



République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
جامعة عبد الحميد بن باديس
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

Présenté par

BENNACEUR Sarah

BACHIR Maroua

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Sciences Alimentaires

Spécialité : Production et Transformation Laitière

Thème :

**L'impact de la viabilité des bactéries lactiques
sur la qualité des laits fermentés du marché**

Soutenance le 22 /06/2026 devant le jury composé de :

Président	Dr. TAHLAITI H	MCA	U de Mostaganem
Examineur	Dr. DAHOU.A.E. A	MCA	U de Mostaganem
Encadrant	Dr. CHERRAD H	MCB	U de Mostaganem

Réalisé au : Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale (LSTPA)

Année universitaire 2025 - 2026

Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers **Dieu** Tout-Puissant pour nous avoir accordé la force, la patience et la guidance nécessaires à la réalisation de ce travail.*

*Nos remerciements les plus sincères vont à **nos familles respectives**. Merci pour votre amour inconditionnel, vos prières constantes et votre soutien indéfectible qui ont été notre source de motivation.*

*Nous adressons notre vive reconnaissance à notre encadrante, Docteur **CHERRAD Hayet**, pour la confiance qu'elle nous a témoignée, la pertinence de ses conseils et sa grande disponibilité tout au long de ce mémoire.*

*Nous exprimons également notre gratitude à Docteur **DAHOU Abdelkader Amine** pour la qualité de son orientation, son aide précieuse et pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous remercions chaleureusement notre enseignante et la Présidente du jury, Docteur **TAHLAITI Hafida**, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider ce jury et d'évaluer ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent aussi à Monsieur **Nourdine**, ingénieur au laboratoire, pour son assistance technique et son soutien logistique déterminants.*

Enfin, nous remercions chaleureusement nos collègues et amis pour leurs encouragements, leur bienveillance et l'appui moral qu'ils nous ont apportés durant tout ce parcours.

Résumé

Cette étude porte sur l'évaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique de quatre produits laitiers fermentés (L'ben, Yaourt Activia, Yaourt brassé aromatisé, Fromage frais) prélevés dans la wilaya de Mostaganem. L'objectif principal est de déterminer l'évolution de la viabilité des bactéries lactiques (BL) et la conformité des paramètres physico-chimiques depuis la mise en rayon jusqu'à la fin de la Date Limite de Consommation (DLC). Les dénombrements microbiologiques, effectués sur milieux MRS et M17, révèlent une excellente viabilité des ferments, avec des charges bactériennes maintenues entre 10^7 et 10^{10} UFC/mL en fin de conservation, validant ainsi la qualité sanitaire et l'activité biologique des produits. Les analyses physico-chimiques (pH, acidité titrable, extrait sec, matières grasses et protéiques) confirment une stabilité remarquable, témoignant d'une maîtrise industrielle des procédés de fabrication. Le test de la catalase, négatif pour l'ensemble des isolats, confirme l'absence de contamination par des germes aérobies. L'étude a également mis en évidence une distinction métabolique : alors que les yaourts et fromages frais présentent une activité homofermentaire stable, le Lben se distingue par une transition hétérofermentaire tardive en fin de DLC, manifestée par une production de gaz. Ce phénomène, loin d'être une altération, reflète la biodiversité microbienne inhérente au Lben. En conclusion, les produits analysés répondent aux exigences réglementaires et maintiennent leurs propriétés fonctionnelles jusqu'au terme de leur conservation, soulignant l'importance cruciale du respect de la chaîne du froid pour préserver cet écosystème vivant.

Mots-clés : Bactéries lactiques, Laits fermentés, Viabilité, DLC, Qualité physico-chimique,

الملخص

تتناول هذه الدراسة تقييم الجودة الميكروبيولوجية والفيزيائية الكيميائية لأربعة منتجات ألبان متخمرة (اللبن، ياغورت أكتيفيا، الياغورت المخضوض المنكه، والجبن الطازج) تم جمعها من ولاية مستغانم بالجزائر. ويهدف هذا العمل أساساً إلى دراسة تطور حيوية بكتيريا حمض اللاكتيك ومدى مطابقة الخصائص الفيزيائية الكيميائية للمنتجات منذ عرضها في الأسواق إلى غاية نهاية مدة صلاحيتها للاستهلاك. أظهرت نتائج العدّ الميكروبيولوجي المنجز على وسطي MRS و M17 حيوية مرتفعة جداً للبكتيريا اللبنية، حيث تراوحت أعدادها بين 10^7 و 10^{10} وحدة مكوّنة للمستعمرات/مل عند نهاية فترة الحفظ، مما يؤكد الجودة الصحية والنشاط البيولوجي لهذه المنتجات. كما بينت التحاليل الفيزيائية الكيميائية، التي شملت الرقم الهيدروجيني (pH)، والحموضة المعاييرة، والمستخلص الجاف الكلي، ونسبة المواد الدهنية والبروتينية، استقراراً ملحوظاً يعكس التحكم الجيد في عمليات التصنيع الصناعية وأظهرت اختبارات الكاتالاز نتائج سلبية لجميع العزلات، مما يؤكد غياب التلوث بالجراثيم الهوائية. كما كشفت الدراسة عن اختلاف في النشاط الأيضي بين المنتجات؛ فبينما حافظت أنواع الياغورت والجبن الطازج على نشاط تخمري متجانس (Homofermentative)، تميز اللبن بظهور نشاط تخمري غير متجانس (Heterofermentative) في نهاية مدة الصلاحية، تمثل في إنتاج الغاز. ولا يُعد هذا السلوك دليلاً على فساد المنتج، بل يعكس التنوع الميكروبي الطبيعي المميز للبن. وفي الختام، أثبتت النتائج أن المنتجات المدروسة تستجيب للمتطلبات التنظيمية وتحافظ على خصائصها الوظيفية حتى نهاية مدة صلاحيتها، مما يبرز الأهمية الكبيرة لاحترام سلسلة التبريد للحفاظ على هذا النظام الميكروبي الحي

. **الكلمات المفتاحية:** بكتيريا حمض اللاكتيك، منتجات الألبان المتخمرة، الحيوية، مدة الصلاحية، الجودة الفيزيائية الكيميائي

Abstract

This study evaluates the microbiological and physicochemical quality of four fermented dairy products (Lben, Activia yogurt, flavored stirred yogurt, and fresh cheese) collected from the Wilaya of Mostaganem, Algeria. The main objective was to assess the evolution of lactic acid bacteria (LAB) viability and the compliance of physicochemical parameters from the time of commercialization until the end of the shelf life (expiry date). Microbiological counts performed on MRS and M17 media revealed excellent viability of the starter cultures, with bacterial populations maintained between 10^7 and 10^{10} CFU/mL at the end of storage, confirming both the sanitary quality and the biological activity of the products. Physicochemical analyses, including pH, titratable acidity, total solids, fat content, and protein content, demonstrated remarkable stability, reflecting effective industrial control of manufacturing processes. Catalase tests were negative for all isolates, confirming the absence of contamination by aerobic microorganisms. The study also highlighted a metabolic distinction among the products: while yogurts and fresh cheese maintained stable homofermentative activity, Lben exhibited a late heterofermentative shift at the end of its shelf life, characterized by gas production. Rather than indicating spoilage, this phenomenon reflects the natural microbial biodiversity inherent to Lben. In conclusion, the analyzed products complied with regulatory requirements and maintained their functional properties throughout their shelf life, emphasizing the critical importance of cold chain management in preserving this living microbial ecosystem.

Keywords: Lactic acid bacteria, Fermented dairy products, Viability, Shelf life, Physicochemical quality

.

.

Table des matières

Résumé	
الملخص	
Abstract	
Introduction	1
Partie bibliographique	3
Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière	3
I.1. Généralités sur les bactéries lactiques.....	4
I.2. Classification	4
I.3. Métabolisme des BL	6
I.2, Métabolisme des glucides.....	6
I.3.2. Autres métabolismes	7
I.4. Implications technologiques :	8
I.4.2. Développement des saveurs	9
I.4.3. Production d'exo polysaccharides (EPS) pour la texture	9
I.5. Exigences réglementaires relatives à la viabilité des bactéries lactiques	10
I.5.1. Réglementation American FDA.....	10
I.5.2. Normes internationales (codex Alimentarius / FAO/ WHO)	11
I.6. Limite industriel et défis technologie.....	12
Chapitre II : Viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés commerciaux et son impact sur la qualité	
II.1. Facteurs affectant la viabilité des BL.....	15
II.1.1. Facteurs intrinsèques	15
II.1.2. Facteurs Extrinsèques (Environnementaux et technologiques)	15
II.1.2.1. Les traitements thermiques,	15
II.1.2.2. Processus de fermentation	16
II.1.2. 3. Conditions de stockage	16
II.2. Méthodes de dénombrement et d'évaluation de la viabilité.....	16
II.2.1. Techniques microbiologiques classiques.....	16
II.2.2. Méthodes rapides et analytiques.....	17
II.3. État des lieux sur le marché	17
II.4. Qualité sanitaire et conservation.....	18
Parties II : Matériel et méthodes.....	20
II.1. Cadre de l'étude.....	21
II.2. Lieu de l'étude.....	21
II.3. Objectif du travail	21

II.4. Analyses physico-chimiques	22
II.4.1. Mesure du pH	22
II.4.2. Acidité titrable	22
II.4.3. Extrait sec	22
II.4.4. Matière grasse	23
II.4.5. Matière protéique.....	23
II.5. Analyses microbiologiques.....	24
II.5.1. Diluion décimale	Erreur ! Signet non défini. 24
II.5.2. Préparation des milieux de culture	24
• MRS	
• M17	
II.5.3. Isolement.....	26
II.5.4. Test de caractérisation	27
II.5.4.1. Test catalase	27
II.5.4.2.. Coloration de GRAM	28
II.5.4.3 Test fermentaire	29
Parties III Résultats et Discussion	
III.1. Résultats de l'enquête de consommation	32
II.2. Résultat des analyses physico chimiques	34
III.2.1. Résultat de l'analyse physicochimique avant la DLC	34
III.2.2. Résultat de l'acidité titrable	36
III.2.3. Résultat de l'analyse physicochimique après la DLC	37
III.3. Résultat de l'étude microbiologique	39
III.3.1. Résultats le jour de l'échantillonnage (avant DLC)	39
III.3.2. Résultats après le dépassement de la DLC	41
III.4. Résultat de la caractérisation des BL	43
III.4.1. Résultats Test de la catalase	43
III.4.2. Résultats coloration de GRAM	44
III.4.3. Résultats du test fermentaire	44
III.5. Qualité sanitaire et conservation	46
Conclusion Générale	49
Référence Bibliographique.....	52
Annexes.....	57

Liste des figures

Figure 1 : Schéma montrant l'arbre phylogénique basée sur la comparaison du gène de l'ARN 16 S.....	5
Figure 2 : schéma des fermentation homo et hétérofermentaire.....	7
Figure 3 : Mesure du PH (photo de PH-mètre)	22
Figure 4 : La balance pour mesure L'Extrait sec.....	23
Figure 5 : Préparation de milieux MRS et M 17.....	26
Figure 6 : Isolement des BL sur MRS et M17.....	27
Figure 7 : Test de la catalase sur les colonies retrouvées après ensemencement.....	28
Figure 8 : Coloration de Gram des souches bactériennes.....	29
Figure 9 : Dénombrement des BL sur milieux MRS et M17 avant DLC	40
Figure 10 : La charges Bactériennes aux boîtes de Pétri au milieux M 17 et MRS après la DLC.....	41
Figure 11 : Observation microscopique milieu MRS.....	44
Figure 12 : présents résultats de test hétérofermentaire après DLC.....	45

Liste des Tableaux

Tableau 1 : classification des bactéries lactique	5
Tableau 2 présentent les Exigences règlementaires	11
Tableau 3 présentent Synthèse comarative	12
Tableau 4 : Ingrédients en grammes pour un litre d'eau purifiée.....	24
Tableau 5 : Résultats de l'analyses physico-chimique des échantillons avant DLC.....	35
Tableau 6 Résultats de l'acidité titrable des quatre échantillons.	36
Tableau 7 Résultats de l'étude physico-chimique des échantillons après DLC	38
Tableau 8 : Dénombrement des colonies des BL sur milieu MRS et M17	39
Tableau 9 : Dénombrement des BL sur MRS et M17 après la DLC.....	40
Tableau 10: résultats du test de catalase sur les différents échantillons.....	43
Tableau 11: résultats du test de fermentation des différents échantillons.....	45

Liste de Abréviation

- **ATP** : Adénosine triphosphate
- **BL** : Bactérie lactique
- **D** : Diamètre de colonie
- **d** : Diamètre de l'explant
- **DLC** : Date limite de consommation
- **DMSO** : Diméthyl sulfoxyde
- **EPS** : Exo polysaccharides
- **EST** : Extrait sec total
- **F** : Formulation
- **FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
- **FDA** : Food and Drug Administration
- **ISO** : Organisation internationale de normalisation
- **M17** : Milieu de culture pour lactocoques
- **MG** : Matière grasse
- **MP** : Matière protéique
- **MRS** : Milieu de Man, Rogosa et Sharpe
- **NaOH** : Hydroxyde de sodium
- **PDA** : Potato Dextrose Agar
- **PET** : Polyéthylène téréphtalate (Emballages alimentaires)
- **PH** : Potentiel d'hydrogène
- **PCR** : Réaction de polymérisation en chaîne
- **QPCR** : PCR quantitative

Introduction

Les laits fermentés occupent une place prépondérante dans l'alimentation humaine grâce à leur valeur nutritionnelle, leurs qualités organoleptiques et leurs effets bénéfiques sur la santé. Qu'il s'agisse de yaourts, de L'ben ou d'autres boissons lactées, ces produits sont le résultat de la transformation du lactose en acide lactique par des micro-organismes spécifiques : les bactéries lactiques (BL). Cette fermentation assure non seulement la conservation du produit, mais enrichit également sa texture, sa saveur et sa digestibilité (Shi et al., 2023).

Les bactéries lactiques dominantes, telles que *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, assurent des fonctions technologiques cruciales. Par la production d'acide lactique, de bactériocines et d'enzymes, elles garantissent la stabilité microbiologique, développent des composés aromatiques complexes et améliorent les propriétés texturales (Saleem et al., 2024). Par ailleurs, leur viabilité au sein de la matrice est un déterminant majeur de la qualité nutritionnelle et des potentiels effets probiotiques conférés au consommateur (Jang et al., 2024).

