
	<p style="text-align: center;">République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique</p> <p style="text-align: center;">Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers Département de BIOLOGIE</p> <p style="text-align: center;">Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire et à l'Environnement (LAMAABE)</p>	
---	--	---

THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Biologie

Option : « Maîtrise de la qualité microbiologique et du développement microbien »

Thème

Caractérisation microbiologique, physicochimique et nutritionnelle de fromage traditionnel dit JBEN de la région Ain el sefra : amélioration de ces conditions de fabrication

Présenté par : Mme BOUMEDIENE Karima épouse Lakehal

Soutenu le : 06 décembre 2025

Devant le jury composé de :

Mme HASSAINE H.	Professeur	Président	Université de Tlemcen
Mr BARKA M S.	Professeur	Examineur	Université de Tlemcen
Mr HEDADJI M.	Professeur	Examineur	Université d'Oran
Mr AMROUCHE A.	Professeur	Examineur	Université de Naâma
Mme BENAMARA N.R	M. C. A.	Examinatrice	Université de Mascara
Mr MOUSSA BOUDJEMAA B.	Professeur	Rapporteur	Université de Tlemcen
Mme BENDIMERAD N.	M. C. A.	Invitée	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2025-2026

Dédicaces

A ma mère et à mon père que Dieu leur accorde santé et longue vie,

A mes sœurs et à Mon cher frère,

A mon cher mari Abdelmadjid

pour son soutien et sa compréhension,

A mes enfants Mohamed Zakariya, Yacine et Ayoub,

A ma belle-mère et à mon beau père,

A mes deux belles sœurs et à Mes beaux-frères.

Remerciements

Cette thèse est le fruit de plusieurs années de recherche. C'est avec beaucoup d'honneur que j'exprime ici mon premier remerciement à DIEU de m'avoir permis d'accomplir ce travail, Les travaux présentés dans cette thèse ont été effectués au Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire et à l'environnement (LAMAABE) Tlemcen.

L'encadrement scientifique de ce travail a été assuré par le Pr. MOUSSA BOUDJEMAA Boumedine, et Dr. BENDIMERAD Nahida.

Pour sa confiance, ses conseils avisés et l'attention avec laquelle il a encadré et suivi l'évolution de ce travail, je tiens à remercier Pr MOUSSA BOUDJEMAA Boumedine. Qu'il soit assuré de toute ma gratitude pour m'avoir permis de terminer ce travail dans les meilleures conditions. de m'avoir donné les moyens de mener à bout cette étude,

Mes vifs remerciements sont adressés au Dr BENDIMERAD Nahida, d'avoir accepté d'être mon Co-encadreur. Je ne cesserai de la remercier aussi, pour son aide, ses conseils, et ses orientations. Pour votre disponibilité, votre patience, votre hospitalité. votre compréhension et l'intérêt porté à mon sujet de recherche : Merci encore une fois madame.

J'exprime mes respectueux dévouements à Madame HASSAINE H., Professeur à l'Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider le jury de cette thèse.

Mes remerciements s'adressent aux membres de jury, qui ont accepté de se déplacer, de loin, pour nous honorer et faire partie du jury d'évaluation de cette thèse :

- Madame BENAMARA R. Maitre de conférences à l'université de mascara ;
- Monsieur HEDADJI Miloud., Professeur à l'université d'Oran
- Monsieur BARKA M S., Professeur à l'université de Tlemcen
- Monsieur AMROUCHE A., Professeur à l'université de Naâma

J'adresse mes profonds remerciements à l'ancien Directeur du ISTA Mr BAGHLI

J'adresse mes remerciements au Directeur du CACQE Mr LAHBAB et les ingénieurs du laboratoire d'analyse physicochimique ainsi que Mr HADJAM Mekki

Je remercie également M. le Directeur et l'ingénieur du laboratoire d'Application des Electrolytes et des Poly électrolytes Organiques université de Tlemcen.

Mes profonds remerciements s'adressent aux familles Benguernia, Boufeldja, Bayadhi, Sidi Kbir pour m'avoir aidé pendant l'enquête sur le fromage Jben.

Mes vifs remerciements vont à mes amies Saibi Amina, Nas Fatima et Benamar Ibrahim pour leur aide durant la rédaction de l'article.

Mes sentiments les plus profonds et remerciements infinis à mes collègues et amis du Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire et à l'environnement (LAMAABE) pour les relations amicales, conviviales, fraternelles et professionnelles qu'ils ont su tisser au sein du laboratoire.

Table des matières

Résumé.....	I
ملخص.....	II
Abstract	III
Liste des Abréviations.....	IV
Liste des Tableaux.....	VI
Liste des Figures.....	VII
Listes des Annexes.....	IX
Introduction générale.....	01
Partie I : Synthèse Bibliographique	
I. Généralités sur les fromages.....	03
II. Produits laitiers traditionnels Algériens.....	07
II-1. Dérivés laitiers gras.....	07
II-1-1. Ez Zebda (Beurre frais).....	07
II-1-2. Smen.....	07
II-2. Boissons laitiers fermentés.....	08
II-2-1. Raïb (lait fermenté)	08
II-2-2. Lben (Babeurre)	08
II-3. Fromages traditionnels d'Algérie.....	09
II-3-1. Fromage à pâte dure.....	09
II-3-2. Fromage à pâte affinée.....	10
II-3-3. fromage à pâte fondue.....	11
II-3-4. les fromages frais.....	11
II-3-5. Cas particulier du Jben	12
Partie II : Matériels et Méthodes	
I. Echantillonnage.....	15
I-1. Répartition géographique	15
I-2. Prélèvement des échantillons.....	16
II. Analyse physicochimique des fromages.....	18
II-1. Analyse physicochimique des fromages.....	18
II-1-1. Détermination de poids.....	18

II-1-2. Détermination de Ph.....	18
II-1-3. Détermination de l'acidité titrable	18
II-1-4. Détermination de la matière sèche et de l'humidité	18
II-1-5. Détermination des cendres totales	19
II-1-6. Détermination de la matière grasse et du rapport Gras/Sec.....	19
II-1-7. Détermination de taux des protéines.....	19
II-1-8. Détermination du taux des sucres	20
II-1-9. Détermination des valeurs énergétiques.....	20
II-2-1. Analyse microbiologique du fromage	21
II-2-2. Préparation de l'homogénat et des dilutions décimales	21
II-2-3-4. Dénombrement des bactéries aérobies mésophiles	21
II-2. Dénombrement des bactéries lactiques	21
II-2. Dénombrement des Micrococcaceae	21
II-2. Dénombrement des Entérobactéries	22
II-2. Dénombrement des levures et des moisissures.....	22
II-2. Dénombrement des spores de Bacillus.....	22
II-2. Recherche des spores de Clostridium.....	22
II-2. Recherche et dénombrement des coliformes	22
II-2. Recherche de Salmonella.....	23
II-3. Méthodologie analytique et expression des résultats	23
III. Analyse statistiques	23
IV. Identification phénotypique des bactéries lactiques.....	24
IV-1. Isolement et purification des souches.....	24
IV-2. Conservation des souches.....	24
IV-3. Caractérisation phénotypiques.....	24
IV-3-1. Caractères morphologiques	24
IV-3-2. Caractères physiologique	25
IV-3-3. Caractères biochimiques	25
• Test de catalase.....	25
• Type fermentaire.....	25
• Utilisation du citrate	25
• Hydrolyse de l'arginine(ADH)	25

• Production d'acétoine.....	26
• Hydrolyse d'esculine.....	26
• Profils de fermentation des glucides.....	26
IV-1. Caractérisation des propriétés technologiques des bactéries lactiques.....	26
IV-4-1. Pouvoir acidifiant	26
IV-4-2. Activité protéolytique.....	27
IV-4-3. Activité amylolytique.....	27
IV-4-4. Production des composés aromatiques.....	27
IV-4-5. Thermorésistance.....	27
IV-4-6. Activité antimicrobienne.....	27
IV-4-6-1. Criblage primaire par la méthode de la double couche (Fleming et al 1975)	28
IV-4-6-2. Caractérisation de la nature des substances inhibitrices par la méthode des puits.....	28
V. Identification des bactéries pathogènes isolées à partir du Jben.....	30
V-1. Isolement et purification.....	30
V-2. Conservation des souches.....	30
V-3. Caractérisation morphologiques	30
V-4. Caractérisation biochimiques	30
V-5. Identification à l'aide des galeries API 20 ^E et 20 ^{STAPH}	31
V-5-1. Principe.....	31
V-5-1. Mode opératoire.....	31
VI. Etude de sensibilité aux antibiotiques des bactéries lactiques	32
VI-1. Sélection des souches	32
VI-2. Sélection des antibiotiques	32
VI-3. Mode opératoire.....	33
VI-4. Lecture et interprétation des résultats	33
VII. Fabrication expérimentale d'un fromage de type Jben.....	33
VII-1. Analyse physicochimique	33
VII-2. Analyse microbiologique	33
VII-3. Analyse sensorielle	33
Partie III : Résultats Discussion	
I. Résultats de l'enquête.....	35

I-1. Préparation de HAKKA	35
I-2. Fabrication du Jben.....	35
II. Résultats des analyses physicochimique microbiologique et nutritionnelle du fromage Jben.....	37
II-1. Caractérisation physicochimique et valeurs énergétiques	37
II-2. Résultats des analyses microbiologiques du Jben.....	40
II-3. Discussion des résultats physicochimiques et microbiologiques	45
II-3-1. Caractéristiques physico-chimiques	45
II-3-2. A propos des résultats microbiologiques.....	45
III. Résultats de l'identification des bactéries lactiques.....	47
III-1. Caractérisation macroscopique et microscopique	47
III-2. Caractérisation physiologique et biochimique.....	48
III-2-1. Caractérisation physiologique.....	48
III-2-2. Caractérisation biochimique.....	49
III-3. Identification des bactéries lactiques	52
III-4. Répartition des bactéries lactiques durant la période froide et chaude.....	55
III-5. Discussion.....	57
IV-. Caractérisation technologique des bactéries lactiques	58
IV-1. Pouvoir acidifiant, aromatisant, protéolytique et amylolytique.....	58
IV-2. Cinétique d'acidification des bactéries lactiques	60
IV-3. Pouvoir antimicrobienne	62
IV-4. Discussion.....	67
V. Identification des bactéries pathogènes	69
VI. Résistance aux antibiotiques	71
VII. Fromage préparé au laboratoire	75
VII-1. Résultats des analyses physicochimique	75
VII-2. Résultats des analyses microbiologiques	76
VII-3. Résultats d'analyse sensorielle.....	76
Discussion.....	78
Conclusion générale.....	79
Références bibliographiques.....	81
Annexes.....	96

Résumé

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'influence saisonnière (hiver vs été) sur les propriétés microbiologiques et physico-chimiques du Jben, un fromage frais traditionnel algérien produit à partir de lait de vache cru coagulé avec la présure animale « el Hakka » dans la région nord-ouest de l'Algérie. Pour ce faire, une enquête de terrain a été menée dans la zone d'Aïn Safra, suivie d'analyses microbiologiques et physico-chimiques comparatives entre les deux saisons.

L'analyse microbiologique a révélé que les bactéries lactiques constituaient le microbiote dominant du Jben, avec des concentrations moyennes (en log cfu/g) de 6,18 pour *Lactobacillus*, 6,88 pour *Lactococcus* et 5,73 pour *Leuconostoc*. Les autres microorganismes détectés comprenaient la flore mésophile totale (7,71), les levures (3,24), les moisissures (2,32), les entérobactéries (3,95) et les coliformes totaux (4,02). Par ailleurs, des indicateurs sanitaires tels que les staphylocoques (3,16), *Bacillus* (5,35) et les coliformes fécaux (2,70) ont été identifiés, tandis que les spores anaérobies et les *Salmonella* étaient absentes.

Parmi les 126 souches des bactéries lactiques isolées, la répartition était la suivante : 35,71 % *Lactobacillus*, 26,19 % *Leuconostoc*, 11,11 % *Lactococcus*, 10,31 % *Streptococcus*, 9,52 % *Enterococcus*, 6,34 % *Pediococcus* et 0,79 % d'autres genres. Une analyse ANOVA a mis en évidence des variations significatives ($p < 0,05$) entre les saisons hiver et été.

Le Jben a présenté des valeurs moyennes de pH (5,76) et de matière sèche (45,20 % p/p). Sa composition nutritionnelle comprenait 20,02 % de matières grasses, 18,64 % de protéines et 3,2 % de cendres, avec une acidité moyenne de 34°D et un taux MG/MS de 44,23 %.

Ces résultats permettent de classer le Jben comme un fromage à pâte semi-molle, au quart de matière grasse (1/4 MG) et non affiné, dont les propriétés sont influencées de manière significative par la saison de production.

35 BL ont eu un effet sur *Staphylococcus aureus*, 17 sur *Bacillus cereus* et 09 sur *Bacillus subtilis*, avec un diamètre de la zone d'inhibition variant entre 10 et 26 mm. La plus importante activité antimicrobienne a été observée chez *Leuconostoc sp.* (S6) et *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S21) avec un diamètre de la zone d'inhibition de 20 mm vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, et chez *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S67) avec un diamètre de la zone d'inhibition de 13 mm vis-à-vis de *Bacillus cereus* et de *Bacillus subtilis* (20 mm). Nos résultats ont montré que la plupart des substances inhibitrices produites par les BL sont de nature protéique.

Mots clés : fromage traditionnel, Jben, el Hakka, bactéries lactiques, lait de vache cru, Algérie

الملخص

كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم التأثير الموسمي (الشتاء مقابل الصيف) على الخصائص الميكروبيولوجية والفيزيائية والكيميائية لجبن، وهو جبن جزائري طازج تقليدي ينتج من حليب البقر الخام المتخثر مع منفحة حيوانية "الحكة" في المنطقة الشمالية الغربية من الجزائر. تحقيقا لهذه الغاية، أجري مسح ميداني في منطقة عين الصفراء، أعقبته تحاليل ميكروبيولوجية وفيزيائية - كيميائية مقارنة بين الموسمين.

وجد التحليل الميكروبيولوجي أن *bactéries lactiques* هي الكائنات الحية الدقيقة المهيمنة في جبن، حيث بلغ متوسط تركيزات 6.18 (cfu/g log) في *Lactobacillus*، و 6.88 في *Lactococcus*، و 5.73 في *Leuconostoc*. شملت الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التي تم اكتشافها إجمالي *Flore totale* (7.71)، و *levures* (3.24)، و *moisissures* (2.32)، و *Enterobactéries* (3.95)، و *coliformes totaux* (4.02). بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد مؤشرات صحية مثل *S.aureus* (3.16) و *Bacillus* (5.35) و *coliformes fécaux* (2.70)، في حين لم تكن *Salmonella* موجودة.

من بين 126 سلالة من BL المعزولة، كان التوزيع كما يلي: *Lactobacillus* 35.71%، *Leuconostoc* 26.19%، *Lactococcus* 11.11%، *Streptococcus* 10.31%، *Enterococcus* 9.52%، *Pediococcus* 6.34%، و 0.79% من الأنواع الأخرى. أظهر تحليل ANOVA إختلافات كبيرة ($p < 0.05$) بين فصلي الشتاء والصيف.

أظهر مؤشر *Jben* متوسط قيم الأس الهيدروجيني (5.76) والمواد الجافة (45.20% p/p) شملت تركيبته الغذائية 20.02% من الدهون، و 18.64% من البروتين، و 3.2% من الرماد، مع متوسط حموضة 34 درجة مئوية ومعدل *MG / MS* 44.23%..

تسمح هذه النتائج بتصنيف *Jben* على أنه جبن شبه لين، وربع الدهون (1/4 MG) غير ناضج، وتتأثر خصائصه بشكل كبير بموسم الإنتاج.

كان لـ 35 BL تأثير على *Staphylococcus aureus*، و 17 على *Bacillus cereus*، و 09 على *Bacillus subtilis*، مع قطر منطقة تثبيط يتراوح بين 10 و 26 ملم. لوحظ النشاط المضاد للميكروبات الأكثر أهمية في *Leuconostoc sp.* (S6) و *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S21) بقطر منطقة تثبيط 20 مم مقابل *S. aureus*، وفي *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S67) بقطر منطقة تثبيط 13 مم مقابل *Bacillus cereus* و *Bacillus subtilis* (20 مم). أظهرت نتائجنا أن معظم المواد المثبطة التي تنتجها BL هي ذات طبيعة بروتينية.

الكلمات: الجبن التقليدي، جبن، الحكة، بكتيريا الحليب، حليب البقر الخام، الجزائر

Abstract

Jben, a traditional cheese produced in northwest of Algeria. This fresh cheese is made from raw cow's milk coagulated by "el Hakka" animal rennet. The main objective of this work is to determine seasonal influence on the microbiological and physicochemical Jben properties. A survey on the Jben and "el Hakka" was conducted in situ, in the Ain Safra region. Microbiological and physico-chemical analysis were carried out and compared between two seasons (Winter and summer) using a T student-test (at $P < 0.05$) for microbiological and ANOVA (at $P < 0.05$) test for physicochemical data.

Microbiological analysis results show that lactic acid bacteria were dominant microbiota in Jben. The means values for *Lactobacillus*, *Lactococcus* and *Leuconostoc* were 6.18, 6.88, and 5.73 log cfu/g of product respectively. Total mesophilic flora, yeasts, moulds, Enterobacteria, and total coliforms were detected with 7.71, 3.24, 2.32, 3.95 and 4.02 log cfu/g respectively. On the other hand, we detected sanitary microorganisms such as staphylococci, *Bacillus* and faecal coliforms with 3.16, 5.35 and 2.70 log cfu/g respectively. We have not detected Anaerobic spores and *Salmonella* sp in any sample of the cheese samples. Cheeses were characterized by their mean values of pH (5.76) and dry matter contents (45.20 % w/w). The means values Fat, Protein and ash contents were 20.02 %, 18.64 % and 3.2 % respectively. The means values for Acidity, and Fat/DM were, 33.93 °D, and 44.23%, respectively. A round 126 acid lactic bacteria were identified that 35.71% *Lactobacillus*, 26.19% *Leuconostoc*, 11.11% *Lactococcus*, 10.31% *Streptococcus*, 9.52% *Enterococcus*, 6.34% *Pediococcus*, 0.79% others. The ANOVA analysis showed that there was a highly significant difference between the two seasons at $p < 0.05$. The traditional Jben cheese is classified as a semi-soft, 1/4 fat and non-ripened cheese.

35 LAB had an effect on *Staphylococcus aureus*, 17 on *Bacillus cereus* and 09 on *Bacillus subtilis*, with an inhibition zone diameter ranging from 10 to 26 mm. The most significant antimicrobial activity was observed in *Leuconostoc* sp. (S6) and *Leuconostoc mesenteroides* sp. *mesenteroides* (S21), which exhibited an inhibition zone diameter of 20 mm against *S. aureus*. The highest inhibition zone diameter against *B. cereus* and *B. subtilis* (20 mm) was observed in *Leuconostoc mesenteroides* sp. *mesenteroides* (S67), with an inhibition zone diameter of 13 mm. Our results showed that most of the inhibitory substances produced by LB are proteinaceous in nature.

Key words: traditional cheese, Jben, el Hakka, lactic acid bacteria

Liste des abréviations

BL : Bactéries lactiques

BN : Bouillon Nutritif.

EST : Extrait Sec Total.

ESD : Extrait Sec Dégraissé.

MG/ES: Matière Grasse/Extrait Sec.

LAB : Lactic Acid Bacteria

Lb. : Lactobacillus.

Lc. : Lactococcus

MG : Matière Grasse

MRS : Man, Rogosa et Sharpe.

NF : Norme Française.

Pd. : Pediococcus.

PCA : Plate Count Agar.

UFC : Unité Formant Colonie.

VRBL : Violet cristal Rouge neutre Bile Lactose

mM : milliMolaire

H : Humidité.

ISO : International Organization for Standardization.

J.O.R.A.D.P.: Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

°C : Degré Celsius

°D : Degré Dornic

AFNOR: Association Française de Normalisation

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

FAO : Food and Agriculture Organization

g : Gramme

H : Humidité

HRED : Humidité Relative Sur Extrait Sec

Kg : Kilogramme

L : Litre

mL : millilitre

NPP : Nombre le Plus Probable

Ln. : Leuconostoc

Sc./ St. : Streptococcus

BCP : Pourpre de bromocrésol

BLVBL: Bouillon lactosé bilié au vert brillant

g/L : gramme par litre

Log : logarithme décimal

μl : microlitre

mL : millilitre

D.O. : Densité optique

sp. : Sous espèce

UV : Ultra-violet

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification des fromages selon leur teneur en humidité.

Tableau 2 : Dates et lieux de prélèvement des échantillons du Jben

Tableau 3 : Liste des antibiotiques utilisées pour l'antibiogramme.

Tableau 4 : Profils physico-chimique et nutritionnel du fromage traditionnel Jben, produit dans le nord-ouest Algérien

Tableau 5 : Variations saisonnière des caractéristiques physico-chimiques du, fromage Jben

Tableau 6 : Résultats d'analyse microbiologique de fromage traditionnel Jben produit dans le nord-ouest Algérie.

Tableau 7 : Résultats des analyses microbiologiques du fromage traditionnel Jben fabriqué au nord-ouest Algérie pour les deux saisons (hiver et été)

Tableau 8 : Pourcentage des souches lactiques par rapport aux différents caractères technologiques

Tableau 9 : Résultats de l'activité antibactérienne des bactéries lactiques d'un fromage traditionnel Jben vis à vis des bactéries pathogènes

Tableau 10 : Description des staphylocoques isolées de fromage traditionnel Jben

Tableau 11 : Description des entérobactéries isolées de fromage traditionnel Jben

Tableau 12 : Description des Bacillus isolées de fromage traditionnel Jben

Tableau 13 : Résultats des antibiogrammes des bactéries lactiques vis à vis des bactéries pathogènes

Tableau 14 : Résultats des analyses physicochimiques de fromage Jben préparé au laboratoire

Tableau 15 : Résultats d'analyse microbiologique de fromage Jben préparé au laboratoire

Tableau 16 : Résultats de score test hédonique de fromage Jben avec quatre descripteurs

Tableau 17 : Fiche technique du fromage traditionnel algérien Jben

Liste des Figures

- Figure 1 :** Le processus général de transformation du lait en fromage en cinq étapes
- Figure 2 :** Les différents types des utiles de barattage a/ Chekoua b/ « Thakhssayeth Oussendou » appelé aussi « Thakhchachet ».
- Figure 3 :** Les processus de production des principaux produits laitiers et fromagers algériens.
- Figure 4 :** Localisation de la zone de production de Jben, Ain Safra (province de Nâama, nord-ouest de l'Algérie).
- Figure 5 :** Echantillons de fromage traditionnel Jben
- Figure 6 :** Schémas de la méthode Fleming et al et la méthode de Barefoot et Kaenhammer
- Figure 7 :** El Hakka utilisé dans la fabrication du fromage traditionnel algérien Jben
- Figure 8 :** Protocole de production de fromage traditionnel Algérien Jben
- Figure 9 :** Profils physicochimique de fromage traditionnel Jben A/ matière grasse B/ les cendres C et D/ matière sèche.
- Figure 10 :** Résultats des analyses microbiologiques des fromages Jben fabriqués au nord-ouest algérien a) coliformes fécaux, b) staphylocoques.
- Figure 11 :** Résultats des analyses après incubation des milieux de culture
- Figure 12 :** Aspect macroscopique des bactéries lactiques sur gélose MRS, M17, MRS+V.
- Figure 13 :** Aspect des bactéries après colorations de Gram
- Figure 14 :** Croissance des bactéries lactique à différentes températures
- Figure 15 :** croissance des bactéries lactiques à différentes concentrations de NaCl
- Figure 16 :** Type fermentaire des bactéries lactiques a/ hétérofermentaire b/ homofermentaire.
- Figure 17 :** L'hydrolyse d'arginine par les bactéries lactiques
a/résultats négatif b/ résultats positif
- Figure 18 :** Tests biochimiques a/ production d'acétoïne, b/dégradation de citrate, c/ hydrolyse d'esculine
- Figure 19 :** Pourcentage de fermentation des sucres par les bactéries lactiques
- Figure 20 :** Fermentation des sucres sur microplaques et sur API 50 CHL (c et d)
- Figure 21 :** Répartition des bactéries lactiques dans le fromage traditionnel Algérien Jben
- Figure 22 :** Répartition des bactéries lactiques durant la période froide

Figure 23 : Répartition des bactéries lactiques pendant la période chaude

Figure 24 : Caractères technologiques des bactéries lactiques d'un fromage traditionnel Jben
a/ pouvoir amylolique, b/ pouvoir aromatique c/ pouvoir acidifiante

Figure 25 : Cinétique d'acidité des bactéries lactiques d'un fromage traditionnel Jben
A/lactobacillus, B/ leuconostoc, C/ lactococcus

Figure 26 : Résultats de l'activité antibactérienne des BL par la méthode Fleming et al
1975

Figure 27 : Résultats de l'activité antibactérienne des BL par la méthode barefoot et al
1983

Figure 28 : Résultats de l'antibiogramme des bactéries lactiques d'un fromage traditionnel
Jben vis avis des bactéries pathogènes.

Figure 29 : Fromage Jben

Figure 30 : Profil sensorielle des trois fromages

Liste des Annexes

ANNEXE 1 : Tableau identification des Bactéries Lactiques isolées à partir Jben

ANNEXE 2 : Tableau de résultats d'identification des bactéries lactiques

ANNEXE 3 : Tableau de résultat des caractères technologiques des bactéries lactiques du Jben

ANNEXE 4 : Tableau des résultats de la cinétique d'acidification

ANNEXE 5 : La courbe d'étalonnage de glucose

ANNEXE 6 : milieu des plaques 50CHL

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

Les pays méditerranéens possèdent une grande variété de fromages traditionnels, dont certains, comme le « Jben » et le « Klila » en Algérie, dépassent les frontières de leurs régions d'origine. D'autres, tels que le Bouhezza ou le Takemerit, restent confinés à des zones géographiques restreintes et sont moins connus (Leksir *et al.*, 2019).

Malgré un potentiel certain, la filière laitière algérienne fait face à des défis socio-économiques majeurs. La valorisation de ces fromages traditionnels, reflets d'un patrimoine culinaire précieux, pourrait pourtant constituer un levier de développement. Ce patrimoine est cependant vulnérable, menacé par des facteurs historiques (colonisation, exode rural) et contemporains (modification des habitudes alimentaires, production laitière locale insuffisante). Cette dépendance aux importations de produits laitiers compromet à la fois la préservation de notre héritage culturel et les opportunités de progrès économique qui y sont liées.

Face à ce constat, il devient urgent de documenter et d'étudier ces savoir-faire ancestraux. Notre recherche se concentre sur le fromage Jben. Elle combine une enquête de terrain auprès des producteurs et consommateurs – permettant de recueillir des échantillons et de préciser les procédés de fabrication – à des analyses en laboratoire. L'objectif est une caractérisation physico-chimique, microbiologique et sensorielle approfondie de ce fromage.

Le Jben, particulièrement populaire dans les régions steppiques, est apprécié pour ses qualités organoleptiques, issues d'une microflore indigène complexe (Dahou *et al.*, 2021). Si des études existent sur certains fromages traditionnels (El Rhazi *et al.*, 2015 ; McSweeney *et al.*, 2004), les données scientifiques concernant le Jben fabriqué à partir de lait cru de vache et coagulé avec « El Hakka » (présure traditionnelle) restent rares.

Notre étude vise donc à combler cette lacune en caractérisant le Jben sous ses aspects microbiologiques, physico-chimiques et nutritionnels, et en évaluant l'impact des saisons sur ces paramètres. Le travail a consisté, dans un premier temps, à identifier la flore microbienne dominante (bactéries lactiques et flore contaminante). Nous avons ensuite évalué les propriétés technologiques des bactéries lactiques, leur production de bactériocines et leur profil de résistance aux antibiotiques. Enfin, la fabrication du Jben a été reproduite en laboratoire selon

le procédé traditionnel, mais dans des conditions d'hygiène contrôlées, afin de valider le diagramme de fabrication établi

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les fromages

Le fromage se définit comme un produit laitier, frais ou affiné, obtenu par coagulation du lait suivie d'égouttage. Sa fabrication, qui se déroule globalement en cinq étapes, met en œuvre des bactéries et ou des coagulants, qui transforment les constituants du lait (caséine, lactose, matières grasses) (Zheng *et al.*, 2021) (Figure 1).

L'origine du fromage remonterait à près de 9 000 ans selon la légende d'un voyageur du désert qui aurait découvert par hasard le processus de coagulation du lait dans une outre en estomac de brebis. Les premières preuves archéologiques situent cette découverte en Mésopotamie, tandis que des textes grecs (dès 1550 av. J.-C.) et romains (dès 750 av. J.-C.) attestent de son importance alimentaire ancienne (Jashbhai *et al.*, 2008).

La production fromagère est restée artisanale jusqu'au XVIII^e siècle avant de connaître une industrialisation progressive à partir du milieu du XIX^e siècle, d'abord aux États-Unis (1851) puis au Royaume-Uni (1870). Aujourd'hui, on dénombre environ 2 000 variétés de fromages dans le monde, classées selon divers critères incluant leur origine, leur mode de production et leurs caractéristiques physico-chimiques (USDA, 2008).

La fabrication traditionnelle utilise généralement du lait cru, coagulé par des agents naturels (présure, acide, ou une combinaison des deux). Les caractéristiques organoleptiques finales (couleur, arôme, texture) dépendent de multiples facteurs :

- La technologie de production
- La source et la qualité du lait
- La durée et les conditions d'affinage
- La composition du microbiote spécifique (Santiago-López *et al.*, 2018)

Ainsi, le fromage constitue un écosystème microbien complexe comprenant trois groupes principaux : les bactéries lactiques (cultures starter), les cultures adjuvantes (bactéries, levures, moisissures) et le microbiote adventice (contaminants naturels). Ce microbiote, particulièrement riche et diversifié dans les fromages au lait cru, est essentiel au développement des caractéristiques organoleptiques typiques de chaque fromage. Cependant, les pratiques d'hygiène modernes et la standardisation des procédés tendent à réduire cette diversité microbienne naturelle (Centeno *et al.*, 2023).

Les coagulants utilisés en fromagerie sont classés selon leur origine. La présure, d'origine animale, demeure la préparation la plus utilisée industriellement. Elle est extraite de la caillette de jeunes ruminants et son activité enzymatique repose principalement sur deux enzymes : la chymosine, responsable d'au moins 85 % de l'activité coagulante, et la pepsine, dont la proportion augmente après le sevrage de l'animal (Ramet, 1997). La chymosine, caractérisée par une haute activité coagulante et une faible activité protéolytique, est particulièrement prisée pour produire un caillé ferme. À l'inverse, la pepsine possède une activité protéolytique plus marquée, ce qui peut influencer le rendement et la texture des fromages à pâte pressée (Broome et Hickey, 1990).

Parallèlement, il existe des coagulants d'origine végétale, obtenus par macération de plantes telles que le chardon, l'artichaut ou le gaillet. Ces protéases végétales, employées traditionnellement, confèrent des saveurs typiques aux fromages et présentent une meilleure stabilité à la chaleur que les autres types de coagulants (Talentikite-Kellil, 2015). Enfin, les enzymes d'origine microbienne, produites par des moisissures (*Mucor miehei*, *Mucor pusillus*) ou des bactéries (*Bacillus*), constituent une alternative viable. Bien que leur production soit aisée, leur utilisation est strictement réglementée en raison des risques toxicologiques (Noor-Devilliet *et al.*, 1983). Un inconvénient majeur de ces enzymes est leur forte activité protéolytique non spécifique, qui peut entraîner des pertes de rendement et générer des défauts de texture et de saveur lors de l'affinage (Harboe *et al.*, 2010).

Les bactéries lactiques (BL) revêtent une importance capitale dans la transformation fromagère, où elles assurent la fermentation, contribuent à la conservation et participent activement au développement des propriétés sensorielles. Leur métabolisme, principalement orienté vers la production d'acide lactique, permet non seulement l'acidification du milieu mais aussi la génération d'une multitude de composés aromatiques (Shiby *et al.*, 2013). Dans les fromages au lait cru, les BL forment un microbiote complexe et diversifié, essentiel à l'affinage et à l'expression de saveurs uniques et intenses (Montel *et al.*, 2014).

