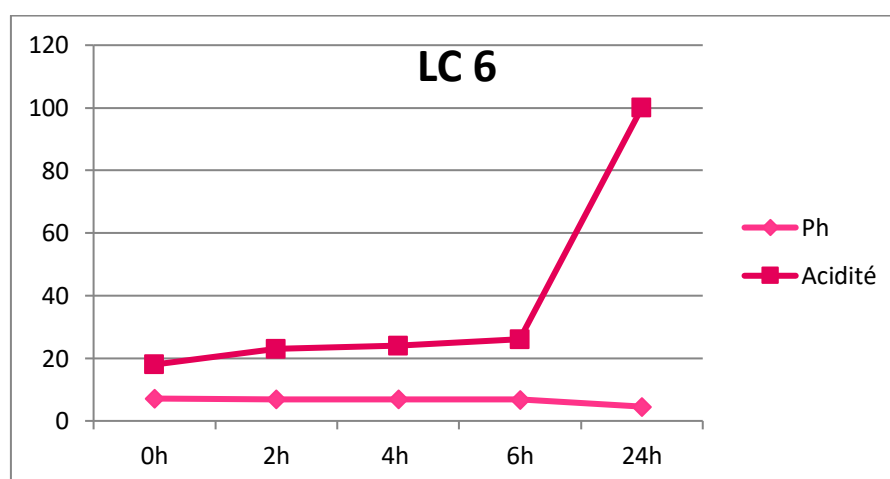


Figure 22: Courbe d'acidification de la souche LC 6

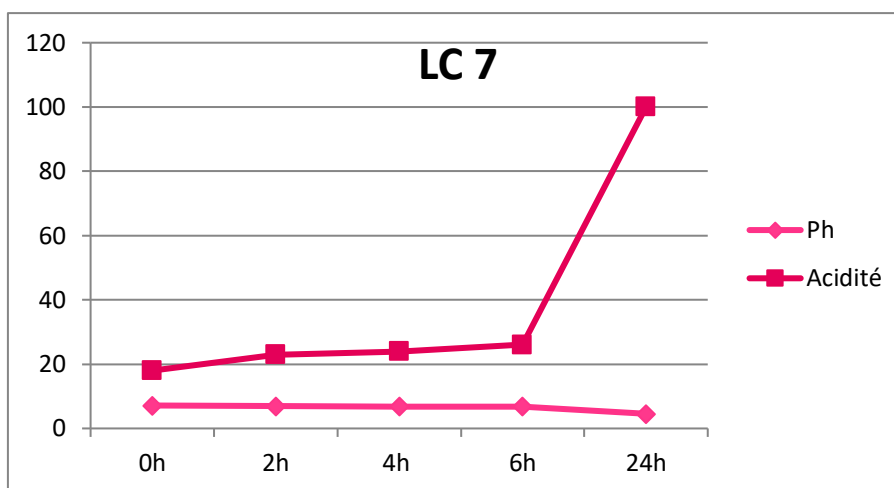


Figure 23: Courbe d'acidification de la souche LC 7

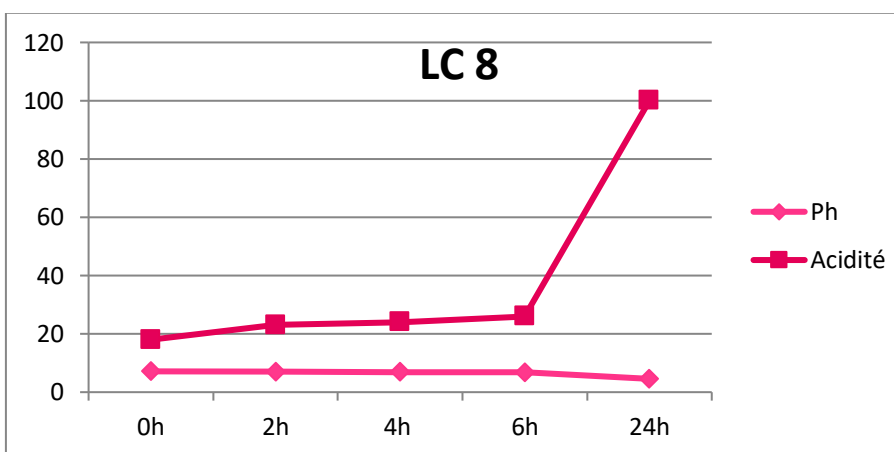


Figure 24: Courbe d'acidification de la souche LC 8

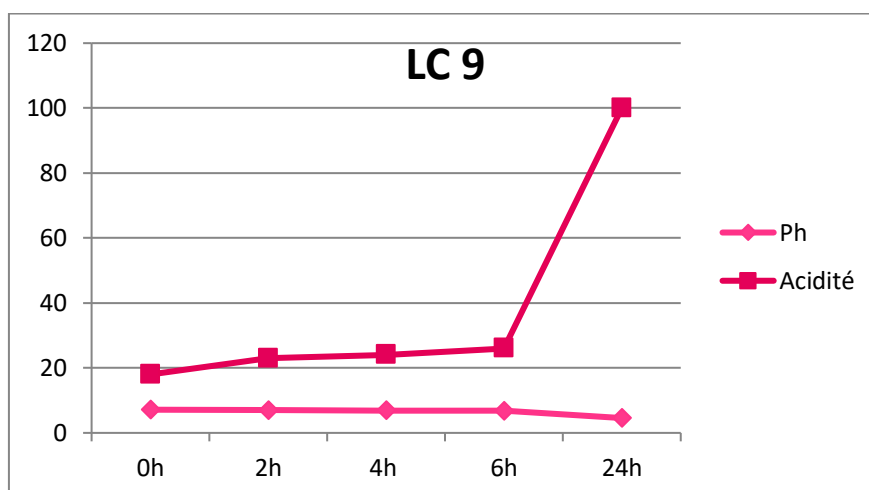


Figure 25: Courbe d'acidification de la souche LC 9

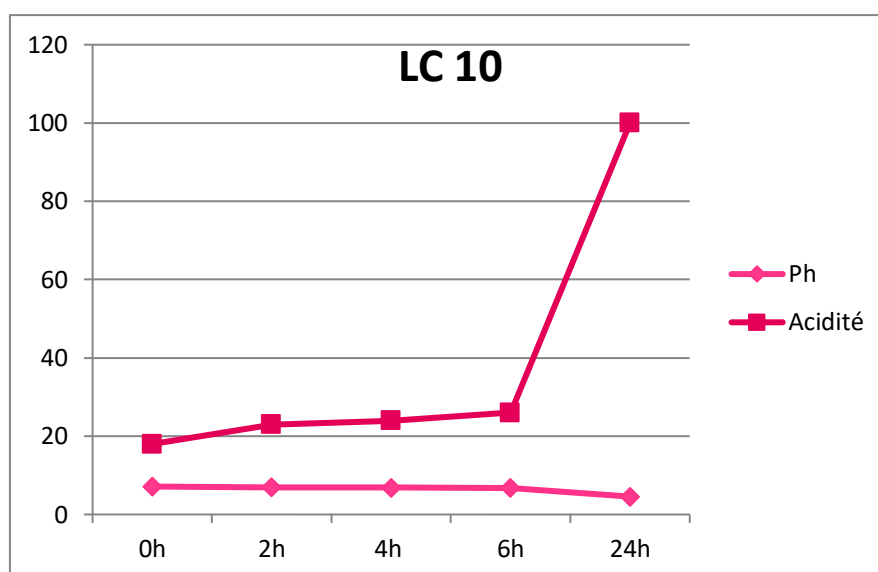


Figure 26: Courbe d'acidification de la souche LC 10

7. Essai technologique de biofermentation de coagulation lactique

Les résultats obtenus montrent que le Raib  présente globalement des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles satisfaisantes, avec un pH de 4,7 et une acidité de 82  D, traduisant une fermentation lactique efficace. Le produit se distingue par un aspect épais, une texture ferme, des arômes lactiques bien marqués, ainsi qu'une saveur naturelle. Les résultats sont réalisés dans les figures suivantes :



Figure 27: Aspect visuel et texturaux du raib  élaboré après fermentation et conditionnement dans des pots stériles

Le produit présente une texture semi-ferme avec l'apparition d'un coagulum relativement homogène et stable, traduisant une activité acidifiante correcte des souches lactiques utilisées.