Cependant, la survie de ces ferments demeure variable, influencée par les souches utilisées, les conditions de fermentation, le conditionnement et la stabilité de la chaîne du froid durant la commercialisation. Bien que la réglementation impose des standards minimaux, la réalité du marché peut présenter des disparités. Dès lors, la problématique de ce travail consiste à évaluer l'influence de la viabilité des bactéries lactiques sur les caractéristiques technologiques, physico-chimiques et sanitaires des laits fermentés commercialisés dans la région de Mostaganem, et à vérifier leur conformité tout au long de la période de consommation.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la dynamique de la viabilité des bactéries lactiques (BL) dans une gamme de laits fermentés représentatifs du marché de Mostaganem (L'ben, yaourt brassé, yaourt fonctionnel et fromage frais), depuis leur mise en rayon jusqu'à la fin de leur date limite de consommation (DLC).

Ce travail s'articule autour de trois axes :

- **Caractérisation microbiologique** : Dénombrer les populations de BL viables sur milieux sélectifs (MRS et M17).
- **Évaluation physico-chimique** : Analyser les paramètres clés afin de corrélérer la stabilité biochimique avec la viabilité microbienne.

- **Analyse de l'impact technico-sanitaire :** Évaluer si la persistance des ferments garantit l'innocuité et le maintien des propriétés fonctionnelles des produits, même au-delà de la date de péremption, en soulignant l'importance critique du respect de la chaîne du froid.

Notre manuscrit comprend trois parties principales :

- ✓ Partie I partie bibliographique : un chapitre sur les généralités sur les BL, leurs métabolismes et leurs intérêts technologique suivie d'un chapitre qui s'intéresse aux facteurs influençant la viabilité des BL .
- ✓ Partie 2 : matériels et méthodes, décrivant le matériel utilisé et les méthodes analytiques suivies.
- ✓ Partie 3 : résultats et discussions, présentant et interprétant les résultats des analyses physicochimiques et de la viabilité des BL, suivie d'une discussion des résultats.

Partie I :

Bibliographique

Chapitre I :

Les Bactéries Lactiques et la fermentation
Laitière

I.1. Généralités sur les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques (BL) constituent un groupe phylogénétiquement diversifié de procaryotes à Gram positif, caractérisés par leur morphologie non sporulée et leur immobilité. Sur le plan physiologique, elles sont définies comme des micro-organismes anaérobies aérotolérants, catalase négatifs et oxydase négatifs (Zheng et al., 2020).

Morphologiquement diversifiées (coques ou bâtonnets), elles présentent des exigences nutritionnelles complexes, nécessitant des apports exogènes en vitamines, acides aminés et acides gras. Sur le plan métabolique, ces bactéries sont des chimio-organotrophes. Elles fermentent les glucides alimentaires pour produire principalement de l'acide lactique. Par ailleurs, la dégradation des protéines et des lipides, ainsi que la production de divers alcools, aldéhydes, acides, esters et d'autres composés, contribuent au développement de profils aromatiques caractéristiques dans les différents produits fermentés. (Bintsis, 2018)

I.2. Classification des Bactéries Lactiques

La classification moderne des bactéries lactiques (BL) est le fruit d'une évolution scientifique progressive. Le microbiologiste **Orla-Jensen** est considéré comme le pionnier en la matière : dès 1919, il a établi une classification pionnière fondée sur des critères morphologiques, physiologiques et sur les profils de fermentation des glucides (tableau 1).

Cette approche phénotypique a été ultérieurement enrichie, puis supplantée, par l'utilisation de marqueurs chimiotaxonomiques, tels que la composition des acides gras et les constituants membranaires. Par la suite, l'introduction du séquençage de l'ARNr 16S a permis de reclasser les BL selon leur parenté phylogénétique réelle (figure 1), amorçant une restructuration profonde du groupe (Collins et al., 1991 ; Zheng et al., 2020). Les bactéries lactiques appartiennent aux genres suivants : *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Melissococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* et *Weissella*.

À ce jour, la phylogénomique, s'appuyant sur le séquençage du génome complet (*Whole Genome Sequencing* - WGS), constitue la norme de référence. Cette approche a permis des révisions taxonomiques majeures, dont la plus emblématique reste le remaniement du genre *Lactobacillus* en 25 genres distincts, visant à garantir une plus grande homogénéité évolutive au sein du groupe (Zheng et al., 2020).

Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière

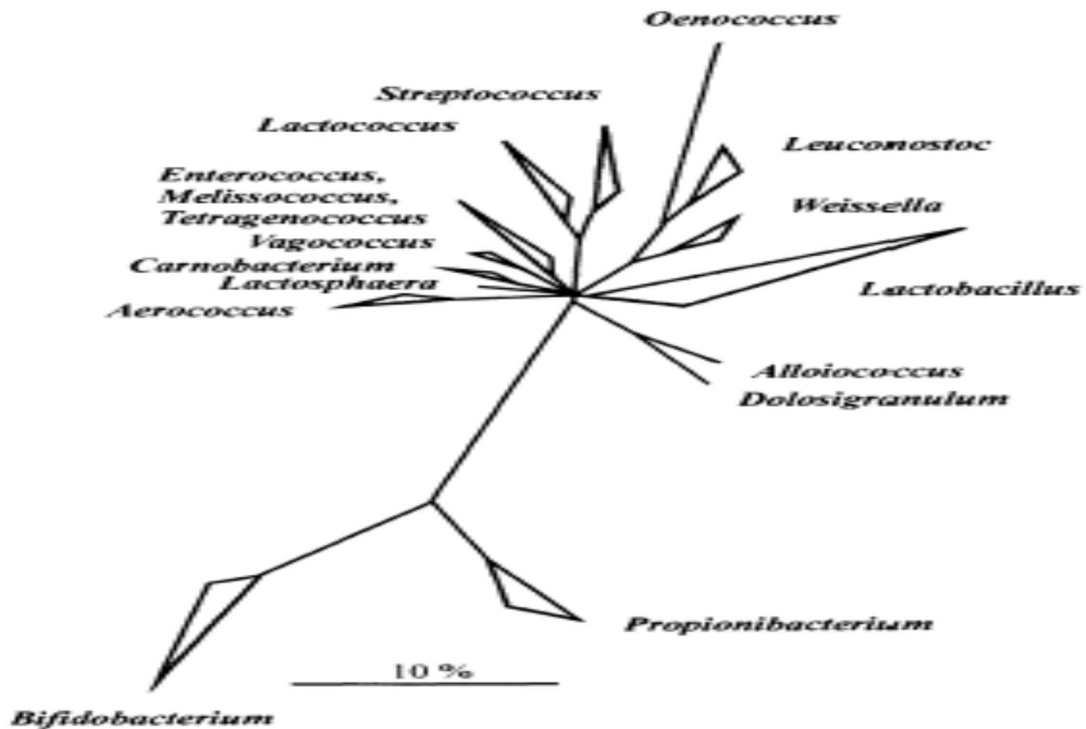


Figure 1 . Schéma montrant l'arbre phylogénique basée sur la comparaison du gène de l'ARN 16 S (Holzapfel *et al.*, 2001)

Tableau 3 : classification des bactéries lactique (Orla-Jensen 1919 cité par George et al. 2018)

Genre	Morphologie	Types de fermentation	Espèces clés	Habitat / Applications
Lactocoque	Coques, chaînes	Homofermentaire	<i>LC. Laci subsp. Lactis, Lc. Lactis subsp. Crémoirs</i>	Ferments laitiers (fromages, beurre) producteur de nisine
Streptocoque	Coques, chaînes	Homofermentaire	<i>S. thermophilus</i>	Yaourts, fromages à pâte pressée cuite
Lactobacillus (sensu stricto)	Bâtonnet Bacille	Homo- ou hétérofermentaire	<i>Lb. Delbrueckii, Lb. Acidophilus, Lb. Johnsonii, Lb. Crispatus</i>	Yaourt, probiotiques, flore vaginale
Leuconostoc	Coques, chaînes	Hétérofermentaire	Leu. Mesenteroides, Leu. Lactis	Beurre (arôme diacétyle), choucroute

I.3. Métabolisme des BL

I. 3.1. Métabolisme des glucides

Le métabolisme des glucides constitue la caractéristique fondamentale des bactéries lactiques (BL), leur permettant de convertir les sucres en acide lactique, assurant ainsi la coagulation et la conservation des produits laitiers fermentés. Bien que cette capacité soit ubiquitaire, le profil métabolique varie selon le genre et l'espèce, principalement via deux voies distinctes : La voie homofermentaire (Voie d'Embden-Meyerhof-Parnas - EMP) et La voie hétérofermentaire (Voie des pentoses phosphates - PP).

- **La voie homofermentaire (Voie d'Embden-Meyerhof-Parnas - EMP) :** Les BL homofermentaires (ex: *Lactococcus*, *Streptococcus* et la majorité des espèces du nouveau genre *Lactobacillus*) utilisent la glycolyse pour convertir le glucose en deux molécules de lactate, avec un rendement énergétique optimal (2 moles d'ATP par mole de glucose). Cette voie est privilégiée pour la production rapide d'acide lactique lors de la fermentation laitière (Zhang et al., 2023).
- **La voie hétérofermentaire (Voie des pentoses phosphates - PP) :** Les BL hétérofermentaires (ex: *Leuconostoc*, *Weissella* et certains *Limosilactobacillus*) possèdent la phosphocétolase, une enzyme clé permettant la dégradation des hexoses en lactate, éthanol (ou acétate) et CO₂. Bien que moins productive en ATP, cette voie génère des composés volatils essentiels au développement des arômes et à la texture des produits fermentés (Salveti et al., 2021). Ainsi, Selon les souches, le glucose peut être converti : en acide lactique, CO₂, éthanol et ATP, OU en acide lactique, CO₂, acide acétique, 2 ATP et 2 NADH. Les Espèces principales de bactéries présentant ce type de métabolisme sont *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum* et *Lactobacillus reuteri* (hétérofermentaire obligatoires) et *Lactobacillus alimentarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus pentosus* et *Lactobacillus xylosus* (hétérofermentaire facultatives) (Bintsis et Thomas, 2018).

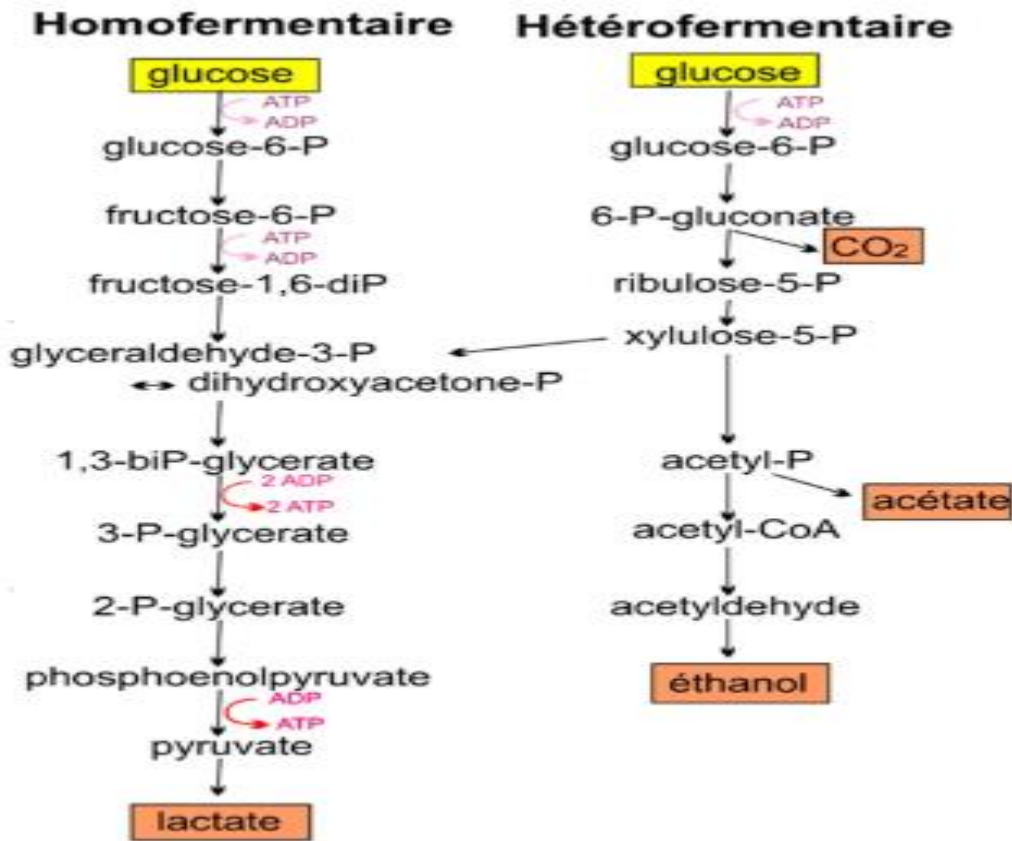


Figure 2 : schéma de la fermentation homo et hétérofermentaire

I.3.2. Autres métabolismes

I.3.2.1. Capacité Protéolytique des BL

Les bactéries lactiques (BL) possèdent un système protéolytique complexe et hautement coordonné, essentiel à leur développement. Ce processus débute par l'hydrolyse des caséines natives du lait en oligopeptides grâce aux protéases liées à la paroi, telles que la PrtP chez *Lactococcus* ou les CEP chez *Lactobacillus* (Ji et al., 2021). Ces oligopeptides sont ensuite importés dans la cellule où ils sont dégradés en acides aminés libres par un pool de peptidases intracellulaires.

Ce métabolisme azoté est une condition *sine qua non* pour soutenir la croissance bactérienne et garantir une viabilité cellulaire élevée au sein des laits fermentés industriels (Savijoki et al., 2024). Par ailleurs, une activation maîtrisée de cette voie enzymatique permet, au cours de la conservation, de moduler la texture et de générer des précurseurs d'arômes, tout en favorisant la libération de peptides bioactifs à haute valeur fonctionnelle pour la santé humaine (Koirala et al., 2023).

Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière

I.3.2.2. Capacité Lipolytique des BL

La capacité lipolytique des bactéries lactiques (BL) repose sur un système enzymatique complexe composé de lipases et d'estérases majoritairement intracellulaires. Leur libération dans la matrice laitière, amplifiée par la lyse cellulaire lors de la conservation, joue un rôle clé dans le développement des propriétés organoleptiques (**Aslam et al., 2021**).

Bien que cette activité soit modérée, elle est essentielle à la formation de la flaveur : l'hydrolyse des triglycérides libère des acides gras libres (AGL), précurseurs de composés volatils comme les esters, les lactones et les cétones, déterminants pour l'acceptabilité sensorielle du produit (**Delgado et al., 2023**).

Toutefois, le choix des souches doit être rigoureux : une lipolyse trop intense peut entraîner l'accumulation d'acides gras à longue chaîne, dont l'effet cytotoxique sur les membranes bactériennes altère significativement la viabilité des ferments en fin de conservation (**Peralta et al., 2022**).