Les Bactéries lactiques se définissent comme des bactéries à Gram positif, non sporulées, catalase-négatives et anaérobies tolérants. Leur métabolisme est strictement fermentaire et leurs besoins nutritionnels sont complexes (Settani *et al.*, 2010). Sur le plan taxonomique, elles appartiennent à l'ordre des *Lactobacillales* et sont réparties en plusieurs familles, dont les *Lactobacillaceae* (incluant les genres *Lactobacillus*, reclassé récemment en 25 genres, et *Pediococcus*), les *Streptococcaceae* (*Lactococcus*, *Streptococcus*) et les *Leuconostocaceae* (*Leuconostoc*, *Weissella*) (Zheng *et al.*, 2020 ; Coelho *et al.*, 2022).

Les fromages artisanaux au lait cru abritent une communauté microbienne dominée par plusieurs genres de BL qui se succèdent au cours de la fabrication et de l'affinage (Coelho *et al.*, 2022). Le genre *Lactococcus*, avec l'espèce *Lc. lactis*, est fondamental pour l'acidification initiale du lait via la production d'acide L-lactique (Vinderola *et al.*, 2019). Les lactobacilles, aujourd'hui répartis en de nombreux nouveaux genres, deviennent souvent dominants lors de l'affinage et sont déterminants pour le profil aromatique final (Afshari *et al.*, 2020). Leurs métabolismes sont variés, allant de la fermentation homofermentaire obligatoire (Groupe I) à la fermentation hétérofermentaire facultative (Groupe II) ou obligatoire (Groupe III). Les entérocoques, tels que *E. faecalis* et *E. faecium*, sont fréquemment retrouvés en grand nombre ; leur rôle est double, entre contribution potentielle à la saveur et préoccupations sanitaires (Giraffa, 2003). Enfin, les leuconostocs, par leur métabolisme hétérofermentaire, produisent du dioxyde de carbone, qui influence la texture, et du diacétyle, un composé aromatique beurré (Bintsis *et al.*, 2018).

Au-delà de leur rôle technologique, les BL exercent une activité de bioprotection en produisant une large gamme de métabolites antimicrobiens. Cette fonction inhibe la croissance de micro-organismes indésirables, améliorant ainsi la sécurité et la durée de conservation des produits sans recours à des conservateurs chimiques (Ouiddir *et al.*, 2019). Leur action antibactérienne repose sur la production rapide d'acides organiques (lactique, acétique) qui abaissent le pH, mais aussi sur la synthèse de composés plus spécifiques comme le peroxyde d'hydrogène, la réutérine, le diacétyle et surtout les bactériocines (Leyva Salas *et al.*, 2017). Les bactériocines, telles que la nisine produite par *Lc. lactis*, sont des peptides ribosomiaux qui ciblent préférentiellement les bactéries à Gram positif, notamment *Listeria monocytogenes*, un pathogène préoccupant pour les fromages au lait cru (O'Sullivan *et al.*, 2022). Parallèlement, l'activité antifongique de certaines souches de BL, appartenant principalement aux genres *Lactobacillus* et *Lactococcus*, est attribuée à la production d'acides gras, d'acides organiques et d'autres métabolites qui limitent l'altération par les moisissures et les levures (Garnier *et al.*, 2017 ; Coelho *et al.*, 2022).

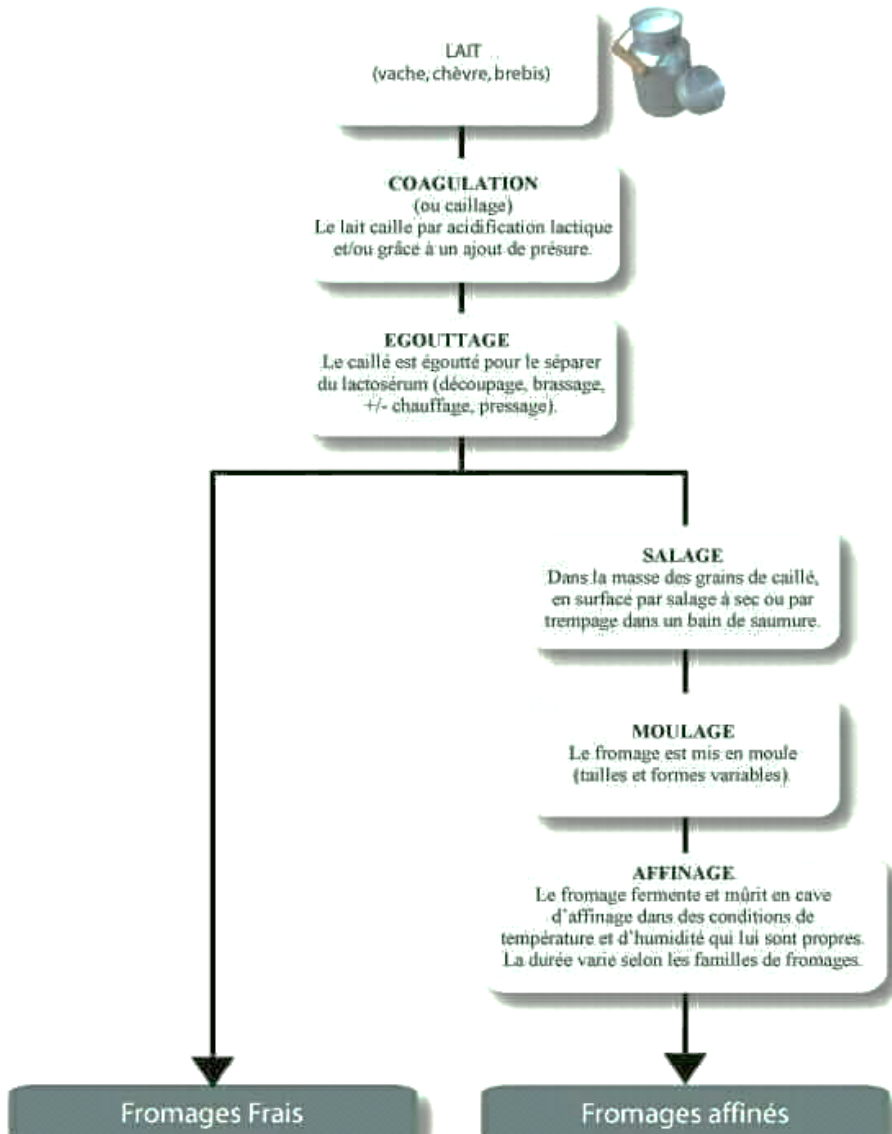


Figure 1 : Processus général de transformation du lait en fromage en cinq étapes

(Zheng *et al.*, 2021 ; <https://produitsdulait.fr/les-fromages/la-fabrication-du-fromage-en-5-etapes>)

La classification des fromages repose principalement sur leur teneur en humidité (Tableau 1), qui détermine leurs méthodes de conservation et d'affinage. Cette caractéristique permet de distinguer les fromages extra-durs (25-35% d'humidité) des fromages à pâte molle (55-80% d'humidité).

Tableau 1 : Classification des fromages selon leur teneur en humidité (Zheng *et al.*, 2021)

Type de fromage	Humidité (%)	Microbiote	Exemples	Pays d'origine
Extra-dur	25-35	Bactérien	Parmesan, Romano	Italie
Dur	35-45	Bactérien	Cheddar, Emmental	Royaume-Uni, Suisse
Semi-dur	45-50	Bactérien	Gouda, Edam	Pays-Bas
Semi-molle	42-55	Bactérien/Moisissures	Brick, Roquefort	Allemagne, France
Molle	55-80	Moisures/Non affiné	Camembert, Cottage	France, Amérique

II. Produits laitiers traditionnels algériens

L'Algérie possède une riche tradition de transformation laitière, bien que celle-ci soit souvent limitée au cadre domestique. Ces produits, à forte valeur culturelle, médicinale et économique, sont le fruit historique du savoir-faire des communautés rurales (Claps *et al.*, 2011). Aujourd'hui, nombre de ces produits sont menacés de disparition en raison de l'exode rural, de l'évolution des habitudes alimentaires et de la raréfaction des aliments pour bétail. Parmi les dérivés les plus répandus, le Rayeb et le Jben font l'objet d'un intérêt croissant, y compris pour une potentielle industrialisation de leur procédé de fabrication.

II. 1. Dérivés laitiers gras

II. 1. 1. Ez-Zebda (Beurre frais)

« Ez-Zebda » est un beurre frais obtenu par barattage du « Rayeb ». Pour favoriser l'agglomération des globules gras et améliorer le rendement, de l'eau chaude (40-50 °C) est ajoutée en fin de barattage. Les globules lipidiques remontent à la surface et sont ensuite récupérés (Leksir *et al.*, 2019). Le beurre frais obtenu présente une consistance molle due à sa teneur en eau relativement élevée (Benkerroum, 2013).

II. 1. 2. Smen (Beurre rance)

L'excédent de beurre est souvent transformé en « Smen », un beurre rance très prisé au Maghreb. Le procédé traditionnel implique le lavage du beurre frais à l'eau chaude, suivi d'un salage à sec (8-10 g/100 g) et d'un affinage prolongé (Benkerroum et Tamime, 2004).

II. 2. Boissons lactières fermentées

II. 2. 1. Raib (Lait fermenté)

Le « Raib » est une boisson lactée fermentée commune dans les régions méditerranéennes et subsahariennes (Licitra *et al.*, 2019). Il est traditionnellement obtenu par acidification spontanée du lait cru à température ambiante pendant 24 à 72 heures. Cette fermentation est principalement assurée par des bactéries lactiques mésophiles indigènes, telles que *Leuconostoc* et *Lactococcus* (Bendimerad *et al.*, 2013, Leksir *et al.*, 2019).

II. 2. 2. Lben (Babeurre)

Le « Lben » est l'un des produits les plus emblématiques de l'artisanat laitier algérien. Il est obtenu après le barattage du « Raib » et la séparation du beurre (Jans *et al.*, 2017). Il s'agit donc d'un co-produit de l'obtention du beurre et est naturellement dégraissé. Sa préparation traditionnelle consiste à laisser fermenter le lait cru dans un pot en terre cuite (« Rawaba ») pendant 24 à 72 heures jusqu'à l'obtention du « Raib ». Cette gelée est ensuite battue dans un récipient de barattage (« Makhada »).

Depuis des siècles, différents types de barattes traditionnelles sont utilisés selon les régions d'Algérie. Les Chaouias et les nomades sahariens utilisaient la « Chekoua » (un outil en peau de chèvre), tandis que dans les régions de Kabylie orientale, on employait des ustensiles en terre cuite appelés « Mezla » ou « Artoul ». Sur le Djurdjura, les femmes kabyles utilisaient « Thakhssayeth Oussendou » ou « Thakhchachet » (Leksir *et al.*, 2019 ; Mechai *et al.*, 2014).

L'opération de barattage dure généralement de 40 minutes à 1 heure 15 minutes. Le beurre « Ez-Zebda » qui se forme en surface est ensuite collecté, le liquide restant constituant le « Lben ». Aujourd'hui, ce produit est surtout fabriqué de manière industrielle (Jans *et al.*, 2017).



Figure 2 : Les différents types de barattage a/ Chekoua b/ « Thakhssayeth Oussendou » appelé aussi « Thakhchachet ».

(source : Leksir *et al.*, 2019 ; <https://www.mangeonsbien.com>)

II. 3. Fromages traditionnels d'Algérie

L'Algérie possède un patrimoine fromager diversifié, classifiable en quatre catégories principales : fromages frais, affinés, fondus et à pâte dure. Plusieurs de ces fromages sont malheureusement menacés de disparition (Leksir *et al.*, 2019).

II. 3. 1. Fromages à pâte dure

- **Ioulsân** : L'Ioulsân (ou Aoules) est un fromage traditionnel sec produit par les Touaregs du Hoggar dans le Sahara algérien. Caractérisé par sa forte teneur en matière sèche (87 à 92 %), il est obtenu par chauffage modéré du « Lben », lui-même issu de la coagulation spontanée de lait de chèvre.

La précipitation des caséines est induite par un chauffage dans un récipient en argile, suivi d'un moulage manuel dans des paniers de paille. Le caillé est façonné en petits cylindres plats (2 cm d'épaisseur × 6-8 cm de diamètre). Après séchage solaire, le

fromage est broyé et peut être consommé nature, mélangé à de la pâte de dattes ou incorporé à des boissons.

Fromage frais à coagulation acide, rarement affiné, l'Ioulsân présente des similitudes technologiques avec le « Karish » égyptien et le « Quark » allemand (McSweeney *et al.*, 2012). Son procédé de fabrication traditionnel, documenté par la FAO (1990) et Benkerroum (2013), illustre parfaitement l'adaptation des techniques fromagères aux conditions sahariennes.

- **Takammart** : Le « Takemmart » – dont le nom signifie littéralement « fromage » en tamasheq (langue touareg) – est un fromage traditionnel de la région désertique du Hoggar, dans la province de Tamanrasset (sud algérien). Son procédé de fabrication traditionnel repose sur l'utilisation d'un morceau de caillette de chevreau comme agent coagulant, directement introduit dans le lait.

Après coagulation, le caillé est prélevé à la louche, puis déposé et pétri manuellement sur des nattes imprégnées de tiges de fenouil, auxquelles il doit son arôme caractéristique. Vient ensuite une phase de séchage en deux étapes : une exposition solaire de 48 heures, suivie d'une période à l'ombre jusqu'à obtention de la texture ferme et sèche souhaitée (McSweeney *et al.*, 2012).

- **Klila** : Le « Klila » est un fromage traditionnel algérien qui se présente sous deux formes : une version fraîche et une version sèche (Benamara *et al.*, 2022). Après égouttage, le fromage frais peut être découpé puis séché pendant une période variant de 2 à 15 jours, selon les conditions saisonnières. Une fois déshydraté, il devient particulièrement stable et peut se conserver plusieurs années à température ambiante, traditionnellement dans des pots en terre cuite ou des sacs en peau de chèvre (Benamara *et al.*, 2016). Avant sa consommation, le fromage sec est généralement réhydraté et utilisé comme ingrédient dans diverses préparations culinaires.

II. 3. 2. Les fromages à pâte affinée

- **Bouhezza** : Le Bouhezza est un fromage traditionnel à pâte molle, originaire des hauts plateaux de l'Est algérien (notamment les régions d'Oum El Bouaghi, Khenchela et Batna). Ces terroirs étaient autrefois réputés pour leur élevage extensif de chèvres et de brebis, dont le lait était à la base de sa fabrication. Si la recette originelle utilisait du lait de chèvre et de brebis, la tendance actuelle tend à privilégier le lait de vache (Aissaoui

Zitoun *et al.*, 2012). Sa particularité réside dans son processus d'affinage unique. Le fromage est obtenu par la transformation du « Lben » (lait fermenté) dans une outre traditionnelle appelée « Chekoua » ou « skinbag », confectionnée à partir d'une peau de chèvre préalablement traitée au sel et au genévrier (Aissaoui Zitoun *et al.*, 2011). C'est dans cette même Chekoua que s'effectuent simultanément l'égouttage, le salage et l'affinage, pendant une période de deux à trois mois. Tout au long de cette phase, le contenu de l'outre est régulièrement nourri avec des ajouts de « Lben » et de lait frais. Pour la dégustation, le fromage est traditionnellement pétri avec de la poudre de piment rouge, une étape qui lui confère sa saveur piquante caractéristique et son identité gustative unique (Aissaoui Zitoun *et al.*, 2011).

II. 3. 3. Les fromages à pâte fondue

- **Imdeghest** : L'« Imdeghest » ou « Medghissa » est un fromage fondu de la région de Chaouia (nord-est de l'Algérie), préparé en faisant cuire à feu doux de la « Klila » semi-sec dans du lait entier de vache, de chèvre ou de brebis. Le « Medeghissa » est consommé et apprécié pour son élasticité (Leksir *et al.*, 2019).

II. 3. 4. Les fromages frais

- **Ighounane** : L'Ighounane est un fromage traditionnel de Kabylie, fabriqué sur les hauteurs du massif du Djurdjura. Sa particularité réside dans l'utilisation du colostrum, le premier lait de la vache après la mise bas. Sa préparation suit un procédé ancestral : le lait est chauffé et coagulé dans des ustensiles en terre cuite préalablement enduits d'huile d'olive et contenant un peu d'eau salée. Le caillé obtenu est ensuite découpé puis égoutté. Contrairement à de nombreux fromages, l'Ighounane se consomme frais, sans affinage (Leksir *et al.*, 2019).
- **Aghoughlou** : L'Aghoughlou est un fromage fabriqué en Kabylie, obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par le latex du figuier (*Ficus carica*). Le caillé obtenu est consommé frais. (Leksir *et al.*, 2019).
- **Mechouna** : La « Mechouna » est un fromage frais à pâte molle, traditionnellement préparé à partir de lait de chèvre ou de vache. Son procédé de fabrication distinctif débute par un traitement thermique du lait, porté à ébullition. Du « Lben » (lait fermenté) est ensuite ajouté en quantité égale à la moitié du volume de lait utilisé, accompagné de

sel. Le mélange est alors chauffé une seconde fois jusqu'à la coagulation, provoquant la séparation du caillé et du lactosérum (Leksir *et al.*, 2019). Le caillé est ensuite séparé du petit-lait par une filtration en deux étapes : d'abord à travers un tamis de cuisine, puis dans un tissu fin de type mousseline. La masse fromagère est ensuite suspendue et laissée à égoutter pendant plusieurs heures, souvent toute une nuit, afin d'éliminer complètement le lactosérum. Un pressage peut finaliser cette étape (Derouiche *et al.*, 2017). Le fromage est finalement récupéré et se conserve dans des récipients en verre pendant une durée ne devant pas excéder six jours. Pour en rehausser la saveur, il est possible d'y incorporer diverses épices selon les préférences. Dans cette forme aromatisée, la « Mechouna » prend l'appellation de « Chnina » (Leksir *et al.*, 2019).

- **Kemariya** : La Kemariya, également appelée Takemmarite, est un fromage traditionnel algérien originaire de la région du M'zab (notamment dans les wilayas de Ghardaïa et de Naama), où il est fabriqué artisanalement par les femmes (McSweeney *et al.*, 2017). À l'origine, ce fromage était produit exclusivement à partir de lait de chèvre et coagulé à l'aide de présure végétale ou animale. Aujourd'hui, il est également confectionné à partir de lait de vache et de chamelle (Leksir *et al.*, 2019). En raison de sa popularité croissante, la Kemariya n'est plus seulement l'apanage de la production domestique. Pour répondre à la forte demande, elle est désormais aussi produite par de petites unités selon des procédés semi-industriels, et se commercialise tant sur les marchés traditionnels que dans les supermarchés du nord du pays (McSweeney *et al.*, 2017).
- **Oudiouan Oulli** : L'Oudiouan Oulli est un fromage traditionnel du peuple touareg, se présentant sous la forme d'un fromage blanc servi en petites portions. Caractérisé par sa simplicité, il peut être consommé frais pour sa douceur ou séché pour obtenir une texture plus ferme et une saveur plus intense, répondant ainsi aux besoins de conservation nomades (Leksir *et al.*, 2019).

II. 3. 5. Cas particulier du Jben

Le « Jben » désigne une famille de fromages frais traditionnels répandus dans les pays du Maghreb. Cette appellation regroupe en réalité des trajectoires technologiques très distinctes, aboutissant à une diversité de produits aux caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques variées (Benkerroum *et al.*, 2004).

La méthode de fabrication du jben la plus emblématique utilise du lait cru de brebis ou de chèvre, subissant une acidification spontanée avant d'être coagulé par des enzymes d'origine

végétale. Les sources de ces enzymes sont diverses et donnent au fromage son identité locale : fleurs de cardon (*Cynara cardunculus* L.), d'une plante épineuse sauvage (*Cynara humilis*), d'artichaut (*Cynara scolymus*), ou encore des graines de courge (Ouahghiri *et al.*, 2005). Les fleurs, macérées directement dans le lait, servent à la fois à accélérer la coagulation et à conférer une saveur caractéristique, dont l'intensité et les notes varient selon la plante utilisée et la région de production. Après coagulation, le caillé est égoutté et peut être salé ou non, selon les préférences locales.

Cependant, la production du Jben ne se limite pas à ce procédé. On observe plusieurs variantes significatives :

1. **Coagulation par acidification spontanée** : Au Maroc notamment, le Jben peut être fabriqué sans ajout d'enzymes coagulantes. Le lait cru est simplement laissé à acidifier spontanément à température ambiante pendant 24 à 72 heures, en fonction des conditions climatiques (Benkerroum *et al.*, 2004). Le caillé obtenu est ensuite égoutté pendant 2 à 3 jours pour atteindre la consistance désirée. Ce fromage, comparable au « Jibneh Beida » d'autres pays arabes (FAO, 1990), est souvent aromatisé après égouttage et salage avec des additifs comme de l'ail, du persil ou du poivre.
2. **Coagulation par présure animale** : Une troisième méthode technologique utilise la présure animale traditionnelle, connue localement sous le nom d'« el Hakka », extraite de l'estomac de jeunes bovins, chèvres ou brebis. Cette présure joue un rôle identique à la présure industrielle utilisée en fromagerie standard.

Le profil du Jben est également influencé par les conditions d'égouttage et de salage. Selon les régions, il peut être salé puis égoutté pendant une dizaine de jours, ou non salé et égoutté en moins de 4 jours. En moyenne, le fromage présente les caractéristiques suivantes : 62,5 % d'humidité, 16,5 % de matières grasses, 15,8 % de protéines brutes, 4,1 % de lactose, 1,04 % d'acidité titrable et un pH de 4,1 (Hayaloglu *et al.*, 2017).

Pour une vue d'ensemble synthétique, la Figure 3 illustre les processus de production des principaux produits laitiers et fromagers algériens, incluant les différentes voies de fabrication du Jben.

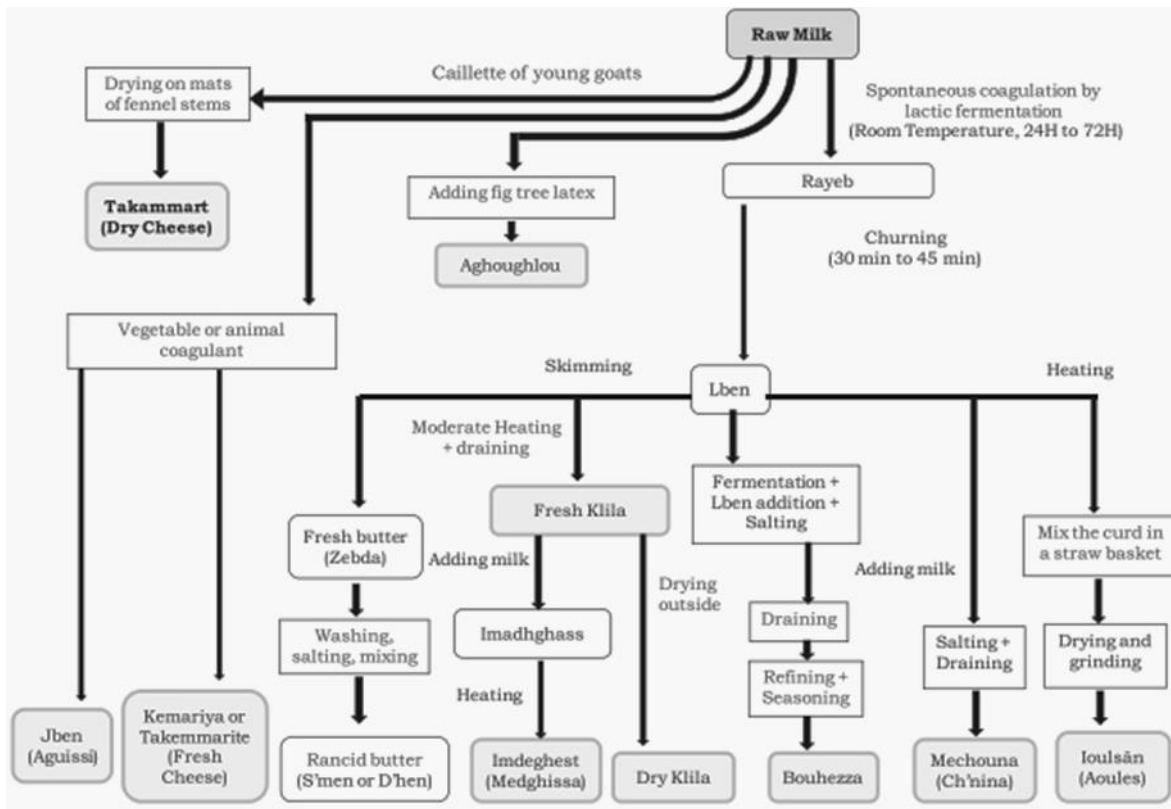


Figure 3 : les processus de production des principaux produits laitiers et fromagers algériens. (selon Leksir *et al.*, 2019)

***MATERIELS ET
METHODES***

Partie 2 : Matériel et méthodes

La présente étude a été menée au Laboratoire de Microbiologie Appliquée à l'Agroalimentaire et à l'Environnement (LAMAABE) de l'Institut des Sciences et Techniques Appliquées (ISTA), entre janvier 2016 et juin 2021.

Des analyses physicochimiques complémentaires ont été réalisées au sein de trois structures partenaires :

1. Le CACQE (Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage).
2. Le laboratoire de recherche « Application des Électrolytes et des Polyélectrolytes Organiques » de l'Université de Tlemcen.
3. Un laboratoire d'analyses privé.

I. Échantillonnage

I. 1. Répartition géographique

La zone d'étude est la commune d'Aïn Sefra, située dans la wilaya de Naâma, au Nord-Ouest de l'Algérie. Localisée sur la route nationale N° 6, Aïn Sefra se trouve à 65 km au sud de Naâma, à 101 km de Mecheria et à 338 km de Tlemcen. La commune est nichée entre deux montagnes, le Djebel Mekther au sud et le Djebel Aïssa au nord, et s'insère entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud (Bensaid, 2006) (Figure 4).

Aïn Sefra est réputée pour sa fabrication traditionnelle et la commercialisation d'un fromage frais local, le « Jben ».

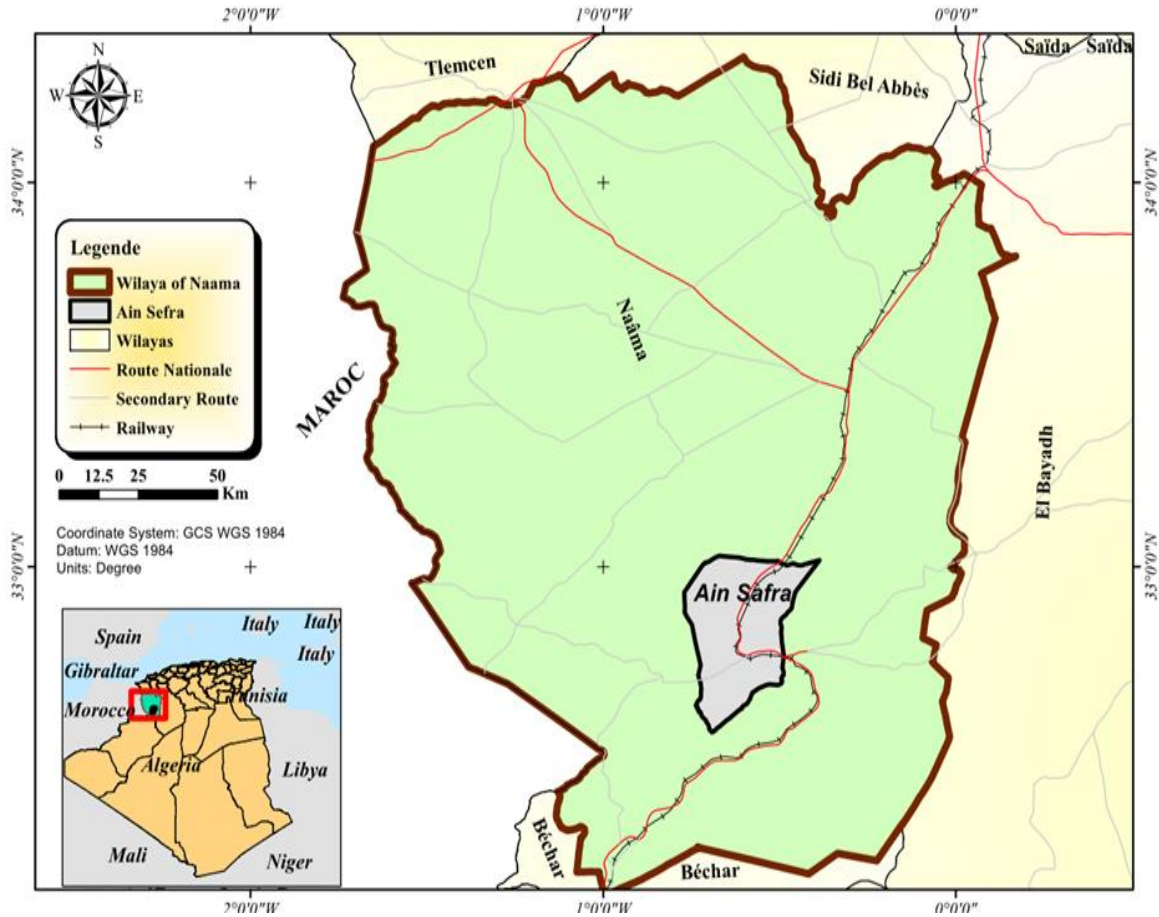


Figure 4 : Localisation de la zone de production de Jben à Ain Safra (Département de Naâma, nord-ouest algérien).

I. 2. Prélèvement des échantillons

Une enquête a été menée auprès des populations nomades de la région d'Aïn Safra afin d'étudier les procédés de fabrication du « Jben », un fromage local, et de « El Hakka », l'enzyme coagulante traditionnellement utilisée dans cette production. Les différentes étapes de fabrication réalisées par les femmes nomades ont été observées et filmées.

Seize échantillons de Jben traditionnel ont été prélevés : huit durant la saison froide (automne et hiver) et huit durant la saison chaude (printemps et été). Immédiatement après leur élaboration, les échantillons ont été conditionnés et transportés dans des glacières jusqu'au laboratoire. Chaque échantillon a ensuite fait l'objet d'analyses microbiologiques et physico-chimiques, dont les résultats sont présentés dans le tableau 2 et la figure 5.

Tableau 2 : Dates et lieux de prélèvement des échantillons du Jben

Numéro de l'échantillon	Date de prélèvement	Lieu de prélèvement	Saison de prélèvement
01	20/01/2016	Founassa (Ain el safra)	Froide
02	22/01/2016	Founassa (Ain el safra)	Froide
03	21/01/2016	Sfissifa (Ain el safra)	Froide
04	16/02/2016	(Ain el safra)	Froide
05	28/08/2016	(Ain el safra)	Chaude
06	20/12/2016	(Ain el safra)	Froide
07	21/12/2016	(Ain el safra)	Froide
08	22/12/2016	(Ain el safra)	Froide
09	23/04/2017	Sfissifa (Ain el safra)	Chaude
10	24/04/2017	Sfissifa (Ain el safra)	Chaude
11	04/05/2017	(Ain el safra)	Chaude
12	05/05/2017	(Ain el safra)	Chaude
13	13/11/2017	(Ain el safra)	Froide
14	19/04/2018	(Ain el safra)	Chaude
15	20/04/2018	(Ain el safra)	Chaude
16	20/05/2018	(Ain el safra)	Chaude

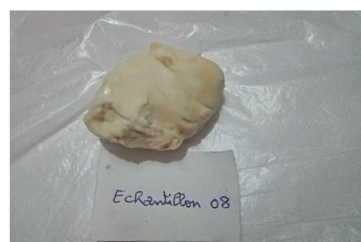
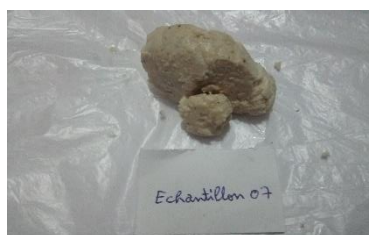
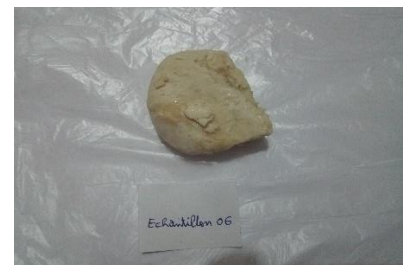




Figure 5 : échantillons de fromage traditionnel Jben (photos personnelles)

II. Analyse physico-chimique, microbiologique et nutritionnelle des échantillons de Jben

II-1. Analyse physicochimique des fromages

L'analyse physicochimique du fromage Jben a porté sur plusieurs paramètres essentiels pour caractériser sa qualité et sa composition.