Dans la surface du Raïb, apparaît globalement lisse, sans présence de défauts majeurs, et sans les signes visibles de contamination. Cependant, une légère séparation du lactosérum qui a été observée dans certains pots, indiquant un début de synérèse modérée. Ce phénomène traduit une stabilité imparfaite du gel et suggère une rétention d'eau insuffisante dans la chaîne protéique. Cette synérèse reste faible et n'affecte pas considérablement l'acceptabilité globale du produit fini.

La légère synérèse observée au niveau du Raïb traduit une contraction du réseau de caséines formé lors de la fermentation lactique, entraînant l'expulsion d'une partie du lactosérum. Ce phénomène est principalement lié à la poursuite de l'acidification après la coagulation (post-acidification), résultant de l'activité métabolique continue des bactéries lactiques.

La diminution du pH vers le point isoélectrique des caséines ($\approx 4,6$) réduit la capacité de rétention d'eau du gel, favorisant ainsi la séparation du sérum. Par ailleurs, la texture relativement peu ferme observée suggère que la structure du gel reste perfectible. Ces résultats indiquent que le produit élaboré nécessite une optimisation des conditions de fermentation et/ou des souches utilisées afin d'améliorer la fermeté du gel, de limiter la post-acidification et d'obtenir un Raïb présentant une meilleure stabilité physicochimique et une qualité sensorielle supérieure.

Afin de limiter la synérèse et d'améliorer la texture du Raïb plusieurs pistes d'optimisation peuvent être envisagées. L'utilisation de souches productrices d'exopolysaccharides (EPS) ou de cultures mixtes associant des souches acidifiantes et texturant contribuerait à renforcer le réseau protéique, à améliorer la capacité de rétention d'eau et à conférer au Raïb une texture plus ferme et plus onctueuse. Enfin, une légère augmentation de la teneur en matière sèche du lait, notamment par enrichissement en protéines, permettrait d'obtenir un gel plus dense et plus stable, réduisant ainsi le phénomène de synérèse.

Selon l'observation du produit fini, les souches lactiques utilisées dans cette fabrication possèdent une bonne aptitude acidifiante et permettent la formation du Raïb,

cependant leur activité fermentaire semble relativement intense, ce qui favorise l'augmentation de l'acidité finale et accentue le phénomène de post-acidification.

8. L'analyse sensorielle

Les résultats de l'analyse sensorielle montrent que les notes attribuées par les dégustateurs se situent en générale entre 2 et 9,5) / 10, avec une moyenne générale de 6,59/ 10 et un écart-type de 2,04. Ces résultats sont dans le tableau annexe.

Nous constatons que cette évaluation est le résultat de l'appréciation sensorielle des dégustateurs, notamment à travers les éléments de la fiche d'analyse sensorielle comparative, et l'état du produit fini.

Les résultats de l'analyse sensorielle montrent que les notes attribuées au raïb varient d'un dégustateur à l'autre, traduisant une certaine variabilité dans l'appréciation du produit. La majorité des dégustateurs ont attribué des notes comprises entre 6/10 et 8/10, ce qui indique une acceptabilité globale satisfaisante. Quelques dégustateurs ont accordé des notes très élevées ($\approx 9/10$), témoignant d'une bonne appréciation des qualités organoleptiques du produit. En revanche, un faible nombre de dégustateurs ont attribué des notes inférieures à 5/10, ce qui peut être lié à des préférences individuelles ou à certains aspects du produit, notamment la texture, la stabilité ou l'acidité. Dans l'ensemble, ces résultats montrent que le raïb élaboré est globalement bien accepté, tout en suggérant que des améliorations de la texture et de la stabilité pourraient encore accroître sa qualité sensorielle et son acceptabilité auprès des consommateurs.

Conclusion
Et
Perspectives

Conclusion et perspectives

Ce travail de recherche a permis de connaître les performances technologiques d'une souche locale de *Lactococcus lactis* en vue de son application dans la transformation laitière. Sur le plan fondamental, l'identification physiologique et biochimique a confirmé qu'il s'agit d'une bactérie lactique mésophile et anaérobie facultative, se développant en coques isolées ou en courtes chaînes. Son métabolisme homofermentaire, couplé à son statut de sécurité sanitaire (GRAS : Generally Recognized As Safe), atteste de son innocuité et de sa parfaite adaptation aux conditions de fermentation lactique du lait. Sur le plan technologique, l'évaluation des aptitudes de la souche a révélé un potentiel d'intérêt industriel indéniable. L'activité protéolytique modérée a démontré une capacité à structurer le réseau protéique, tandis que le profil aromatique obtenu s'est avéré typique des produits laitiers frais. L'essai de fermentation appliquée pour l'élaboration d'un produit de type Raïb s'est montré concluant : la souche assure une acidification et une coagulation optimales, aboutissant à un produit fini stable. Cette souche s'avère donc être un excellent candidat pour servir de culture de fermentation locale.