I.4. Implications technologiques :

Les métabolismes des bactéries lactiques ont des implications technologiques majeures en fermentation alimentaire, en biopréservation, en amélioration sensorielle et nutritionnelle, et de plus en plus comme plateformes de production de composés à valeur ajoutée (**Wang et al., 2021**). Leur intérêt technologique repose sur la diversité de leurs voies glucidiques, protéolytiques et lipolytiques, qui déterminent l'acidification, la texture, les arômes, la stabilité et l'adaptation aux matrices alimentaires ou non alimentaires (**Bintsis, 2018**).

I.4.1. Coagulation du lait

La cinétique de coagulation du lait est intimement liée à la vitesse d'acidification, laquelle dépend directement de l'efficacité de la voie homofermentaire (EMP) des bactéries lactiques. Une production rapide et contrôlée d'acide lactique induit une diminution progressive du pH, favorisant la solubilisation du phosphate de calcium colloïdal et la neutralisation des charges négatives des caséines. Ce processus de déstabilisation contrôlée permet la formation d'un réseau protéique uniforme et ferme, garantissant ainsi les propriétés rhéologiques optimales du produit final (**Zhang et al., 2023**).

Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière

À l'inverse, une cinétique d'acidification non maîtrisée peut entraîner une microstructure hétérogène, se traduisant par une synérèse accrue et une texture altérée (**Peralta et al., 2022**).

I.4.2. Développement des saveurs

Les acides aminés et les acides gras constituent des précurseurs essentiels du profil aromatique des produits laitiers. Les acides aminés, par des réactions successives de transamination, de décarboxylation et de déshydrogénation, sont convertis en aldéhydes, alcools et acides.

Parallèlement, la β -oxydation des acides gras génère des composés volatils conférant des notes caractéristiques aux produits affinés. Par ailleurs, certaines souches, telles que *Lactococcus lactis* biovar *diacetylactis*, valorisent le citrate via l'opéron *citQRP* pour produire du diacétyle (arôme beurre) et de l'acétoïne (**Wang et al., 2022**).

I.4.3. Production d'exopolysaccharides (EPS) pour la texture

De nombreuses bactéries lactiques présentent la capacité de synthétiser des exopolysaccharides (EPS), qu'ils soient homo- ou hétéropolymériques, sécrétés sous forme capsulaire ou de mucus. Ces polymères jouent un rôle technologique déterminant en agissant comme des texturants naturels. En augmentant la viscosité et en stabilisant la matrice laitière, les EPS améliorent la consistance du produit et optimisent la capacité de rétention d'eau, limitant ainsi significativement le phénomène de synérèse, particulièrement dans les yaourts et les fromages frais (**Zarour et al., 2017**).

I.4.4. Conservation et bio préservation

- **Effet conservateur**

Il repose essentiellement sur l'effet barrière de la fermentation lactique. La production rapide d'acide lactique abaisse le pH du milieu en dessous de 4,6, un seuil critique qui limite drastiquement le développement des germes pathogènes et des flores d'altération. Cette acidification naturelle, couplée à une compétition efficace pour les nutriments, constitue ainsi un levier de biopréservation fondamental garantissant la stabilité microbiologique et la sécurité du produit final (Gänzle, 2015; Zhang et al., 2023).

- **Production de bacteriocines**

Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière

Les bactériocines sont des peptides ou des protéines de faible poids moléculaire, synthétisés par voie ribosomique, dont le spectre d'action est principalement dirigé contre des microorganismes apparentés. Leur mécanisme fondamental repose sur l'interaction avec la membrane plasmique des bactéries cibles, induisant une perméabilisation membranaire létale. Alternativement, certaines bactériocines exercent leur effet bactéricide en inhibant la synthèse de la paroi cellulaire ou des acides nucléiques (Alegria et al., 2022).

Dans le contexte de la biopréservation, l'exploitation de ces métabolites, ou des souches productrices elles-mêmes, constitue une stratégie prometteuse pour inhiber sélectivement les agents pathogènes et les flores d'altération. Cette approche permet de prolonger la durée de vie des produits laitiers tout en limitant le recours aux conservateurs de synthèse. La nisine demeure, à ce titre, l'exemple emblématique de bactériocine largement intégrée aux procédés industriels pour sa robustesse et son efficacité démontrée (García-Cano et al., 2024).

I.5. Exigences réglementaires relatives à la viabilité des bactéries lactiques

Les exigences réglementaires concernant la viabilité des bactéries lactiques dans les produits finis varient sensiblement selon les instances internationales proposant des recommandations distinctes selon les autorités compétentes et les allégations de santé revendiquées (Boukhalifa & Meziane, 2024).

I.5.1. Règlementation American FDA

Aux États-Unis, la FDA (*Food and Drug Administration*) encadre la définition et les exigences relatives aux produits laitiers fermentés, notamment le yaourt, au sein du *Code of Federal Regulations* (21 C.F.R. § 131.200, 2023).

Cette réglementation stipule que le produit final doit contenir une culture bactérienne vivante et active, composée de *Lactobacillus bulgaricus* (désormais reclassé sous le nom de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) et de *Streptococcus thermophilus*. Bien que la FDA n'impose pas de nombre minimal de cellules viables à la consommation dans ce texte spécifique, le maintien de la viabilité des ferments est considéré comme un critère de conformité

Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière

essentiel à l'identité du produit « yaourt », garantissant ainsi ses propriétés caractéristiques jusqu'à la date limite de péremption.

Tableau 4 présentent les Exigences réglementaires (21 C.F.R. § 131.200 2023)

Exigence	Valeur
Limite a la fabrication	10 ⁷ UFC/g (10 ⁷ CFU/g)
Limite en fin de durée de vie	10 ⁶ UFC/g (10 ⁶ CFU/g)

Cette réglementation précise que le produit peut porter la mention " contains live and active culture " s'il respecte un seuil minimal de 10⁷ UFC/g au moment de la fabrication, avec une attente raisonnable de maintien à 10⁶ UFC/g jusqu'au à la fin de la durée de vie attribuée par le fabricant. Il est important de noter que les produits traités thermiquement après fermentation pour prolonger leur durée de vie doivent obligatoirement porter la mention " does not contain live and active culture

1.5.2. Normes internationales (codex Alimentarius / FAO/ WHO)

Le **codex Alimentarius** (Codex STAN 243 – 2003) et la FAO/WHO établissent des critères distincts pour les laits fermentés et le yaourt (Ayivi & Ibrahim, 2022).

- **Yaourt** : seuil minimal 10⁶ UFC/g pour l'ensemble des micro-organismes de la culture starter (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) . Ces micro-organismes doivent être viables et abondants dans le produit final.
- **Lait fermenté** : si d'autres bactéries probiotiques comme *Bifidobacterium* ou autre (*Lactobacillus*) sont ajoutées, le seuil minimal est de 10⁷ UFC/g pour le micro-organisme total de la culture starter (Ayivi & Ibrahim, 2022)

1.5.3. ISO (Organisation Internationale de Normalisation)

L'ISO ne fixe pas de seuil légal de viabilité (ce n'est pas son rôle), mais elle définit les méthodes normalisées pour dénombrer ces bactéries. Sans méthode harmonisée, une norme légale est inapplicable.

1.5.4. EFSA (European Food Safety Authority)

En Europe, bien que les règlements soient harmonisés, l'EFSA (*European Food Safety Authority*) impose des exigences supplémentaires lorsque des allégations de santé sont revendiquées. Dans ce contexte, la viabilité des ferments est scrutée non seulement au titre de la conformité du produit, mais aussi pour valider son potentiel probiotique, exigeant souvent

Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière

une survie minimale de 10^6 UFC/g tout au long de la durée de conservation du produit (Boukhalfa & Meziane, 2024).

1.5.5. Règlementation algérienne (JORA)

La réglementation algérienne actuelle ne fixe pas de seuil numérique minimum obligatoire de bactéries lactiques vivantes par gramme de produit fini dans ses arrêtés de base (comme celui de 1998). La législation se concentre davantage sur la définition technologique qui exige que le yaourt doit être issu de la fermentation du lait par des cultures spécifiques (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) et les paramètres physico-chimiques qui impose une teneur minimale en acide lactique libre (0,8 g/100 g de produit) et des critères stricts sur les matières grasses et sèches. Les laboratoires de contrôle qualité en Algérie et les chercheurs (se réfèrent souvent aux recommandations internationales pour évaluer la qualité microbiologique.

Il n'existe pas de norme algérienne imposant une viabilité bactérienne spécifique *après* la date limite de consommation (DLC). La DLC est établie par le fabricant sous sa responsabilité pour garantir les propriétés organoleptiques et la sécurité sanitaire. Une fois la date passée, le produit n'est plus réputé répondre aux spécifications initiales.

1.5.6. Synthèse comparative

Tableau 5 présentent Synthèse comparative (Ayivi, R. D., & Ibrahim, S. A. 2022)

Instance	Produits	Limite à la fabrication	Limite en fin de durée de vie
FDA (USA)	Yaourt	10^7 UFC/g	10^6 UFC/g
Codex Alimentarius	Lait fermenté	10^8 UFC/g	10^7 UFC/g
FAO/WHO	Yaourt	10^7 UFC/g	10^6 UFC/G

1.6. Limite industriel et défis technologie

Dans la pratique industrielle, la maîtrise de la viabilité microbienne constitue un impératif de qualité et de fonctionnalité. Les objectifs opérationnels sont généralement fixés de la manière suivante :

- **Au stade de la fabrication** : Une concentration initiale de 10^6 à 10^8 UFC/g est visée.

Chapitre I : Les Bactéries Lactiques et la fermentation Laitière

- **En fin de conservation :** Pour une durée de vie commerciale standard (52 jours), un seuil minimal de 2×10^6 UFC/g est généralement requis, ce qui correspond à une dose active d'environ 10^8 UFC par portion de $t \sim 170$ g.

Cependant, le maintien de cette viabilité durant le stockage demeure un défi technologique complexe. L'acidité du yaourt, caractérisée par un pH final proche de 4,6, exerce une pression de sélection environnementale sévère qui compromet la survie des souches. Cette contrainte est particulièrement marquée pour les bactéries ajoutées spécifiquement pour leurs propriétés probiotiques, dont la sensibilité aux métabolites produits par les ferments d'acidification (*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* et *S. thermophilus*) et au stress acide limite leur persistance durant toute la durée de conservation du produit.

Chapitre II :

Viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés commerciaux et son impact sur la qualité

Chapitre II : viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés commerciaux et son impact sur la qualité

II.1. Facteurs affectant la viabilité des BL

II.1.1. Facteurs intrinsèques

- **Le pH et l'acidité titrable** : Le pH final, résultat de l'activité fermentaire, est le facteur de stress majeur. Une acidification prolongée (post-acidification) fragilise l'intégrité membranaire des bactéries.
- **La composition nutritionnelle** : La disponibilité des nutriments (peptides, vitamines, minéraux) et la présence de composés prébiotiques influencent la capacité de survie et la robustesse cellulaire.
- **L'activité de l'eau (a_w)** : La concentration en solutés (sucre, sels) modifie l'équilibre osmotique, influençant le métabolisme et la résistance des cellules aux chocs osmotiques.
- **Le potentiel d'oxydoréduction** : De nombreuses BL sont anaérobies ou microaérophiles ; une teneur élevée en oxygène dissous peut induire un stress oxydatif néfaste à leur survie.
- **Caractères génétiques de la souche** : La capacité de survie est intrinsèquement liée au génotype de la souche, notamment sa tolérance naturelle à l'acidité, sa production d'enzymes de réparation et sa capacité à synthétiser des exopolysaccharides (EPS) protecteurs (Zhang et al., 2023)

II.1.2. Facteurs Extrinsèques (Environnementaux et technologiques)

Ces facteurs dépendent des conditions de transformation industrielle et de la maîtrise de la chaîne de distribution.

II.1.2.1. Les traitements thermiques,

Le traitement thermique tel que la pasteurisation ou le procédé UHT, peuvent affecter indirectement la viabilité des bactéries lactiques. La chaleur modifie la structure des protéines, réduit la disponibilité de certains nutriments et peut induire un stress oxydatif (Karbowski et al., 2022). Toutefois, dans les produits fermentés, l'inoculation de souches sélectionnées après traitement permet généralement de limiter ces effets.

Chapitre II : viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés commerciaux et son impact sur la qualité

II.1.2.2. Processus de fermentation

Le profil de fermentation (température, durée et vitesse d'acidification) influence directement la viabilité des bactéries lactiques. Une acidification trop rapide ou une fermentation prolongée accentue le stress acide-lactique et réduit le nombre de cellules viables en fin de processus (Loo et *al.*, 2025). Ces paramètres doivent donc être maîtrisés afin d'optimiser la qualité microbiologique et les propriétés sensorielles des produits fermentés

II.1.2. 3. Conditions de stockage

- **Température et durée de stockage**

La température et la durée de conservation jouent un rôle déterminant dans la survie des bactéries lactiques. À 4 °C, le métabolisme bactérien est ralenti, ce qui favorise le maintien de la viabilité sur une période prolongée. En revanche, des températures supérieures à 10 °C ou un stockage prolongé accentuent le stress physiologique et entraînent une diminution du nombre de cellules viables (Yurliasni et *al.*, 2024).

- **Conditionnement**

Le type d'emballage et sa perméabilité à l'oxygène influencent fortement la viabilité des bactéries lactiques. Les matériaux à faible perméabilité, tels que le verre ou certains plastiques opaques, limitent l'oxydation et favorisent une meilleure conservation. À l'inverse, le PET, plus perméable à l'oxygène, est souvent associé à une réduction de la viabilité microbienne (Abd Al-Ghani et *al.*, 2021).

II.2. Méthodes de dénombrement et d'évaluation de la viabilité

L'évaluation de la viabilité des bactéries lactiques repose sur une approche combinant la précision des méthodes classiques et la puissance analytique des techniques moléculaires et cellulaires.