II-1-1. Détermination du poids

Après égouttage, le fromage a été conditionné dans un pot puis pesé à l'aide d'une balance électronique de précision.

II-1-2. Détermination du pH

Le pH a été mesuré directement dans la pâte du fromage à l'aide d'un pH-mètre (HANNA, modèle HI 2210). L'électrode, préalablement étalonnée avec des solutions tampons, a été rincée à l'eau distillée avant chaque mesure. La valeur du pH a été lue directement sur l'écran de l'appareil après stabilisation.

II-1-3. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable a été déterminée selon la méthode décrite par Garcia La Fontan *et al.* (2001). Brièvement, 10 g de fromage ont été homogénéisés dans 90 ml d'eau distillée. Un aliquote de 10 ml de cette suspension a été titré par une solution de soude (NaOH N/9) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré. Les résultats sont exprimés en degrés Dornic par gramme de fromage ($^{\circ}\text{D/g}$), sachant que 1 ml de soude utilisée correspond à 10 $^{\circ}\text{D}$.

II-1-4. Détermination de la matière sèche et de l'humidité

La teneur en matière sèche a été déterminée selon la norme (ISO 5534 / TDF 004, 2004). Cinq grammes de fromage ($P_2 - P_1$), où P_1 est le poids de la capsule vide, ont été déposés dans une capsule puis placés à l'étuve à une température comprise entre 101 et 105 $^{\circ}\text{C}$ pendant 3

heures. Après dessiccation, les capsules ont été refroidies dans un dessiccateur puis repesées (P_3). Le taux de matière sèche (EST) et le taux d'humidité (Hm) ont été calculés selon les formules suivantes :

$$\text{EST (\%)} = [(P_3 - P_1) / (P_2 - P_1)] \times 100$$

$$\text{Hr (\%)} = 100 - \text{EST}$$

II-1-5. Détermination des cendres totales

La teneur en cendres totales a été mesurée par incinération. Un échantillon de fromage a été placé dans une capsule tarée (m_0) et pesé (m_1). L'ensemble a été introduit dans un four à moufle à 525 ± 25 °C pendant 3 heures, sous un léger courant d'air chaud, jusqu'à l'obtention de cendres blanchâtres. Après refroidissement dans un dessiccateur, le résidu a été pesé (m_2). Le taux de cendres a été calculé selon la formule (NA N° 10.96.03) :

$$\text{Cendres (\%)} = [(m_2 - m_0) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

II-1-6. Détermination de la matière grasse et du rapport Gras/Sec

La teneur en matière grasse a été déterminée par la méthode butyrométrique de Van Gulik, conforme à la norme (Norme NF-V04-287. (1972).). Trois grammes de fromage ont été introduits dans un butyromètre. Après ajout de 10 ml d'acide sulfurique et de 1 ml d'alcool iso-amylque, le mélange a été incubé au bain-marie à 65 °C pendant 1 heure avec des agitations régulières jusqu'à dissolution complète des protéines. Une centrifugation à 1000 tours/minute pendant 5 minutes a permis de séparer la matière grasse. Le résultat est exprimé en grammes pour 100 g de fromage (%). Le rapport Gras/Sec (G/S) a été calculé comme suit :

$$\text{G/S (\%)} = (\text{Matière Grasse} / \text{EST}) \times 100$$

II-1-7. Détermination du taux de protéines

La teneur en protéines a été déterminée par la méthode de Kjeldahl, selon la norme (ISO 8968-1 / IDF 20-1, 2014). Cette méthode comprend trois étapes :

1. **Minéralisation** : 1 g d'échantillon a été digéré avec 25 ml d'acide sulfurique concentré, en présence de 15 g de sulfate de potassium et 1 g de sulfate de cuivre comme catalyseur, à 420 °C pendant environ 3 heures. L'azote organique est ainsi transformé en sulfate d'ammonium.
2. **Distillation** : L'ammoniac est libéré par alcalinisation (addition de NaOH concentré) puis distillé et piégé dans une solution d'acide borique.
3. **Titration** : L'azote ammoniacal est dosé par une solution d'acide chlorhydrique (HCl 0,2 N) standardisée.
La teneur en protéines a été calculée selon la formule :

$$\text{Protéines (\%)} = [(V_e - V_p) \times N \times 14,007 \times F] / W$$

Où :

- V_e : Volume (ml) de HCl pour la titration de l'échantillon
- V_p : Volume (ml) de HCl pour le témoin
- N : Normalité de la solution de HCl
- W : Masse (g) de l'échantillon
- 14,007 : Masse molaire de l'azote
- F : Facteur de conversion ($F = 6,38$ pour les produits laitiers).

II-1-8. Détermination du taux de sucres

La teneur en sucres totaux a été dosée par la méthode au phénol-acide sulfurique (Dubois *et al.*, 1956). Le principe repose sur la déshydratation des oses en présence de phénol, formant des composés colorés. Brièvement, 0,5 ml d'une solution de phénol à 5 % a été ajouté à 0,5 ml de la solution à analyser. Après agitation, 2,5 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés. Les tubes ont été laissés à l'obscurité pendant 30 minutes, puis l'absorbance a été mesurée à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Une courbe d'étalonnage, préparée avec des solutions de glucose de concentrations connues (0,02 à 1 mg/ml), a permis de déterminer la concentration en sucres de l'échantillon.

II-1-9. Détermination des valeurs énergétiques

La valeur énergétique (VE) du Jben a été estimée à partir de la composition moyenne de 16 échantillons analysés, en appliquant les facteurs de conversion d'Atwater (Quero *et al.*, 2014). La valeur énergétique pour 100 g de fromage a été calculée comme suit :

$$\text{VE (kcal/100 g)} = (\text{Prot. (g)} \times 4) + (\text{Glu. (g)} \times 4) + (\text{MG (g)} \times 9)$$

La valeur énergétique en kilojoules (kJ/100 g) a été obtenue en utilisant les facteurs 17 kJ/g pour les protéines et les glucides, et 37 kJ/g pour les lipides.

II-2. Analyse microbiologique du fromage

II-2-1. Préparation de l'homogénat et des dilutions décimales

Cinquante grammes (50 g) de chaque échantillon de fromage ont été aseptiquement prélevés et mélangés à 200 mL d'une solution de citrate de sodium à 2 %. Le mélange a été homogénéisé à une température comprise entre 40 °C et 45 °C à l'aide d'un vortex. La solution mère ainsi obtenue a servi à préparer des dilutions décimales successives en prélevant 10 mL de la suspension, qui ont été mélangés à 90 mL d'eau peptonée stérile à 0,1 % (Arénas *et al.*, 2004).

II-2-2. Dénombrement des bactéries aérobies mésophiles

Le dénombrement des bactéries aérobies mésophiles a été réalisé par inclusion en profondeur dans de la gélose PCA (Plate Count Agar, Oxoid, Angleterre). Après ensemencement de 1 mL de la dilution appropriée, les boîtes de Pétri ont été incubées à 30 °C pendant 48 à 72 heures (APHA, 1978).

II-2-3. Dénombrement des bactéries lactiques

- **Lactobacilles** : Les lactobacilles ont été dénombrés par inclusion en profondeur dans de la gélose MRS (de Man, Rogosa et Sharpe, Biokar, France). Les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant 2 à 3 jours (De Man *et al.*, 1960).
- **Lactocoques** : Les lactocoques ont été recherchés par ensemencement en surface (0,1 mL) sur de la gélose M17 (Biokar, France), suivie d'une incubation à 30 °C pendant 24 heures (Terzaghi and Sandine, 1975).

- **Leuconostocs** : Les leuconostocs ont été dénombrés par ensemencement en surface (0,1 mL) sur de la gélose MRS supplémentée avec 20 mg/mL de vancomycine. L'incubation a été réalisée à 22 °C pendant 4 jours (Mathot *et al.*, 1994).

II-2-4. Dénombrement des Micrococcaceae

Les Micrococcaceae ont été recherchées par ensemencement en surface (0,1 mL) sur le milieu Chapman (Liofilchem, Italie). Les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures (Serhan *et al.*, 2009).

II-2-5. Dénombrement des Entérobactéries

Le dénombrement des Entérobactéries a été effectué par inclusion en profondeur dans de la gélose VRBG (Violet Red Bile Glucose, Liofilchem, Italie). Les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures (Ordiales *et al.*, 2013).

II-2-6. Dénombrement des levures et des moisissures

Les levures et moisissures ont été dénombrées par ensemencement en surface sur de la gélose PDA (Potato Dextrose Agar) acidifiée à pH 3,5 avec une solution d'acide tartrique à 10 % (Merck, Allemagne). Les boîtes ont été incubées à 22 °C pendant 5 jours (Mennane *et al.*, 2007).

II-2-7. Recherche des spores de *Bacillus*

La recherche des spores de *Bacillus* a consisté en un traitement thermique de 5 mL de la dilution 10^{-1} à 80 °C pendant 10 minutes pour éliminer les formes végétatives. Après refroidissement immédiat sur de la glace, 0,1 mL de cette suspension a été ensemencé en surface sur de la gélose nutritive. Les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant 24 heures (Rosenkvist and Hansen, 1995).

II-2-8. Recherche des spores de *Clostridium*

La recherche des spores de *Clostridium* a été réalisée sur de la gélose Viande-Foie (VF, Fluka, Inde) additionnée d'alun de fer et de sulfite de sodium. Un millilitre (1 mL) des dilutions 10^{-1} et 10^{-2} a subi un traitement thermique à 80 °C pendant 10 minutes. Après refroidissement, 7 mL de gélose VF maintenue fondue ont été ajoutés dans chaque tube, puis mélangés et solidifiés. Les tubes ont été incubés à 44 °C pendant 24 à 48 heures. Les colonies noires, indicatrices de la réduction des sulfites, ont été considérées comme présomptives de *Clostridium* (Medjoudj *et al.*, 2017).

II-2-9. Recherche et dénombrement des coliformes

La recherche des coliformes a été effectuée selon la technique du Nombre Le Plus Probable (NPP) en utilisant du bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB, Liofilchem, Italie). Trois séries de trois tubes contenant 10 mL de milieu BLBVB et une cloche de Durham ont été inoculées avec trois dilutions différentes. L'incubation a été réalisée à 37 °C pendant 24 heures pour les coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes fécaux (thermotolérants). Les résultats ont été interprétés à l'aide de la table de Mac Grady (NF ISO 4831 V 08 V 08 -016. 2006).

II-2-10. Recherche de *Salmonella*

La recherche de *Salmonella* a suivi un protocole en trois étapes :

- Pré-enrichissement** : Vingt-cinq grammes (25 g) de fromage ont été homogénéisés dans 225 mL d'eau peptonée tamponnée et incubés à 37 °C pendant 16 à 18 heures.
- Enrichissement sélectif** : Un volume de 10 mL du bouillon de pré-enrichissement a été inoculé dans un bouillon au sélénite-cystéine, puis incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures.
- Isolement sur milieux solides** : Une goutte de chaque bouillon d'enrichissement a été étalée sur des géloses sélectives Hektoen et SS (*Salmonella-Shigella*). Les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures (ISO 6785 – IDF 93. 2001).

II-3. Méthodologie analytique et expression des résultats

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées en triple et les analyses microbiologiques en double. Le dénombrement des micro-organismes viables, exprimé en unités formatrices de colonies par millilitre (UFC/mL), a été effectué selon la norme NF ISO 7218/A1 (2001) en utilisant la formule suivante :

$$N = \Sigma C / [(V \times n_1) + (0,1 \times n_2 \times d)]$$

Où :

- **N** : Nombre de micro-organismes par millilitre (UFC/mL).
- **ΣC** : Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues.
- **V** : Volume de l'inoculum appliqué par boîte (en mL).
- **n₁** : Nombre de boîtes retenues pour la première dilution.
- **n₂** : Nombre de boîtes retenues pour la deuxième dilution.

- **d** : Facteur de la première dilution retenue.

III. Analyse statistique

Pour l'analyse microbiologique, les résultats ont été exprimés en logarithmes décimaux d'unités formatrices de colonies par gramme (log UFC/g), sous forme de moyenne \pm écart-type (SD). Les comparaisons entre les deux saisons ont été effectuées à l'aide d'un test t de Student, avec un seuil de signification fixé à $p < 0,05$.

Pour l'analyse physico-chimique, tous les essais ont été réalisés en triple. Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) univariée à l'aide du logiciel STATISTICA, avec un niveau de signification de $p < 0,05$.

IV. Identification phénotypique des bactéries lactiques (BAL)

IV-1. Isolement et purification des souches

L'isolement a été réalisé à partir de cultures âgées de 24 à 48 heures en bouillon MRS, M17 et MRS additionné de vancomycine. Ces cultures ont été étalées en surface sur les géloses correspondantes, puis incubées à 30 °C pendant 24 à 72 heures. La purification des colonies a été obtenue par des repiquages successifs, d'abord en milieu liquide puis sur milieu gélosé (MRS, M17, MRS+ vancomycine), suivis d'une incubation à 30 °C pendant 24 à 72 heures. Seules les colonies pures ont été retenues pour l'identification.

IV-2. Conservation des souches

Les souches pures ont été conservées selon deux méthodes :

- **Conservation à court terme** : Les souches ont été maintenues à 4 °C sur gélose inclinée, avec un repiquage mensuel.
- **Conservation à long terme** : Les souches cultivées en milieu liquide (MRS, M17, MRS+V) ont été centrifugées à 4000 tr/min pendant 10 min. Le culot bactérien a été resuspendu dans un milieu de conservation constitué de lait écrémé (70 %, enrichi de 0,5 g/L d'extrait de levure et 0,5 g/L de glucose) et de glycérol (30 %). Les suspensions ont été congelées à -80 °C dans des microtubes (Samelis *et al.*, 1994 ; Badis *et al.*, 2004).

IV-3. Caractérisation phénotypique

IV-3-1. Caractères morphologiques

- **Examen macroscopique** : L'observation à l'œil nu des colonies sur milieu solide a permis de décrire leur taille, leur forme, leur diamètre, leur pigmentation et leur aspect général (lisse, rugueux, etc.).
- **Examen microscopique** : La morphologie cellulaire et la réaction de Gram ont été déterminées par observation au microscope optique après coloration de Gram. Seules les souches Gram positif ont été considérées comme des BL présomptives.

IV-3-2. Caractères physiologiques

- **Croissance à différentes températures** : La capacité de croissance a été testée sur milieux gélosés après incubation à 10 °C, 37 °C, 40 °C et 45 °C pendant 24 à 72 heures (Badis *et al.*, 2005).
- **Tolérance au NaCl** : La croissance en présence de chlorure de sodium a été évaluée dans des milieux de culture contenant 2,5 %, 3 %, 4 %, 5 % et 6,5 % de NaCl, avec incubation à 30 °C pendant 24 à 72 heures (Guiraud, 2003).

IV-3-3. Caractères biochimiques

- **Test de la catalase** : Une colonie bactérienne a été mise en contact avec une goutte de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). L'absence de dégagement de bulles d'oxygène (catalase-négatif) est une caractéristique des BL (Marchal *et al.*, 1991).
- **Test de l'oxydase** : Une colonie a été déposée sur un disque réactif à l'oxydase. L'absence de développement d'une couleur mauve (oxydase-négatif) a été retenue comme critère (Public Health England, 2014).
- **Type fermentaire** : Les souches ont été inoculées dans un bouillon contenant une cloche de Durham et incubées à 30 °C. La production de gaz (dégagement dans la cloche) indique un métabolisme hétérofermentaire, tandis que son absence indique un métabolisme homofermentaire (Müller, 1990).
- **Utilisation du citrate** : L'activité citratase a été recherchée sur le milieu gélosé de Kempler et Mc Kay (1980). L'apparition de colonies bleues après 24-72 h à 30 °C indique une utilisation du citrate.

- **Hydrolyse de l'arginine (test ADH) :** Les souches ont été ensemencées sur le milieu M16BCP, puis recouvertes d'huile de paraffine stérile. Après incubation à 30 °C, un virage initial de l'indicateur au jaune (acidification) suivi d'un retour au violet (réalcalinisation due à la production d'ammoniac) indique une hydrolyse positive de l'arginine (ADH+) (Thomas, 1973).
- **Production d'acétoïne (test VP) :** Les souches ont été cultivées dans du lait écrémé. Après incubation, les réactifs VP1 et VP2 ont été ajoutés. L'apparition d'un anneau rose en surface indique une production d'acétoïne (Zourari *et al.*, 1992).
- **Hydrolyse de l'esculine :** L'activité a été testée sur gélose bile-esculine. L'hydrolyse de l'esculine, se traduisant par un noircissement du milieu dû à la formation de complexes avec les sels de fer, a été observée après 72 h à 30 °C (Reuter *et al.*, 1992).
- **Profils de fermentation des glucides :** Le profil biochimique a été déterminé à l'aide du système API 50 CHL (bioMérieux), suivant les instructions du fabricant. L'inoculum a été préparé dans le milieu 50 CHL Medium pour obtenir une turbidité de 2 McFarland. Les cupules ont été remplies, recouvertes d'huile de paraffine stérile et incubées à 30 °C pendant 48 h. L'acidification (virage au jaune) ou l'hydrolyse de l'esculine (noircissement) pour chacun des 49 glucides a été enregistrée. Une méthode complémentaire en microplaques, testant 12 sucres spécifiques (Cellulose, Inositol, Fructose, Sorbitol, Galactose, Arabinose, Maltose, Amidon, Saccharose, Mannitol, Dextrose, Lactose), a également été utilisée (Mokdad, 2019).

IV-4. Caractérisation des propriétés technologiques des bactéries lactiques

IV-4-1. Pouvoir acidifiant

Le pouvoir acidifiant a été évalué par la mesure de l'acidité titrable produite dans du lait écrémé stérile. Une inoculation de 2 % (v/v) d'un précurseur bactérien a été réalisée dans 10 mL de lait, suivi d'une incubation à 30 °C pendant 24 h. L'acidité a été déterminée par titrage avec une solution de soude (NaOH N/9) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré. Le virage persistant au rose pâle a marqué le point final du titrage (Larpen, 1997). L'acidité titrable, exprimée en degrés Dornic (°D), a été calculée selon la formule :

$$\text{Acidité (°D)} = V (\text{NaOH}) \times 10$$

où V (NaOH) représente le volume (en mL) de soude N/9 utilisée.

Une **cinétique d'acidification** a été établie pour neuf souches sélectionnées pour leur fort pouvoir acidifiant (S89, S96, S100, S99, S85, S78, S61, S83). Le pH et l'acidité titrable ont été mesurés parallèlement toutes les 2 heures pendant la période d'incubation.

IV-4-2. Activité protéolytique

L'activité protéolytique a été recherchée sur gélose YMA (Yeast Milk Agar). Des puits ont été creusés dans la gélose et remplis avec les cultures bactériennes. Après une incubation de 3 jours à 30 °C, l'activité protéolytique a été détectée par la présence d'une zone claire (halo) autour des puits, indiquant la lyse des protéines du milieu (Veuillemard, 1986).

IV-4-3. Activité amylolytique

L'activité amylolytique a été testée sur une gélose enrichie en amidon. Les souches ont été ensemencées par stries et incubées à 30 °C pendant 4 jours. Après incubation, le milieu a été recouvert avec une solution de Lugol. L'hydrolyse de l'amidon a été révélée par l'apparition d'une zone claire (halo) sur fond bleu foncé autour des cultures, indiquant une activité positive (Kumar *et al.*, 2012).

IV-4-4. Production de composés aromatiques (acétoïne)

La production d'acétoïne, précurseur d'arômes, a été testée selon le test Voges-Proskauer. Des échantillons de lait écrémé stérile inoculés avec 10 % (v/v) de culture et incubés 24 h à 30 °C ont été utilisés. Après incubation, 2 gouttes de réactif VP1 (α -naphtol à 6 %) et 2 gouttes de réactif VP2 (potasse à 40 %) ont été ajoutées. La formation d'un anneau rose à la surface après 30 minutes à température ambiante indique une production d'acétoïne (Badis *et al.*, 2004).

IV-4-5. Thermorésistance

La thermorésistance des souches a été évaluée en inoculant des tubes de bouillon MRS, puis en les incubant dans un bain-marie à 63,5 °C pendant 30 minutes. Après ce choc thermique, les tubes ont été incubés à 30 °C pendant 24 h. L'apparition d'une turbidité dans le milieu après cette période indique la croissance de cellules thermorésistantes (Samelis *et al.*, 1994).

IV-4-6. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des isolats a été testée contre trois souches indicatrices : *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Bacillus subtilis* ATCC 6633 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Un criblage primaire a été réalisé, suivi d'une caractérisation des substances inhibitrices.

IV-4-6-1. Criblage primaire par la méthode de la double couche (Fleming *et al.*, 1975)

Les cultures de bactéries lactiques (24 h, 30 °C) ont été déposées par touche ("spot") à la surface d'une gélose MRS. Après séchage, une surcouche de gélose Mueller-Hinton semi-solide, inoculée avec 0,1 mL de la souche indicatrice, a été coulée. Après 24 h d'incubation à 30 °C, l'apparition d'une zone d'inhibition claire autour d'une touche de croissance indique une activité antimicrobienne. Le diamètre des zones d'inhibition a été mesuré en millimètres.

IV-4-6-2. Caractérisation de la nature des substances inhibitrices par la méthode des puits

La méthode des puits, selon Barefoot et Klaenhammer (1983), a été employée pour caractériser la nature des composés antimicrobiens produits par les souches lactiques sélectionnées pour leur forte activité inhibitrice. Cette approche vise plus spécifiquement à déterminer si les substances responsables de l'inhibition sont de nature protéique, par l'utilisation d'une enzyme digestive, la pepsine.

Protocole expérimental :

1. **Préparation des surnageants bactériens** : Les souches lactiques sélectionnées ont été cultivées dans un bouillon MRS, M17 ou MRS+V, puis incubées à 30 °C pendant 24 heures. Les cultures ont ensuite été centrifugées à 8000 tr/min pendant 10 minutes pour récupérer le surnageant brut, contenant les métabolites potentiellement actifs.
2. **Préparation de la solution enzymatique** : Une solution de pepsine a été préparée en dissolvant 2 mg de l'enzyme dans 1 mL d'une solution tampon phosphate de sodium (0,1 M ; pH 7).
3. **Traitement des surnageants** : Pour chaque souche testée, un traitement enzymatique a été réalisé en mélangeant 750 µL de surnageant brut avec 750 µL de la solution de pepsine. Un surnageant brut non traité a été conservé comme témoin.
4. **Ensemble de la gélose et inoculation** : Des géloses Mueller-Hinton ont été ensemencées en surface avec les souches indicatrices (*Staphylococcus aureus* ATCC

25923, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Bacillus subtilis* ATCC 6633). Des puits de 5 mm de diamètre ont été creusés à la surface de la gélose à l'aide d'un emporte-pièce stérile.

5. **Dépôt dans les puits** : Pour chaque surnageant testé, deux puits ont été utilisés :

- **Puit 1 (Témoin)** : 50 µL de surnageant brut non traité.
- **Puit 2 (Traité)** : 50 µL du mélange surnageant-pepsine.

6. **Incubation et lecture** : Les boîtes de Pétri ont été incubées à la température optimale de croissance de chaque souche indicatrice : 37 °C pour *S. aureus* et 30 °C pour *B. cereus* et *B. subtilis*. L'incubation a duré 24 heures. L'apparition d'une zone d'inhibition claire autour d'un puit indique la présence de substances inhibitrices. Une réduction significative ou une disparition de la zone d'inhibition autour du puit traité à la pepsine, par rapport au puit témoin, suggère que la substance antimicrobienne est sensible à cette enzyme et donc vraisemblablement de nature protéique (voir Figure 6).

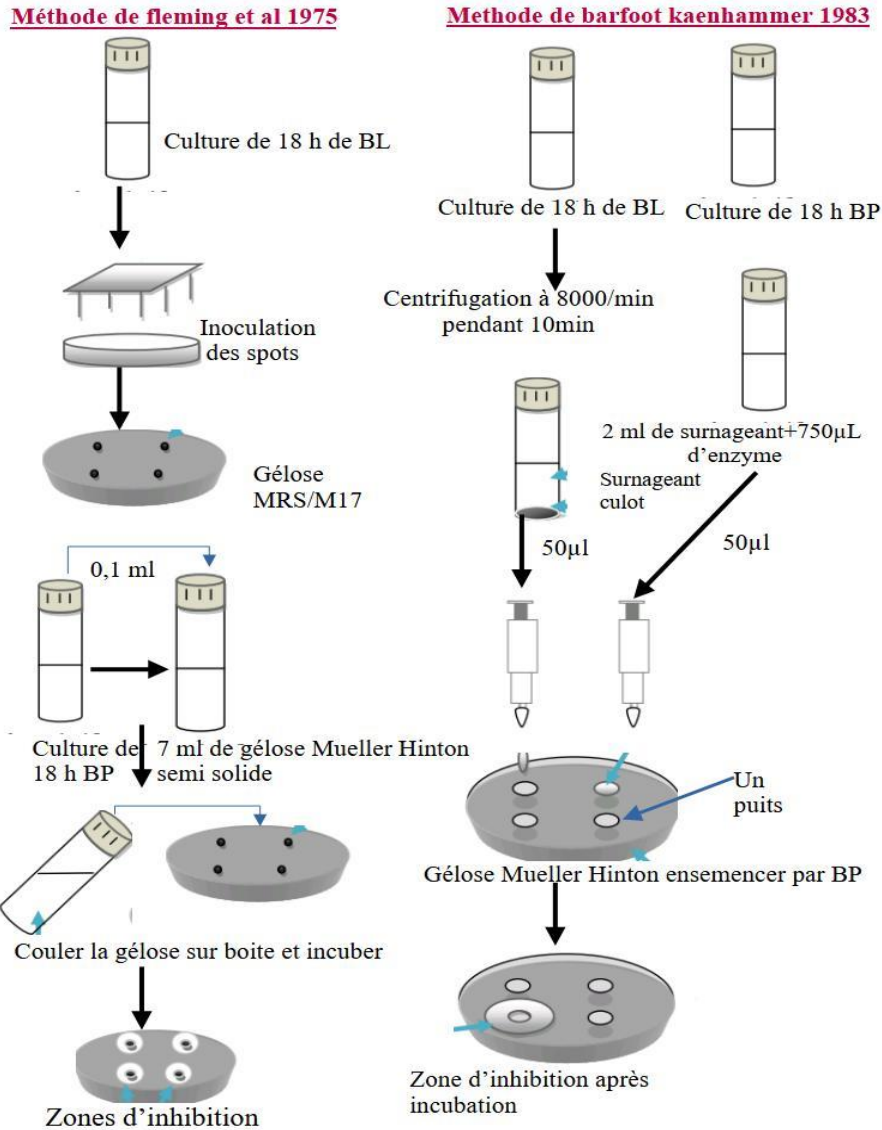


Figure 6 : Schémas de la méthode Fleming et al et la méthode Barefoot et Kaenhammer

V. Identification des bactéries pathogènes isolées à partir du Jben

V-1. Isolement et purification

Des colonies présentant des morphologies distinctes ont été prélevées à partir des milieux de culture sélectifs et non sélectifs utilisés lors de l'analyse microbiologique (Chapman, Mac Conkey, gélose nutritive). Chaque colonie a été ensemencée dans du bouillon nutritif et incubée à 37°C pendant 24 heures. Une purification a été obtenue par des repiquages successifs

et alternés entre le bouillon nutritif et la gélose correspondante, jusqu'à l'obtention de cultures pures.

V-2. Conservation des souches

Les souches pures ont été conservées selon deux méthodes :

- **Conservation à court terme** : Les souches ont été maintenues à 4°C sur gélose nutritive inclinée, avec un repiquage mensuel.
- **Conservation à long terme** : Les souches ont été cultivées en bouillon BHIB (Brain Heart Infusion Broth), puis mélangées à parts égales avec une solution de glycérol stérile à 50% (v/v). Les suspensions ont été congelées à -80°C.

V-3. Caractérisation morphologique

Les souches pures ont été caractérisées sur la base de critères morphologiques :

- **Examen macroscopique** : Observation des caractéristiques coloniales sur gélose (forme, taille, couleur, élévation, bordure, aspect de la surface).
- **Examen microscopique** : Observation de la morphologie cellulaire et détermination de la réaction de Gram après coloration.

V-4. Caractérisation biochimique

Les caractérisations biochimiques initiales ont inclus les tests de base suivants :

- **Test de la catalase** : Pour distinguer les bactéries productrices de l'enzyme catalase.
- **Test de l'oxydase** : Pour identifier la présence du système cytochrome oxydase.

V-5. Identification à l'aide des galeries API 20E et API 20 STAPH

L'identification biochimique fine a été réalisée à l'aide des systèmes standards API 20E (pour les Entérobactéries et les *Bacillus* spp.) et API 20 STAPH (pour les *Staphylococcus* et *Micrococcus*), selon les instructions du fabricant (bioMérieux).

V-5-1. Principe

Le système API consiste en une galerie de 20 microtubes contenant des substrats déshydratés. L'inoculation avec une suspension bactérienne permet la réalisation de tests

biochimiques simultanés. Après incubation, les réactions métaboliques sont révélées par des changements de couleur spontanés ou après ajout de réactifs.

V-5-2. Mode opératoire

Le protocole a été suivi comme décrit ci-dessous :

1. **Préparation de la galerie** : Un fond de boîte d'incubation a été rempli avec 5 mL d'eau distillée pour assurer une humidité saturante. La galerie API a été placée à l'intérieur et la référence de la souche a été indiquée.
2. **Préparation de l'inoculum** : Une suspension bactérienne homogène a été préparée dans un tube à essai contenant le milieu d'hydratation API (eau physiologique ou milieu spécifique) à partir de colonies fraîches (18-24 heures). La turbidité a été ajustée à la densité de McFarland 0,5.
3. **Inoculation** : La suspension a été utilisée pour remplir les microtubes de la galerie.
 - Les cupules des tests nécessitant une anaérobiose (soulignées sur la galerie) ont été recouvertes d'huile minérale (paraffine stérile).
 - Les cupules des tests de fermentation (encadrées sur la galerie) ont été remplies à la fois dans le tube et la cupule.
4. **Incubation et lecture** : La galerie a été incubée à 37°C pendant 18 à 24 heures. Après incubation, les réactifs requis ont été ajoutés à certains microtubes. Les résultats ont été interprétés à l'aide de la table de lecture fournie par le fabricant. Le profil numérique obtenu (code à 7 ou 9 chiffres) a été utilisé pour une identification finale via le catalogue API ou le logiciel d'identification en ligne (apiweb™).

VI. Étude de la sensibilité aux antibiotiques des bactéries lactiques

VI-1. Sélection des souches

Les souches de bactéries lactiques (BAL) étudiées ont été sélectionnées sur la base de leurs propriétés technologiques préalablement caractérisées, notamment leur fort pouvoir acidifiant, corrélé à une activité antibactérienne.