Afin de valoriser ces résultats et d'élargir le champ d'application de cette souche, plusieurs axes d'études futures peuvent être envisagés :

- Évaluation des propriétés probiotiques : Évaluer la tolérance de la souche aux conditions gastro-intestinales (acidité gastrique et sels biliaires) pour envisager une formulation à visée santé.
- Maîtrise du profil aromatique : Analyser de manière approfondie les composés volatils (ex. : production de diacétyl) pour optimiser et standardiser les qualités organoleptiques des dérivés laitiers.
- Essais en milieu industriel : Conduire des tests de production à l'échelle pilote ou industrielle, et étudier l'aptitude de la souche à la lyophilisation pour une commercialisation sous forme de ferments sélectionnés.

Références bibliographiques :

Abdelli, R., Sadia, Y., Kaouche, S., Benhacine, R. (2021). Etat des lieux de la filière laitière

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1990). The Technology of Traditional Milk Products in Developing Countries. FAO Animal Production and Health Paper No. 85. Rome, Italy: FAO. ISBN: 92-5-102899-0.

Akpogheli, P. O. (2025). Lactic acid bacteria: Nature, characterization, mode of action, products and applications. Review article.

Amimour, M. (2019). Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (J'ben) (Thèse de doctorat). Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie.

Ammar, E. M., Wang, F., Rao, C. V., & Wang, Z. (2020). Lactic acid production – producing microorganisms and substrate sources: State of the art. Heliyon, 6(10), e04974. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04974>

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

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. Dairy, 1(3), 202–232. <https://doi.org/10.3390/dairy1030015>

Azmi, N. S., & Hashim, A. M. (2018). Phenotypic and molecular characterisations of lactic acid bacteria isolated from Malaysian fruits. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 41(4), 1599–1611.

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 populations locales. Sciences & Technologie, Série C, 23, 30–37.

Badji, T., Durand, N., Bendali, F., Piro-Metayer, I., Zinedine, A., Ben Salah-Abbès, J., Abbès, S., Montet, D., Riba, A., & Brabet, C. (2023). In vitro detoxification of aflatoxin B1 and ochratoxin A by lactic acid bacteria isolated from Algerian fermented foods. *Biological Control*, 179, 105181. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105181>

Belarbi, F., Nielsen, D. S., Cieplak, T., Maghnia, D., Medouakh, L., Loumani, A., & Bensoltane, A. (2026). Identification, phenotypic characterization, and assessment of potential probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from the Algerian traditional cheese “El-Klila”. *FEMS Microbiology Letters*, 373, fnag039. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnag039>

Benamara, R. N. (2022). Algerian extra hard cheese of Klila: A review on production method, microbial, organoleptic and nutritional properties. Review article.

Bettera, L., Dreier, M., Schmidt, R. S., Gatti, M., Berthoud, H., & Bachmann, H.-P. (2023). Selective enrichment of the raw milk microbiota in cheese production: Concept of a natural adjunct milk culture. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1154508. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1154508>

Bhavya, D. C., Oli, A. K., & Virupakshaiah, D. B. M. (2023). A review on lactic acid bacteria identification by molecular and metagenomics approaches. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 12(12), 61–67. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2023.1212.009>

Bintsis, T., & Papademas, P. (2022). The evolution of fermented milks, from artisanal to industrial products: A critical review. *Fermentation*, 8(12), 679. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120679>

Bintsis T. Dairy Fermentation. *fermentation.2023* ; 9(3) :252. Doi : 10.3390/fermentation9030252.