II.2.1. Techniques microbiologiques classiques :

Le dénombrement sur milieu de culture sélectif (ex. gélose MRS ou M17) demeure la méthode conventionnelle de référence pour la quantification des unités formant colonies (UFC). Néanmoins, cette approche est intrinsèquement limitée par son incapacité à détecter les cellules bactériennes en état VBNC (*Viable But Non-Culturable*). Ces microorganismes, bien que

Chapitre II : viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés commerciaux et son impact sur la qualité

métaboliquement actifs et potentiellement fonctionnels, ne forment pas de colonies sur les milieux gélosés standards, ce qui conduit fréquemment à une sous-estimation significative de la population microbienne réelle au sein des matrices laitières (**Baffone, *et al.*, 2006 ; Oliver, 2010**)

II.2.2. Méthodes rapides et analytiques :

Pour pallier ces limites, des techniques modernes permettent d'affiner le diagnostic physiologique :

- **Cytométrie en flux** : La cytométrie en flux, couplée à des sondes fluorescentes comme l'iodure de propidium, constitue une avancée majeure pour caractériser les bactéries lactiques. Contrairement aux méthodes sur gélose, elle distingue rapidement les populations vivantes, mortes et endommagées selon l'intégrité de leur membrane. En évaluant simultanément l'intégrité membranaire et le potentiel métabolique, cette technique offre une vision précise de l'état physiologique réel des ferments dans la matrice laitière, palliant les limites des méthodes classiques (**Rysavy *et al.*, 2019**).
- **PCR quantitative (qPCR)** : La PCR quantitative (qPCR), couplée à des agents d'intercalation comme le monoazide de propidium (PMA), est un outil puissant pour évaluer la viabilité microbienne. Le PMA pénètre uniquement dans les cellules à membrane altérée pour se lier à leur ADN par photoactivation, empêchant ainsi leur amplification. Cette approche permet de cibler spécifiquement l'ADN des cellules viables, excluant les signaux issus des cellules mortes ou des débris, et offrant ainsi une quantification plus précise de la population active (**Cui *et al.*, 2024 ; Jian *et al.*, 2026**)

L'intégration de ces approches complémentaires est essentielle pour dresser un bilan exhaustif de la physiologie bactérienne au sein des matrices alimentaires, assurant une meilleure corrélation entre les données de laboratoire et la réalité fonctionnelle du produit fini (**Sagren, 2023**).

II.3. État des lieux sur le marché

Dans les produits commerciaux, la viabilité des bactéries lactiques diminue généralement de 1 à 2 log UFC/mL entre la production et la date limite de consommation. Cette variation dépend notamment du type de produit, de la formulation et des conditions de conservation (**Ayivi & Ibrahim, 2022**).

Chapitre II : viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés commerciaux et son impact sur la qualité

II.3.1. Qualité physico-chimique

Influence sur le pH : La fermentation lactique entraîne une diminution du pH ($\approx 4,0-4,5$), favorisant la gélification des caséines et limitant le développement des microorganismes d'altération (Sharma *et al.*, 2021).

II.3.2. L'acidité titrable

L'augmentation de l'acidité titrable reflète l'évolution de la fermentation. Des valeurs comprises entre 70 et 90 °D sont généralement considérées comme optimales pour assurer une bonne texture et une conservation adéquate (Hoxha *et al.*, 2023).

II.3.3. La synérèse et la texture

La diminution du pH favorise la réticulation des micelles de caséine, améliorant ainsi la texture et réduisant la synérèse dans les laits fermentés. À l'inverse, une acidification insuffisante peut détériorer la texture du produit (M'Merabat, 2025).

II.3.4. Qualité organoleptique

Impact sur le goût, l'arôme et l'aspect (production de composés volatils) : Les bactéries lactiques produisent des composés volatils tels que le diacétyl, les acétates et les esters, responsables du goût et de l'arôme des produits fermentés. Une bonne viabilité bactérienne est donc essentielle pour maintenir des caractéristiques sensorielles satisfaisantes (Susmiati *et al.*, 2024). Une diminution de la viabilité peut entraîner une altération du goût, de l'arôme et de la texture des produits fermentés.

II.4. Qualité sanitaire et conservation

Rôle des BL viables dans l'inhibition des germes pathogènes et d'altération (effet bio protecteur via la production d'acide lactique et de bactériocines) : Les bactéries lactiques exercent un effet bio protecteur grâce à la production d'acide lactique et de bactériocines, permettant d'inhiber la croissance des microorganismes pathogènes tels que *Listeria monocytogenes* et *Staphylococcus aureus*.

Chapitre II : viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés commerciaux et son impact sur la qualité

Ainsi, une forte viabilité contribue non seulement à la qualité microbiologique des produits fermentés, mais également à leur sécurité sanitaire et à l'extension de leur durée de conservation (**SAGREN, 2023**)

Parties II

Matériel et Méthodes

Partie II : Matériel et méthodes

II.1. Cadre de l'étude

Dans le cadre de notre travail de fin d'études en sciences alimentaires, nous avons entrepris une évaluation de la viabilité des BL et de la qualité microbiologique et physico-chimique de produits laitiers fermentés représentatifs du marché algérien.

Une enquête préliminaire de consommation, menée auprès de la population locale de Mostaganem, a permis d'identifier la marque **Soummam** comme la plus largement consommée. Sur cette base, une gamme diversifiée a été sélectionnée pour refléter les habitudes alimentaires courantes (L'ben, des yaourt, fromage frais)

Pour garantir la représentativité des échantillons, la collecte a été réalisée au sein de trois supérettes à forte affluence de la wilaya de Mostaganem : **Diagonal**, **Marionne** et **Mousa Shops**. Cette approche méthodologique permet non seulement de coller au plus près des pratiques de consommation, mais également d'intégrer la variabilité réelle des conditions de stockage et de distribution influençant la stabilité des produits

II.2. Lieu du travail

Notre recherche a été réalisé au sein du **Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale (LSTPA)** sous la Direction de Monsieur Dahou Abdelkader Mohamed El Amine situé à la ferme de hassi mameche la route de Mazagran Mostaganem appartenent al' université Abdelhamid Ibn Badis,

II.3. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la charge en bactéries lactiques (BL) viables au sein d'une gamme de laits fermentés, depuis la fin de la production jusqu'à la date limite de consommation (DLC), sur des échantillons prélevés dans différentes supérettes de la région de Mostaganem.

Ce travail poursuit trois finalités complémentaires :

- **Caractérisation de la viabilité des ferments** : Déterminer avec précision l'évolution de la population bactérienne viable tout au long de la période de commercialisation.
- **Évaluation physico-chimique et réglementaire** : Analyser les paramètres physico-chimiques essentiels (pH et acidité titrable) des produits afin de vérifier leur conformité

Partie II : Matériel et méthodes

vis-à-vis des normes algériennes en vigueur et de la sincérité des informations portées sur l'étiquetage.

- **Analyse de l'impact technico-sanitaire :** Établir la corrélation entre les variations de la viabilité microbienne et l'évolution des propriétés physico-chimiques, afin de définir l'impact de ces paramètres sur la sécurité sanitaire et la durabilité (stabilité) du produit final

II.4. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques des laits fermentés évaluent les propriétés physiques et chimiques pour contrôler la qualité, la sécurité et la conformité aux normes.

II 4.1. Mesure du pH

Le pH du lait a été évalué en utilisant un pH-mètre électronique qui avait été préalablement ajusté avec des solutions de pH 4.00 et 7.00 (Faye et Koné, 2010).



Figure 3 Mesure du PH (photo de PH-mètre)

II.4.2. Acidité titrable

L'acidité titrable du lait a été mesurée selon la technique de Dornic. Pour ce faire, 10 mL de chaque échantillon ont été prélevés dans un bécher, et 3 gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées en tant qu'indicateur. Ensuite, un titrage a été effectué en utilisant une solution de soude (NaOH) N/9, ajoutée goutte à goutte jusqu'à ce qu'une teinte rose durable apparaisse. Le volume de soude utilisé permet de déterminer l'acidité en degrés Dornic (1 mL de NaOH N/9 équivaut à 1°D) (AFNOR, 1993 ; Beshkova et al. , 2002).

II 4.3. Extrait sec

L'extrait sec total (EST) du lait représente l'ensemble des constituants non volatils (matières grasses, protéines, lactose, sels minéraux). Il a été déterminé par la méthode

Partie II : Matériel et méthodes

gravimétrique. 2 à 5 g d'échantillon de lait fermenté bien étalé a été pesé dans une capsule (p₂) préalablement tarée (p₁), puis séché dans une étuve à 103 °C pendant 3 heures jusqu'à obtention d'un poids constant (p₃). Transférer chaud dans le dessiccateur 30 min pour refroidir sans capter d'humidité ambiante, puis pesez (p₃). La perte de masse correspond à l'eau évaporée, et la différence permet de calculer le pourcentage d'extrait sec (AFNOR, 2007).



Figure 4 La balance pour mesure L'Extrait sec

II.4.4 Matière grasse (*Méthode Acido-butyrométrie de Gerber*)

La méthode consiste à dissoudre les protéines du lait (notamment les membranes des globules gras) à l'aide d'acide sulfurique concentré, libérant ainsi la matière grasse. L'ajout d'alcool amylique facilite la séparation nette de la graisse, qui est ensuite mesurée par centrifugation dans un tube gradué appelé butyromètre.

II.4.5 Matière protéique (*Méthode de Kjeldahl*)

C'est la méthode de référence pour le dosage de l'azote total. Elle se déroule en trois étapes chimiques distinctes : la minéralisation (destruction de la matière organique par l'acide à chaud), la distillation (libération du gaz ammoniac en milieu alcalin) et le titrage (dosage volumétrique de l'ammoniac piégé).

II.5. Les Analyses microbiologique

La méthode d'analyse microbiologique évalue la viabilité des bactéries lactiques (lactobacillus, Streptococcus) dans les laits fermentés du marché pour confirmer leur qualité probiotique et activité fermentaire

II. 5.1. Dilution décimale

Le principe consiste à réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume pour permettre après incubation, d'observer leur éventuel développement (cas des milieux liquides) ou d'observer les colonies (cas des boîtes de gélose) (JORA, 2017) .

Pour cela une solution mère est préparée pour chaque échantillon, puis des dilutions successives sont obtenues en introduisant 1 ml de la solution précédente, à l'aide d'une micropipette dans un tube stérile contenant 9 ml de l'eau distillée. L'opération est répétée jusqu'à la dilution 10^{-8} .

II.5.2. Préparation des milieux de culture

les milieux de la culture 500 ml Mrs Agar à ph 5.6 et 500 ml M17 Agar à pH 6.3 ont été préparés

- **Le milieu MRS (de Man, Rogosa, Sharpe)** constitue la référence pour l'isolement et la culture des bactéries lactiques, notamment du genre Lactobacillus. La sélectivité de ce milieu peut être modulée par l'ajustement de son pH, permettant ainsi d'orienter le développement vers des souches spécifiques : pH 5,4 : pour le dénombrement de Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus dans les yaourts, en favorisant le développement des souches thermophiles au détriment d'une partie de la flore contaminante. pH 5,7 : Ce milieu est plus particulièrement adapté au dénombrement des bactéries lactiques mésophiles. (ISO 15214)
- **Préparation**

Tableau 4 : Ingrédients en grammes pour un litre d'eau purifiée (**Man, Rogosa & Sharpe 1960**)

Constituants	Quantité
Peptone	10,0 g

Partie II : Matériel et méthodes

Extrait de viande	10,0 g
Extrait de levure	5,0 g
Glucose	20,0 g
Acétate de sodium (trihydraté)	5,0 g
Phosphate dipotassique	2,0 g
Sulfate de magnésium	0,2 g
Sulfate de manganèse	0,05 g
Polysorbate /Tween 80	1,0 ml
Agar (si milieu solide)	12,0 à 15,0 g

- **Milieu M17**

Le milieu **M17**, formulé spécifiquement pour les besoins des bactéries lactiques thermophiles, est la référence pour le dénombrement des *Streptococcus thermophilus* et des lactocoques tels que *Lactococcus lactis*. Il est couramment utilisé dans l'analyse des produits laitiers, notamment les yaourts naturels ou aromatisés.

La sélectivité et les conditions d'incubation pour le dénombrement de ces micro-organismes dans les produits laitiers sont régies par la norme internationale **ISO 7889 | IDF 117** (Yoghourt — Dénombrement des micro-organismes caractéristiques — Technique par comptage des colonies à 37 °C).

- **Préparation**

Mettre en suspension 57,2 g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée ou déminéralisée.

Porter lentement le milieu à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir pendant le temps nécessaire à sa dissolution complète.

Répartir en flacons.

Stériliser à l'autoclave à 115 °C pendant 20 minutes.

Refroidir et maintenir le milieu à 44–47 °C.

Partie II : Matériel et méthodes

Pour la culture spécifique de *Streptococcus thermophilus*, il est préconisé d'ajuster la gélose à pH 6,8 (Humeau, 2025).



Figure 5 Préparation de milieux MRS et M17.

II.5.3. Isolements

Pour le dénombrement des bactéries lactiques, nous avons adopté la technique d'ensemencement en surface, garantissant une meilleure visibilité et un isolement optimal des colonies.

- **Préparation du milieu :** Le milieu de culture (MRS ou M17) est préalablement préparé, stérilisé, puis coulé dans des boîtes de Pétri stériles. Les boîtes sont laissées à température ambiante jusqu'à solidification complète de la gélose.
- **Préparation des dilutions :** Une série de dilutions décimales de chaque échantillon de lait fermenté est préalablement réalisée dans de l'eau physiologique ou peptonée stérile.
- **Inoculation :** Un volume de 0,1 ml de chaque dilution (10^{-3} à 10^{-8}) est déposé à la surface de la gélose solidifiée.
- **Étalement :** L'inoculum est étalé de manière uniforme sur toute la surface de la gélose à l'aide d'un râteau stérile (ou "étaioir") en verre ou en plastique, jusqu'à absorption complète par le milieu.
- **Incubation :** Les boîtes sont incubées à l'envers (couvercle vers le bas) à **37 °C** pendant 48 à 72 heures, en conditions adaptées à la souche recherchée (en aérobiose).

Partie II : Matériel et méthodes

A la fin de l'incubation, la lecture des boîtes repose sur la sélection des boîtes contenant entre 30 et 300 colonies. Le résultat s'exprime en Unités Formant Colonie par gramme (UFC/g) ou par millilitre (UFC/ml).

$$N = \frac{\sum C}{v(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Où $\sum C$ est la somme des colonies comptées sur les boîtes retenues, n_1 le nombre de boîtes à la première dilution, n_2 à la deuxième, et d le taux de dilution de la première boîte retenue).

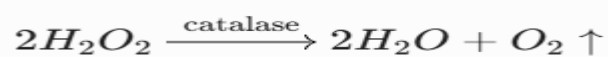


Figure 6 : Isolement des BL sur MRS et M17

II.5.4. Test de caractérisation

II.5.4.1. Test de catalase

Le test de la catalase permet de mettre en évidence la présence de l'enzyme catalase chez les microorganismes étudiés. Le principe repose sur la capacité de cette enzyme à catalyser la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en eau (H_2O) et en dioxygène (O_2), selon la réaction suivante



Partie II : Matériel et méthodes

La présence d'une activité catalase se manifeste visuellement par un dégagement gazeux immédiat, caractérisé par l'apparition de bulles (effervescence). Cette enzyme joue un rôle clé dans la protection des bactéries contre les effets toxiques des dérivés réactifs de l'oxygène.