VI-2. Sélection des antibiotiques

Le profil de sensibilité des isolats a été déterminé par la méthode de diffusion sur disque en gélose Mueller-Hinton. Les antibiotiques testés, choisis pour couvrir les principales familles thérapeutiques, ont été répartis en quatre groupes, comme détaillé dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Liste des antibiotiques utilisés pour l'antibiogramme. (Herrerros *et al.*, 2005)

Groupe	Famille d'antibiotiques	Antibiotique (concentration du disque)
Groupe 1	β -lactamines	Ampicilline (AMP 10 μ g) Céphalothine (CEP 30 μ g) Céphalexine (CN 30 μ g) Oxacilline (OX 1 μ g)
Groupe 2	Glycopeptides	Vancomycine (VA 30 μ g) Téicoplanine (TEC 30 μ g)
Groupe 3	Inhibiteurs de la synthèse protéique	Clindamycine (DA 2 μ g) Rifampicine (RA 5 μ g) Kanamycine (K 30 μ g)
Groupe 4	Divers	Tobramycine (TOB 10 μ g) Imipénème (IMP 10 μ g) Ciprofloxacine (CIP 5 μ g) Nitrofurantoïne (F 300 μ g) Triméthoprim (TMP 5 μ g)

VI-3. Mode opératoire

Le test de sensibilité a été réalisé selon la méthode de diffusion en milieu gélosé. Chaque inoculum bactérien a été standardisé à une densité optique comprise entre 0,08 et 0,1 à 660 nm, puis ensemencé en nappe à la surface de gélose Mueller-Hinton à l'aide d'un écouvillon stérile. Les disques d'antibiotiques ont été déposés délicatement sur la surface inoculée. Les boîtes ont ensuite été incubées à 30 °C pendant 24 heures (Leroy *et al.*, 2007).

VI-4. Lecture et interprétation des résultats

Après incubation, les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés en millimètres (mm). L'interprétation des résultats (sensible, intermédiaire, résistant) a été effectuée selon les critères établis par le Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CA-SFM, 2008).

VII. Fabrication expérimentale d'un fromage traditionnel de type « Jben »

Cette partie de l'étude a été menée au laboratoire de technologie alimentaire de l'ISTA de l'Université de Tlemcen. L'objectif était de fabriquer un fromage traditionnel à pâte fraîche de type « Jben » en utilisant « El hakka », une présure animale traditionnelle extraite de la caillette d'agneau ou de chevreau, comme agent coagulant. La fabrication a suivi un protocole inspiré de la méthode traditionnelle. Les fromages obtenus ont ensuite été soumis à des analyses microbiologiques, physico-chimiques et sensorielles.

VII-1. Analyses physico-chimiques

Les fromages élaborés ont été caractérisés par la mesure des paramètres physico-chimiques suivants : poids, pH, acidité titrable, teneur en matière sèche et en matière grasse.

VII-2. Analyses microbiologiques

Les trois fromages élaborés ont été analysés pour évaluer la qualité microbiologique en recherchant les flores suivantes : flore mésophile aérobie, Staphylocoques, *E. coli*, Salmonella ainsi que les levures et moisissures.

VII-3. Analyse sensorielle

Une analyse sensorielle a été réalisée avec un panel de 16 dégustateurs non avertis, comprenant des étudiants et du personnel de l'ISTA, âgés de 18 à 60 ans. Chaque participant a reçu trois échantillons de « Jben » différant par la quantité de présure « El Hakka » utilisée. Une fiche d'évaluation a été fournie pour noter les attributs sensoriels des fromages selon l'odeur, la saveur, l'acidité et la texture. Un test hédonique a été appliqué afin d'établir un profil sensoriel à partir des résultats recueillis.

***RESULTATS ET
DISCUSSION***

Partie III. Résultats et Discussion

I- Résultats de l'enquête

I-1. Préparation de la Hakka

Le Jben est un fromage traditionnel fabriqué à partir de lait cru de brebis, de chèvre ou de vache. La première étape de sa production consiste en la préparation de la « Hakka », une présure d'origine animale (voir Fig. 7).

La Hakka est en réalité la caillette, un compartiment de l'estomac de jeunes ruminants (agneaux ou chevreaux) encore en allaitement. Les animaux sont abattus une semaine après leur naissance, généralement dans des circonstances spécifiques telles qu'une maladie ou la mort de la mère. Après prélèvement, la caillette n'est ni lavée ni vidée de son contenu stomacal, afin de préserver les enzymes coagulantes naturelles.

Dans certaines régions, la préparation est aromatisée par l'ajout de plantes comme l'*Artemisia* et de sel. Parfois, de lait maternel est introduit dans la caillette préalablement vidée. Celle-ci est ensuite fermée hermétiquement et mise à sécher à l'air libre. La durée du séchage varie selon la saison, étant plus rapide en été qu'en hiver. Une fois sèche, la Hakka est prête à être utilisée pour la coagulation du lait dans la fabrication du Jben.



Figure 7 : Hakka utilisé dans la fabrication du fromage traditionnel Algérien Jben
(Boumediene et al ,2025)

I-2. Fabrication du Jben

Le Jben est produit selon un procédé traditionnel, souvent confié aux femmes âgées de la communauté, réputées pour leur savoir-faire. La fabrication est principalement pratiquée au printemps, période où la production laitière est à son maximum.

Le processus de fabrication débute par la filtration du lait cru pour éliminer les impuretés, suivi de son transfert dans une marmite. Le lait est ensuite chauffé à une température comprise entre 30 et 35 °C. La coagulation est initiée en introduisant la présure, la « Hakka ». Celle-ci, préalablement enveloppée dans un morceau de laine propre, est immergée dans le lait et légèrement frottée entre les doigts avant d'être retirée. Cette opération est répétée jusqu'à l'apparition des premiers granules de caillé, signe du début de la prise.

La marmite est alors retirée du feu, couverte, et laissée au repos jusqu'à coagulation complète. La durée de cette étape, qui varie de 5 à 30 minutes, dépend directement de l'activité et de l'âge de la Hakka utilisée.

Par la suite, la marmite est remise sur le feu pour favoriser la séparation du caillé et du lactosérum. L'égouttage est réalisé en versant le contenu dans un tissu poreux, le « Hawak », qui a remplacé l'usage traditionnel de la plante « Halfa ». Le caillé est ensuite pressé en lui appliquant un poids pour évacuer l'excès de lactosérum. Pour lui donner sa forme ronde caractéristique et une texture plus ferme, le fromage frais est moulé entre deux pierres d'une roche appelée « Madoune » pendant environ six heures (voir Fig. 8). Le lactosérum récupéré est généralement valorisé en étant donné en alimentation au troupeau.

Considéré comme un mets de choix, le Jben est souvent réservé aux occasions spéciales. Il est servi aux invités, soit pour accompagner des dattes, soit coupé en morceaux et présenté avec du thé.



Figure 8 : Protocole de production du fromage traditionnel Algérien Jben
(Boumediene., et al 2025).

Légende : 1. filtration du lait de vache, 2. Chauffage du lait à 32-35 °C et frottement d'El Hakka, 3. coagulation du lait après 5-30 min, 4. Réchauffage du lait caillé pour séparer le lactosérum puis le laisser se refroidir, 5. Egouttage avec un tissu poreux (Hawak), 6. moulage et pressage entre deux pierres « Madoune ».

II- Résultats des analyses physico-chimique, microbiologique et nutritionnelle du fromage Jben

II-1. Caractéristiques physico-chimiques et valeur énergétique

Les paramètres physico-chimiques du fromage Jben, incluant les valeurs minimales, maximales et les moyennes, sont présentés dans le Tableau 4. L'analyse des seize échantillons (n=16) a révélé un pH moyen de $5,76 \pm 0,46$ et une acidité titrable moyenne de $33,93 \pm 9,59$ °D.

Tableau 4 : Profils physico-chimique et nutritionnel du fromage traditionnel Jben produit dans le nord-ouest algérien (n=16)

Paramètre	Valeur Minimale	Moyenne ± Écart-type	Valeur Maximale
pH	5,06	5,76 ± 0,46	6,36
Acidité titrable (°D)	21,5	33,93 ± 9,59	48,0
Matière sèche (%)	40,27	45,20 ± 2,99	49,73
Matière grasse (%)	13,67	20,02 ± 3,42	26,17
Matière grasse / matière sèche (%)	31,89	44,23 ± 6,70	57,09
Protéines (%)	12,20	18,64 ± 3,30	23,39
Cendres (%)	2,50	3,29 ± 0,82	5,92
Glucides (%)	0,048	0,059 ± 0,007	0,072
Valeur énergétique (kcal/100 g)	167	252 ± 30	314

La composition nutritionnelle moyenne était de 45,20 % pour la matière sèche, 20,02 % pour la matière grasse, 18,64 % pour les protéines, 3,29 % pour les cendres et 0,059 % pour les glucides. Le rapport matière grasse sur matière sèche était en moyenne de 44,23 %. La valeur énergétique moyenne a été calculée à 252 ± 30 kcal/100 g. Une représentation graphique de certains paramètres est fournie en Figure 9.

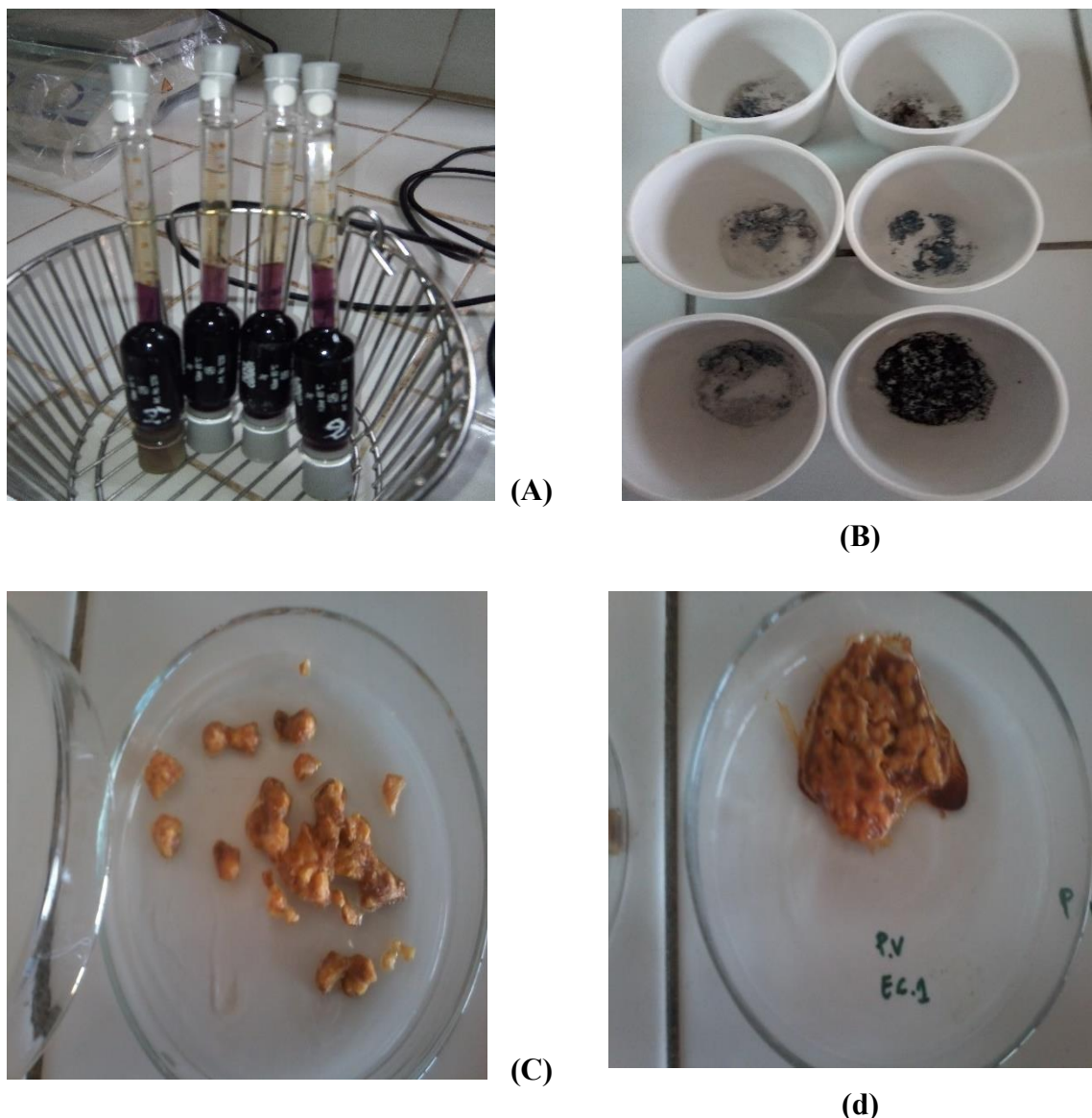


Figure 9 : Profils physico-chimiques du fromage Jben. (A) Teneur en matière grasse ; (B) Teneur en cendres ; (C, D) Teneur en matière sèche.

L'effet de la saison (hiver vs. été) sur ces paramètres a été évalué et les résultats sont consignés dans le Tableau 5. Une analyse statistique (seuil de significativité $p < 0,05$) a révélé des différences significatives entre les saisons pour tous les paramètres mesurés : pH, acidité, matière sèche, matière grasse, protéines, cendres et glucides.

Tableau 5 : Variation saisonnière des caractéristiques physico-chimiques du fromage Jben

Paramètre	Saison Hivernale (Oct. - Mars)		Saison Estivale (Avr. - Sept.)	
	Moyenne ± E.T.	Min - Max	Moyenne ± E.T.	Min - Max
pH	5,61 ± 0,45 a	5,00 - 6,20	5,92 ± 0,42 a	5,12 - 6,40
Acidité (°D)	36,60 ± 9,38 a	24,50 - 50,00	31,26 ± 8,99 a	21,00 - 49,30
Matière sèche (%)	45,77 ± 3,52 a	39,44 - 51,36	44,74 ± 2,58 a	39,50 - 48,45
Matière grasse (%)	21,02 ± 2,90 a	14,00 - 26,50	19,02 ± 3,78 a	13,00 - 27,00
Matière grasse / MS (%)	45,95 ± 5,64 a	31,96 - 55,25	42,52 ± 7,74 a	30,44 - 55,78
Protéines (%)	18,79 ± 3,29 a	12,10 - 22,41	18,49 ± 3,24 a	13,25 - 23,51
Glucides (%)	0,06 ± 0,01 a	0,04 - 0,10	0,06 ± 0,01 a	0,05 - 0,08
Cendres (%)	3,00 ± 0,31 a	2,34 - 3,35	3,92 ± 1,23 a	2,60 - 6,00

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart-type (n=3 par saison). Pour chaque paramètre, les moyennes sur la même ligne portant la même lettre (a) sont significativement différentes (p < 0,05).

Concrètement, les teneurs en matière sèche, matière grasse et protéines étaient significativement plus élevées en hiver (respectivement 45,77 %, 21,02 % et 18,79 %) qu'en été. Inversement, le pH était significativement plus faible en hiver (5,61) qu'en été (5,92), tandis que l'acidité titrable suivait une tendance opposée, plus élevée en hiver (36,60 °D) qu'en été (31,26 °D). La teneur en cendres était, quant à elle, significativement plus importante durant la saison estivale (3,92 %) que pendant la saison hivernale (3,00 %).

II. 2. Résultats des analyses microbiologiques du Jben

Les résultats du dénombrement des différents groupes microbiens dans le fromage Jben sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Résultats des analyses microbiologique du fromage traditionnel Jben produit dans le Nord-Ouest Algérie

Microflores	Nombre en log UFC/g (n=16)		
	Min	moyen ± sd*	Max
Bactéries aérobies mésophiles	5,12	7,71 ± 0,90	8,86
Lactobacilles	2,4	6,18 ± 1,36	7,36
Lactocoques	4,07	6,88 ± 1,061	7,53
Leuconostokes	2,74	5,73 ± 1,44	7,37
Microcoques	0	3,16 ± 1,66	4,71
Entérobactéries	0	3,95 ± 1,43	6,57
Levures	0	3,24 ± 1,01	4,04
Moisissures	0	2,32 ± 0,893	3,61
Bacillus spp	0	5,35 ± 1,928	7,41
Spores anaérobies	0	0 ± 00	0
Coliformes totales	2,6	4,0215 ± 1,245	6,05
Coliformes fécales	0	2,70 ± 1,476	5,3
Salmonella spp	0	0 ± 00	0

Les dénombrements microbiologiques ont révélé que la flore aérobie mésophile totale affiche des concentrations comprises entre 5,12 et 8,86 log UFC/g, avec une moyenne de 7,71 ± 0,90 log UFC/g. Les concentrations des autres flores étaient variables. Pour les bactéries lactiques, les analyses ont montré des différences significatives selon les milieux de culture utilisés : sur la gélose M17, les valeurs s'échelonnaient de 4,07 à 7,53 log UFC/g (moyenne : 6,88 ± 1,06 log UFC/g) ; sur le MRS+V, de 2,74 à 7,37 log UFC/g (moyenne : 5,73 ± 1,44 log UFC/g) ; et sur MRS, de 2,40 à 7,36 log UFC/g (moyenne : 6,18 ± 1,36 log UFC/g).

Les autres groupes microbiens ont présenté les abondances suivantes :

- Micrococcaceae : 0 à 4,71 log UFC/g (moyenne : $3,16 \pm 1,66$ log UFC/g)
- Entérobactéries : 0 à 6,57 log UFC/g (moyenne : $3,95 \pm 1,43$ log UFC/g)
- Levures : 0 à 4,04 log UFC/g (moyenne : $3,24 \pm 1,01$ log UFC/g)
- Moisissures : 0 à 3,61 log UFC/g (moyenne : $2,32 \pm 0,89$ log UFC/g)
- Bacilles : 0 à 7,41 log UFC/g (moyenne : $5,35 \pm 1,93$ log UFC/g)

Concernant les indicateurs de contamination fécale :

- Coliformes totaux : 2,60 à 6,05 log UFC/g (moyenne : $4,02 \pm 1,25$ log UFC/g)
- Coliformes fécaux : 0 à 5,30 log UFC/g (moyenne : $2,70 \pm 1,48$ log UFC/g)

En revanche, les spores de bactéries anaérobies et le genre Salmonella n'ont été détectés dans aucun échantillon analysé.

L'évaluation de la conformité selon l'arrêté ministériel du 4 octobre 2016 (Journal officiel de la République algérienne n°39) révèle que :

- Deux échantillons sur seize dépassent le critère m pour les coliformes fécaux
- Six échantillons sur seize excèdent le critère M pour les staphylocoques

IL n'y a pas de différence significative à $p < 0,05$ entre les groupes microbiens entre les deux saisons (voir tableau 7).

Les valeurs des Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Moisissures, Bacillus et Coliformes totaux sont plus élevées pendant la saison d'hiver (6,47, 6,93, 6,27, 2,42, 6,25 et 4,17 log UFC /g respectivement) par rapport à la saison chaude

Par contre les bactéries aérobies mésophiles, les microcoques, les entérobactéries, les levures et les coliformes fécaux étaient plus nombreux en été, avec 7,86, 3,47, 4,59, 3,64 et 2,78 log UFC/g respectivement.

Tableau 7 : Résultats des analyses microbiologiques du fromage traditionnel Jben fabriqué au nord-Ouest algérien pour les deux saisons (hiver et été)

<i>Saisons</i>	Nombre (Log cfu/g) n=16					
	Hiver (Octobre - Mars)			Eté (Avril - Sept)		
<i>Microflore</i>	Min	Moyen ± sd	Max	Min	Moyenne ± sd	Max
<i>Bactéries aérobies mésophiles</i>	5,12	7,6±1,19	8,51	7,32	7,86 ± 0,52	8,86
<i>Lactobacilles</i>	3,93	6,47±1,13	7,36	2,4	5,90 ± 1,60	7,28
<i>Lactocoques</i>	4,07	6,93±1,17	7,53	4,34	6,84 ± 1,02	7,32
<i>Leuconostokes</i>	3,39	6,27±1,43	7,37	2,74	5,19 ± 1,33	6,79
<i>Microcoques</i>	0	2,86±1,85	4,71	0	3,47 ± 1,50	4,70
<i>Entérobactéries</i>	0	3,31±1,54	4,45	3,04	4,59 ± 1,05	6,57
<i>Levures</i>	0	2,86±1,33	4,01	3,22	3,64 ± 0,27	4,04
<i>Moisissures</i>	1,83	2,42±0,53	3,18	0	2,15 ± 1,08	3,61
<i>Spores anaérobies</i>	0	0,00	0	0	0,00	0,00
<i>Bacillus spp</i>	4,3	6,25±1,12	7,35	0	4,46 ± 2,22	7,48
<i>Coliformes totaux</i>	2,6	4,17±1,19	6,05	2,6	3,87 ± 1,36	6,05
<i>Coliformes fécaux</i>	0	2,62±1,55	4,95	0	2,78 ± 1,50	5,30
<i>Salmonella spp</i>	0	0,00	0	0	0,00	0,00

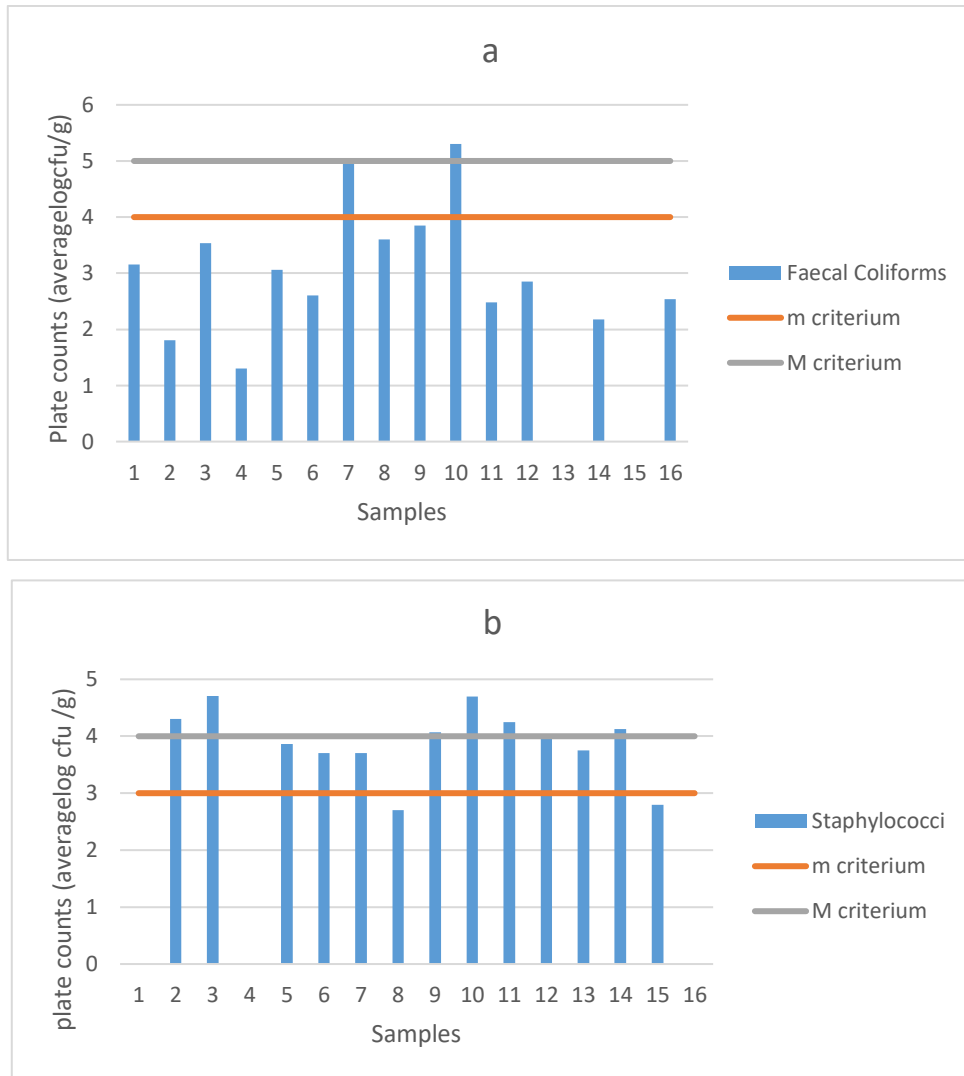
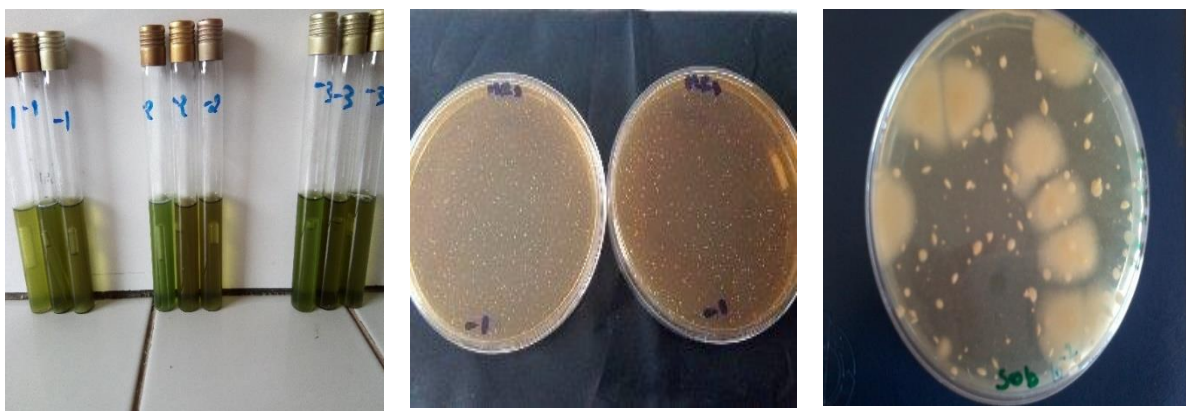


Figure 10 : Résultats des analyses microbiologiques de fromage Jben a : coliformes fécaux, b : staphylocoques.



Coliformes

Lactobacillus

Levures et moisissures

Figure 11 : Résultats des analyses après incubation des milieux de culture

II. 3. Discussion des résultats physicochimiques et microbiologiques

II. 3. 1. Caractéristiques physico-chimiques

Les valeurs de pH obtenues sont supérieures à celles rapportées pour des fromages algériens similaires préparés avec de la présure végétale (Benhedi et Hellal, 2019 ; Tadjine *et al.*, 2020) et pour un fromage frais marocain au lait de chèvre (El Galiou *et al.*, 2015). Un pH supérieur à 5,0 peut favoriser la croissance de bactéries pathogènes, affectant ainsi la qualité hygiénique du produit. L'acidité titrable est comparable à celle observée par Tadjine *et al.* (2020) mais inférieure à celle de fromages marocains type Jben (Benkeroum *et al.*, 2004 ; Rhiat *et al.*, 2013).

La matière sèche est plus élevée que dans les fromages frais marocains et algériens (El Galiou *et al.*, 2015 ; Tadjine *et al.*, 2020), mais comparable à celle du fromage serbe Valsena (Terzic-Vidojevic *et al.*, 2013) et du fromage turc Aho (Temiz et Kilic, 2015). La plage de valeurs (40,27 - 49,73%) indique une humidité résiduelle élevée, facteur favorisant l'altération du produit.

La matière grasse est proche de celle de fromages mexicains (Sanchez *et al.*, 2018) et argentins (Vasek *et al.*, 2008), mais diffère des fromages marocains (El Galiou *et al.*, 2015) et turcs (Temiz et Kilic, 2015). Les teneurs en protéines sont inférieures à celles rapportées par Temiz et Kilic (2015) et Vasek *et al.* (2008), tandis que les cendres sont plus élevées que celles d'El Galiou *et al.* (2015). Enfin, la saison influence significativement les paramètres physico-chimiques analysés.

II. 3. 2. A propos des résultats microbiologiques

La présence des différents groupes microbiens dans le fromage Jben est principalement attribuable à la qualité microbiologique du lait initial et au non-respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la traite, de l'utilisation de la présure "el Hakka", et tout au long des procédés de fabrication artisanale.

Les concentrations de bactéries aérobies mésophiles totales se sont avérées légèrement inférieures à celles rapportées pour d'autres fromages traditionnels similaires, tels que le Bouhezza algérien (Aissaoui Zitoun *et al.*, 2011), le fromage marocain (Elgaliou *et al.*, 2015)

et le fromage San Simon (Garcia Fontan *et al.*, 2001). En revanche, elles sont comparables à celles d'un fromage frais algérien décrit par Tadjine *et al.* (2020).

Les bactéries lactiques, principalement représentées par les genres *Lactobacillus*, *Lactococcus* et *Leuconostoc*, présentent une prédominance des lactocoques. Leurs niveaux sont inférieurs à ceux observés dans la « Torta del Casar », un fromage au lait cru de brebis (Ordiales *et al.*, 2013), et dans le fromage San Simon (Garcia Fontan *et al.*, 2001). Parmi ces groupes, les lactocoques affichent la concentration la plus élevée ($6,88 \pm 1,06$ log UFC/g), contre des valeurs plus basses pour les lactobacilles et les leuconostocs. Cette dominance des lactocoques s'explique par leur métabolisme plus rapide que celui des lactobacilles, dont la croissance initiale est plus lente en raison d'un métabolisme moins actif (Vasek *et al.*, 2008).

Les Micrococcaceae, détectées à des niveaux modérés ($3,16 \pm 1,66$ log UFC/g), pourraient provenir de leur résistance au sel et à la faible activité hydrique (Ordiales *et al.*, 2013). Ces valeurs sont similaires à celles rapportées par Tadjine *et al.* (2020).

Les Enterobacteriaceae et les coliformes, indicateurs de qualité hygiénique (Psoni *et al.*, 2003), sont associés à des défauts organoleptiques et à une contamination potentielle du lait. Leurs concentrations dans cette étude sont inférieures à celles citées par Aissaoui Zitoun *et al.* (2011). Les levures et moisissures, indicateurs de contamination environnementale, présentent des niveaux inférieurs à ceux observés par Vasek *et al.* (2008), El Galiou *et al.* (2015) et Tadjine *et al.* (2020). Les coliformes totaux sont comparables à ceux rapportés par ces mêmes auteurs, tandis que les coliformes fécaux sont inférieurs à ceux de Tadjine *et al.* (2020) mais supérieurs à ceux de Medjoudj *et al.* (2018) et El Galiou *et al.* (2015). La présence de coliformes, typique des fromages au lait cru, reflète souvent des pratiques hygiéniques inadéquates (Ordiales *et al.*, 2013). Aucune bactérie pathogène (*Clostridia*, *Salmonella*) n'a été détectée.

Aucun effet saisonnier significatif n'a été observé sur les populations microbiennes, un résultat cohérent avec celui de Psoni *et al.* (2003) pour le fromage grec Batzos. Cependant, des variations saisonnières ont été notées : en hiver, les bactéries lactiques prédominent, tandis qu'en été, une augmentation des levures, Micrococcaceae, Enterobacteriaceae et bactéries aérobies mésophiles est observée.

III - Résultats de l'identification des bactéries lactiques

III-1 Caractérisation macroscopique et microscopique

Cette étape de caractérisation constitue une pré-identification dans la classification des bactéries lactiques. Dans cette étude, 126 isolats ont été obtenus à partir de 16 échantillons de fromage traditionnel Jben, prélevés lors de deux saisons distinctes : 8 échantillons durant la période chaude et 8 durant la période froide.

Trois milieux de culture ont été utilisés : MRS, MRS additionné de vancomycine (MRS+V) et M17. Sur le milieu MRS, les colonies présentaient des formes bombées et arrondies, de couleur marron, blanchâtre ou grisâtre. Sur le milieu M17, les colonies étaient de petite taille, plates ou bombées, et de couleur marron à grisâtre. Enfin, sur le milieu MRS+V, les colonies étaient transparentes (Figure 12 ; voir également le tableau de description en annexe 1).