Bolotin, A., Wincker, P., Mauger, S., Jaillon, O., Malmgren, K., Weissenbach, J., Ehrlich, S. D., & Sorokin, A. (2001). The complete genome sequence of the lactic acid bacterium *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* IL1403. *Genome Research*, 11(5), 731–753. <https://doi.org/10.1101/gr.169701>

Bouchibane, M., Cheriguene, A., Chougrani, F., Bououdina, M., Kaced, A., & Dahou, A. E. (2023). Technological and genotypic characteristics of lactic acid bacteria isolated from Algerian artisanal dairy products. *International Dairy Journal*, 146, 105747. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105747>

Boussekine, R., Bekhouche, F., Debaets, S., Thierry, A., Maillard, M.-B., Falentin, H., Pawtowski, A., Barkat, M., Coton, M., & Mounier, J. (2022). Deciphering the microbiota and volatile profiles of Algerian Smen, a traditional fermented butter. *Microorganisms*, 10(4), 736. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040736>

Brisville, J. (2021). Les produits laitiers dans l'occident islamique médiéval: entre théories diététiques et pratiques culinaires. Historical study.

Campbell, J. R., & Marshall, R. T. (1975). The science of providing milk for man. McGraw-Hill Book Company.

Centeno, J. A., & Carballo, J. (2023). Current advances in cheese microbiology. *Foods*, 12(13), 2577. <https://doi.org/10.3390/foods12132577>

Christensen, L. F., Goksøyr, V. P., van den Brink, H. J., & Rattray, F. P. (2023). Comparative structure analysis of multi-domain cell envelope proteases of lactic acid bacteria. *Microorganisms*, 11(9), 2256. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11092256>

Claeys, W. L., Verraes, C., Cardoen, S., De Block, J., Huyghebaert, A., Raes, K., Dewettinck, K., & Herman, L. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 42, 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.045>

Coelho, M. C., Malcata, F. X., & Silva, C. C. G. (2022). Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods*, 11(15), 2276. <https://doi.org/10.3390/foods11152276>

Dahou, A. E. A., Bouchibane, M., Meskini, Z., Aguedal, H., Touzout, N., Elfalleh, W., Bendif, H., & Tahraoui, H. (2026). Technological and molecular profiling of lactic flora in Hamra ewe's milk cheese from the Algerian steppe. *Food Science of Animal Resources*, 46(1), 59. <https://doi.org/10.1007/s44463-026-00064-x>

Darby, T. M., Owens, J. A., Saeedi, B. J., Luo, L., Matthews, J. D., Robinson, B. S., Naudin, C. R., & Jones, R. M. (2019). *Lactococcus lactis subsp. cremoris* is an efficacious beneficial bacterium that limits tissue injury in the intestine. *iScience*, 12, 356–367. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.01.030>

Darvishi, F. (2021). Acidification kinetics of lactic acid bacteria in dairy fermentation systems. Review article.

Dortu, C., & Thonart, P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 13(1), 143–154

El Sheikha, A. F., & Hu, D.-M. (2020). Molecular techniques reveal more secrets of fermented foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(1), 11–32. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1506906>

Famerée, C., & Lainé, A. (2022). L'acidification et ses rôles technologiques en transformation laitière : exemples pratiques. *DiversiFerm, Les Rendez-Vous de la Diversification*, Gembloux, Belgique.

FAO. (2024). Milk and milk products. *FAO Dairy Production and Products Gateway*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-and-milk-products/en>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). (2026). Milk and milk products: Types and characteristics. *FAO Dairy Production and Products Gateway*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/en/>

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of cheese science* (2nd ed.). Springer.

Gao, Z., Daliri, E. B.-M., Wang, J., Liu, D., Chen, S., Ye, X., & Ding, T. (2019). Inhibitory effect of lactic acid bacteria on foodborne pathogens: A review. *Journal of Food Protection*, 82(3), 441–453. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-303>

Geis, A., Bockelmann, W., & Teuber, M. (2006). Starter and adjunct cultures for cheese manufacture. In P. F. Fox & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry* (Vol. 2, pp. 449–483). Springer.

Ghalouni, E. (2019). Modélisation mathématique des activités technologiques des bactéries lactiques isolées de Leben algérien. Thesis.