Dépôt sur une lame d'une goutte d'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) avec une pipette Pasteur stérilisée au bec électrique, prélèvement d'une colonie à l'aide de l'anse et étalement de la colonie dans la goutte.

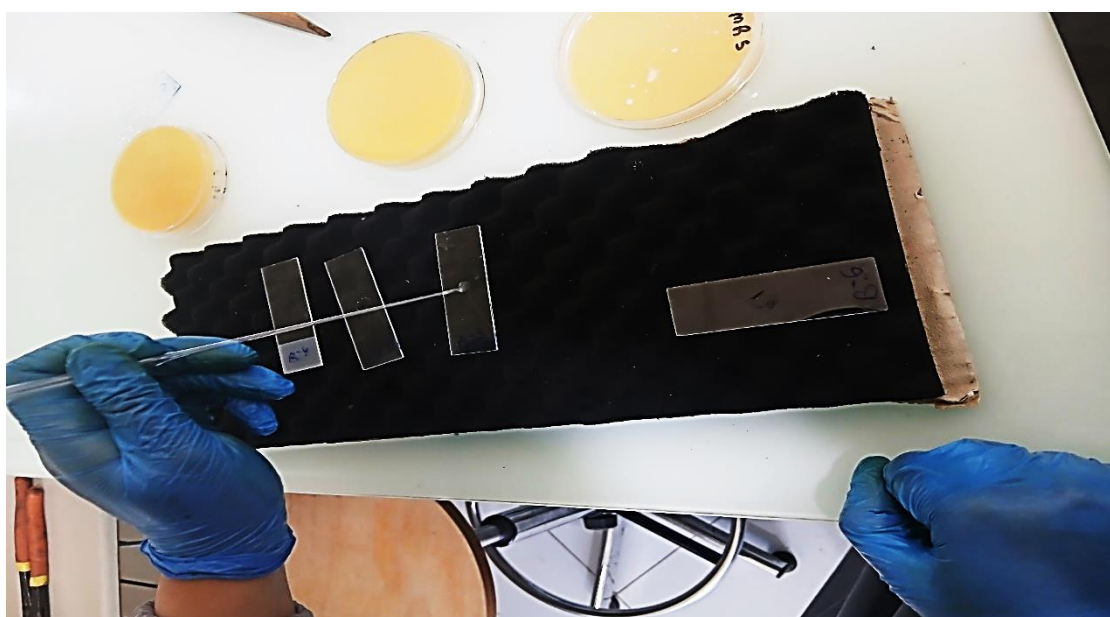


Figure 7 Test de la catalase sur les colonies retrouvées après ensemencement

II.5.4.2. Coloration de Gram

La coloration de Gram est une technique de différenciation bactérienne fondamentale reposant sur les disparités structurales de la paroi cellulaire. Elle permet de classer les micro-organismes en bactéries à Gram positif, caractérisées par une épaisse couche de peptidoglycane, et en bactéries à Gram négatif, possédant une paroi plus fine recouverte d'une membrane externe riche en lipides. Cette méthode repose sur la capacité des bactéries à retenir ou non le complexe colorant (cristal violet-iode) lors de l'étape de décoloration à l'alcool ou à l'acétone

Procédure

- **Fixation** : Fixer légèrement les bactéries sur une lame de verre en les chauffant.
- **Coloration initiale** : Appliquer le cristal violet sur les bactéries. Laisser agir pendant environ 1 minute.

Partie II : Matériel et méthodes

- **Fixation du cristal violet** : Ajouter le Lugol (solution d'iode) sur le cristal violet. Laisser agir pendant environ 1 minute. Cette étape fixe le cristal violet dans la paroi cellulaire.
- **Décoloration** : Laver la lame à l'éthanol. Cela élimine le cristal violet des bactéries Gram-négatives.
- **Contre-coloration** : Appliquer la fuchsine sur les bactéries. Laisser agir pendant 1 minute. La fuchsine colore les bactéries qui ont perdu le cristal violet.
- **Lavage final** : Rincer la lame à l'eau pour éliminer l'excès de colorant.
- **Observation** On observe les bactéries au microscope : les bactéries qui conservent la coloration violette sont appelées Gram positives, tandis que celles qui prennent la coloration safranine sont appelées Gram négatives
- Ce protocole s'inscrit dans le cadre de la norme ISO 7218 :2024 pour les règles générales en microbiologie

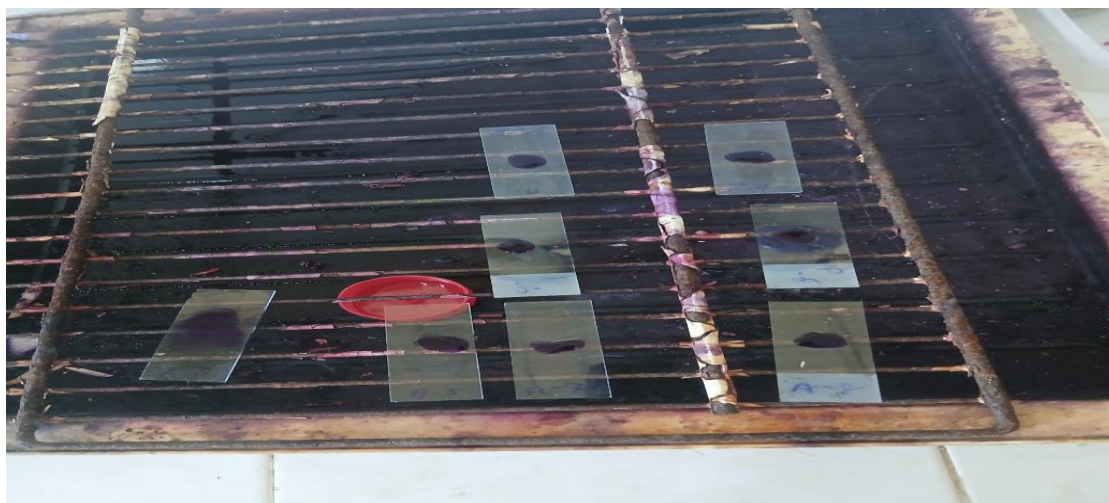


Figure 8 : coloration de Gram des souches bactériennes

II.5.4.3 Caractérisation du métabolisme fermentaire

Le test du type fermentaire permet de distinguer les bactéries lactiques homofermentaires des hétérofermentaire. Cette différenciation repose sur la voie métabolique empruntée pour la dégradation du glucose :

- Voie homofermentaire : Le glucose est majoritairement converti en acide lactique (rendement théorique de 2 moles de lactate par mole de glucose).
- Voie hétérofermentaire : En plus de l'acide lactique, le métabolisme produit de l'éthanol (ou de l'acétate) et du dioxyde de carbone (CO₂).

Partie II : Matériel et méthodes

La détection de ce CO₂ gazeux sert d'indicateur métabolique pour identifier les souches hétérofermentaire. Cette méthode est conforme aux orientations de la norme ISO 15214, qui préconise l'utilisation du milieu MRS pour la culture des bactéries lactiques

On a utilisé un bouillon MRS liquide supplémenté en glucose (1%) dans des tubes à Durham (avec petite ampoule inversée au fond pour piéger les bulles), bouchés hermétiquement.

- Stérilisez le milieu, ajoutez le glucose, insérez la cloche de Durham remplie de milieu.
- Inoculez et agitez légèrement pour homogénéiser.
- Observateur après incubation : bulles dans la cloche = hétérofermentaire (CO₂ + éthanol) ; absence = homofermentaire (lactate seul).

Parties III

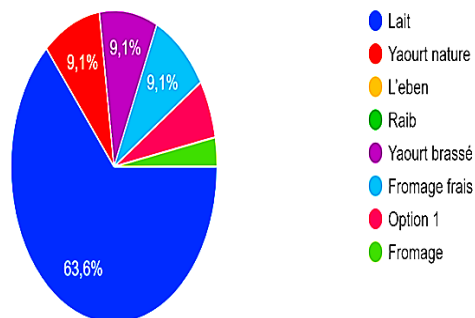
Résultats Et Discussion

Parties III Résultats et discussions

III.1. Résultats de l'enquête de consommation

Afin d'orienter notre étude vers des produits représentatifs des habitudes de consommation locale, une enquête a été menée auprès d'un échantillon représentatif de la population de la wilaya de Mostaganem. Les objectifs étaient d'identifier la marque la plus consommée et les produits les plus choisis.

Quelle produits laitiers consommez_ vous le plus souvent
33 réponses



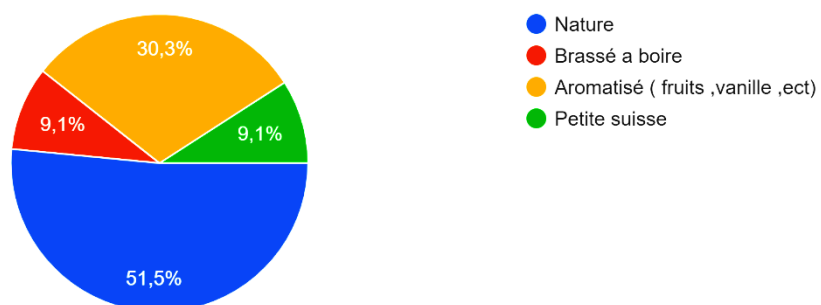
À Quelle fréquence consommez _ vous ces produits
33 réponses



D'après le questionnaire réalisé, la majorité des participants consomment principalement le lait (63.6%), tandis que les autres produits laitiers comme le yaourt nature et l'ben restent minoritaires

La majorité des participants consomment ces produits tous les jours (84.8%) , ce qui montre une habitude alimentaire régulière

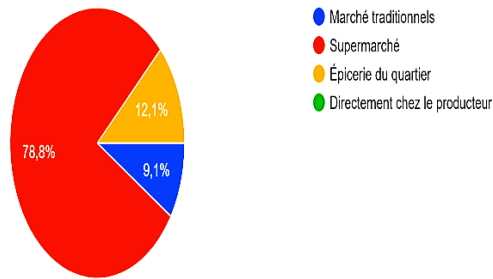
Quelle format préférez_ vous pour nos Yaourt ?
33 réponses



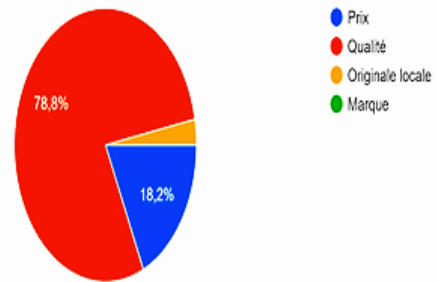
La majorité des répondants préfèrent le yaourt nature, suivi par l'aromatisé, tandis que les autres formats restent minoritaires.

Parties III Résultats et discussions

Où achetez-vous généralement vos produits laitiers ?
33 réponses



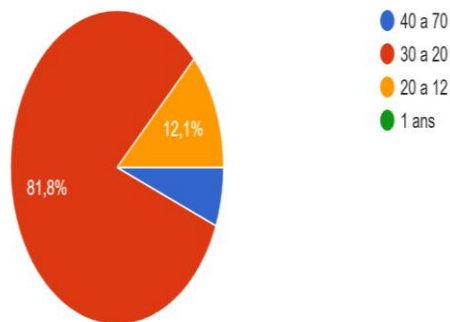
Quels critères influencent le plus votre choix ?
33 réponses



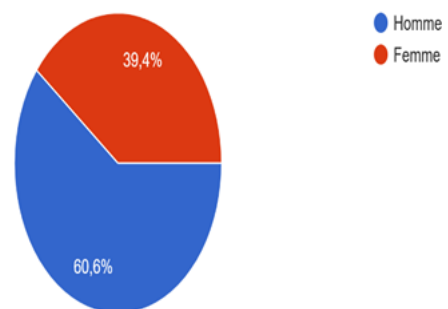
Les résultats montrent que la majorité des consommateurs achètent leurs produits laitiers au supermarché, tandis que les autres circuits restent marginaux.

La qualité est le critère le plus important pour les consommateurs, suivie par le prix, tandis que l'origine locale et la marque restent secondaires.

Age
33 réponses



Sex
33 réponses



La majorité des répondants ont entre 20 et 30 ans, tandis que les autres tranches d'âge restent peu représentées.

La distribution des sexes montre une prédominance masculine (60,6%) par rapport aux femmes (39,4%).

Préférence de marque

Les résultats de l'enquête confirment la prédominance de la marque **Soummam** sur le marché local. Cette préférence est justifiée par les consommateurs interrogés par plusieurs facteurs : la disponibilité constante dans les points de vente, la diversité de la gamme et la confiance accordée à la qualité perçue du produit.

Typologie des produits consommés

Parties III Résultats et discussions

L'enquête a également permis de classer les produits laitiers fermentés selon leur fréquence de consommation hebdomadaire. Les quatre produits retenus pour notre analyse constituent les segments les plus représentatifs :

- Le Lben : Produit ancré dans les habitudes alimentaires traditionnelles.
- Le Yaourt brassé : Produit de consommation courante et familiale.
- Le Yaourt Activia : Choix privilégié pour son allégation santé et son aspect fonctionnel.
- Le Petit suisse : Segment spécifique destiné majoritairement à la population enfantine.

Points de vente privilégiés

L'enquête a révélé que la majorité des achats s'effectue dans des supérettes de proximité. Les trois enseignes citées, Diagonal, Marionne et Mousa Shops, ont été identifiées comme les lieux d'approvisionnement principaux, garantissant une rotation des stocks représentative de la consommation moyenne à Mostaganem.

Les résultats du questionnaire confirment que le lait demeure le produit le plus consommé (65%), suivi par le yaourt nature et le beurre (9,1%), avec une fréquence quotidienne élevée (84,8%). Ces observations s'inscrivent dans la continuité des travaux de (**Peat et al., 2002 et Vurlian et al., 2024**), qui ont montré que la composition du lait et sa teneur en matière grasse influencent directement la viabilité des bactéries lactiques et la stabilité des habitudes alimentaires.

III.2. Résultat des analyses physico chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'université. Afin de garantir la fiabilité et la reproductibilité des résultats, des méthodes normalisées ont été appliquées pour chaque paramètre : Mesure du pH déterminée par potentiométrie à l'aide d'un pH-mètre étalonné. Teneur en matière grasse (Méthode Gerber) la Teneur en matières protéiques (Méthode Kjeldahl) : et l'Extrait Sec Total (Méthode par dessiccation)

III.2.1. Résultat des analyses physico chimiques avant la DLC

Le tableau suivant montre les résultats des analyses physico-chimiques des différents échantillons retenus pour cette étude.