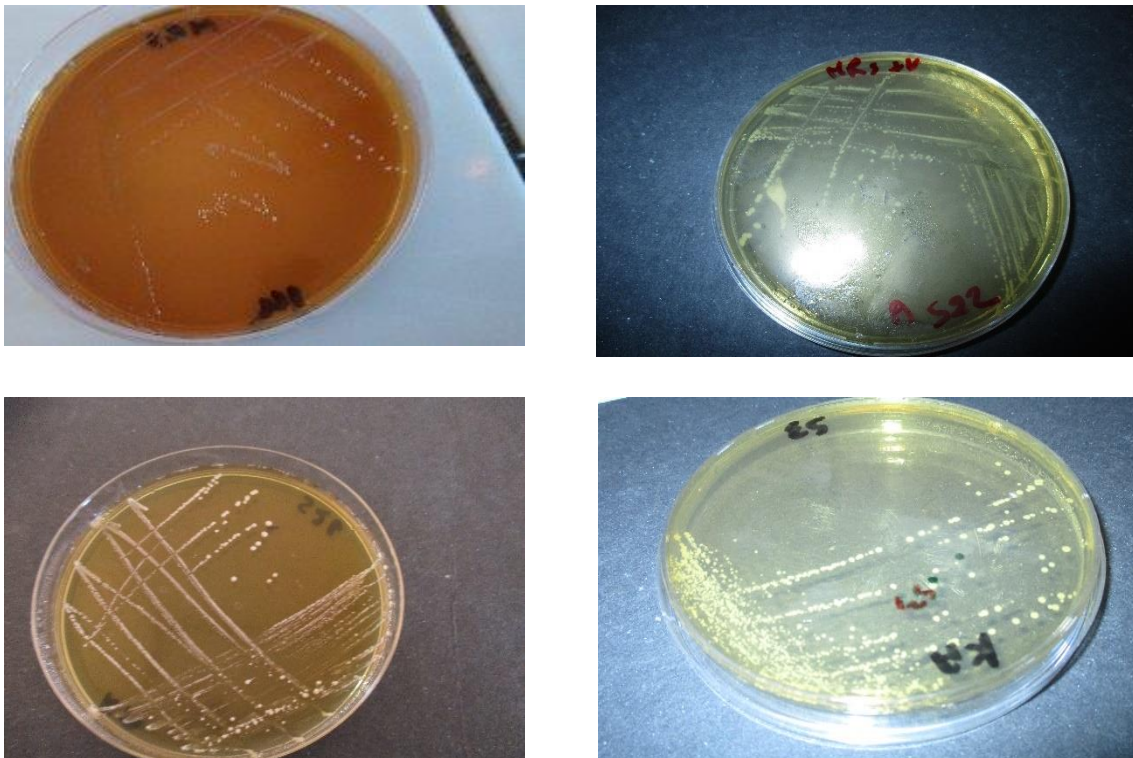


Figure 12 : Aspect macroscopique des bactéries lactiques sur gélose MRS, MRS +Vancomycine et M17

Observation microscopique des bactéries lactiques

La coloration de Gram a confirmé que tous les isolats étaient des bactéries à Gram positif. Parmi les 126 souches, 81 se sont révélées être des coques, regroupées en chaînettes, diplocoques ou tétrades, tandis que 45 présentaient une morphologie bacillaire (Figure 13).

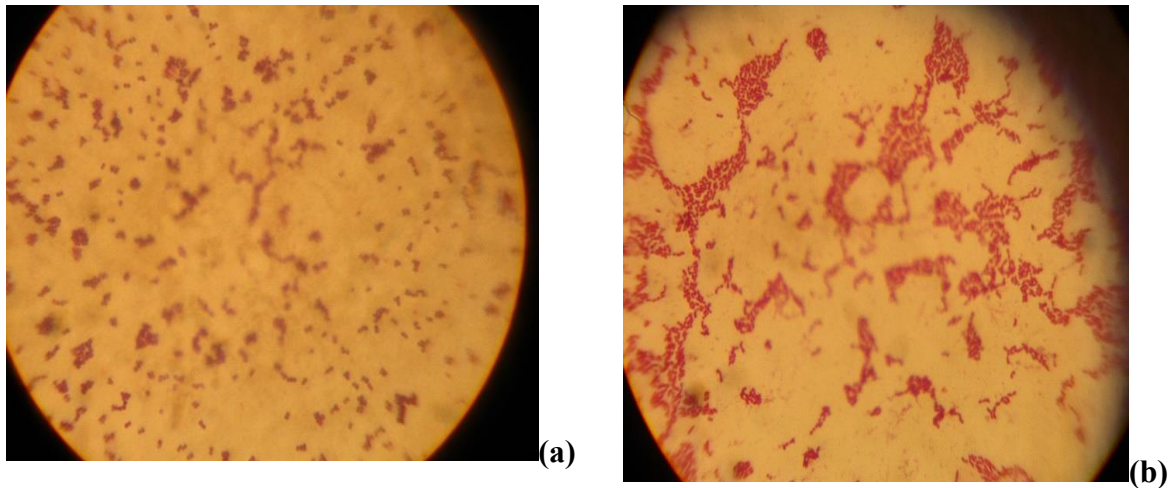


Figure 13 : Aspect des bactéries après Coloration de Gram

III-2 Caractérisation physiologique et biochimique

III-2-1 Caractérisation physiologique

- Croissance à différentes températures :

les 126 souches ont montré des croissances variées. 34,9% des isolats ont poussés à 10°C, 62,7% se sont développés à 37°C et 47,6% ont poussés à 40° C et 38% à la température 45°C.

Pour le test de thermorésistance, sur un total de 45 souches, 33 bactéries ont montré une tolérance à 63,5 °C pendant 30min (voir figure 14) (tableau annexe 2).

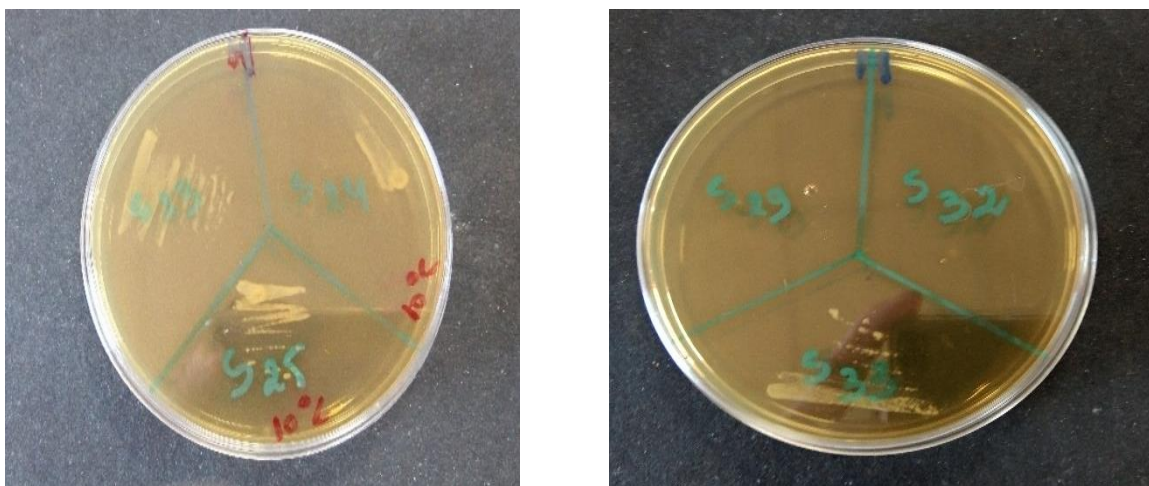


Figure 14 : Croissance des bactéries lactique à différentes température

- **Croissance à différentes concentrations de sel**

Toutes les souches ont montré une tolérance au sel pour la concentration 2,5% de NaCl 84% des isolats ont poussées ,81% ont tolérée la concentration 3% de NaCL,76,9%, 64.3% et 27.7% ont poussées à 4%, 5% et 6.5% de NaCl. Voir figure15 tableau annexe2

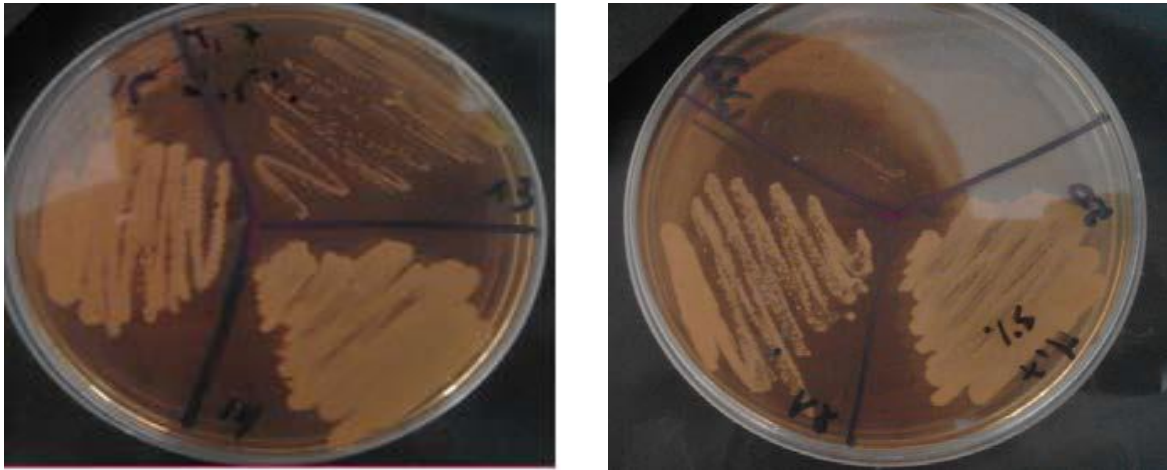


Figure 15 : Croissance des bactéries lactiques à différentes concentrations de NaCl

III-2-2 Caractérisation biochimique

- **Le type fermentaire :**

Sur les 126 isolats étudiés, 76 sont des bactéries homofermentaires, 44 hétérofermentaires et 06 homo/hétérofermentaires (voir tableau annexe 2) (figure 16)

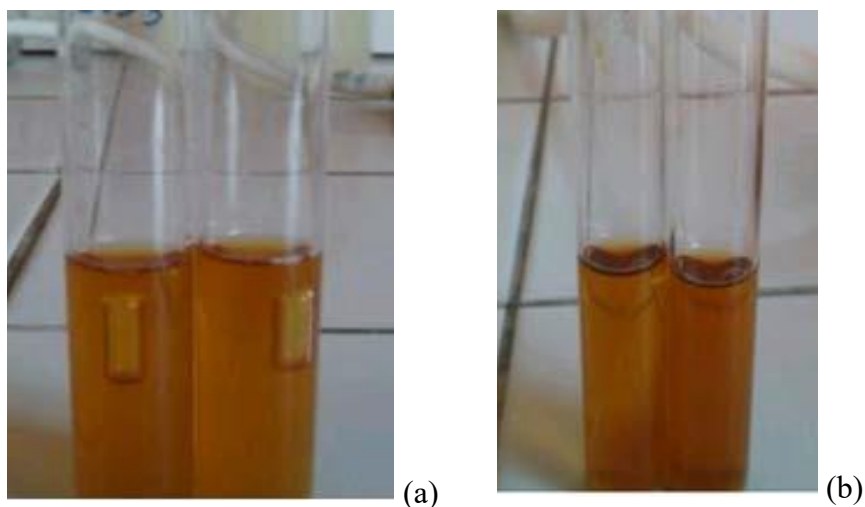


Figure 16 : Type fermentaire des bactéries lactiques

a/ hétérofermentaire b/ homofermentaire

- **Présence de l'enzyme ADH**

La recherche de l'arginine hydrolase a montré que sur les 126 souches étudiées, 51 soit 40,4% ont la capacité d'hydrolyser l'arginine contenue dans le milieu qui devient jaune après alcalinisation (tableau en annexe 2) et (Fig 17)



Figure 17 : l'hydrolyse d'arginine par les bactéries lactiques

a/résultats négatif b/ résultats positif

- **Présence des enzymes catalase et peroxydase**

Le test de la catalase a révélé l'absence de l'enzyme ce qui reflète l'incapacité des souches à dégrader le peroxyde d'hydrogène. Le test d'oxydase a donné un résultat négatif aussi.

- **Utilisation du citrate**

Sur 126 souches, 29 seulement ont hydrolysé le citrate du milieu KMK, ces dernières ont fermenté le citrate rendant possible la réaction entre l'ion ferrique et le potassium ferricyanide qui a donné des colonies bleues. (Figure 18), (annexe 2),

- **Production d'acétoïne**

15 souches parmi les 126 ont révélés la production d'acétoïne par la présence d'un anneau rose à la surface du milieu en tube or l'acétoïne est un précurseur des composés aromatiques qui sont l'acétaldéhyde et le diacétyl.

- **Hydrolyse de l'esculine**

86 isolats parmi les 126 ont la capacité d'hydrolyser l'esculine. (Voir tableau annexe 2) et (figure18).

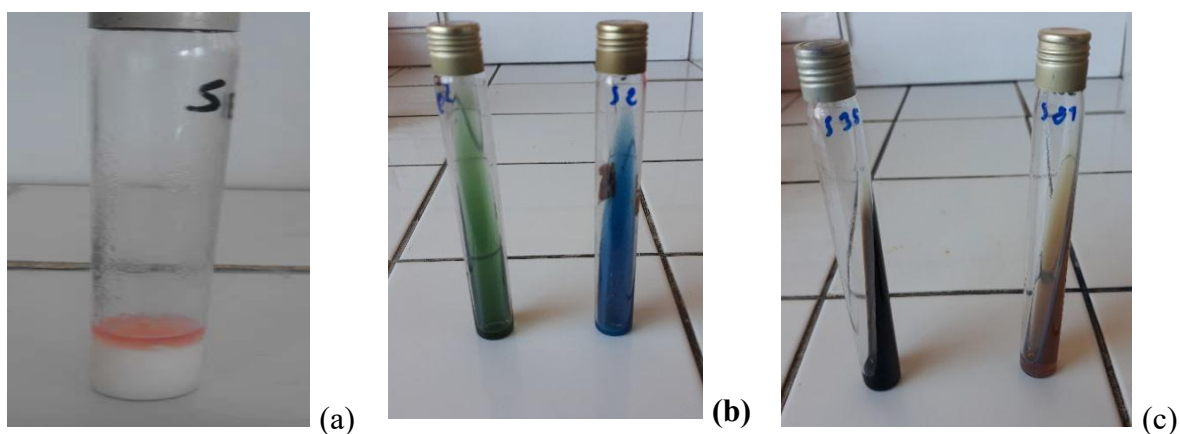


Figure 18 : Tests biochimiques : a/ production d'acétoïne, b/dégradation de citrate, c/ hydrolyse d'esculine

- **Fermentation des sucres :**

La fermentation des carbohydrates par nos isolats a donné les résultats suivants. 71.42 % des bactéries lactiques isolées ont la capacité de fermenter les sucres suivants : la cellulose, l'inositol, le fructose, le sorbitol, le galactose, l'arabinose, le maltose, l'amidon, le saccharose, le mannose, le dextrose et le lactose.

16.67% soit (21) n'ont pas la capacité de fermenter les sucres testés, 4.76% soit (06) n'ont pas la capacité de fermenter l'amidon seulement, 7.14% n'ont pas la capacité de fermenter certains des sucres cités testées. (Voir tableau annexe 2) et (figure 19 et 20)

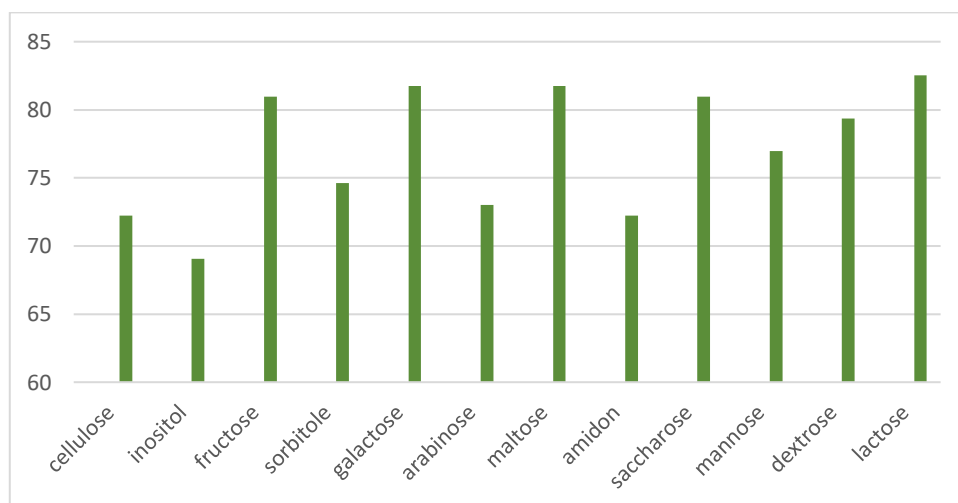
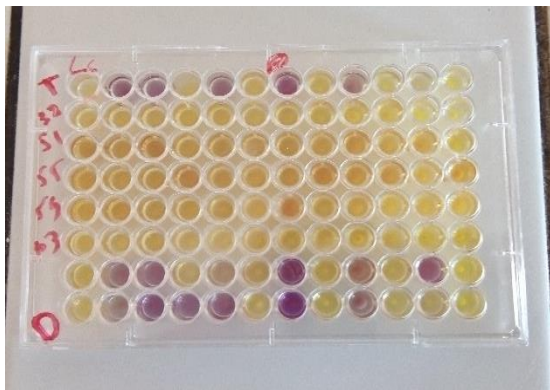
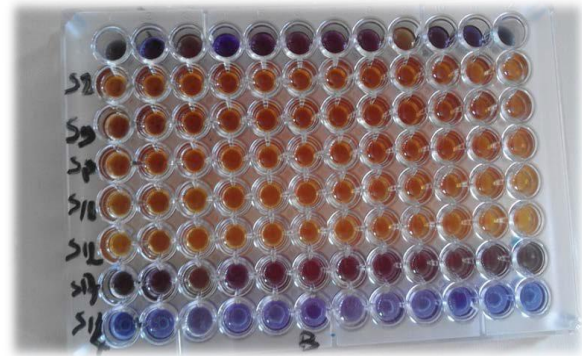


Figure 19 : Pourcentage de fermentation des sucres par les bactéries lactiques



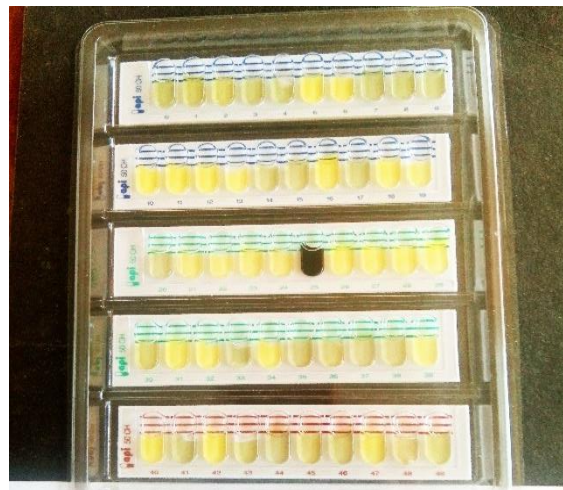
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 20 : fermentation des sucres sur microplaques (a et b) et sur API 50CHL (c et d)

III-3 Identification des bactéries lactiques

21 souches ont été caractérisées par la galerie API 50CHL les autres l'ont été grâce aux critères du Bergery's Manual of Systematic Bacteriology (Vos *et al.*, 2011).

La répartition des souches identifiées a été représentée par la figure 21

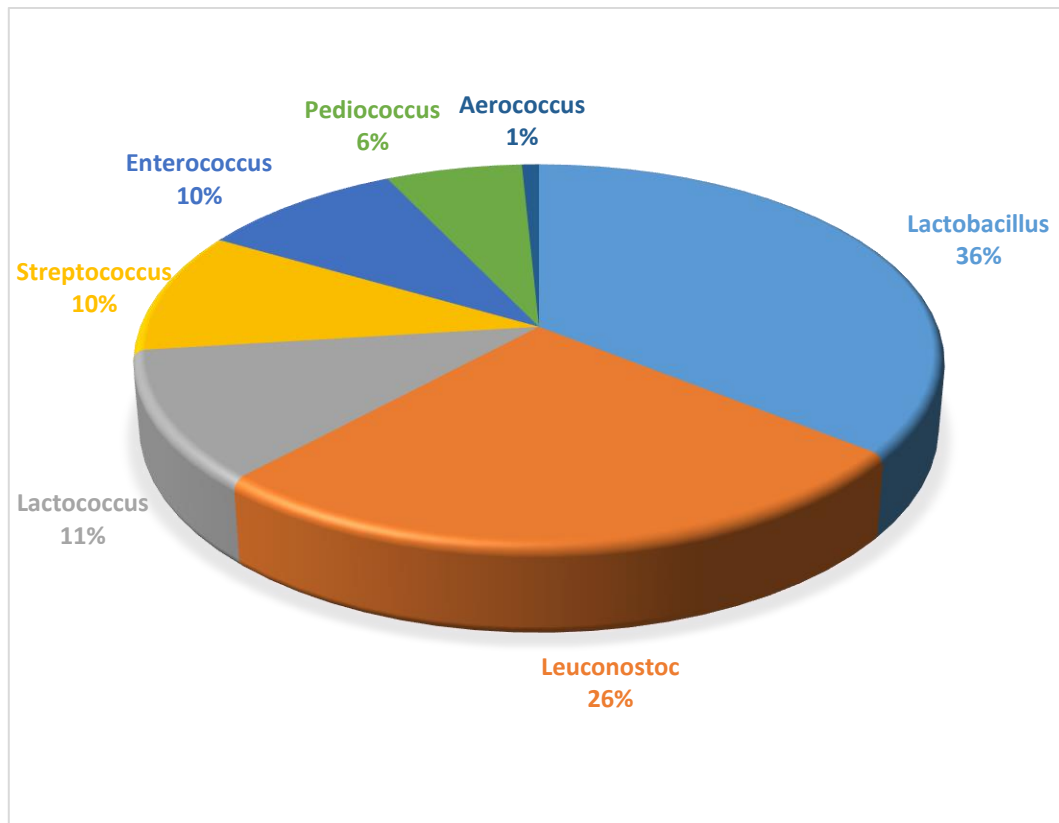


Figure 21 : Répartition des bactéries lactiques dans le fromage traditionnel Jben

• **Genre *Lactobacillus***

Les bactéries à Gram positif de forme bacillaire ou coccobacillaire, non sporulées, immobiles, catalase négative, homo- ou hétérofermentaires, anaérobies ou aérotolérantes, appartiennent au genre *Lactobacillus*. Sur les 126 souches étudiées, 45 ont été identifiées comme appartenant à ce genre, réparties comme suit :

- ✓ *Lactobacillus* sp. : 15 souches
- ✓ *Lactobacillus plantarum* : 7 souches
- ✓ *Lactobacillus brevis* : 7 souches
- ✓ *Lactobacillus pentosus* : 5 souches
- ✓ *Lactobacillus curvatus* subsp. *curvatus* : 3 souches
- ✓ *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* : 3 souches
- ✓ *Lactobacillus salivarius* : 2 souches
- ✓ *Lactobacillus acidophilus* : 2 souches
- ✓ *Lactobacillus fermentum* : 1 souche

• **Genre *Leuconostoc***

Les bactéries à Gram positif de forme coccoïde, irrégulière, en diplocoques ou en petites

chaînettes, anaérobies facultatives, résistantes à la vancomycine, n'hydrolysant pas l'arginine, immobiles, non sporulées, catalase négative et hétérofermentaires, appartiennent au genre *Leuconostoc*. Dans cette étude, 33 souches ont été attribuées à ce genre, réparties comme suit :

- ✓ *Leuconostoc* sp. : 10 souches
- ✓ *Leuconostoc lactis* : 10 souches
- ✓ *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* : 6 souches
- ✓ *Leuconostoc oenos* : 2 souches
- ✓ *Leuconostoc paramesenteroides* : 2 souches
- ✓ *Leuconostoc pseudomesenteroides* : 2 souches
- ✓ *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *dextrinicum* : 1 souche

- **Genre *Lactococcus***

Les bactéries à Gram positif de forme coccoïde, en diplocoques ou en chaînettes, non sporulées, immobiles, anaérobies facultatives, catalase négative, se développant à 10°C et 40°C mais pas à 45°C, tolérant 4 % de NaCl et homofermentaires, appartiennent au genre *Lactococcus*. Sur les 126 souches, 14 ont été identifiées comme *Lactococcus*, réparties comme suit :

- *Lactococcus* sp. : 8 souches
- *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* : 2 souches
- *Lactococcus lactis* subsp. *hordniae* : 2 souches
- *Lactococcus raffinolactis* : 1 souche

- **Genre *Streptococcus***

Les bactéries à Gram positif, de forme coccoïde sphérique ou ovale, en chaînettes ou diplocoques, immobiles, non sporulées, anaérobies facultatives, catalase négative, tolérant 2 % de NaCl mais pas 4 %, se développant à 45°C mais pas à 10°C, appartiennent au genre *Streptococcus*. Dans cette étude, 13 souches ont été identifiées comme *Streptococcus thermophilus*.

- **Genre *Enterococcus***

Les bactéries à Gram positif, de forme coccoïde en diplocoques ou petites chaînettes, anaérobies facultatifs, non sporulées, immobiles, se développant en présence de 6,5 % de NaCl et à des températures comprises entre 10°C et 45°C, appartiennent au genre *Enterococcus*. Au total, 12 souches ont été identifiées, réparties comme suit :

- ✓ *Enterococcus* sp. : 5 souches
- ✓ *Enterococcus faecium* : 5 souches
- ✓ *Enterococcus faecalis* : 2 souches

- **Genre *Pediococcus***

Les bactéries à Gram positif, de forme coccoïde en tétrades, immobiles, non sporulées, anaérobies facultatives, homofermentaires, se développant à des températures comprises entre 20°C et 40°C avec un pH optimal de 6,0 à 6,5, appartiennent au genre *Pediococcus*. Huit souches ont été identifiées, réparties comme suit :

- *Pediococcus* sp. : 6 souches
- *Pediococcus pentosaceus* : 2 souches

III-4 Répartition des bactéries lactiques durant les périodes chaudes et froide

- ✓ Toutes les espèces identifiées de bactéries lactiques ont été retrouvées durant les deux périodes, chaude et froide. Parmi elles, 64 bactéries lactiques isolées durant la période froide se répartissent comme suit :
- ✓ *Lactobacillus* : 22 souches, dont l'espèce dominante *Lactobacillus plantarum* (5 souches)
- ✓ *Leuconostoc* : 18 souches, principalement *Leuconostoc lactis* (6 souches)
- ✓ *Streptococcus thermophilus* : 9 souches
- ✓ *Lactococcus* sp. : 8 souches
- ✓ *Enterococcus* : 3 souches, dont *Enterococcus faecium* (2 souches)
- ✓ *Pediococcus pentosaceus* : 2 souches

Voir la Figure 22 pour une représentation graphique de cette répartition.

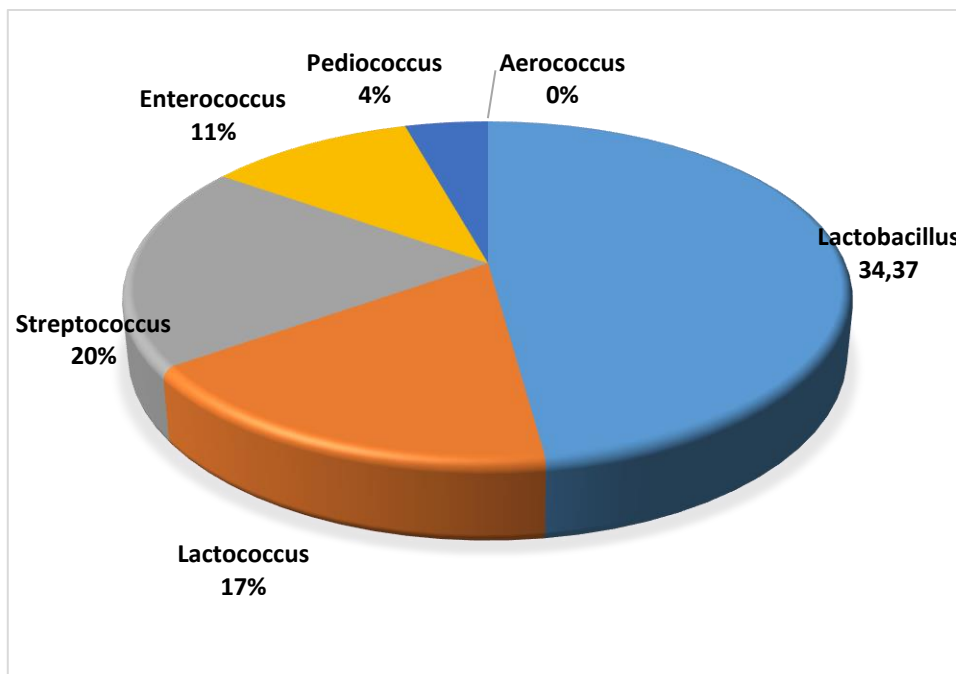


Figure 22 : Répartition des bactéries lactiques durant la période froide

Contrairement à la période froide la période chaude est représentée par 62 LAB dont *Lactobacillus* (23 souches), *Leuconostoc* (15 souches) dominé par *Leuconostoc lactis* (04 souches), *Streptococcus thermophilus* (04 souches), *Lactococcus* (06 souches) avec *Lactococcus lactis sp lactis* (03 souches), *Enterococcus* (07 souches), *Pediococcus* (04 souches) et une souche du genre *Aerococcus*. (Figure 23)

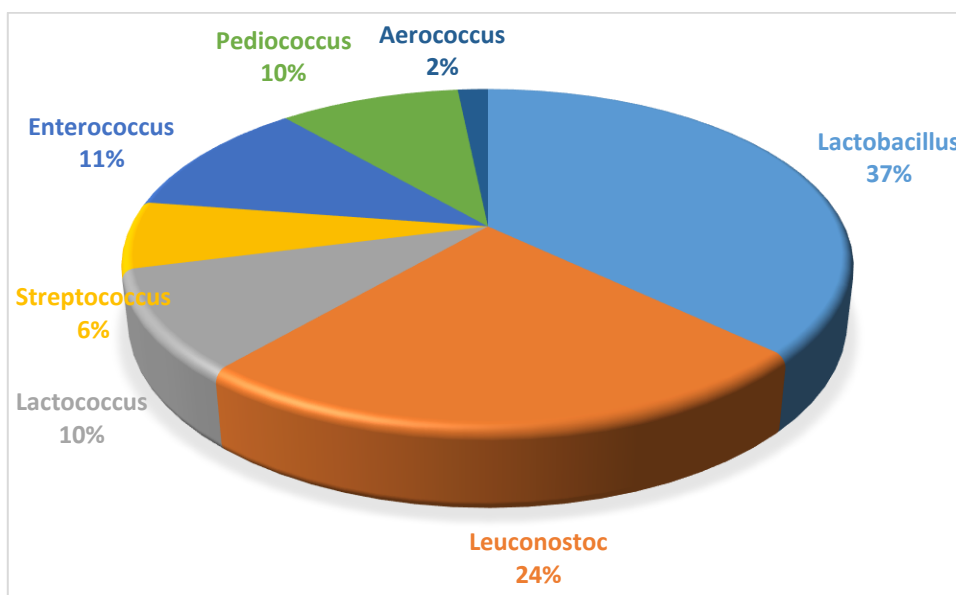


Figure 23 : Répartition des bactéries lactiques pendant la période chaude

III-5. Discussion

✓ Au total, 126 souches bactériennes ont été isolées et identifiées à partir de fromages traditionnels Jben de la région d'Aïn El Safra. La répartition en pourcentage des différents genres de bactéries lactiques est la suivante :

- ✓ *Lactobacillus* : 35,71 %
- ✓ *Leuconostoc* : 26,19 %
- ✓ *Lactococcus* : 11,11 %
- ✓ *Streptococcus* : 10,31 %
- ✓ *Enterococcus* : 9,52 %
- ✓ *Pediococcus* : 6,34 %
- ✓ *Aerococcus* : 0,79 %

Des similitudes sont observées avec les fromages traditionnels européens produits à partir de lait cru, notamment dans la région méditerranéenne (Gonzalez *et al.*, 2007 ; Serhan *et al.*, 2009 ; Kirmaci *et al.*, 2016). Le genre *Lactobacillus* est dominant, avec les espèces *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus* et *Lactobacillus curvatus* également rapportées dans le fromage Darfiyeh (Serhan *et al.*, 2009). L'espèce *Lb. plantarum*, caractéristique des environnements laitiers, prédomine dans d'autres fromages de chèvre tels que le fromage Ibore (Mas *et al.*, 2002) et le Nostrano di Primiero (Poznanski *et al.*, 2004). Cette dominance s'explique probablement par la tolérance accrue de *Lb. plantarum* au sel et aux pH bas, lui conférant un potentiel significatif pour influencer et contribuer à l'affinage du fromage (Terzic-Vidojevic *et al.*, 2007).