Guan, Y., Zhang, L., Liu, Y., Wang, X., & Masoud, W. (2025). Post-acidification of fermented milk and its molecular regulatory mechanism. *International Journal of Food Microbiology*, 410, 110485. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110485>

Guetouache, M., Guessas, B., & Medjekal, S. (2021, juillet). Isolement et identification des bactéries lactiques à partir du fromage traditionnel algérien Klila [Communication par affiche]. Séminaire National Bio-ressources : Nutrition, Santé et Environnement 3, Université Mohamed Boudiaf de M'Sila, Algérie

Guiraud, J.-P. (1998). Microbiologie alimentaire. Paris, France : Dunod.

Harper, A. R. (2022). Fermentation of dairy and plant substrates by lactic acid bacteria. Review article.

Hernandez-Figueroa, R. H., López-Malo, A., & Mani-López, E. (2024). Antimicrobial activity and applications of fermentates from lactic acid bacteria. *Sustainable Food Technology*, 2(2), 292–306. <https://doi.org/10.1039/D3FB00241A>

Hernandez-Valdes, J. A., Solopova, A., & Kuipers, O. P. (2020). Development of *Lactococcus lactis* biosensors for detection of diacetyl and acetaldehyde. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1032. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01032>

Holzapfel, W. H., Haberer, P., Geisen, R., Björkroth, J., & Schillinger, U. (2001). Taxonomy and important features of probiotic microorganisms in food and nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2 Suppl), 365S–373S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.365s>

Huang, Y. (2023). Microbial fermentation process of lactic acid: Challenges and prospects. Review article.

Ibrahim, S. A., Ayivi, R. D., Zimmerman, T., Siddiqui, S. A., Altemimi, A. B., Fidan, H., Esatbeyoglu, T., & Bakhshayesh, R. V. (2021). Lactic acid bacteria as antimicrobial agents: Food safety and microbial food spoilage prevention. *Foods*, 10(12), Article 3131. <https://doi.org/10.3390/foods10123131>

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. <https://doi.org/10.3989/gya.085408>

International Dairy Federation. (2018). The world dairy situation 2018 (Bulletin of the IDF No. 496/2018). International Dairy Federation (IDF), Brussels, Belgium.

Jaouani, I., Abbassi, M. S., Ribeiro, S. C., Barkallah, M., Sendra, J. M., Quintela-Baluja, M., Al-Kaddour, A., & Silva, C. C. (2015). Safety and technological properties of bacteriocinogenic enterococci isolates from different origins in Tunisia. *Journal of Applied Microbiology*, 119(4), 1089–1100. <https://doi.org/10.1111/jam.12916>

Kacem, M., Zadi-Karam, H., Dalache, F., & Karam, N.-E. (2004). Bactériocines produites par *Lactococcus lactis* isolés à partir de lait de brebis de l'Ouest algérien. *Rencontres de la Recherche sur les Ruminants* (3R), 11, 433.

Karlsen, S. T., Vesth, T. C., Oregaard, G., Poulsen, V. K., Lund, O., Henderson, G., & Bælum, J. (2021). Machine learning predicts and provides insights into milk acidification rates of *Lactococcus lactis*. *PLOS ONE*, 16(3), e0246287. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246287>

Ketrouci, L. (2021). Étude physico-chimique et microbiologique du lait de brebis en Algérie. Thèse de doctorat, Université de Mostaganem.

Kheffache, H. (2021). La politique laitière en Algérie: qualité et stratégies de valorisation. Report.

Kleerebezem, M. (2020). Lifestyle, metabolism and environmental adaptation in *Lactococcus lactis*. Article.

Klein, G., Pack, A., Bonaparte, C., & Reuter, G. (1998). Taxonomy and physiology of vertebrates and isolates of *Lactobacilli* from fermented foods. *Microbiol. Research*, 153(1), 35-47.

Labrie, S. J., Eklund, M., Furey, A., & de Vos, W. M. (2018). Bacteriophage resistance mechanisms in *Lactococcus lactis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(15), e02037-17. <https://doi.org/10.1128/AEM.02037-17>

Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: Case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s42779-019-0008-4>

Luedeking, R., & Piret, E. L. (1959). A kinetic study of lactic acid fermentation. *Journal of Biochemical Engineering*, 1, 1–13.

Mamine, A. (2021). Régulation du secteur laitier en Algérie entre sécurité alimentaire et développement local. Report.