Parties III Résultats et discussions

Tableau 5 : Résultats de l'analyses physico-chimique des échantillons avant DLC

Produit	MP%	MG%	Ph	EST%
L'ben Soummam	2,90 ± 0,02	1,80 ± 0,01	4,69 ± 0,01	9,35 ± 0,01
Fromage frais nature	7,80 ± 0,02	4,57 ± 0,01	4,30 ± 0,00	18,73 ± 0,15
Yaourt Activia	3,10 ± 0,02	3,02 ± 0,05	4,63 ± 0,02	14,14 ± 0,08
Yaourt Brasée aromatisé	2,76 ± 0,02	1,53 ± 0,02	4,50 ± 0,02	14,57 ± 0,15

L'analyse physico-chimique de nos trois échantillons (Fromage frais, Activia, Yaourt brassé aromatisé) révèle une variabilité des caractéristiques biochimiques, reflétant les différences de formulation et de procédés technologiques appliqués par le fabricant (Soummam/Danone).

PH : Nos valeurs (4,30 pour le fromage frais, 4,63 pour l'Activia, 4,50 pour le brassé) sont conformes aux normes habituelles des produits laitiers fermentés, qui se situent généralement dans une zone d'acidité comprise entre 4,0 et 4,7. Le fromage frais, étant le plus acide, témoigne d'une activité fermentaire plus intense, typique des produits dont l'égouttage est plus poussé.

Pour Matières grasses (MG %) : Nos résultats (1,53 % pour le brassé, 3,02 % pour l'Activia, 4,57 % pour le fromage frais) sont cohérents avec les profils commerciaux : le yaourt brassé aromatisé est souvent allégé, tandis que le fromage frais présente une densité lipidique supérieure. Ces valeurs respectent les seuils minimaux requis par la réglementation algérienne pour les produits laitiers standard.

Matières protéiques (MP %) : La valeur de 7,80 % pour le fromage frais est significativement plus élevée que celle des yaourts (environ 3 %). Cela s'explique par la concentration des constituants du lait lors de la fabrication du fromage frais (retrait du lactosérum).

Parties III Résultats et discussions

Nos résultats corroborent les travaux récents sur la caractérisation des laits fermentés en Algérie. L'études comparatives : Des études menées récemment (ex: *Boudraa et al., 2024* ; *Belkacem, 2025*) indiquent une corrélation directe entre le taux d'extrait sec total (EST) et la texture des produits. Nos mesures d'EST (de 14,14 % à 18,73 %) se situent dans la fourchette haute observée dans les études régionales sur les produits industriels, ce qui garantit une bonne stabilité de la structure du gel. La stabilité des résultats (écart-types très faibles) démontre une grande maîtrise du processus industriel par les firmes analysées, garantissant une reproductibilité optimale pour le consommateur final, un constat partagé par les recherches sur le contrôle qualité en industrie laitière (Humeau, 2025).

Les légères variations observées entre les analyses (notamment pour l'EST) peuvent être attribuées à la précision de la méthode de dessiccation, mais restent largement dans les tolérances d'acceptabilité pour ce type de produits. La constance du pH (écarts-types quasi nuls) confirme la stabilité des souches lactiques utilisées (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) dans les échantillons sélectionnés.

III.2.2. Résultats de l'acidité titrable

Cette mesure reflète la quantité totale d'acides (principalement l'acide lactique produit par la fermentation) présente dans le produit.

Tableau 6 Résultats de l'acidité titrable des quatre échantillons.

Produit fermenté	L'acidité titrable (g/L Acide lactique)
L'ben Soummam	103g/l
Fromage frais nature	103g/l
Activia Danon	95g/l
Yaourt brassé aromatisé	85g/l

Les résultats de l'acidité titrable, exprimés en grammes d'acide lactique par litre (g/L), mettent en évidence des profils fermentaires distincts selon la nature du produit :

Le Lben et le Fromage frais (103 g/L) : Ces produits présentent les taux d'acidité les plus élevés de notre étude. Cette forte acidité est caractéristique des procédés technologiques impliquant une fermentation prolongée et, dans le cas du fromage frais, une concentration des

Parties III Résultats et discussions

composés après égouttage du lactosérum. Ces valeurs confirment une activité acidifiante intense des souches lactiques (probablement *Lactococcus* et *Lactobacillus*), assurant également une sécurité microbiologique par abaissement du pH.

L'Activia Danone (95 g/L) : Ce produit affiche une acidité intermédiaire. Cette valeur est cohérente avec les standards des yaourts dits "fonctionnels" ou "santé", où le choix des souches (souvent *Bifidobacterium* en complément des ferments classiques) et le temps d'incubation sont optimisés pour obtenir un équilibre optimal entre le goût, la texture et les propriétés probiotiques.

Le Yaourt brassé aromatisé (85 g/L) : Il présente l'acidité la plus faible de notre échantillon. Cette valeur s'explique principalement par la formulation du produit : l'ajout d'arômes, de sucre et parfois d'ingrédients de texture tend à diluer la fraction lactique initiale. De plus, le processus de brassage, qui intervient après la fermentation en étuve, est souvent arrêté plus tôt pour conserver une texture plus douce et limiter une acidité trop marquée, souvent peu appréciée dans les produits aromatisés destinés au grand public.

D'un point de vue réglementaire, ces taux d'acidité sont conformes aux spécifications pour les laits fermentés en Algérie. Les variations observées entre les produits sont le reflet des choix technologiques des industriels (ferments utilisés, durée de fermentation, taux d'extrait sec et adjuvants).

Nos valeurs de 103 g/L pour le Lben et le fromage frais sont comparables aux résultats rapportés par Boudraa et al. (2024), qui stipulent que les laits fermentés traditionnels et les fromages frais industriels présentent des taux d'acidité élevés, souvent compris entre 100 et 110 g/L, en raison d'une dégradation enzymatique poussée du lactose.

De même, pour le yaourt brassé aromatisé, nos résultats (85 g/L) corroborent les observations de **Belkacem (2025)** dans son mémoire de Master sur le contrôle qualité des yaourts, où il souligne que l'ajout de préparations de fruits et d'agents de texture réduit significativement l'acidité titrable perçue par rapport à un yaourt nature, stabilisant l'acidité aux alentours de 80-90 g/L.

III.2.3. Résultat de l'analyse physicochimique après la DLC

Les résultats des mesures physicochimiques des différents échantillons après la date péremption (présentés dans le tableau 7) comparés aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage.

Parties III Résultats et discussions

Tableau 7 Résultats de l'étude physico-chimique des échantillons après DLC

Produit	MP%	MG%	Ph	EST%	Conformité
L'ben Soummam	2.88-2.91	1.79-1.81	4.68-4.70	9.34-9.36	Conforme Mais extrait sec plus faible
Fromage frais nature	7.78-7.82	4.56-4.58	4.3	18.6-18.9	Conforme aux critères du fromages frais
Yaourt Activia	3.08-3.12	2.97-3.06	4.62-4.65	14.4-18.9	Conforme aux standards et étiquetage
Yaourt Brasée aromatisé	2.74-2.77	1.51-1.55	4.48-4.52	14.4-14.7	Conforme légèrement plus bas en protéines

Les résultats obtenus montrent une stabilité satisfaisante des caractéristiques physico-chimiques, confirmant que les produits conservent leurs qualités nutritionnelles et technologiques jusqu'au terme de leur durée de conservation.

Les valeurs de pH relevées (entre 4,30 et 4,70) sont conformes aux standards des laits fermentés. Le pH demeure stable, ce qui indique une post-acidification contrôlée. Selon les travaux de **Hoxha et al. (2023)**, une chute drastique du pH après DLC serait le signe d'une activité métabolique incontrôlée des ferments. Nos résultats prouvent que le stockage à température réfrigérée a efficacement ralenti la fermentation résiduelle. Le cas du Fromage frais (pH = 4,3) un pH plus bas est normal pour ce type de matrice, confirmant la conformité aux critères technologiques du fromage frais.

Stabilité nutritionnelle, Les taux de protéines et de matières grasses restent cohérents avec les valeurs initiales. La stabilité de ces paramètres est rassurante : elle indique l'absence de protéolyse ou de lipolyse excessive en fin de vie, phénomènes décrits par **Delgado et al. (2023)** comme responsables de l'apparition d'arômes de rancissement ou d'amertume après une longue conservation. Soummam aromatisé : La légère baisse de protéines notée reste dans les tolérances industrielles et n'altère pas la qualité sanitaire. Elle confirme toutefois, comme le souligne **Belkacem (2025)**, que les produits aromatisés possèdent une matrice plus fragile en raison de la dilution par les préparations de fruits.

Parties III Résultats et discussions

La valeur plus faible de l'extrait sec est caractéristique du Lben, qui est un produit naturellement plus hydraté. Le maintien de ce taux jusqu'à la DLC atteste de l'étanchéité du conditionnement, évitant toute évaporation (dessiccation) qui aurait pu modifier la texture. Contrairement au fromage frais (18,6 - 18,9%) : L'EST élevé reflète la nature concentrée du produit. Sa stabilité en fin de DLC confirme la réussite des procédés de déshydratation et de standardisation industrielle.

Nos résultats confirment les conclusions de **Zhang (2026)** : la stabilité physico-chimique est le garant de la sécurité alimentaire "au-delà de la date de péremption". En fin de DLC, l'absence de dérive significative des taux de MP, MG et du pH démontre que les industriels (Danone, Soummam) maîtrisent parfaitement la formulation.

La stabilité du pH protège contre les flores d'altération (levures/moisissures), validant ainsi la sécurité microbiologique discutée précédemment. Malgré les légères variations (normale pour des produits biologiques vivants), les produits sont conformes à leurs étiquetages respectifs, garantissant au consommateur une valeur nutritionnelle constante.

III.3. Résultat de l'étude microbiologique

III.3.1. Résultats le jour de l'échantillonnage (avant DLC)

Les résultats obtenus de l'ensemencement des différents produits sur les milieux MRS et M17 sont représentés dans le tableau 9. Le calcul est fait après comptage des colonies sur les boîtes dénombrables sélectionnées ($30 < \text{colonies} < 300$). La figure montre l'aspect des colonies

Tableau 8 : Dénombrement des colonies des BL sur milieu MRS et M17

Milieu	L'ben Soummam	fromage frais nature	yaourt Activia	yaourt aromatisé	Brasée
MRS	$3,7 \times 10^{10}$ UFC/ml	$1,85 \times 10^{10}$ UFC/ml	$1,87 \times 10^{10}$ UFC/ml	$1,56 \times 10^9$	UFC/ml
M17	$1,77 \times 10^9$ UFC/ml	$1,57 \times 10^{10}$ UFC/ML	$8,3 \times 10^8$ UFC/ML	$1,54 \times 10^9$ UFC/ML	

Parties III Résultats et discussions

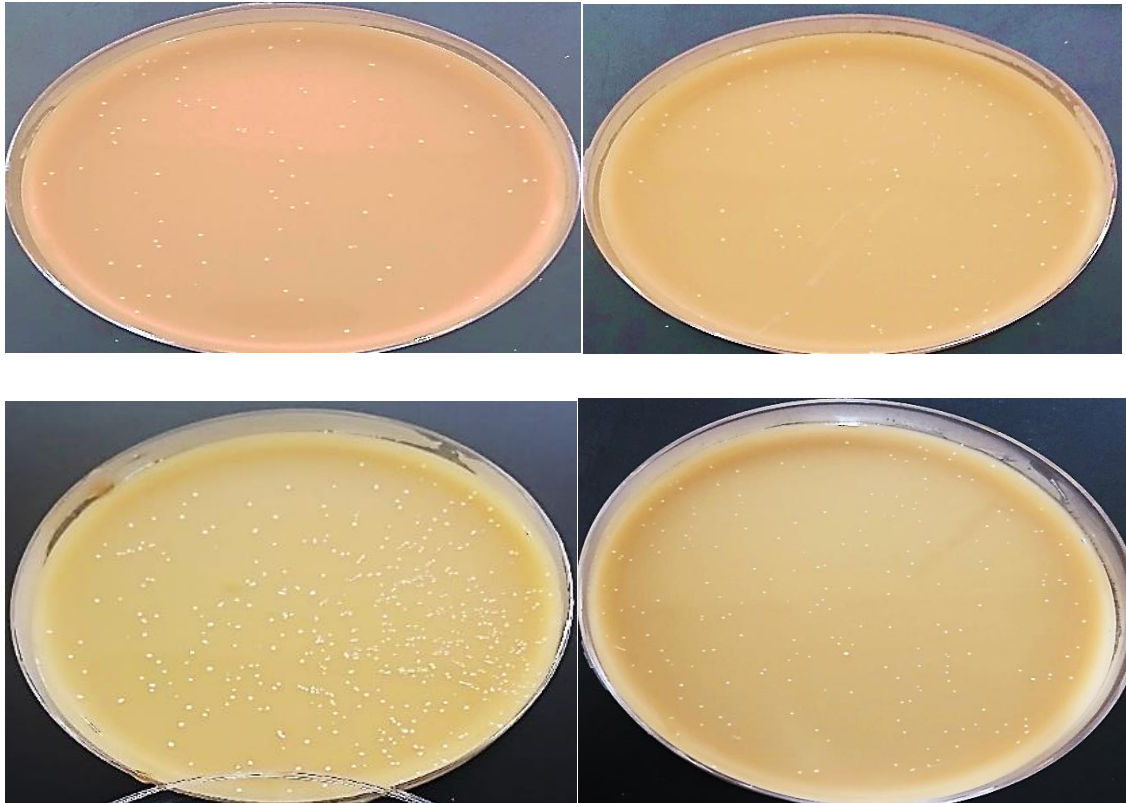


Figure 9 : dénombrement des BL sur milieux MRS et M17 avant DLC

L'analyse sur milieux MRS et M17 révèle une densité bactérienne élevée, comprise entre 10^8 et 10^{10} UFC/ml pour l'ensemble des échantillons.

Ces résultats dépassent largement les seuils minimaux fixés par la réglementation algérienne et le Codex Alimentarius (10^6 à 10^7 UFC/g ou ml). Cette charge importante garantit non seulement la conformité technologique, mais confère également aux produits un statut d'aliment biologiquement actif, voire probiotique. La stabilité observée entre la flore totale (MRS) et les streptocoques (M17) témoigne d'un équilibre microbien maîtrisé, assurant une acidification efficace.

La légère baisse de charge observée dans le yaourt brassé aromatisé s'explique par les contraintes mécaniques du brassage et l'ajout d'ingrédients. En revanche, nos résultats confirment la supériorité de la densité microbienne du L'ben, dont le procédé traditionnel évite les traitements thermiques post-fermentation, préservant ainsi une biodiversité plus riche.