Lactobacillus fermentum et *Lactobacillus sp.* ont également été observés dans le fromage Urfa (Kirmaci *et al.*, 2016), tandis que *Lactobacillus brevis* et *Lactobacillus paracasei* ont été identifiés dans le fromage Livanjski (Valdimir *et al.*, 2019). *Lactobacillus pentosus* a été détecté dans le fromage grec Batzos (Psoni *et al.*, 2003).

Des études sur divers fromages artisanaux ont confirmé que la présence d'hétérofermentaires facultatifs dépend du stade d'affinage. Ainsi, *Lb. paracasei* est plus abondant dans les fromages matures, tandis que *Lb. plantarum* et *Lb. buchneri* sont prévalents dans les fromages jeunes (Bluma et Ciprova, 2016). Les lactobacilles obligatoirement hétérofermentaires peuvent influencer la saveur et la texture du fromage en raison de leur capacité à produire des amines biogènes (Pachlova *et al.*, 2018).

Les leuconostokes, représentés par *Leuconostoc lactis*, *Leuconostoc* sp. et *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*, ont également été signalés dans le fromage Bouhezza (Medjoudj *et al.*, 2018) et le fromage Batzos (Psoni *et al.*, 2003). Le genre *Pediococcus* a été détecté dans ce dernier (Psoni *et al.*, 2003).

Les streptocoques, représentés par *Streptococcus thermophilus*, ont été observés dans le fromage Livanjski (Valdimir *et al.*, 2020) et le fromage Darfiyeh (Serhan *et al.*, 2009).

Les souches de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* présentes dans le fromage Jben proviennent probablement du lait cru. Il a été démontré qu'un microbiote naturel se développe dans le lait cru maintenu à température ambiante, avec une prédominance de lactocoques mésophiles. Dans le sud de l'Europe, *Lactococcus* spp. constitue la microflore dominante dans la plupart des fromages traditionnels à base de lait de brebis cru (Torres-Llanes *et al.*, 2006). La présence de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* dans le fromage Jben est cohérente avec les résultats rapportés par Medjoudj *et al.* (2018) et Valdimir *et al.* (2020). *Lactococcus lactis* est couramment utilisée pour la fermentation et la conservation des aliments (Song *et al.*, 2017).

Les entérocoques, représentés par *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* et *Enterococcus* sp., ont également été identifiés dans le fromage Urfa (Kirmaci *et al.*, 2016). Ces bactéries font partie de la flore naturelle des fromages au lait cru et sont reconnues pour leur contribution à l'affinage, au développement des saveurs et des arômes. Cependant, leur présence peut également résulter d'une contamination fécale lors de la traite ou du stockage (Dolci *et al.*, 2008). Le manque d'hygiène durant ces étapes pourrait expliquer leur développement. Les entérocoques sont largement répandus dans les fromages méditerranéens, qu'ils soient fabriqués à partir de lait cru ou pasteurisé (Suzzi *et al.*, 2000 ; Andrighetto *et al.*, 2001 ; Giraffa, 2003). Parmi les espèces les plus fréquentes dans les produits laitiers, *E. faecalis*, *E. faecium* et *E. durans* jouent un rôle clé dans le développement des caractéristiques organoleptiques du fromage (Rodriguez *et al.*, 1995 ; Cogan *et al.*, 1997).

IV - Caractérisation technologique des bactéries lactiques

IV-1 Pouvoir acidifiant, aromatisant, protéolytique et amylolytique

- **Pouvoir acidifiant**

92 % des souches (soit 117 isolats) sont classées comme fortement acidifiantes, avec des valeurs d'acidité $\geq 60^\circ\text{D}$. Parmi ces souches, 41 appartiennent au genre *Lactobacillus*.

- **Pouvoir aromatisant**

11,90 % des isolats (soit 15souches) présentent un pouvoir aromatisant, dont 05 souches appartiennent au genre *Lactobacillus*. Ces isolats possèdent la capacité de produire du diacétyl et de l'acétaldéhyde, des composés aromatiques importants.

- **Pouvoir protéolytique**

38,8 % des souches (49 isolats) montrent une activité protéolytique, dont 17 souches appartiennent au genre *Leuconostoc*.

- **Pouvoir amylolytique**

27 % des souches (34 isolats) présentent un pouvoir amylolytique, dont 10 souches appartiennent au genre *Streptococcus*.

Le tableau 8 et la figure 24 résument l'ensemble des activités technologiques des isolats lactiques.

Tableau 8 : Pourcentage des souches lactiques par rapports aux différents caractères technologiques

	Production d'acide (°D)			Protéolyse	Pouvoir amylolytique	Pouvoir aromatisant	Thermorésistance
	≥60	40-60	≤40				
Lactobacillus	41	04	00	16	02	05	07
Leuconostoc	28	05	00	17	02	04	01
Lactococcus	14	00	00	04	08	02	06
Streptococcus	13	00	00	06	10	03	11
Enterococcus	12	00	00	03	06	01	04
Pediococcus	08	00	00	03	05	00	05
Aerococcus	01	00	00	00	01	00	01
Total	117	9	00	49	34	15	35

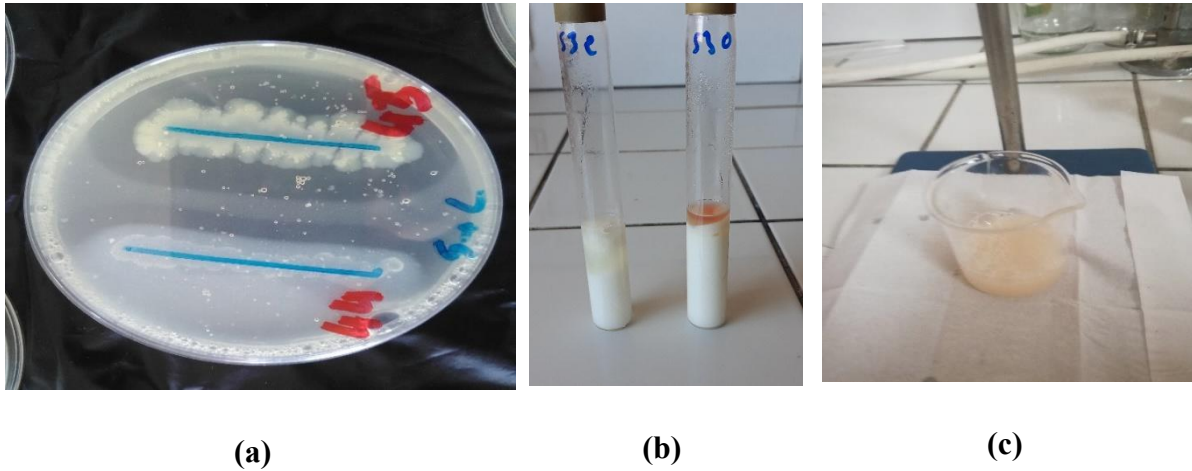


Figure 24: Caractères technologiques des bactéries lactiques isolées du fromage traditionnel Jben :

a/ pouvoir amylolique, b/ pouvoir aromatisant c/ pouvoir acidifiante

IV-2 Cinétique d'acidification des bactéries lactiques

Neuf souches ont été sélectionnées pour étudier leur cinétique d'acidification : trois appartiennent au genre *Lactobacillus* [*Lactobacillus* sp. (S89), *Lactobacillus plantarum* (S96) et *Lactobacillus* sp. (S100)], trois au genre *Lactococcus* [*Lactococcus* sp. (S99), *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (S78 et S85)] et trois au genre *Leuconostoc* [*Leuconostoc lactis* (S61), *Leuconostoc oenos* (S83) et *Leuconostoc pseudomesenteroides* (S102)].

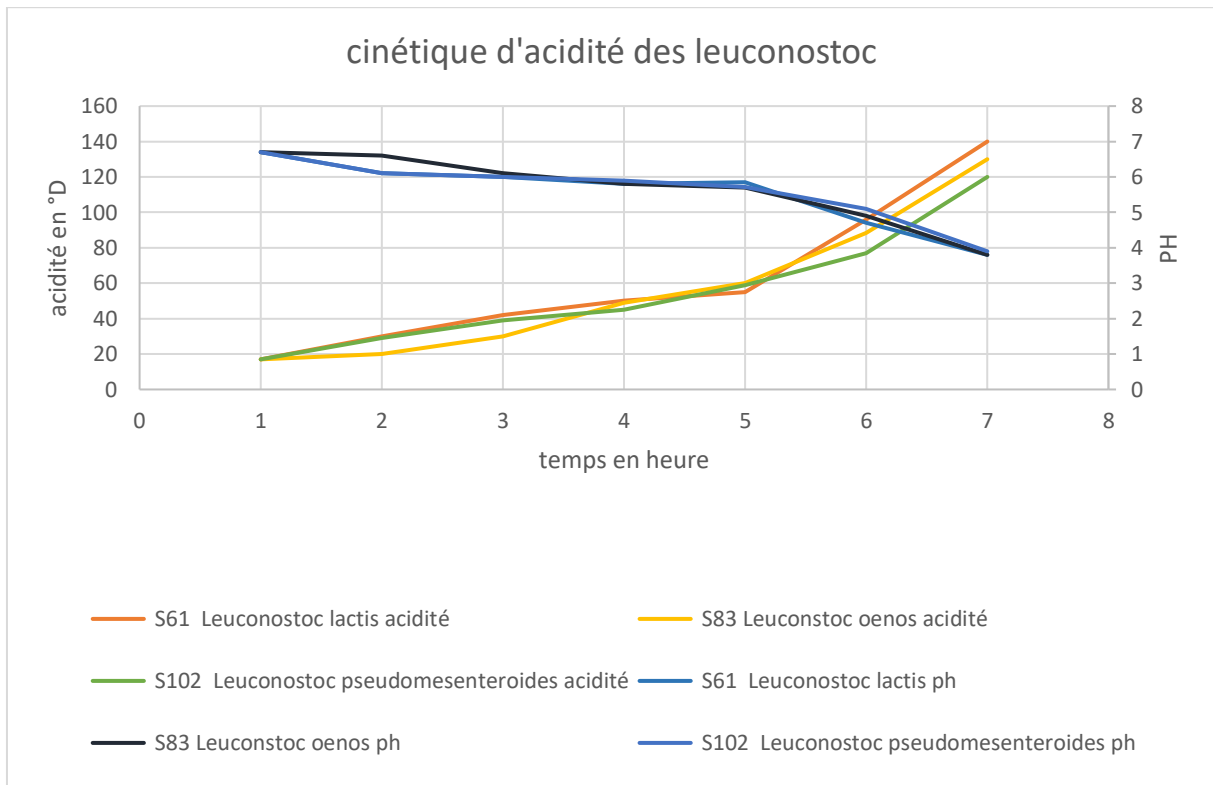
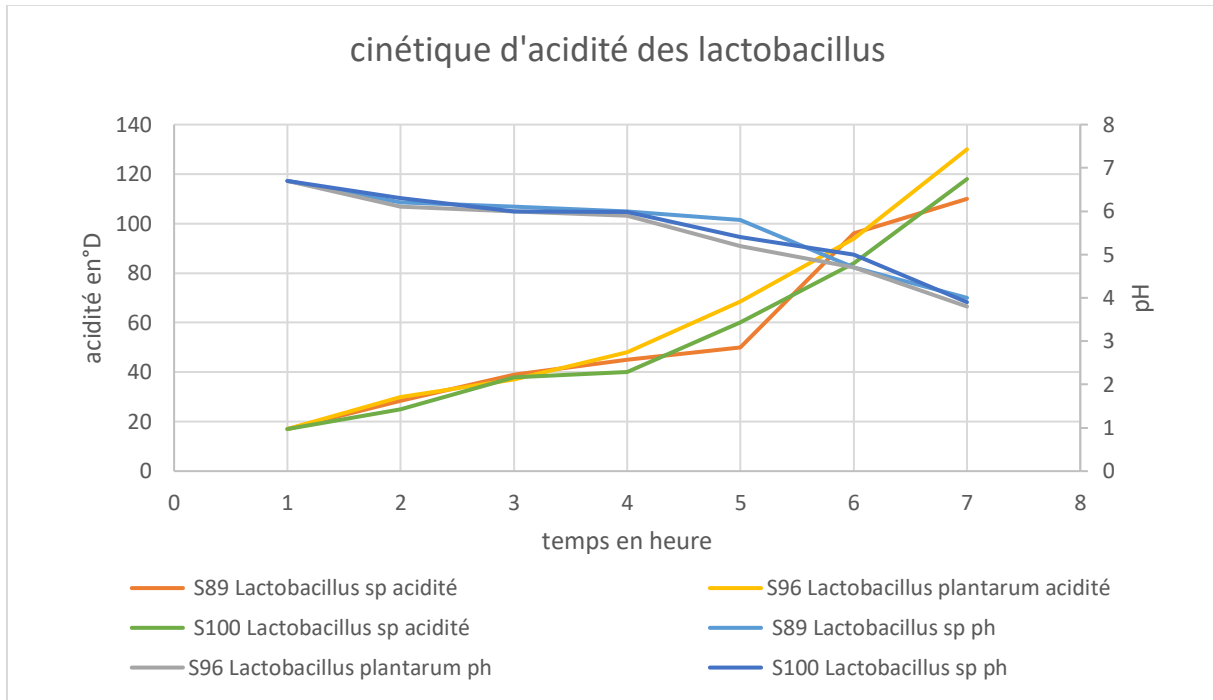
Les valeurs de pH et d'acidité titrable ont été mesurées à intervalles réguliers. Les résultats ont montré que toutes les souches acidifient le milieu laitier en abaissant le pH de 6,7 à 3,9.

L'acide lactique, un acide organique naturel, présente un intérêt dans divers secteurs tels que les industries pharmaceutique et agroalimentaire.

La quantité d'acide lactique produite par les souches a été évaluée par titrimétrie et exprimée en °D. Les résultats des neuf souches testées sont présentés dans la figure 25 (A, B et C).

L'acidité produite augmente de manière variable au cours du temps jusqu'à 24 heures, atteignant 140 °D pour *Leuconostoc oenos* et *Leuconostoc lactis*, et 130 °D pour *Lactobacillus plantarum*, ces souches étant les plus acidifiantes.

Le suivi du pH montre une diminution progressive pour toutes les souches, avec des valeurs passant de 6,7 à 3,7 pour *Leuconostoc lactis* et à 3,9 pour *Lactobacillus plantarum* et *Leuconostoc oenos*.



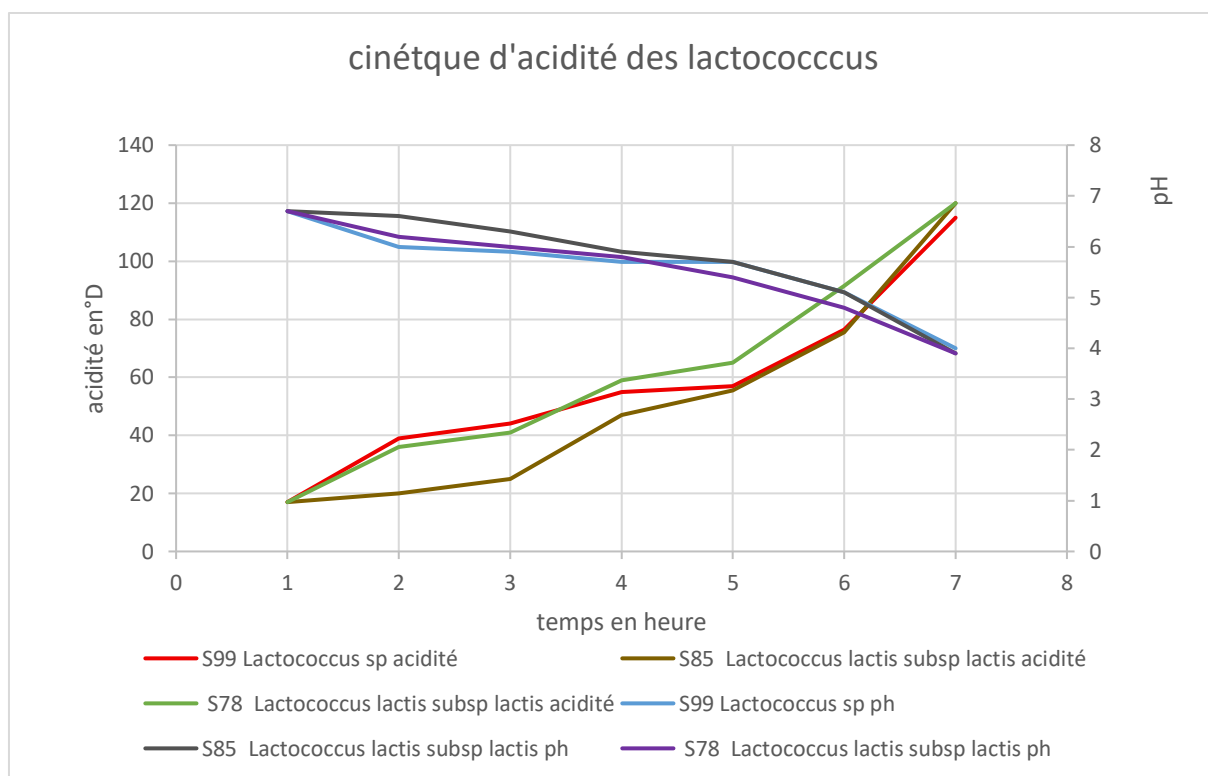


Figure 25 : Cinétique d'acidification des bactéries lactiques présents dans le Jben

IV-3 Pouvoir antimicrobien

Les tests d'interaction des bactéries lactiques (BL) isolées du Jben vis-à-vis de souches pathogènes sont exprimés par le diamètre des zones d'inhibition (en mm) et présentés dans le tableau 9.

Les 126 souches de BL isolées à partir du fromage traditionnel Jben ont été testées pour leur activité antibactérienne contre trois bactéries pathogènes responsables d'intoxications alimentaires : une bactérie à Gram positif (*Staphylococcus aureus*) et deux bactéries à Gram négatif (*Bacillus cereus* et *Bacillus subtilis*).

La méthode de double couche, dite méthode de Fleming (1975), a révélé que sur les 126 BL testées, 45 (soit 36,50 %) ont montré une activité inhibitrice. Parmi celles-ci :

- 35 BL ont inhibé *Staphylococcus aureus*,
- 17 ont agi sur *Bacillus cereus*,
- 9 sur *Bacillus subtilis*.

Les diamètres des zones d'inhibition variaient entre 10 et 26 mm (voir figure 26).

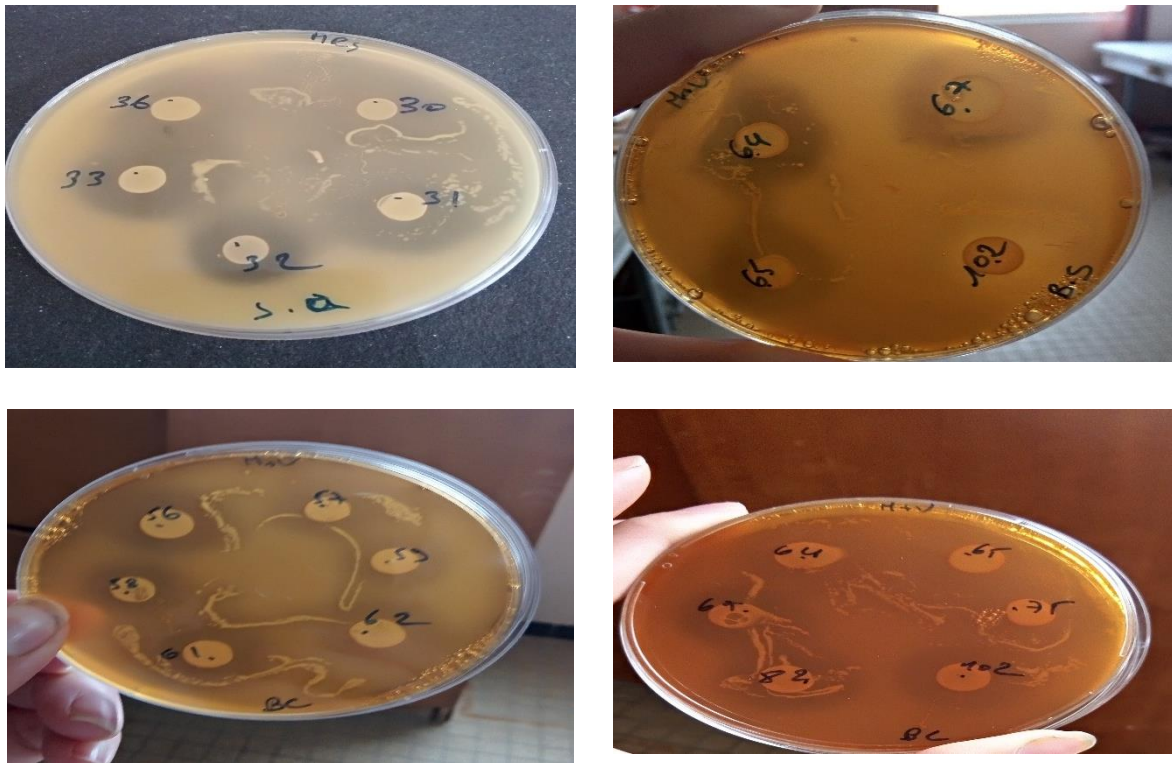


Figure 26 : résultats de l'activité antibactérienne des BL par la méthode Fleming et al 1975

La nature de la substance active a été recherchée par la technique des puits (Barefoot et al., 1983). Sur les 35 bactéries lactiques (BL) ayant produit des zones d'inhibition contre *Staphylococcus aureus*, l'ajout de l'enzyme a fait disparaître cette zone pour 25 souches, dont 15 *Lactobacillus*, 8 *Leuconostoc* et 2 *Enterococcus*. Ce résultat confirme la nature protéique de la substance inhibitrice.

Pour les souches restantes, une diminution du diamètre de la zone d'inhibition a été observée, indiquant que la substance inhibitrice est de nature glycoprotéique ou lipoprotéique.

Concernant l'activité inhibitrice des BL contre *Bacillus cereus*, les zones d'inhibition ont entièrement disparu après l'ajout de l'enzyme pour l'ensemble des souches testées, soit 12 *Leuconostoc* et 5 *Lactobacillus*.

Contre *Bacillus subtilis*, des zones d'inhibition ont disparu après l'ajout de l'enzyme pour 4 souches de *Lactobacillus* et 2 de *Leuconostoc*.

Pour plus de détails, se référer à la figure 27 et au tableau 9.

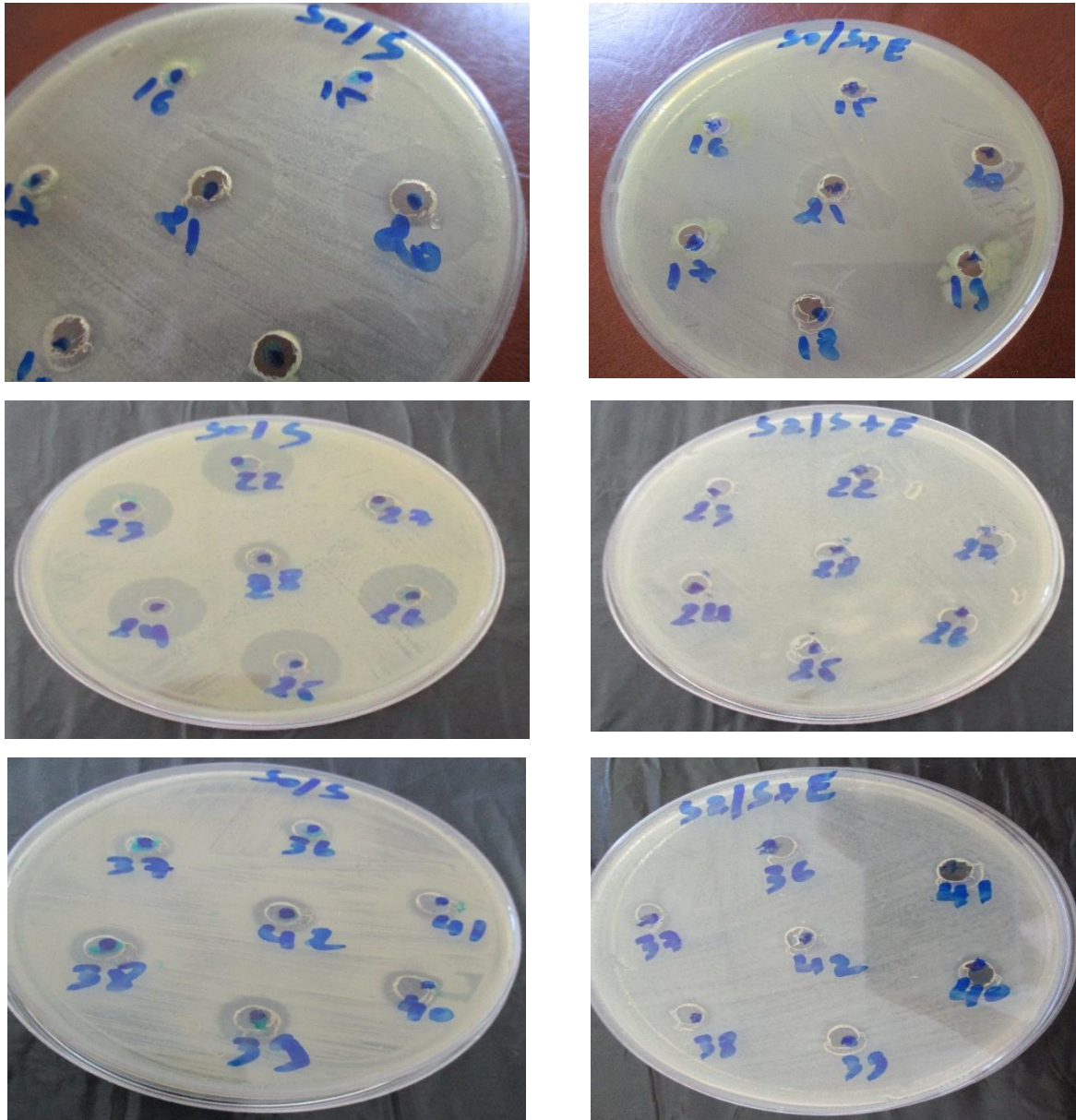


Figure 27 : résultats de l'Activité antibactérienne des BL par la méthode barefoot et al (1983)

Tableau 9 : Résultats de l'activité antibactérienne des bactéries lactiques isolées d'un fromage traditionnel Jben vis à vis des bactéries pathogènes									
	Méthode des puits						Méthode de la double couche		
	<i>B.cereus</i> ATCC 11778		<i>B.subtillis</i> ATCC 6633		<i>S.aureus</i> ATCC 25923		<i>B.cereus</i> ATCC 11778	<i>B.subtillis</i> ATCC 6633	<i>S.aureus</i> ATCC 25923
	S	S+ E	S	S+E	S	S+E			
<i>Leuconostoc sp</i> (S6)	-	-	-	-	20mm	14mm			18mm
<i>Lactobacillus paracasei sp paracasei</i> (S7)	10mm	-	-	-	10mm	-	10mm		10mm
<i>Lactobacillus paracasei sp paracasei</i> (S9)	-	-	-	-	10mm	-			10mm
<i>Lactobacillus paracasei sp paracasei</i> (S14)	-	-	-	-	11mm	-			12mm
<i>Lactobacillus plantarum</i> (S18)	-	-	-	-	11mm	-			13mm
<i>Enterococcus faecalis</i> (S20)	-	-	-	-	20mm	14mm			20mm
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i> (S21)	-	-	-	-	20mm	14mm			18mm
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i> (S22)	-	-	-	-	18mm	-			20mm
<i>Leuconostoc sp</i> (S23)	-	-	-	-	17mm	-			18mm
<i>Leuconostoc sp</i> (S24)	-	-	--	-	18mm	-			20mm
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i> (S25)	-	-	-	-	18mm	-			17mm
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i> (S26)	-	-	-	-	18mm	-			21mm
<i>Lactobacillus salivarius</i> (S28)	10mm	-	-	-	10mm	-	10mm		11mm
<i>Lactobacillus sp</i> (S30)	-	-	-	-	10mm	-			24mm
<i>Lactobacillus sp</i> (S31)	-	-	-	-	11mm	-			26mm
<i>Enterococcus faecium</i> S32	-	-	-	-	10mm	-			20mm

<i>Lactobacillus brevis</i> (S33)	-	-	-	-	10mm	-			24mm
<i>Lactobacillus plantarum</i> (S36)	-	-	-	-	10mm	-			25mm
<i>Lactobacillus salivarius</i> (S37)	-	-	-	-	11mm	-			18mm
<i>Lactobacillus sp</i> (S38)	-	-	-	-	13mm	-			18mm
<i>Lactobacillus plantarum</i> (S39)	-	-	-	-	12mm	-			15mm
<i>Lactobacillus sp</i> (S40)	-	-	-	-	10mm	-			16mm
<i>Lactobacillus brevis</i> (S41)	-	-	-	-	10mm	-			17mm
<i>Lactobacillus plantarum</i> (S42)	-	-	15mm	-	12mm	-		16mm	16mm
<i>Leuconostoc lactis</i> (S56)	11mm	-	-	-	15mm	-	18mm		18mm
<i>Leuconostoc sp</i> (S57)	12mm	-	--	-	15mm	12mm	14mm		16mm
<i>Leuconostoc lactis</i> (S58)	12mm	-	-	-	14mm	14mm	15mm		18mm
<i>Leuconostoc lactis</i> (S59)	11mm	-	-	-	16mm	14mm	15mm		20mm
<i>Leuconostoc sp</i> (S60)	-	-	-	-	17mm	12mm			17mm
<i>Leuconostoc lactis</i> (S61)	12mm	-	-	-	14mm	14mm	22mm		18mm
<i>Leuconostoc mesenteroides sp dextrinicum</i> (S62)	12mm	-	-	-	14mm	12mm	18mm		18mm
<i>Leuconostoc lactis</i> (S64)	11mm	-	18mm	-	-	-	22mm	23mm	
<i>Leuconostoc sp</i> (S65)	11mm	-	20mm	-	-	-	24mm	13mm	
<i>Leuconostoc lactis</i> (S66)	-	-	-	-	15mm	10mm			18mm
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i> (S67)	13mm	-	20mm	14mm	-	-	20mm	25mm	
<i>Leuconostoc oenos</i> (S75)	11mm	-	-	-	-	-	26mm		
<i>Leuconostoc lactis</i> (S82)	11mm	-	-	-	-	-	19mm		
<i>Lactobacillus plantarum</i> (S96)	12mm	-	14mm	1mm	-	-	14mm	13mm	
<i>Lactobacillus sp</i> (S100)	-	-	12mm	-	-	-		16mm	
<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> (S102)	10mm	-	12mm	12mm	-	-	22mm	25mm	
<i>Lactobacillus acidophilus</i> (S108)	10mm	-	11mm	-	-	-	15mm	13mm	
<i>Lactobacillus sp</i> (S109)	10mm	-	11mm	-	-	-	14mm	16mm	
<i>Enterococcus sp</i> (S121)	-	-	-	-	14mm	-			13mm
<i>Leuconostoc lactis</i> (S125)	-	-	-	-	10mm	-			12mm
<i>Leuconostoc sp</i> (S126)	-	-	-	-	15mm	-			14mm

IV-4. Discussion

Au total, 49 bactéries lactiques (BL) ont présenté une activité protéolytique, dont 16 *Lactobacillus* et 17 *Leuconostoc*. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Nicosia *et al.* (2023). Il est bien connu que les BL possèdent un système protéolytique efficace, incluant des combinaisons complexes de protéinases et de peptidases, qui leur permet d'obtenir de l'azote organique à partir de protéines complexes comme la caséine (Liu *et al.*, 2010). Les protéases hydrolysent les caséines en peptides. Ces peptides traversent la membrane cellulaire via des transporteurs spécifiques et sont ensuite dégradés en acides aminés par des peptidases intracellulaires (Kieliszek *et al.*, 2021). Par des voies cataboliques spécifiques, les acides aminés sont transformés en composés volatils et non volatils qui jouent un rôle clé dans la définition des propriétés sensorielles du fromage (Lawlor *et al.*, 2002). Un taux élevé d'activité protéolytique est observé chez *Lbc. plantarum* et *Lbc. brevis* (Nicosia *et al.*, 2023).