Maryati, Y., Nuraida, L., & Hariyadi, R. D. (2021). Production of organic acid and short-chain fatty acids (SCFA) from lactic acid bacteria isolate on oligosaccharide media. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 24(6), 213–221. <https://doi.org/10.14710/jksa.24.6.213-221>

Mokoena, M. P., Omatola, C. A., & Olaniran, A. O. (2021). Applications of lactic acid bacteria and their bacteriocins against food spoilage microorganisms and foodborne pathogens. *Molecules*, 26(22), 7055. <https://doi.org/10.3390/molecules26227055>

Momeny, M., Abedi, D., Ebrahimi, M. T., & others. (2023). Lactic acid bacteria and their antimicrobial properties in fermented foods: A review. *Food Bioscience*, 52, 102352. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102352>

Monnet, V., & Corrieu, G. (2011). Lactic acid bacteria proteolytic systems. In F. Mozzi et al. (Eds.), *Biotechnology of Lactic Acid Bacteria*. Wiley-Blackwell.

Ojo, A. O., & de Smidt, O. (2023). Lactic acid: A comprehensive review of production, purification, and applications. *Fermentation*, 9(3), 231. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030231>

Peng, X., Cheng, Y., & Liu, Y. (2023). Recent advances in lactic acid bacteria metabolism and applications in food fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1189456. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1189456>

Pujato, S. A., Mercanti, D. J., Briggiler Marcó, M., Capra, M. L., Quiberoni, A., & Guglielmotti, D. M. (2024). Bacteriocins from lactic acid bacteria: strategies for the bioprotection of dairy foods. *Frontiers in Food Science and Technology*, 4, 1439891. <https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1439891>

Revilla, I., González-Martín, M. I., Vivar-Quintana, A. M., & Blanco-López, M. A. (2017). Characterization and technological properties of fermented dairy products. *Food Chemistry*, 221, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.052>

Salvador, D. (2018). Structure du système MexAB-OprM. Thèse, Université de Bordeaux.

Serna-Cock, L., & Vallejo-Castillo, V. (2019). Probiotic encapsulation. *African Journal of Microbiology Research*, 13(40), 4743–4753. <https://doi.org/10.5897/AJMR2019.9125>

Sharma, H., Ozogul, F., Bartkiene, E., Rocha, J. M., & others. (2020). Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on the techno-functional properties and health benefits of fermented dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1858269>

Shen, X., Li, W., Cai, H., Guo, S., Li, M., Liu, Y., & Sun, Z. (2022). Metabolomics analysis reveals differences in milk metabolism and fermentation rate between individual *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* strains. *Food Research International*, 162, 111920. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111920>

Silarbi, T., Laabas, S., Tefiel, H., Abdellah, F., & others. (2025). Isolation and identification of lactic acid bacteria from fermented raw milk (Dhan), a traditional butter produced in western Algeria. *Tobacco Regulatory Science*, 10(1), 19–30. <https://doi.org/10.18001/TRS.10.1.150>

Stiles, M. E., & Holzapfel, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. *International Journal of Food Microbiology*, 36(1), 1–29.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(96\)01233-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(96)01233-0)

Tahlaïti, H. (2019). Propriétés technologiques des bactéries lactiques isolées de blé fermenté. Thèse, Université de Mostaganem.

Van Olst, B., Nugroho, A., Boeren, S., Vervoort, J., Bachmann, H., & Kleerebezem, M. (2024). Bacterial proteome adaptation during fermentation in dairy environments. *Food Microbiology*, 121, 104514.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2024.104514>

Wang, Y. (2021). Metabolism characteristics of lactic acid bacteria. Review article.

Wels, M., Siezen, R. J., van Hijum, S. A., Kelly, W. J., & Bachmann, H. (2019). Comparative genome analysis of *Lactococcus lactis*. *Frontiers in Microbiology*, 10, Article 4. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00004>

Willey, J. M., Sandman, K. M., & Wood, D. H. (2023). Prescott's microbiology (12th ed.). McGraw-Hill Education.

Zergoug, A. (2017). Effet des probiotiques et bactériocines sur les infections urinaires. Thèse, Université de Mostaganem.

Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M. A. P., Harris, H. M. B., Mattarelli, P., O'Toole, P. W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J., Watanabe, K., Wuyts, S., Lebeer, S., & Venturi, V. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70, 2782–2858.
<https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>

Annexe

Tableau: Milieu PCA (Plate Count Agar) (pH 6,3)

Composition	Quantité g/L
Tryptone	5
Extrait de levure	2,5
Glucose	1
Agar	18
Eau distillée	1000 ml

Tableau : Milieu MRS (Man, Rogosa et Sharpe) (pH 5,6)

Composition	Quantité g/L
Peptone	10
Extrait de viande	10
Extrait de levure	5
Glucose	20
Tween 80 I ml	2
Phosphate dipotassique	2
Acétate de sodium	5
Citrate d'ammonium	2
Sulfate de magnésium, 7 H ₂ O	0,2
Sulfate de magnes, 4 H ₂ O	0,5
Agar	18
Eau distillée	1000 ml

Tableau : Milieu M17 (pH 6,3)

Composition	Quantité g/L
Tryptone	2,5
Peptone pepsique de viande	2,5
Peptone papainique de soja	5
Extrait de viande	5
Extrait autolytique de levure	2,5
Acide ascorbique	0,5
Glycérophosphate de sodium	19
Sulfate de magnésium	0,25
Eau distillée	1000 ml

Stérilisation des milieux par autoclavage à 120°C pendant 15 min.

Annexe

Tableau: Eau peptonée

Composition	Quantité g/L
NaCl	8,5
Peptone	1
Eau distillée	1000 ml

Tableau : Eau physiologie

Composition	Quantité g/L
NaCl	9 g
Eau distillée	1000 ml

Tableau 6 : Milieu Clark et Lubs

Composition	Quantité g/L
Peptone	10
Phosphate di potassique	2
Glucose	5
Eau distillée	1000 ml

Stérilisation du milieu par autoclavage à 120°C pendant 20min.

Liste de matériels utilisés



Balance analytique



Etuve



Plaque chauffante



pH mètre



Microscope optique



Autoclave

Annexe 1 : L'analyse sensorielle du lait fermenté type raïb



Figure : le produit après la dégustation.

Tableau 7: Notes attribuées par les dégustateurs aux différents attributs sensoriels du Raïb

Dégustateur	la note / 10
D 1	6
D2	8
D3	8
D4	9,5
D5	4,5
D6	8,5
D7	3
D8	7
D9	7,5
D10	6
D11	8
D12	7
D13	7
D14	6
D15	5
D16	9
D17	2
Moyenne	6,588235294

Annexe

Fiche d'analyse sensorielle comparative du lait fermenté (F.I.L. 2018) Date :

Nom du dégustateur : Lieu :

Fonction :

Type du lait fermenté :

Examen	Nom du produit	Points à examiner	Vocabulaire
1/ Visuel		Etat du lait fermenté	Surface : lisse, exsudée, fluide. Etat : fine, épaisse, brillant
		Etat du lait fermenté	Texture : ferme, cassante, sableuse
2/ Olfactif		Arômes	Lactique : lait frais, naturel. Autres : Diacétyl, fermenté, synthétique
		Intensité	Forte, fade, typée,
3/ Gustatif		Saveurs	Description de la saveur : naturel, acide, trop acide, amer Description des sensations : Douceur, crémeux, onctueux. Description de la finale bouche : Agréable, très typique, riche en arôme, intense, persistante, plutôt courte

Observation aux dégustateurs : Mettre une croix sur l'appréciation (vocabulaire) accordée au produit dégusté

Note d'appréciation sur 10 points : à noter sur la base des résultats formulés par les dégustateurs

Etat du lait fermenté :

Surface : lisse 1 pts, exsudée : 0pts, fluide : 0pts

Etat : fine 1 pts, épaisse 0,5 pts, brillant : 0,5 pts

Texture Ferme : 1 pts, cassante : 0pt, sableuse : 0pt

Arômes : lactique 0,5 pts, autres : 0pts

Intensité : typée 0,5 pts autres : 0pts

Description de la saveur : naturel : 0,5 pts, acide : 0,5 pts, trop acide : 0 pts, amer : 0pts

Description des sensations : Douceur : crémeux : 0,5 pts, onctueux : 1 pts

Description de la finale bouche : Agréable : 1pts, très typique : 0,5pts, riche en arôme : 0,5 pts, autres : 0pts

NOTE FINALE DU PRODUIT : en totalisant la notation sur 10 / 10

OBSERVATIONS DU DEGUSTATEUR :

Figure: la fiche d'analyse sensorielle comparative du lait fermenté.