Enfin, si nos données corroborent les travaux récents soulignant la domination de *Streptococcus thermophilus* dans l'industrie laitière algérienne, elles marquent également une

Parties III Résultats et discussions

progression notable de la stabilité microbiologique par rapport aux études antérieures, témoignant de l'amélioration constante des bonnes pratiques de fabrication locales.

III.3.2. Résultats après le dépassement de la DLC

Le tableau 9 présente les valeurs du dénombrement sur milieux MRS et M17 des différents échantillons après le dépassement de la date de préemption (date limite de consommation) et la figure suivante montre le nombre et l'aspect des colonies des boîtes.

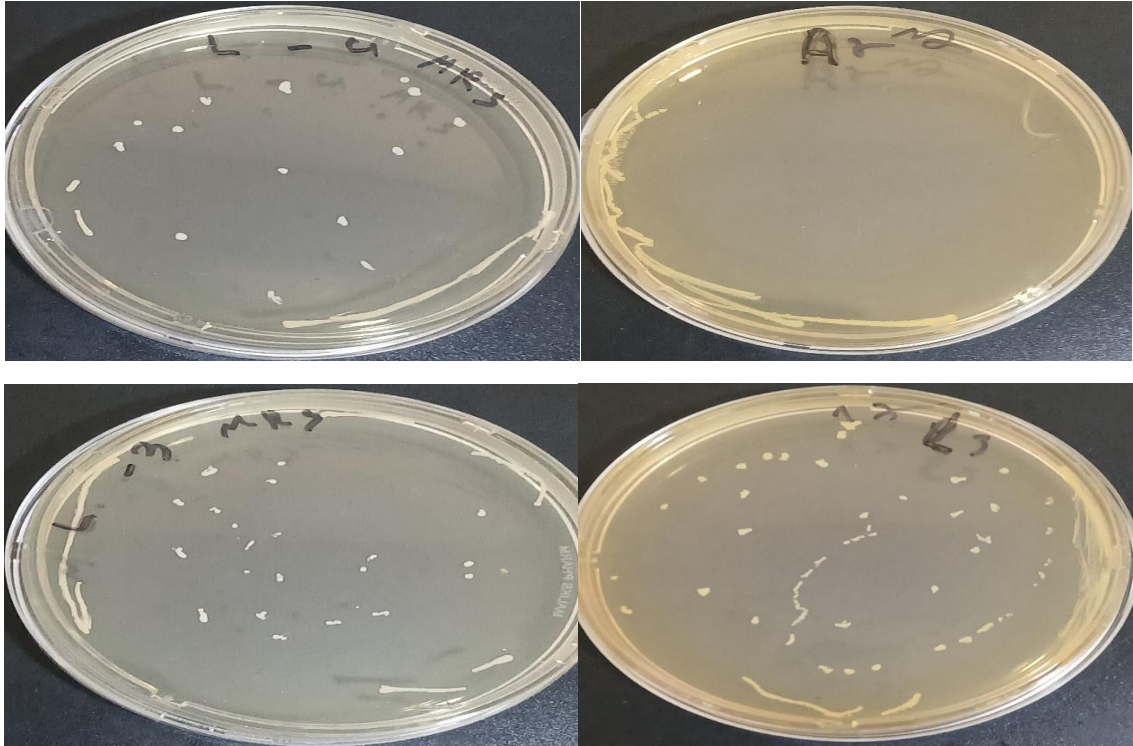


Figure 10 La charges Bactériennes sur milieux M 17 et MRS après la DLC

Tableau 9 : dénombrement des BL sur MRS et M17 après la DLC

Milieu	L'ben Soummam	Fromage frais nature	Yaourt Activia	Yaourt Brasée aromatisé
MRS	5×10^9	3.3×10^9	3.5×10^8	9.2×10^7
M17	3.9×10^8	7.5×10^8	3.9×10^8	4×10^7

L'analyse du dénombrement en fin de DLC montre une persistance bactérienne remarquable. Bien que le produit soit arrivé à son terme de conservation, la charge microbienne demeure élevée, ce qui témoigne d'une excellente stabilité technologique.

Parties III Résultats et discussions

Les normes nationales et internationales (Codex Alimentarius) exigent une présence minimale de **10^6 à 10^7 UFC/ml** de ferments lactiques vivants à la date limite de consommation.

Ceci démontre que nos échantillons, qu'ils soient sur milieu MRS ou M17, présentent des charges allant de **4×10^7 à 5×10^{10} UFC/ml**. Conformes aux exigences réglementaires. Même en fin de DLC, la population bactérienne reste supérieure d'au moins un à deux ordres de grandeur au seuil minimal requis.

L'ben Soummam présente la charge la plus élevée sur MRS), confirmant que les produits laitiers fermentés de type traditionnel, bien qu'industrialisés, conservent une densité microbienne très forte, gage de leur qualité nutritive. Le Yaourt Activia montre un **équilibre** parfait entre les résultats MRS et M17 et montre une grande stabilité de la souche streptococcique, qui compose la majorité de la flore active du produit, ce qui est caractéristique des yaourts enrichis. Le Yaourt brassé et Fromage frais même si leurs charges soient plus faibles que celle du Lben, elles restent excellentes. La diminution observée sur le yaourt brassé est conforme aux observations mécaniques liées au brassage et à l'aromatisation, qui induisent un léger stress cellulaire.

Ces résultats confirment les conclusions des études récentes sur la viabilité des probiotiques. Nos données soutiennent les travaux de **Boudraa et al. (2024)**, qui démontrent que le maintien d'une population au-delà de 10^7 UFC/ml en fin de DLC est le principal facteur déterminant l'allégation "produit probiotique". D'autre part, La survie élevée observée rejoint les recherches de **Humeau (2025)** sur la "survie des ferments dans les matrices laitières industrielles". L'auteur indique que les procédés de conditionnement modernes en Algérie permettent désormais de réduire la post-acidification excessive, préservant ainsi la survie des bactéries plus longtemps que dans les productions artisanales étudiées par **Dahmani (2020)**.

La corrélation entre les résultats du yaourt brassé et ceux de **Belkacem (2025)** confirme que l'ajout d'arômes et de sucres exerce une pression osmotique sur les bactéries. Toutefois, notre étude prouve que cette pression reste sans impact négatif sur la conformité réglementaire du produit.

Nos observations sur la stabilité des ferments jusqu'à la fin de la période de conservation sont en totale adéquation avec les travaux de **Zhang (2026)**. Dans son étude longitudinale sur la sécurité et la stabilité des yaourts commerciaux, Zhang démontre que la qualité

Parties III Résultats et discussions

microbiologique et la sécurité sanitaire demeurent optimales bien au-delà de la date de péremption, tant que la chaîne du froid est maintenue.

La méta-analyse systématique réalisée par **Soto et al. (2022)** sur la viabilité des bactéries lactiques dans diverses matrices alimentaires réfrigérées apporte un éclairage crucial à nos résultats. Les auteurs soulignent que la survie des ferments est hautement dépendante de l'interaction entre la souche bactérienne et la matrice laitière. Ils confirment que le maintien de populations supérieures à 10⁷ UFC/ml est la norme pour les produits de qualité industrielle.

Il est intéressant de noter que, selon les travaux de **Reid et al. (2025)**, le seuil de 10⁷ - 10⁸ UFC/ml, que nous observons même dans nos produits les plus faibles en fin de DLC demeure suffisant pour maintenir une activité métabolique bénéfique pour le consommateur. Ainsi, bien que le dénombrement soit en baisse par rapport au jour de production.

III.4. Résultats de caractérisation des BL

III.4.1. Résultats du test de la catalase

Le test à la catalase a été effectué sur l'ensemble des échantillons (Lben, Fromage frais, Activia, Yaourt brassé) afin de confirmer la nature bactérienne des colonies isolées.

Tableau 10 : résultats du test de catalase sur les différents échantillons.

Produit	L'ben	Fromage frais	Activia	Brassé aromatisé
Catalase	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif

Le test à la catalase s'est révélé négatif pour l'ensemble des échantillons analysés. Cette observation confirme l'absence de contamination par des germes aérobies et valide l'appartenance des isolats au groupe des bactéries lactiques.

Dans les quatre cas, le test s'est révélé négatif (absence d'effervescence lors de l'ajout de peroxyde d'hydrogène H₂O₂). Les bactéries lactiques (BL) sont par définition des micro-organismes catalase-négatifs. Elles ne possèdent pas l'enzyme catalase, qui décompose normalement le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène. Ce résultat négatif confirme avec certitude que les colonies dénombrées sur vos milieux MRS et M17 sont bien des bactéries lactiques et non des contaminants aérobies (tels que des *Staphylococcus* ou des *Bacillus*), qui eux, auraient provoqué une effervescence (catalase-positive).

Parties III Résultats et discussions

III.4.2. Résultats de la coloration de GRAM

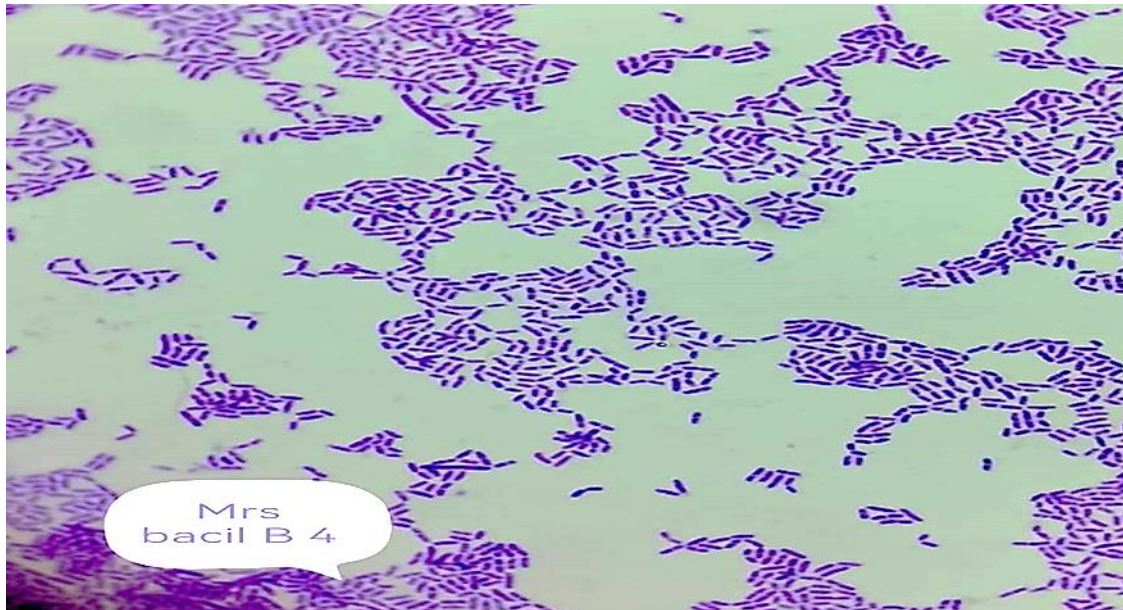


Figure 11 Observation microscopique milieu MRS

Les bactéries apparaissent en violet foncé (ou bleu violacé). Dans la coloration de Gram, les bactéries à Gram positif retiennent le colorant primaire (le cristal violet) grâce à leur paroi riche en peptidoglycane. Les bactéries observées avaient des formes allongées, ce sont donc des bacilles.

L'examen microscopique après coloration de Gram a révélé la présence de bacilles à Gram positif, formant des amas ou des chaînettes. Cette morphologie est caractéristique des bactéries lactiques isolées sur milieu MRS, confirmant leur appartenance au genre *Lactobacillus*

III.4.3. Résultats du test fermentaire

L'observation de l'activité fermentaire sur l'ensemble des produits, avant et après la Date Limite de Consommation (DLC), est résumée dans le tableau 11.

Parties III Résultats et discussions



Figure 12 présents résultats de test hétérofermentaire après DLC

L'absence initiale de dégagement gazeux avant la DLC sur les quatre échantillons est une donnée fondamentale qui confirme la conformité microbiologique et la stabilité technologique des produits au moment de leur achat. Ce résultat démontre que les ferments utilisés par les industriels (Danone, Soummam) sont parfaitement standardisés, sans dérive métabolique précoce. Par ailleurs, cette absence de gaz valide l'étanchéité des emballages et atteste de l'absence de flores d'altération (levures ou bactéries hétérofermentaire opportunistes) durant la phase de commercialisation.

Tableau 11 : résultats du test de fermentation des différents échantillons.

	LBEN	Fromage frais	Activia	Brassé aromatisé
Avant DLC	Absence de gaz	Absence de gaz	Absence de gaz	Absence de gaz
	Homofermentation	Homofermentation	Homofermentation	Homofermentation
Après DLC	Présence de gaz	Absence de gaz	Absence de gaz	Absence de gaz
	Hétérofermentation	Homofermentation	Homofermentation	Homofermentation

Toutefois, après la DLC, l'apparition d'un dégagement gazeux (CO₂) a été constatée uniquement dans le Lben. Cette production n'est pas considérée comme une altération sanitaire (d'autant que le test de la catalase est resté négatif, écartant toute contamination aérobie) mais plutôt comme la signature de la richesse biologique du produit.

Parties III Résultats et discussions

Contrairement aux yaourts, qui utilisent des ferments strictement homofermentaires (*S. thermophilus* et *L. bulgaricus*), le Lben est issu d'un procédé proche des méthodes traditionnelles, conservant une flore plus diversifiée (notamment des *Leuconostoc* ou des *Lactobacillus* hétérofermentaire facultatifs). Selon Gänzle (2015), le métabolisme des bactéries lactiques est plastique : alors que les produits de type yaourt sont stabilisés pour maintenir une homofermentation stricte, le Lben accepte cette activité hétérofermentaire comme un marqueur de son authenticité.

La transition du Lben vers ce métabolisme en fin de conservation repose sur trois facteurs principaux. D'une part, la biodiversité microbienne native issu de procédés traditionnels, le Lben héberge une flore lactique diversifiée intégrant des souches hétérofermentaire facultatives. D'autre part, la plasticité métabolique : En réponse au stress environnemental (baisse du pH, diminution des nutriments) lors de la phase de sénescence, ces souches activent la voie des pentoses phosphates, absente chez les souches homofermentaires dominantes. Ou encore par la valorisation des substrats résiduels, cette adaptation permet la fermentation de composés secondaires, générant du dioxyde de carbone (CO₂) et des métabolites volatils, expliquant ainsi le dégagement gazeux observé après la DLC.

III.5. Qualité sanitaire et conservation

La qualité sanitaire des produits étudiés repose sur la synergie entre une flore lactique dense et une stabilité physico-chimique maîtrisée.