Concernant la production de diacétyl, seules 15 BL de différents genres (*Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus* et *Enterococcus*) ont présenté cette capacité. Ces résultats sont proches de ceux obtenus par Badis *et al.* (2004) et Nicosia *et al.* (2023). Pour les lactobacilles thermophiles, la production d'arôme est largement due à l'acétaldéhyde, considéré comme le composé aromatique le plus caractéristique des produits laitiers (Zourari *et al.*, 1992). La production de ce composé représente un critère très important dans le choix d'une souche pour la formulation d'une culture adjuvante. En effet, le diacétyl, produit par les BL à partir de citrate, de glucose, de lactose et d'autres sources de carbone, confère un goût de beurre aux produits laitiers (Peralta *et al.*, 2017 ; Rincon-Delgadillo *et al.*, 2012). En outre, il a été démontré que le diacétyl possède une activité inhibitrice contre les pathogènes alimentaires, en particulier lorsqu'il est associé à une bactériocine telle que la nisine (Thierry *et al.*, 2015).

Pour l'activité acidifiante, les BL ont été classées en trois groupes selon leur taux d'acidification : hautement acidifiantes ($\geq 60^\circ\text{D}$), moyennement acidifiantes ($40\text{-}60^\circ\text{D}$) et faiblement acidifiantes ($\leq 40^\circ\text{D}$). La majorité des souches (117 souches) ont présenté un pouvoir acidifiant élevé, dont 41 *Lactobacillus*, un genre connu pour son important pouvoir acidifiant. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Herreros *et al.* (2003) et Nicosia *et al.* (2023). Les souches de *Lactococcus* ont présenté une forte acidité, ce qui contraste avec les résultats rapportés par Herreros *et al.* (2003). Les lactobacilles métabolisent le lactose plus rapidement que les lactocoques, mais la production finale d'acide est similaire. Par conséquent, les isolats à acidification rapide sont importants dans les processus de fermentation laitière,

tandis que les souches à acidification lente peuvent être utilisées comme cultures adjuvantes (Ayad *et al.*, 2004).

Après 24 heures d'incubation, le pH et l'acidité titrable des cultures de BL variaient respectivement de 3,8 à 6,0 et de 43 à 140°D. Les souches les plus acidifiantes étaient *Lactobacillus plantarum* (130°D), *Leuconostoc lactis* (140°D) et *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (120 °D). Le fort pouvoir acidifiant de *Lactobacillus plantarum* est bien documenté (Mami, 2012 ; Aktas *et al.*, 2022 ; Nicosia *et al.*, 2023). De même, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* a produit une forte acidité après 24 heures d'incubation, un résultat cohérent avec les données d'Aktas *et al.* (2022).

Pour la recherche de substances inhibitrices, les méthodes des spots et de diffusion en gélose ont été utilisées pour détecter la production de bactériocines chez 126 souches de BL isolées du fromage Jben. Le test des spots a montré que 45 isolats produisaient une zone d'inhibition contre *Staphylococcus aureus* (35 souches), *Bacillus cereus* (17 souches) et *Bacillus subtilis* (9 souches). Afin de déterminer la nature de la substance inhibitrice (bactériocine ou autre), un test de diffusion sur gélose a été réalisé en traitant le surnageant des BL avec de la pepsine. Aucune action inhibitrice n'a été observée contre les bactéries à Gram négatif, l'activité des bactériocines ciblant principalement la membrane cellulaire des bactéries à Gram positif. L'activité antimicrobienne la plus importante a été observée pour *Leuconostoc* sp. (S6) et *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* (S21) avec une zone de 20 mm contre *Staphylococcus aureus*, ainsi que pour *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* (S67) avec des zones de 13 mm et 20 mm contre *Bacillus cereus* et *Bacillus subtilis*, respectivement. Nos résultats ont montré que la majorité des substances inhibitrices produites par les BL sont de nature protéique.

Tous les *Leuconostoc* testés ont présenté un effet inhibiteur sur *Staphylococcus aureus*, ce qui est conforme aux résultats de Gonzalez *et al.* (2007). Les trois entérocoques testés ont également montré un effet inhibiteur vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, un résultat identique à celui décrit par Aktas *et al.* (2022). Il est bien connu que les entérocoques sont capables de produire des bactériocines, dont certaines ont un large spectre d'activité. Pour *Lbc. plantarum*, *Lbc. sp.* et *Lbc. acidophilus*, des résultats similaires ont été observés par Aktas *et al.* (2022) et Zommara *et al.* (2023). L'utilisation d'une culture starter à activité antimicrobienne peut contribuer à contrôler les micro-organismes d'altération et les pathogènes durant la fermentation (Lozo *et al.*, 2021).

V. Identification des bactéries pathogènes

Soixante-sept souches ont été isolées à partir de fromage Jben, puis purifiées sur différents milieux de culture et identifiées à l'aide des galeries API 20 E et API 20 STAPH. Les résultats présentés dans les tableaux 10, 11 et 12 montrent que 20 isolats ont été obtenus sur gélose Chapman, 27 sur gélose Mac Conkey et 20 sur bouillon GN. Ces derniers ont subi un traitement thermique pour sélectionner spécifiquement les bacilles sporulés.

Tableau 10: Description des staphylocoques isolées de fromage traditionnel Jben

Identification	Ox/ca	Description macroscopique	Description microscopique
<i>Staphylococcus lentus</i> (5)	-/+	Petit colonie blanche /jaune	Cocci
<i>Staphylococcus aureus</i> (03)	-/+	Colonie circulaire jaune	Cocci en grappe
<i>Staphylococcus xylosus</i> (03)	-/+	Colonie lisse opaque convexe	Cocci en pair / tétrade
<i>Staphylococcus capitis</i> (02)	-/+	Colonie lisse blanche gri	Cocci en amas
<i>Staphylococcus sp</i> (02)	-/+	Colonie rond lisse	Cocci
<i>Staphylococcus caprae</i> (01)	-/+	Colonie lisse opaque	Cocci en chaine / amas
<i>Staphylococcus hominis</i> (01)	-/+	Colonie lisse opaque	Cocci en diplo / tétrade
<i>Staphylococcus saprophyticus</i> (01)	-/+	Colonie circulaire blanche gri	Cocci
<i>Staphylococcus cohniri sp cohniri</i> (01)	-/+	Colonie lisse transparente	Cocci en pair ou amas
<i>Staphylococcus warneri</i> (01)	-/+	Colonia blanche gri	Cocci en pair / tétrade

Tableau 11 : Description des entérobactéries isolées du fromage traditionnel Jben

Identification	Ox/ca	Description macroscopique	Description microscopique
<i>Enterobacter cloacae</i> (11)	-/+	Colonie rose / rouge	Bacille
<i>E. Coli</i> (07)	-/+	Colonie arrondie rose	Coccobacille
<i>Enterobacter aérogènes</i> (03)	-/+	Colonie rose/ rouge	Bacille
<i>Citrobacter freundii</i> (02)	-/+	Gros colonie blanche	Bacille
<i>Serratia sp</i> (02)	-/+	Colonie rond bombé et lisse	Bacille
<i>Serratia fonticola</i> (01)	-/+	Colonie rond bombé et lisse	Bacille
<i>Klyvero sp</i> (01)	-/+	Colonie rond	Bacille

Tableau 12 : Description des *Bacillus* isolées du fromage traditionnel Jben

Identification	Ox/ca	Description macroscopique	Description microscopique
<i>Bacillus licheniformis</i> (13)	V/+	Colonie rond irrégulier	Bacille
<i>Bacillus lentus</i> (02)	V/+	Colonie blanchâtre	Bacille
<i>Bacillus cereus</i> (01)	V/+	Colonie large opaque irrégulier	Bacille
<i>Bacillus sp</i> (01)	V/+	Colonie irrégulier	Bacille
<i>Bacillus megaterium</i> (01)	V/+	Colonie rond irrégulier	Bacille
<i>Bacillus mycoides</i> (01)	V/+	Colonie blanche rhizoïde	Bacille
<i>Bacillus amyloliquifaciens</i> (01)	V/+	Colonie irrégulier	Bacille

Discussion

Les Entérobactéries sont fréquemment retrouvées lors de la fabrication fromagère. Elles sont considérées comme une flore d'altération, marqueur d'une mauvaise hygiène, responsables de défauts de texture, de soufflures et de mauvais goûts. Elles peuvent également être associées au lait cru provenant d'animaux souffrant de mammites (Nam *et al.*, 2010). *E. coli* a également été détectée dans le fromage Pecorino (Chavez Lopez *et al.*, 2006). La présence de *Serratia*, *Citrobacter* et *Enterobacter* a été rapportée dans le fromage Paipa (Castellanos-Rozo *et al.*, 2020), tandis qu'*Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii* et *E. coli* ont été décrits dans le fromage San Simon (Tornadijo *et al.*, 2001).

Il a été montré que les *Serratia* affectent la qualité sensorielle du fromage en raison de leurs activités protéolytiques élevées et de leur production de sulfure de diméthyle (Ordiales *et al.*, 2013). Les principales sources de staphylocoques dans le fromage pourraient être le pis des vaches en lactation et les mains des ouvriers fromagers (Castellanos-Rozo *et al.*, 2020). Les résultats obtenus pour notre fromage Jben sont ainsi similaires à ceux observés pour le fromage Paipa (Castellanos-Rozo *et al.*, 2020).

La croissance de *S. aureus* dans le fromage et la production d'entérotoxines sont influencées par les conditions environnementales, telles que la température, le pH, l'activité de l'eau, la concentration en sel et la composition du microbiote (Bellio *et al.*, 2019).

Les résultats d'identification des *Bacillus* ont montré une dominance de l'espèce *Bacillus licheniformis* (13 souches), une espèce fréquemment détectée dans les fromages (Cladera-Olivera *et al.*, 2004). L'environnement de production et de transformation peut également servir de source de contamination, en raison de la capacité de ces micro-organismes à survivre aux étapes de nettoyage et de désinfection (Oliveira *et al.*, 2018).

Le groupe *B. cereus*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides* est largement répandu dans l'environnement et présente une grande diversité écologique, ce qui augmente sa capacité à contaminer de nombreux produits alimentaires crus et transformés, y compris le lait et les produits laitiers. Il a été retrouvé dans un fromage traditionnel mexicain (Adame-Gomez *et al.*, 2019).

VI. Résistance aux antibiotiques

Dix-neuf souches de bactéries lactiques (BL), sélectionnées pour leurs caractères technologiques, ont été testées pour leur sensibilité à 14 antibiotiques. Les diamètres des zones d'inhibition, exprimés en mm, sont indiqués dans le tableau 13 et la figure 28.

Conformément aux recommandations du Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie (CASFM, 2008), les BL étudiées se sont révélées résistantes aux antibiotiques suivants : Céphalothine (CEP), Céphalexine (CN), Oxacilline (OX), Vancomycine (VA), Triméthoprime (TMP), Kanamycine (K) et Ampicilline (AMP).

Un profil de sensibilité plus variable a été observé pour d'autres molécules :

- **Tobramycine (TOB)** : la souche S39 est intermédiaire et la souche S67 est sensible.
- **Ciprofloxacine (CIP)** : la souche S39 est sensible et la S121 est intermédiaire.
- **Téicoplanine (TEC)** : les souches S39 et S121 sont sensibles.
- **Nitrofurantoïne (F)** : les souches S42, S96, S108, S22, S24, S57, S126 et S121 sont sensibles.

En revanche, la majorité des souches étaient sensibles à l'**Imipénème (IPM)** (sauf S22), à la **Clindamycine (DA)** et à la **Rifampicine (RA)** (à l'exception des souches S42, S108, S25 et S121).

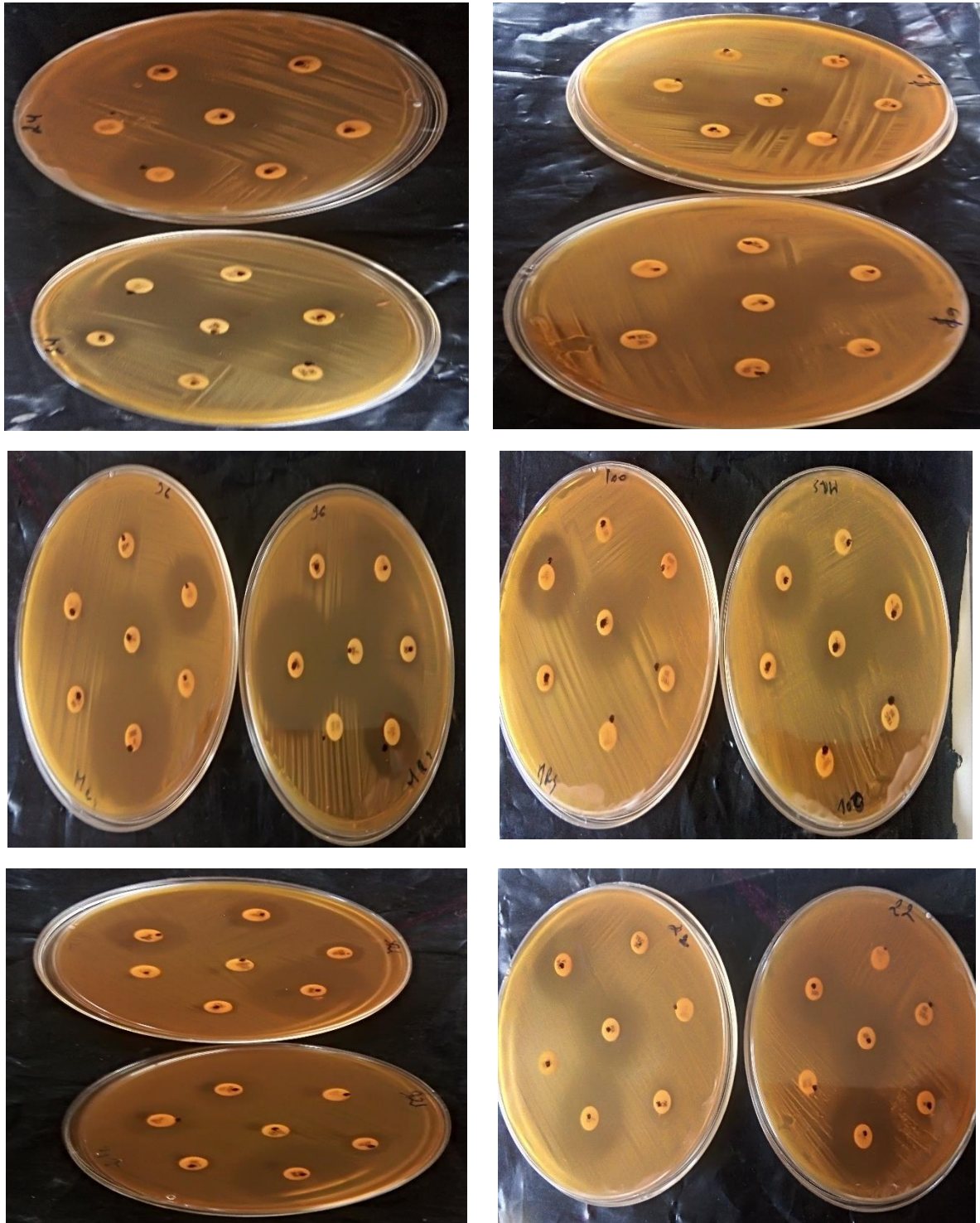


Figure 28 : résultats de l'antibiogramme des bactéries lactiques d'un fromage traditionnel Jben

Tableau 13 : résultats des Antibiogrammes des bactéries lactiques

	AMP	CEP	CN	OX	TOB	IMP	CIP	F	VA	DA	RA	K	TEC	TMP
<i>Lactobacillus plantarum (S39)</i>	I	R	R	R	I	S	S	R	R	S	S	I	S	R
<i>Lactobacillus plantarum (S42)</i>	R	R	R	R	R	S	R	S	R	S	I	I	R	R
<i>Lactobacillus plantarum (S96)</i>	I	R	R	R	R	S	R	S	R	S	S	R	R	R
<i>Lactobacillus sp (S100)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
<i>Lactobacillus acidophilus (S108)</i>	R	R	R	R	R	S	R	S	R	S	I	R	R	R
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides (S22)</i>	R	R	R	R	R	S	R	S	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc sp (S23)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc sp (S24)</i>	R	R	R	R	R	S	R	S	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides (S25)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	I	R	R	R
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides (S26)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc lactis (S56)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc sp (S57)</i>	R	R	R	R	R	S	R	S	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc lactis (S61)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides (S62)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	I	R
<i>Leuconostoc lactis (S64)</i>	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc sp (S65)</i>	I	R	R	R	R	S	R	R	R	S	S	R	R	R
<i>Leuconostoc oenos (S67)</i>	R	R	R	R	S	S	R	R	R	S	S	I	R	R
<i>Leuconostoc sp (S126)</i>	R	R	R	R	R	S	R	S	R	S	R	R	R	R
<i>Enterococcus Sp(S121)</i>	I	R	R	R	R	S	I	S	S	S	R	I	S	R

1

2

Discussion

La résistance aux antibiotiques des bactéries lactiques (BL) est un critère crucial pour leur sélection en tant que cultures starter, adjuvées ou probiotiques. Cette résistance ne pose pas de problème de sécurité lorsqu'elle est intrinsèque, c'est-à-dire issue de mutations chromosomiques naturelles. En revanche, les déterminants génétiques mobiles de la résistance, tels que les plasmides et les transposons, constituent un risque important en raison de leur potentiel de transfert vers la flore alimentaire ou le microbiote intestinal, y compris aux pathogènes (Arellano *et al.*, 2020).

Les résultats de l'antibiogramme (méthode de diffusion sur disque) pour les 19 souches représentatives de BL isolées du fromage Jben ont montré qu'aucune souche n'était sensible à l'ensemble des antibiotiques testés et qu'une multirésistance était observée pour la plupart d'entre eux. Ce constat est en accord avec divers rapports indiquant que les BL présentent souvent une résistance naturelle à des classes majeures d'antibiotiques, telles que les β -lactamines, les céphalosporines, les aminoglycosides, les quinolones, les imidazoles, la nitrofurantoïne et les fluoroquinolones (Herreros *et al.*, 2005).

Concernant la résistance aux antimicrobiens du groupe I (β -lactames), toutes les souches, indépendamment de l'espèce, ont montré une forte résistance à l'ampicilline, à la céphalothine, à la céphalexine et à l'oxacilline. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Herreros *et al.* (2005) et Aktas *et al.* (2022). La résistance à l'ampicilline que nous avons observée est identique à celle décrite par Zommara *et al.* (2023).

Pour les antimicrobiens du groupe II (non β -lactames), 18 souches étaient résistantes à la vancomycine, à la téicoplanine et à la tobramycine, tandis que les 19 souches étaient sensibles à l'imipénème. Tous les *Lactobacillus* et *Leuconostoc* étaient résistants à la vancomycine, un résultat cohérent avec Herreros *et al.* (2005) mais en contradiction avec les données d'Aktas *et al.* (2022). Les souches se sont montrées sensibles à la clindamycine et à la rifampicine, mais résistantes à la kanamycine, ce qui correspond aux observations de Herreros *et al.* (2005) et Aktas *et al.* (2022).

Dans le groupe IV, les souches ont généralement montré une résistance significative à la ciprofloxacine, à l'exception d'une seule. Six souches étaient sensibles à la nitrofurantoïne et toutes étaient résistantes au triméthoprime. Ces résultats sont proches de ceux de Herreros *et*

al. (2005) et sont similaires pour la ciprofloxacine avec les études de Pan *et al.* (2011) et Zommara *et al.* (2023).

La sensibilité aux antibiotiques est une condition essentielle pour garantir la sécurité et l'approbation des bactéries utilisées comme cultures starter dans les denrées alimentaires. En raison du risque de transfert de gènes de résistance aux pathogènes intestinaux, l'utilisation de probiotiques contenant des souches résistantes suscite des inquiétudes. Cependant, des études antérieures suggèrent que la résistance observée chez les souches de *Lactobacillus* est souvent codée par le chromosome et donc non transmissible ; il s'agirait d'une résistance intrinsèque ou naturelle. On considère que le genre *Lactobacillus* est intrinsèquement résistant aux aminoglycosides (comme la gentamicine, la streptomycine et la kanamycine), une résistance attribuée à l'absence du système de transport des électrons par le cytochrome qui facilite normalement l'absorption de ces médicaments (Danielsen *et al.*, 2003).

VII fromage préparé au laboratoire

VII-1 Résultats des Analyse physicochimique

Des essais de fabrication d'un fromage Jben ont été effectués en utilisant El Hakka une présure animale et du lait cru de vache. Les fromages fabriqués correspondent aux fromages Jben 1, Jben 2, Jben 3 représenté dans la figure 29.



Figure 29: fromage Jben

Les résultats d'analyse physicochimique de fromage Jben préparé au laboratoire sont présentés au tableau 14. Le poids du fromage Jben est entre 413g et 382g avec rendement de 10.32% à 11.16% (Il faut 8.96 l du lait pour avoir 1 kg de fromage), alors pour l'acidité/pH les deux fromages Jben 1 et 2 ont des valeur identiques 33 et 5.7 respectivement. L'extrait sec de

Jben 2 et 3 sont similaire 46.16%, pour matière grasse les valeurs sont entre 23% et 26.5%. On peut supposer qu'il y a certainement eu une perte de caillé au moment de la mise en sac pour le Jben 3. Les taux d'extrait sec étaient conformes à ce qui est attendu pour un Jben, car situés aux alentours de 30%.

	Poids	Rendement	pH	Acidité	Extrait sec en %	Matière grasse en%
E1	413g	11,1621622	5,7±0,19	33,33±3,21	48,5±1,107	25± 0,85
E2	410g	11,0810811	5,7±0,090	33±2,64	46,16±1,89	26,5±0,5
E3	382g	10,3243243	5,65±0,051	35±2,64	46,35±1,31	23±1,22

VII-2 résultats d'analyse microbiologique de fromage préparé au laboratoire

Les résultats d'analyse microbiologique de fromage Jben préparé au laboratoire sont représenté dans le tableau 15. Il y'a une absence totale des germes suivants : E. coli, Salmonella, Staphylococcus aureus, par contre le taux de la flore mésophile est entre 3,077± 0,068 log ufc/g et 3,22± 0,145 log ufc/g, le taux des levures et moisissures est dans l'intervalle 1,27± 0,327 log ufc/g et 2,12±0,0313 log ufc/g.

	Nombre en log ufc/g		
	ECH1	ECH2	ECH3
Flore mésophile aérobie	3,22± 0,145	3,077± 0,068	3,185± 0,048
Staphylocoques	0	0	0
E. coli	0	0	0
Salmonella	0	0	0
Levures et moisissures	1,27± 0,327	2,12±0,0313	2,017±0,103

VII-3 résultats d'analyse sensorielle de fromage Jben préparé au laboratoire

L'évaluation sensorielle est représentée par un profil sensoriel

Tableau 16: Résultats du test hédonique de fromage Jben avec quatre caractères

	Fromage 1	Fromage 2	Fromage 3
Odeur	1,375±0.62	2,25±1.24	2,18±1.16
Acidité	2±0.93	2,125±0.72	2,43±1.09
Gout	2,5±1.27	2,437±1.09	2,375±1.25
Texture	3±1.5	2,93±1.56	3,375±1.25

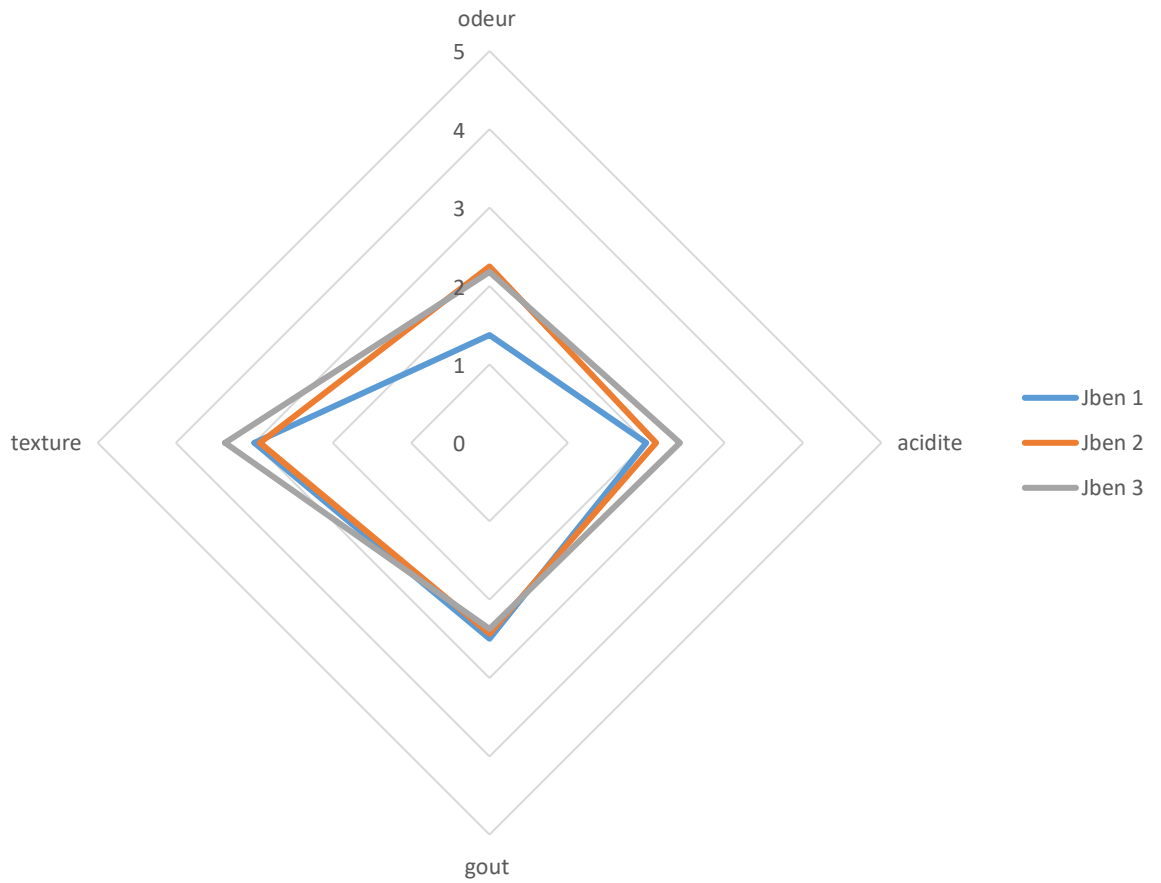


Figure 30 : profil sensoriel des trois fromage

VII-4 Discussion

En observant les résultats obtenus pour les fromages fabriqués au laboratoire on constate que le travail dans des conditions hygiéniques a diminué la charge microbienne des fromages Jben. Pour les analyses physico-chimiques les paramètres étudiés ont donné des résultats similaires à ceux obtenus dans le fromage traditionnel Jben par (Boumediene *et al.*, 2024) ou le pH est 5.76 ± 0.46 , acidité est 33.93 ± 9.59 °D, matière grasse $20.02 \pm 3.42\%$ et matière sèche $45.20 \pm 2.99\%$.

Pour l'analyse microbiologique on constate une réduction du nombre des microorganismes de la flore totale vers $3,22 \pm 0,145$ log ufc/g par rapport au fromage Jben ou la flore mésophile est de 7.71 ± 0.9 log ufc/g. *E. coli*, Staphylocoques et Salmonella ont été absentes contrairement au fromage traditionnel. Les valeurs obtenues pour les levures et moisissures sont très proches de celles du fromage traditionnel 3.24 ± 1.01 et 3.32 ± 0.893 (Boumediene *et al.*, 2024).

Ces résultats ont confirmé que le travail dans des conditions propres et hygiéniques peut diminuer la charge microbienne et éviter la propagation des germes pathogènes de l'environnement du travail.

L'étude sensorielle a montré que la texture est la même pour les jben 1 et jben 2 ainsi que l'acidité. L'odeur est la même et elle est accentuée pour le jben 2 et Jben 3 alors qu'elle est très faible pour le fromage 1. Concernant le goût il est très prononcé pour les trois fromages.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

Cette étude constitue une contribution à la préservation d'un patrimoine culturel et alimentaire algérien à travers l'analyse du fromage Jben traditionnel d'Aïn Safra. Nos recherches, fondées sur une enquête de terrain et des expérimentations en laboratoire, ont permis de documenter et d'analyser un savoir-faire ancestral encore méconnu.

Le procédé de fabrication le plus répandu a été vérifié et confirmé. Il se caractérise par l'utilisation d'« El Hakka », une présure animale préparée à partir de la caillette séchée de chevreau ou d'agneau sous-allaitant. La fabrication consiste à ensemer du lait cru avec cette présure selon un protocole précis, suivie d'une coagulation et d'un égouttage spontané sous pression, entre deux pierres (« Madoune »), à l'aide d'un tissu (« Hawak ») pour éliminer le lactosérum.

Seize échantillons de Jben, prélevés durant les saisons froide et chaude, ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique, microbiologique et nutritionnelle. Les résultats indiquent que les paramètres analysés se conforment globalement aux normes établies pour ce type de fromage. Conformément aux désignations de la FAO, le Jben est un fromage à pâte semi-molle, caractérisé par un taux d'humidité rapportée à l'extrait sec dégraissé (H.R.E.D) de 68,44 g/100 g et une matière grasse sur extrait sec de 44,23 %. Cette matière grasse joue un rôle crucial dans les qualités organoleptiques en servant de solvant aux composés aromatiques.

L'écosystème microbien du Jben est dominé par les bactéries lactiques (BL), qui présentent une grande diversité spécifique : *Lactobacillus* (35,71 %), *Leuconostoc* (26,19 %), *Lactococcus* (11,11 %), *Streptococcus* (10,31 %), *Enterococcus* (9,52 %), *Pediococcus* (6,34 %) et *Aerococcus* (0,79 %). La flore de contamination, quant à elle, est principalement représentée par des entérobactéries, des staphylocoques et des *Bacillus*.

Les souches de BL isolées présentent des caractères technologiques prometteurs. Une majorité possède un pouvoir acidifiant élevé. De plus, 46 souches sur 126 testées ont démontré une activité antibactérienne contre des pathogènes à Gram positif, notamment grâce à la production de bactériocines. Les souches les plus actives appartiennent aux espèces *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* (S21 et S67), montrant des zones d'inhibition allant jusqu'à 20 mm contre *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* et *Bacillus subtilis*. Ces propriétés inhibitrices positionnent ces souches comme des candidates de choix pour des cultures starters visant à maîtriser les flores d'altération et pathogènes.

Cependant, le profil de résistance aux antibiotiques des BL a révélé une multirésistance généralisée, un facteur qui devra être pris en compte dans l'évaluation de leur innocuité pour une application industrielle.

En conclusion, ce travail fournit une base scientifique pour aider les producteurs à standardiser leur procédé et à améliorer la qualité et la stabilité du Jben. La première carte de données synthétisant ces résultats (Tableau 17) en est un outil précieux. Les perspectives de recherche devraient s'orienter vers l'identification moléculaire des souches de BL, l'analyse de la microflore d'El Hakka et une étude plus approfondie des mécanismes antimicrobiens en jeu durant la fabrication.