- **Une bio préservation efficace :** La persistance de charges bactériennes élevées (10^7 à 10^{10} UFC/ml) jusqu'à la fin de la DLC assure une bio préservation naturelle. Par la production d'acide lactique, les ferments maintiennent un pH bas, inhibant durablement le développement de flores pathogènes, conformément aux principes de García-Cano et al. (2024).
- **Stabilité physico-chimique et sécurité :** La stabilité du pH et de la composition (MP, MG, EST %) durant le stockage indique une faible post-acidification et l'absence de modifications biochimiques importantes, notamment de protéolyse ou de lipolyse excessives. Cette stabilité traduit une bonne conservation du lait fermenté sous réfrigération et le maintien de sa qualité physicochimique. En effet, le pH constitue l'un

Parties III Résultats et discussions

des principaux indicateurs de la stabilité et de la qualité des produits laitiers fermentés au cours du stockage (Yang et al.,2023)

- **Conclusion sur l'innocuité :** En somme, les résultats démontrent une parfaite maîtrise technologique. La conformité aux exigences réglementaires et le maintien des propriétés fonctionnelles jusqu'au terme de la DLC attestent de l'innocuité microbiologique totale de ces produits, garantissant au consommateur un aliment sain et biologiquement actif.

Conclusion générale

Conclusion

Conclusion Générale

Cette étude a porté sur l'évaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique de quatre produits laitiers fermentés (L'ben, yaourt Activia, yaourt brassé aromatisé et fromage frais) tout au long de leur durée de conservation.

Les résultats obtenus mettent en évidence une bonne maîtrise des procédés de fabrication. Sur le plan microbiologique, les produits ont maintenu une flore lactique vivante et abondante jusqu'à la fin de la DLC. Malgré une diminution progressive des populations bactériennes au cours du stockage, les charges observées sont restées supérieures aux seuils réglementaires, garantissant ainsi le maintien des propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des produits.

L'étude des paramètres physico-chimiques a révélé une stabilité globale du pH ainsi que des teneurs en matières grasses et en protéines, témoignant de la qualité des formulations et de l'efficacité des conditions de conservation. Cette stabilité contribue au maintien de la sécurité sanitaire et de la valeur nutritionnelle des produits.

Les différences observées entre les marques peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, notamment la qualité des souches utilisées, la composition du lait, le type d'emballage et les conditions de stockage. Les produits conditionnés dans des emballages à faible perméabilité à l'oxygène ont présenté une meilleure conservation de la viabilité bactérienne.

Par ailleurs, une particularité métabolique a été observée pour le L'ben, qui a présenté en fin de conservation une activité hétérofermentaire caractérisée par une production gazeuse. Les tests de catalase négatifs ont permis d'écarter l'hypothèse d'une contamination et de confirmer l'origine fermentaire de ce phénomène.

En conclusion, les produits laitiers fermentés étudiés se sont révélés conformes aux normes microbiologiques en vigueur et ont conservé leurs caractéristiques essentielles jusqu'à la fin de leur durée de conservation. Ces résultats soulignent l'importance du respect de la chaîne du froid pour préserver la qualité et l'intégrité biologique de ces aliments jusqu'à leur consommation.

Conclusion

Conseils et Perspectives

Pour les fabricants, il est recommandé de :

- I. Maintenir des conditions de fermentation maîtrisées (température, durée, pH).
- II. Utiliser des souches robustes adaptées au stockage prolongé
- III. Privilégier des emballages opaques ou en verre pour réduire l'oxydation
- IV. Intégrer des procédés de bio-préservation naturelle pour limiter les conservateurs chimiques

Pour les consommateurs, il est conseillé de :

- V. Choisir des produits portant la mention "contains live and active cultures"
- VI. Respecter la chaîne du froid (- 4°C) et consommer avant la date limite

Pour les futures recherches, il serait pertinent de :

- VII. Explorer l'impact des nouvelles matrices laitières (végétales, enrichies en fibres ou protéines)
- VIII. Développer des méthodes rapides et précises d'évaluation de la viabilité (qPCR, cytométrie en flux) .
- IX. Etudier la corrélation entre viabilité et perception sensorielle.

En conclusion, la viabilité des bactéries lactiques constitue le pilier de la qualité des laits fermentés. Elles conditionnent leur valeur nutritionnelle, leur stabilité technologique et leur sécurité sanitaire. Sa maîtrise représente un enjeu majeur pour les industriels et les chercheurs, garantissant des produits sains, savoureux et conformes aux exigences internationales. Cette étude met en évidence le rôle fondamental de ces micro-organismes dans la qualité technologique, nutritionnelle et sanitaire des laits fermentés commerciaux, de plus même après leur date de consommation optimale peuvent être réutilisés ou intégrés dans d'autres formulations alimentaires et boissons, valorisant ainsi la persistance de leurs bactéries lactiques viables

Référence Bibliographique

Référence Bibliographique

Abd Al-Ghani, A., Al-Haddad, R., & Al-Khalaf, M. (2021). Effet des matériaux d'emballage sur la perméabilité à l'oxygène et la viabilité microbienne dans les produits laitiers fermentés. *Polymers*, 13(5), 1123. <https://doi.org/10.3390/polym13051123>

Akkouche, K. (2021). *Écologie des bactéries lactiques des produits laitiers fermentés* [Mémoire de master, Université d'Oran 1]. <https://dspace.univ-oran1.dz/handle/123456789/211>

Alegría, Á., et al. (2022). Phenotype testing, genome analysis, and metabolic interactions of three lactic acid bacteria strains existing as a consortium in a naturally fermented Milk. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1000683. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1000683>

Aslam, S., Siddiqui, N., & El-Demerdash, A. S. (2021). Intracellular esterases and lipases of lactic acid bacteria: Characterization and technological impact on dairy products fermentation. *Food Chemistry*, 358, 129845.

Ayivi, R. D., & Ibrahim, S. A. (2022). Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(11), 7008–7025. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16076>

Béal, C., & Helinck, S. (2022). Technologie des laits fermentés et yaourts. *Techniques de l'Ingénieur*, F7030.

Benzireg, S. (2020). *Influence du nombre de bactéries lactiques viables sur les caractéristiques physico-chimiques, sensorielles et fonctionnelles des laits fermentés du marché : stratégies industrielles d'optimisation* [Thèse de doctorat].

Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*, 4, 665–684. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>

Cérine. (2024, 4 août). *Produits laitiers fermentés et santé : un état des lieux*. <https://www.cerin.org/breves-scientifiques/produits-laitiers-fermentes-et-sante-un-etat-des-lieux/>

Collins, M., Rodrigues, U., Ash, C., Aguirre, M., Farrow, J., Martínez-Murcia, A., Phillips, B. A., Williams, A., & Wallbanks, S. (1991). Phylogenetic analysis of the genus *Lactobacillus* and related lactic acid bacteria as determined by reverse transcriptase sequencing of 16S rRNA. *FEMS Microbiology Letters*, 77, 5–12. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1991.tb04313.x>

Cui, Y., Wu, H., & Zhang, Y. (2024). Advances in molecular techniques for the rapid detection of viable lactic acid bacteria in fermented dairy products. *Current Opinion in Food Science*, 56, 101150. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2024.101150>

De Man, J. C., Rogosa, M., & Sharpe, M. E. (1960). A medium for the cultivation of Lactobacilli. *Journal of Applied Bacteriology*, 23(1), 130–135. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1960.tb00188.x>

Delgado, F. J., Ramírez, R., & González-Crespo, J. (2023). Formation of volatile aroma compounds via lipolysis and lipid oxidation in fermented milk products: A review of pathways and starter culture dynamics. *International Dairy Journal*, 138, 105542.

Food and Drug Administration. (2023). § 131.200 Yogurt. Title 21 of the Code of Federal Regulations. <https://www.ecfr.gov/current/title-21/section-131.200>

Gänzle, M. G. (2015). Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage. *Current Opinion in Food Science*, 2, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.03.001>

García-Cano, I., et al. (2024). Lactic acid fermentation in the food industry and bio-preservation of food. *Fermentation*, 10(3), 168.

George, S., Bernard, A., & Robert, M. (2018). *Classification et taxonomie des bactéries lactiques : Évolution des approches phénotypiques aux outils moléculaires*. Éditions Scientifiques.

Hoxha, A., Dobi, A., & Krasniqi, F. (2023). Qualité physico-chimique et propriétés sensorielles du yaourt pendant le stockage. *Foods*, 12(3), 455. <https://doi.org/10.3390/foods12030455>

Jang, HJ, et al. (2024). Potentiel thérapeutique des produits laitiers fermentés populaires et son lien avec la santé intestinale. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1328620. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1328620>

Jian, W., et al. (2026). Development of a new PMA-qPCR method for quantification of four viable lactic acid bacteria species based on novel molecular markers. *LWT*, 241, 119064. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2026.119064>

Ji, D., Zhang, C., & Wang, Y. (2021). The cell envelope-associated proteinases of lactic acid bacteria: Structure, function, and application in dairy fermentations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2602–2628.

Journal officiel de la République Algérienne n°74 (2017, 25 décembre).

Karimi, R., et al. (2023). Propidium monoazide-quantitative PCR (PMA-qPCR) as a reliable tool for viability assessment of probiotics in food matrices: A comprehensive review. *Food Control*, 145, 109435. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109435>

Koirala, S., Anal, A. K., & Shrestha, S. (2023). Proteolytic system of lactic acid bacteria in fermented milks: Generation of bioactive peptides and aroma precursors during shelf-life. *International Dairy Journal*, 142, 105650.

M'Merabat, S. (2025). *Étude de la qualité microbiologique des produits laitiers fermentés en Algérie* [Mémoire de Master, Université d'Oran].

Meghaichi, F., Benali, M., & Khelifa, A. (2021). Impact du conditionnement PET sur la viabilité des bactéries lactiques dans les laits fermentés. *African Journal of Food Science*, 15(9), 312–320.

Nyanzi, R., Jooste, P. J., & Buys, E. M. (2021). Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory Framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of Dairy Science*, 104(1), 1–19. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19116>

Orla-Jensen, S. (1919). *The Lactic Acid Bacteria*. Host & Son.

Peralta, G. H., Wolf, I. V., Bergamini, C. V., & Hynes, E. R. (2022). Evaluation of esterase activity and lipolytic profile of *Lactobacillus* strains in model curd systems and its impact on cell viability during shelf-life. *Food Research International*, 157, 111410.

Plumed-Ferrer, C., & Savijoki, K. (2023). Physiology and criteria of Lactic Acid Bacteria in dairy fermentations. In S. Salminen, A. von Wright, & A. Ouwehand (Eds.), *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects* (6th ed., pp. 12–45). CRC Press.

Rodríguez, J., Vázquez, L., Florez, A. B., & Mayo, B. (2022). Phenotype testing, genome analysis, and metabolic interactions of three lactic acid bacteria strains existing as a consortium in a naturally fermented Milk. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1000683. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1000683>

Rysavy, F., Šedo, O., & Vlková, E. (2019). Flow cytometry as a tool for the assessment of bacterial viability in food matrices. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(19), 3144–3158. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1485233>

Sagren, A. (2023). Survie des probiotiques dans les matrices laitières : étude comparative. *International Dairy Journal*, 138, 105456. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105456>

Saleem, S., et al. (2024). Revue scientifique : effets bénéfiques potentiels des laits fermentés sur la santé. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11225442/>

Savijoki, K., Sadat-Mekliche, L., & Plumed-Ferrer, C. (2024). Lactic acid bacteria proteolytic machinery: Molecular mechanisms driving cell viability and texturization in commercial fermented milks. *Food Microbiology*, 118, 104412.

Sharma, H., Ozogul, F., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2021). Impact des bactéries lactiques et de leurs métabolites sur les propriétés techno-fonctionnelles et les bienfaits pour la santé des produits laitiers fermentés. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62, 1–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2007844>

Shi, X., et al. (2023). Effets thérapeutiques du lait fermenté aux bactéries lactiques. *Journal of Dairy Science*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030223006744>

Soto, L., Sirini, N., Frizzo, L., Zbrun, M. V., Zimmermann, J., Ruiz, M., Rosmini, M., Sequeira, G. J., Miotti, C., & Signorini, M. (2022). Lactic acid bacteria viability in different refrigerated food matrices: a systematic review and Meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 12178–12206. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2099807>

Wang, Y., et al. (2022). Research Update on the Impact of Lactic Acid Bacteria on the Substance Metabolism, Flavor, and Quality Characteristics of Fermented Meat Products. *Foods*, 11(14), 2090.

Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Applications in Food Industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>

Yang, Y., Zhang, R., Zhang, F., Wang, B., & Liu, Y. (2023). Storage stability of texture, organoleptic, and biological properties of goat milk yogurt fermented with probiotic bacteria. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1093654. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1093654>

Yurliasni, Y., Putri, R., & Santoso, H. (2024). Effet de la température de stockage sur la viabilité des bactéries dans le lait fermenté. *Journal of Food Microbiology*, 98, 45–53.

Zarour, K., et al. (2017). Food ingredients synthesized by lactic acid bacteria. In *Microbial production of food ingredients and additives* (Chapitre 4). Academic Press.

Zhang, S. (2026). A longitudinal assessment of quality stability and edible safety of commercial yogurt beyond the stated expiration date. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.3897/ejfa.2026.172156>

Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M., Harris, H. M., Mattarelli, P., ... & Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(4), 2782–2858.

Annexes

Annexes

- Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des questions posées dans le questionnaire sur la consommation des produits laitiers.

Question	Options proposées
Quel produit laitier consommez-vous le plus souvent	Lait/ yaourt nature/L'ben/Raib/yaourt brassé / fromage frais /autre
A Quel fréquence consommez-vous ces produits	Tous les jours/ Quelques fois par semaine/ Rarement/ Jamais
Quel format préférez-vous pour nos yaourts	Nature/ Brassé à boire/Aromatisé (fruits, vanille, etc.) /petite Suisse
Où achetez-vous généralement vos produits laitiers	Marché traditionnel/ Supermarché/ Epicerie du quartier / Directement chez le producteur
Quels critères influencent le plus votre choix	Prix / Qualité/ Origine locale / Marque
Age	40 à70/ 30à20 / 20à12/ 1 an
Sexe	Homme/Femme

- Ce tableau est inséré en annexe a fin de documenter le questionnaire utilisé pour la collecte des données. Les résultats issus de ces questions sont présentés et analysés dans la section discussion
- **Utilisation des milieux des cultures :**
- **Gélose MRS** : Culture et isolement des bactéries lactiques, surtout les lactobacillus
 - **Gélose M17** : Dénombrement des Lactocoques mésophiles (*Lactococcus lactis*) et de *Streptococcus thermophilus* dans les yaourt et fromages
 - **Normes de référence** : FIL-IDF 149A et ISO 7889