Tableau 19 : fiche technique du fromage traditionnel algérien Jben

Pays :	Algérie
Nom du fromage :	Jben
Géographie :	Nord-Ouest de l'Algérie, (wilaya de Naâma)
Description et Caractérisation :	
Matériel :	Lait cru du brebis, vache ou chèvre
Type :	fromage frais semi molle
matière sèche	45.22 %
matière grasse/matière sèche rate	44.23%
Méthode d'élaboration	coagulation rapide avec utilisation d'el HAKKA
Égouttage	utilisation d'un tissu poreux HAWAK et deux pierres de Madoune
Salage	Non
affinage :	Non
consommation :	Server avec le Tea ou les dates

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Adame-Gomez, R., Munoz-Barrios, S., Castro-Alarcon, N., Leyva-Vazquez, M.-A., Toribio-Jimenez, J., & Ramirez-Peralta, A. (2019). Prevalence of the strains of *Bacillus cereus* group in artisanal Mexican cheese. *Foodborne Pathogens and Disease*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.267>
- Afshari, R., Pillidge, C. J., Read, E., Rochfort, S., Dias, D. A., Osborn, A. M., & Gill, H. (2020). New insights into cheddar cheese microbiota-metabolome relationships revealed by integrative analysis of multi-omics data. *Scientific Reports*, 10, 3164. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59617-9>
- Aissaoui Zitoun, O., Benatallah, L., Ghennam, E. H., & Zidoune, M. N. (2011). Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened bouhezza cheese. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9(2), 96–100.
- Aissaoui Zitoun, O., Pediliggieri, C., Benatallah, L., Lortal, S., Licitra, G., & Zidoune, M. N. (2012). Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and ripened in goatskin bags. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2), 289–295.
- Aktaş, H. M., & Erdoğan, A. (2022). Characterization of technological properties of lactic acid bacteria isolated from Turkish Beyaz (white) cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16837. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16837>
- American Public Health Association (APHA). (1978) Standard methods for the examination of dairy products (14th ed.). Washington: APHA Inc
- Andrighetto, C., Knijff, J., Lambardi, A., Toriani, S., Dellaglio, F., (2001). Phenotypic and genetic diversity of enterococci isolated from Italian cheeses. *Journal of Dairy research*.68. 303-316
- Arellano, K., Vazquez, J., Park, H., Lim, J., Ji, Y., Kang, H. J., Donghyun, C., Jeong, H. W., & Holzapfel, W. H. (2020). Safety evaluation and whole-genome annotation of *Lactobacillus plantarum* strains from different sources with special focus on isolates from green tea. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 12(3), 1057–1070. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09620-y>
- Arenas, R., Gonzalez, L., Bernardo, A., Fresno, J. M., & Tornadizo, M. E. (2004). Microbiological and physico-chemical changes in Genestoso cheese, a Spanish acid curd variety, throughout ripening. *Food Control*, 15(4), 271–279. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00070-8](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00070-8)
- Ayad, E. H. E., Nashat, S., El-Sadek, N., Metwaly, H., & El-Soda, M. (2004). Selection of wild lactic acid bacteria isolated from traditional Egyptian dairy products according to production and technological criteria. *Food Microbiology*, 21(6), 715–725. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.02.009>

- Badis, A., Guetarni, D., Moussa Boudjemaa, B., Henni, D. E., & Kihal, M. (2004). Identification and technological properties of lactic acid bacteria isolated from raw goat milk of four Algerian races. *Food Microbiology*, 21(5), 579–588. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2003.11.006>
- Badis, A., Laouabdia-Sellami, N., Guetarni, D., Kihal, M., & Ouzrout, R. (2005). Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales « Arabia et Kabyle ». *Sciences & Technologie C, Biotechnologie*, 23, 30–37.
- Bellio, A., Chiesa, F., Gallina, S., Bianchi, D. M., Macori, G., Bossi, D., Nia, Y., Mutel, I., Messio, S., & Hennekinne, J. A. (2019). Insight into the distribution of staphylococci and their enterotoxins in cheeses under natural conditions. *Frontiers in Microbiology*, 9, 3233. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03233>
- Benamara, R. N., Gemelas, L., Ibri, K., Moussa-Boudjemaa, B., & Demarigny, Y. (2016). Sensory, microbiological and physico-chemical characterization of Klila, a traditional cheese made in the south-west of Algeria. *African Journal of Microbiology Research*, 10(41), 1728–1738. <https://doi.org/10.5897/AJMR2016.8264>
- Benamara, R. N., Benahmed, M., Ibri, K., Moussa Boudjemâa, B., & Demarigny, Y. (2022). Algerian extra hard cheese of Klila: A review on the production method, and microbial, organoleptic, and nutritional properties. *Journal of Ethnic Foods*, 9, 41. <https://doi.org/10.1186/s42779-022-00155-2>
- Bendimerad, N. (2013). *Caractérisation phénotypique et moléculaire d'isolats des bactéries lactiques de lait cru recueillis dans les régions de l'ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type « Jben »* [Doctoral thesis, Université de Tlemcen].
- Benheddi, W., & Hellal, A. (2019). Technological characterization and sensory evaluation of a traditional Algerian fresh cheese clotted with *Cynara cardunculus* L. flowers and lactic acid bacteria. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3431–3438. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03817-3>
- Benkerroum, N. (2013). Traditional fermented foods of North African countries: Technology and food safety challenges with regard to microbiological risks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 54–89. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00215.x>
- Benkerroum, N., & Tamime, A. Y. (2004). Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (lben, jben and smen) to small industrial scale: A review. *Food Microbiology*, 21(3), 399–413. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2003.10.002>
- Benkerroum, N., Ghouati, Y., Ghalfi, H., Elmejdoub, T., Roblain, D., Jacques, P., & Thonart, P. (2002). Biocontrol of *Listeria monocytogenes* in a model cultured milk (lben) by in situ bacteriocin production from *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*. *International*

Journal of Dairy Technology, 55(3), 145–151. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2002.00053.x>

- Bensaid A. (2006). SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Nâaama (ALGERIE). Géographie. Thèse de Doctorat Université Joseph-Fourier. Grenoble. France.
- Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*, 4(4), 665–684. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>
- Bluma, A., & Ciprovica, I. (2016). Non starter lactic acid bacteria in raw milk, thermally treated milk and Swiss type of cheese. *Research for Rural Development*, 1, 98–101.
- Boumediene, K., Bendimerad, N., Khiri, Z., Benamar, I., Anntar, A.C. and Boudjemâa, B.M. (2025). Characterization of Jben: Microbiological and Physicochemical Analysis of Traditional Raw Cow's Milk Cheese with Dried Lamb Rennet from Ain Sefra, Algeria. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 44(3): 356-361. doi: 10.18805/ajdfr.DRF-450.
- Broome, M. C., & Hickey, M. W. (1990). Comparison of fermentation produced chymosin and calf rennet in Cheddar cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*, 45(2), 53–59.
- Castellanos-Rozo, J., Pulido, R. P., Grande, M. J., Rosario Lucas, R., & Gálvez, A. (2020). Analysis of the bacterial diversity of Paipa cheese (a traditional raw cow's milk cheese from Colombia) by high-throughput sequencing. *Microorganisms*, 8(2), 218. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020218>
- Centeno, J. A., & Carballo, J. (2015). Starter and adjunct microbial cultures used in the manufacture of fermented and/or cured or ripened meat and dairy products. In V. R. Rai & J. A. Bai (Eds.), *Beneficial microbes in fermented and functional foods* (pp. 35–53). CRC Press.
- Centeno, J. A., & Carballo, J. (2023). Current advances in cheese microbiology. *Foods*, 12(13), 2577. <https://doi.org/10.3390/foods12132577>
- Chaves-López, C., De Angelis, M., Martuscelli, M., Serio, A., Paparella, A., & Suzzi, G. (2006). Characterization of the Enterobacteriaceae isolated from an artisanal Italian ewe's cheese (Pecorino Abruzzese). *Journal of Applied Microbiology*, 101(2), 353–360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02934.x>
- Cladera-Olivera, G.R., Caron A. Brandelli. (2004). Bacteriocin production by *Bacillus licheniformis* strain P40 in cheese whey using response surface methodology. *Biochemical Engineering Journal* 21 53–58. Short communication
- Claps, S., & Morone, G. (2011). *Produits laitiers et fromagers traditionnels de l'Algérie*.

- Coelho, M. C., Malcata, F. X., & Silva, C. C. G. (2022). Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods*, 11(15), 2276. <https://doi.org/10.3390/foods11152276>
- Cogan. T. M., Barbosa. M., Beuquier E (1997). Characterisation of the lactic acid bacteria in artisanal dairy products. *Journal of Dairy Research*. 64. 409-421.
- Dahou, A. A., & Bekada, A. A., & Homrani, A. (2021). Identification of a *Lactococcus lactis* isolated from a fresh local cheese of the Western Algerian Steppe “J’ben of Naama”. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 40(1), 40–44. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-208>
- Danielsen, M., & Wind, A. (2003). Susceptibility of *Lactobacillus* spp. to antimicrobial agents. *International Journal of Food Microbiology*, 82(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00254-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00254-4)
- De Man, J.C., Rogosa, M., Sharpeand Sharpe, M.E. (1960). A Medium for the cultivation of Lactobacilli. *Journal of applied bacteriology*; 23 (1): 130-135.
- Derouiche, M., & Zidoune, M. N. (2015). Characterisation of a traditional Mchouna cheese from the region of Tébessa, Algeria. *Livestock Research for Rural Development*, 27(11).
- Dolci, P., Alessandria, V., Zeppa, G., Rantsiou, K., & Cocolin, L. (2008). Microbiological characterization of artisanal Raschera PDO cheese: Analysis of its indigenous lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, 25(2), 392–399. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.010>
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350–356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- El Galio, O., Zantar, S., Bakkali, M., Zaglaoui, A., Centeno, J. A., & Carballo, J. (2015). Chemical and microbiological characteristics of traditional homemade fresh goat cheese from northern Morocco. *Small Ruminant Research*, 129, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.05.017>
- El Rhazi, K., Garcia-Larsen, V., & Nejari, C. (2015). Socioeconomic factors affecting adherence to the Mediterranean diet in North Africa. In V. R. Preedy & R. R. Watson (Eds.), *The Mediterranean diet: An evidence-based approach* (pp. 123–132). Academic Press.
- FAO. (1990). *The technology of traditional milk products in developing countries*. FAO Animal Production and Health Paper No. 85.
- FAO. (2007). *Lait et produits laitiers. Codex Alimentarius*. FAO/WHO.
- Garcia Fontan, M. C., Franco, I., Prieto, B., Tornadijo, M. E., & Carballo, J. (2001). Microbiological changes in ‘San Simon’ cheese throughout ripening and its

- relationship with physico-chemical parameters. *Food Microbiology*, 18(5), 499–509. <https://doi.org/10.1006/fmic.2001.0426>
- Garnier, L., Valence, F., Pawtowski, A., Auhustsinava-Galerie, L., Frotté, N., Baroncelli, R., Deniel, F., Coton, E., & Mounier, J. (2017). Diversity of spo fungi associated with various French dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 241, 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.021>
- Giraffa, G. (2003). Functionality of enterococci in dairy products. *International Journal of Food Microbiology*, 88(2–3), 215–222. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00183-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00183-1)
- Gonzalez, L., Sandoval, H., Sacristan, N., Castro, J. M., Fresno, J. M., & Tornadijo, M. E. (2007). Identification of lactic acid bacteria isolated from Genestoso cheese throughout ripening and study of their antimicrobial activity. *Food Control*, 18, 716–722. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.03.008>
- Guiraud, J. P. (2003). *Microbiologie alimentaire*. Dunod.
- Harboe, M., Broe, M. L., & Qvist, K. B. (2010). The production, action and application of rennet and coagulants. In B. A. Law & A. Y. Tamime (Eds.), *Technology of cheesemaking* (2nd ed., pp. 98–129). Wiley-Blackwell.
- Hayaloglu, A. A. (2017). Cheese varieties ripened under brine. In P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (4th ed., Vol. 2, pp. 997–1040). Academic Press.
- Herreros, M. A., Sandoval, H., Gonzalez, L., Castro, J. M., Fresno, J. M., & Tornadijo, M. E. (2005). Antimicrobial activity and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from Armada cheese (a Spanish goats' milk cheese). *Food Microbiology*, 22(5), 455–459. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.11.007>
- ISO 5534:2004(IDF 004:2004). *Cheese and processed cheese products — Determination of the total solids content (Reference method)*.
- ISO 6785:2001(IDF 93:2001). *Milk and milk products — Detection of Salmonella spp.*
- ISO 8968-1:2014(IDF 20-1:2014). *Milk and milk products — Determination of nitrogen content — Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation*.
- Jans, C., Meile, L., Kaindi, D. W. M., Kogi-Makau, W., Lamuka, P., & Renault, P. (2017). African fermented dairy products– overview of predominant technologically important microorganisms focusing on African *Streptococcus infantarius* variants and potential future applications
- Jashbhai, B. P and Baboo M. N. (2008). Chapter 1 The History of Fermented Foods in Handbook of Fermented Functional Foods Second Edition by Taylor & Francis Group, LLC

- Journal officiel de la république algérienne N°39. (2017). *Arrêté interministériel du 4/10/2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires*.
- Kempler, G. M., & McKay, L. L. (1980). Improved medium for detection of citrate-fermenting *Streptococcus lactis* subsp. *diacetylactis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 39(4), 926–927.
- Kieliszek, M., Pobiega, K., Piwowarek, K., & Kot, A. M. (2021). Characteristics of the proteolytic enzymes produced by lactic acid bacteria. *Molecules*, 26(7), 1858. <https://doi.org/10.3390/molecules26071858>
- Kirmaci, H. A., Ozer, B., Akcelik, M., Akcelik, N. (2016). Identification and characterization of lactic acid bacteria isolated from traditional urfa cheese. *International Journal of Dairy Technology*. Vol 69. N 2.
- Kumar, S., Karan, R., Kapoor, S., Singh, S. P., & Khare, S. K. (2012). Screening and isolation of halophilic bacteria producing industrially important enzymes. *Brazilian Journal of Microbiology*, 43(4), 1595–1603. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822012000400044>
- Larpent, J. P. (1997). *Microbiologie alimentaire*. Tec & Doc Lavoisier.
- Lawlor, J. B., Delahunty, C. M., Wilkinson, M. G., & Sheehan, J. (2002). Relationships between the gross, non-volatile and volatile compositions and the sensory attributes of eight hard-type cheeses. *International Dairy Journal*, 12(6), 493–509. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00035-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00035-5)
- Leksir, C., & Chemmam, M. (2015). Contribution on the characterization of Klila, a traditional cheese in east of Algeria. *Livestock Research for Rural Development*, 27(5), Article 97.
- Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: Case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s42779-019-0008-4>

- Leroy, S., Lebert, I., Chacornac, J. P., Chevalier, I., & Talon, R. (2007). Identification et caractérisation de la flore d'intérêt technologique : bactéries lactiques et staphylocoques à coagulase négative. *Science des Aliments*, 27(5), 172–180.
- Leyva Salas, M., Mounier, J., Valence, F., Coton, M., Thierry, A., Coton, E. (2017). Antifungal microbial agents for food biopreservation— Areview. *Microorganisms*, 5, 37.
- Licitra, G., Caccamo, M., Lortal, S. (2019). Chapter 9- Artisanal products made with raw milk. In: Nero LA, De Carvalho AF, editors. *Raw Milk*: Academic Press; . p. 175–221.
- Liu, M., Bayjanov, J. R., Renckens, B., Nauta, A., & Siezen, R. J. (2010). The proteolytic system of lactic acid bacteria revisited: A genomic comparison. *BMC Genomics*, 11(1), 36. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-36>
- Lozo, J., Topisirovic, L., & Kojic, M. (2021). Natural bacterial isolates as an inexhaustible source of new bacteriocins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(2), 477–492. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-11063-3>
- Mami, A. (2012). *Recherche des bactéries lactiques productrices de bactériocines à large spectre d'action vis avis des germes impliqués dans les toxi-infections alimentaires en Algérie* [Thèse de doctorat, Université d'Oran].
- Marchal, N., Bourdon, J. L., & Richard, C. (1991). *Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries*. Doin Éditeurs.
- Mas, M., Tabla, R., Moriche, J., Roa, I., Gonzalez, J., Rebollo, J. E., & Caceres, P. (2002). Ibores goat's milk cheese: Microbiological and physicochemical changes throughout ripening. *Lait*, 82(5), 579–587. <https://doi.org/10.1051/lait:2002033>
- Mathot, A. G., Kihal, M., Prevost, H., & Divies, C. (1994). Selective enumeration of *Leuconostoc* on vancomycin agar media. *International Dairy Journal*, 4(5), 459–469. [https://doi.org/10.1016/0958-6946\(94\)90070-1](https://doi.org/10.1016/0958-6946(94)90070-1)

- McSweeney, P.L., Fox, P.F., Cogan, T.M., Guinee, T.P. (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands
- McSweeney, P. L. H., Ottogalli, G., & Fox, P. F. (2017). Diversity and classification of cheese varieties: An overview. In P. L. H. McSweeney, P. F. Fox, P. D. Cotter, & D. W. Everett (Eds.), *Cheese* (4th ed., pp. 781–808). Academic Press.
- Mechai, A., Debabza, M., & Kirane, D. (2014). Screening of technological and probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Algerian traditional fermented milk products. *International Food Research Journal*, 21(6), 2451–2457.
- Medjoudj, H., Aouar, L., Zidoune, M. N., & Hayaloglu, A. A. (2017). Proteolysis, microbiology, volatiles and sensory evaluation of Algerian traditional cheese Bouhezza made using goat's raw milk. *International Journal of Food Properties*, 20(sup3), S3246–S3257. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1283516>
- Mennane, Z., Khedid, K., Zinedine, A., Lagzouli, M., Ouhsine, M., & Elyachioui, M. (2007). Microbial characteristics of Klila and Jben traditional Moroccan cheese from raw cow's milk. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 2(1), 23–27.
- Mokdad, F. H. (2019). *Influence des Leuconostocs produisent des bactériocines sur les caractéristiques industrielles des produits laitiers* [Thèse de doctorat, Université d'Oran].
- Montel, M.-C., Buchin, S., Mallet, A., Delbes-Paus, C., Vuitton, D. A., Desmasures, N., & Berthier, F. (2014). Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal of Food Microbiology*, 177, 136–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019>
- Muller, T. (1990). Comparison of methods for differentiation between homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria. *Zentralblatt für Mikrobiologie*, 145(5), 363–366.
- Nam, H. M., Lim, S. K., Kim, J. M., Joo, Y. S., & Jang, S. C. (2010). In vitro activities of antimicrobials against six important species of gram-negative bacteria isolated

from raw milk samples in Korea. *Foodborne Pathogens and Disease*, 7(2), 221–224. <https://doi.org/10.1089/fpd.2009.0371>

NF ISO 4831. (2006). *Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des coliformes - Technique du nombre le plus probable.*

NF ISO 7218/A1. (2001). *Microbiologie des aliments. Règles générales pour les examens microbiologiques*

Nicosia, F. D., Pino, A., Maciel, G. L. R., Sanfilippo, R. R., Caggia, C., de Carvalho, A. F., & Randazzo, C. L. (2023). Technological characterization of lactic acid bacteria strains for potential use in cheese manufacture. *Foods*, 12(6), 1154. <https://doi.org/10.3390/foods12061154>

Noor-Develiet, P. E., Gist-Brocades, N. N., & Delft, N. C. D. (1983). Les enzymes alimentaires : Utilisation et innocuité. *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, 1(1), 15–23.

Norme Algérienne NA N°10.96.03. *Méthode d'analyse pour la détermination des cendres.* Ministère du commerce, CACQE.

Norme NF-V04-287. (1972). *Fromages : Détermination de la teneur en matière grasse - Méthode acido-butyrométrique de Van Gulik.*

O'Sullivan, L., Ross, R. P., & Hill, C. (2002). Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie*, 84(5–6), 593–604. [https://doi.org/10.1016/s0300-9084\(02\)01457-8](https://doi.org/10.1016/s0300-9084(02)01457-8)

Oliveira, R. B. A., Lopes, L. S., Baptista, R. C., Chinha, A. I. A., Portela, J. B., Nascimento, J. S., Costa, L. E. O., Cruz, A. G., & Sant'Ana, A. S. (2018). Occurrence, populations, diversity, and growth potential of spore-forming bacteria in “requeijão cremoso”. *LWT*, 89, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.022>

Ordiales, E., Benito, M. J., Martin, A., Casquete, R., Serradilla, M. J., & de Guia Córdoba, M. (2013). Bacterial communities of the traditional raw ewe's milk cheese “Torta del Casar” made without the addition of a starter. *Food Control*, 33(2), 448–454. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.026>

- Ouadghiri, M., Amar, M., Vancanneyt, M., & Swings, J. (2005). Biodiversity of lactic acid bacteria in Moroccan soft white cheese (Jben). *FEMS Microbiology Letters*, 251(2), 267–271. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.08.011>
- Ouiddir, M., Bettache, G., Salas, M. L., Pawtowski, A., Donot, C., Brahimi, S., Mabrouk, K., Coton, E., & Mounier, J. (2019). Selection of Algerian lactic acid bacteria for use as antifungal bioprotective cultures and application in dairy and bakery products. *Food Microbiology*, 82, 160–170. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.01.020>
- Pachlova, V., Bunkova, L., Flasarova, R., Salek, R. N., Dlabajova, A., Butor, I., & Bunka, F. (2018). Biogenic amine production by non-starter strains of *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus paracasei* in the model system of Dutch-type cheese. *LWT*, 97, 730–735. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.008>
- Pan, L., Xiaoqing, hu., Xiaoyuan, wang. (2011). Assesment of antibiotic resistance of lactic acid bacteria in Chinese fermented foods. *Food control* 22 1316-1321.
- Peralta, G. H., Bergamini, C. V., Audero, G., Páez, R., Wolf, I. V., Perotti, M. C., & Hynes, E. R. (2017). Spray-dried adjunct cultures of autochthonous non-starter lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 255, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.05.016>
- Perczak, A., Golinski, P., Bryla, M., & Waskiewicz, A. (2018). The efficiency of lactic acid bacteria against pathogenic fungi and mycotoxins. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 69(1), 32–45. <https://doi.org/10.2478/aiht-2018-69-3051>
- Poznanski, E., Cavazza, A., Cappa, F., & Cocconcelli, P. S. (2004). Indigenous raw milk microbiota influences the bacterial development in traditional cheese from an alpine natural park. *International Journal of Food Microbiology*, 92(2), 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.09.006>
- Psoni, L., Tzanetakis, N., & Litopoulou-Tzanetaki, E. (2003). Microbiological characteristics of Batzos, a traditional Greek cheese from raw goat's milk. *Food Microbiology*, 20(5), 575–582. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(02\)00159-5](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(02)00159-5)

- Public Health England. (2014). *Oxidase test* (UK Standards for Microbiology Investigations, Issue 26, No. 2.3).
- Quero, G. M., Fusco, V., Cocconcelli, P. S., Owezarek, L., Borcakli, M., Fontana, C., Skapska, S., Jasinska, U. T., Ozturk, T., & Morea, M. (2014). Microbiological, physico-chemical, nutritional and sensory characterization of traditional Matsoni: Selection and use of autochthonous multiple strain cultures to extend its shelf life. *Food Microbiology*, 38, 179–191. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.002>
- Ramet, J. P. (1985). *La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen* (Collection FAO Alimentation et nutrition n°48). FAO.
- Ramet, J.P. (1997) Technologie comparée des différents types de caillé. In: Eck, A. and Gillis, J.C., Eds., *Le fromage, de la science à l'assurance de qualité*, Chapitre 8, 3ème Edition, Lavoisier Tec and Doc, 335-364, 891 p.
- Rhiat, M., Labioui, H., Driouich, A., Mennane, Z., Ouhssine, M. (2013). Preparation of the starter Trial production of cheese (Jben) and Klila at laboratory scale. *Food Science and Quality Management*; Vol 13
- Reuter, G. (1992). Culture media for enterococci and group D streptococci. *International Journal of Food Microbiology*, 17(2), 101–111. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(92\)90109-2](https://doi.org/10.1016/0168-1605(92)90109-2)
- Rincón-Delgadillo, M. I., López-Hernández, A., Wijaya, I., & Rankin, S. A. (2012). Diacetyl levels and volatile profiles of commercial starter distillates and selected dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1128–1139. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4834>
- Rodriguez, J. M., Cintas, L. M., Casaus, P., Horn, N., Dodd, H. M., Hernandez, P. E., & Gasson, M. J. (1995). Isolation of nisin-producing *Lactococcus lactis* strains from dry fermented sausages. *Journal of Applied Bacteriology*, 78(1), 9–15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1995.tb01670.x>
- Rosenkvist, H., & Hansen, Å. (1995). Contamination profiles and characterization of *Bacillus* species in wheat bread and raw materials for bread

production. *International Journal of Food Microbiology*, 26(3), 353–363. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(95\)00054-2](https://doi.org/10.1016/0168-1605(95)00054-2)

Samelis, J., Maurogenakis, F., & Metaxopoulos, J. (1994). Characterisation of lactic acid bacteria isolated from naturally fermented Greek dry salami. *International Journal of Food Microbiology*, 23(2), 179–196. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)90051-5](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90051-5)

Sánchez-García, C., Hicks-Pérez, L., Gutiérrez-Méndez, N., Heredia, N., García, S., & Nevárez-Moorillón, G. V. (2018). Microbiological changes during ripening of Chihuahua cheese manufactured with raw milk and its seasonal variations. *Foods*, 7(9), 153. <https://doi.org/10.3390/foods7090153>

Sandine, W. E., & Elliker, P. R. (1970). Microbially induced flavors and fermented foods. Flavor in fermented dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18(4), 557–562. <https://doi.org/10.1021/jf60170a023>

Santiago-López, L., Aguilar-Toalá, J. E., Hernández-Mendoza, A., Vallejo-Cordoba, B., Liceaga, A. M., & González-Córdova, A. F. (2018). Invited review: Bioactive compounds produced during cheese ripening and health effects associated with aged cheese consumption. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3742–3757. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13465>

Serhan, M., Cailliez-Grimal, C., Borges, F., Revol-Junelles, A.M., Hosri, G., Fanni, J. (2009). Bacterial diversity of Darfiyeh, a Lebanese artisanal raw goat's milk cheese. *Food Microbiology* 26 645–652.

Settanni, L., & Moschetti, G. (2010). Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits. *Food Microbiology*, 27(6), 691–697. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.023>

Settanni, L., Franciosi, E., Cavazza, A., Cocconcelli, P. S., & Poznanski, E. (2011). Extension of Tosèla cheese shelf-life using non-starter lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, 28(5), 883–890. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.01.003>

- Shiby, V. K., & Mishra, H. N. (2013). Fermented milks and milk products as functional foods—A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 482–496. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.547398>
- Suzzi, G., Lombardi, A., Lanorte, M. T., Caruso, M., Andrighetto, C., & Gardini, F. (2000). Phenotypic and genotypic diversity of yeasts isolated from water-buffalo Mozzarella cheese. *Journal of Applied Microbiology*, 88(1), 117–123. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00935.x>
- Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Gueroui, Y., Symeon, G., Mebirouk, B.L., Tadjine, A., Chemmam, M. (2020). Milk heat treatment affects characteristics of cow and goat's "Jben" traditional fresh cheeses. *Food Science and Technology*. Campinas DOI://httpsI://doi.org/10.1590/fst.00620.
- Talantikite-Kellil, S. (2015). *Purification et caractérisation d'une enzyme coagulante d'origine microbienne pour application en fromagerie* [Thèse de doctorat]. Université de Tizi-Ouzou.
- Temiz, H., & Kilic, S. (2015). A survey of the chemical, biochemical, microbiological and sensorial quality of Aho cheese, a traditional cheese from Eastern Black Sea Region, Turkey. *International Journal of Dairy Technology*, 69(2), 209–216. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12255>
- Terzaghi, B.E., Sandine, W.E. (1975). Improved medium for lactic streptococci and their bacteriophages. *Applied Microbiology*; 29: 807 – 813.
- Terzic-Vidojevic, A., Tolinacki, M., Nikolic, M., Veljovic, K., Jovanovic, S., Macej, O., & Topisirovic, L. (2013). Artisanal Vlasina raw goat's milk cheese: Evaluation and selection of autochthonous lactic acid bacteria as starter cultures. *Food Technology and Biotechnology*, 51(4), 554–563.
- Terzic-Vidojevic, A., Vukasinovic, M., Veljovic, K., Ostojic, M., & Topisirovic, L. (2007). Characterization of microflora in homemade semi-hard white Zlatar cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 114(1), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.037>

- Thierry, A., Valence, F., Deutsch, S.-M., Even, S., Falentin, H., Le Loir, Y., Jan, G., & Gagnaire, V. (2015). Strain-to-strain differences within lactic and propionic acid bacteria species strongly impact the properties of cheese—A review. *Dairy Science & Technology*, 95(6), 895–918. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0267-9>
- Thomas, T. D. (1973). Agar medium for differentiation of *Streptococcus cremoris* from the other bacteria. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 8(1), 70–71
- Tornadijo, M. E., Garcia, M. C., Fresno, J. M., & Carballo, J. (2001). Study of Enterobacteriaceae throughout the manufacturing and ripening of hard goat's cheese. *Journal of Applied Bacteriology*. 75. 240-246.
- Torres-Llanez, M. J., Vallejo-Cordoba, B., Díaz-Cinco, M. E., Mazorra-Manzano, M. A., & González-Córdova, A. F. (2006). Characterization of the natural microflora of artisanal Mexican Fresco cheese. *Food Control*, 17(9), 683–690. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.04.004>
- Vasek, O. M., Leblanc, J. G., Fusco, A., & de Giori, G. S. (2008). Chemical composition and microbial evaluation of Argentinean Corrientes cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 61(3), 304–308. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2008.00411.x>
- Vladimir Drab, K., Markvartova, M., Hanakovajaroslava A. (2020). Microbial diversity of Livanjski cheese with the emphasis on lactic acid bacteria based on culture dependent and sequencing method Vol 73, No 1 March 2020 *International Journal of Dairy Technology*
- Vinderola, G., Ouwehand, A., Salminen, S., & von Wright, A. (Eds.). (2019). *Lactic acid bacteria: Microbiological and functional aspects* (5th ed.). CRC Press.
- Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N.R., Ludwig, W., Rainey, F. A., Schleifer, K.H., Whitman, W. B. (2011). *Bergey's manual of systematic bacteriology: volume 3: the firmicutes* springer science business media.

- Vuillemard, J. C. (1986). Microbiologie des aliments. Evolution de l'activité protéolytique des bactéries lactiques. *Sciences des Aliments*, 6(1), 1–65.
- Zheng, X., Shi, X., Wang, B. (2021). A Review on the General Cheese Processing Technology, Flavor Biochemical Pathways and the Influence of Yeasts in Cheese. *Front. Microbiol.* 12:703284. doi: 10.3389/fmicb.2021.703284
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C.M., Harris, H., Mattarelli, P., O'Toole, P.W., Pot, B., Vandamme, P., Walter, J. (2020). Ataxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 70, 2782–2858.
- Zheng, X. C., Ge, Z., Lin, K., Zhang, D., Chen, Y., Xiao, J. (2021). Dynamic changes in bacterial microbiota succession and flavour development during milk fermentation of Kazak artisanal cheese. *Int. Dairy J.* 113:104878. doi: 10.1016/j.idairyj.2020.104878
- Zommara, M., El-Ghaish, S., Haertle, T., Chobert, J-M and Ghanimah, M. (2023). Probiotic and technological characterization of selected *Lactobacillus* strains isolated from different Egyptian cheeses. 23:160 <https://doi.org/10.1186/s12866-023-02890->
- Zourari, A., Accolas, J.P., Desmazeaud, M.J., (1992). metabolism and biochemical characteristics of yoghurt bacteria. *Lait* 72, 1-34.

LES ANNEXES

ANNEXE 1 : Identification des Bactéries Lactiques isolées à partir Jben

Souche	Macroscopique	Microscopique	Identification
S01	Petit colonie rond bombée	Bacille	<i>Lactobacillus pentosus</i>
S02	Petit colonie marron bombée	Cocci	<i>Enterococcus faecium</i>
S03	Petit colonie blanche bombée	Bacille	<i>Lactobacillus pentosus</i>
S04	Petit colonie plat marron	Cocci	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S05	Petit colonie blanche pale	Cocci	<i>Lactococcus sp</i>
S06	Petit colonie transparente	Cocci	<i>Leuconostoc sp</i>
S07	Petit colonie rond gris	Bacille	<i>Lactobacillus paracasei sp paracasei</i>
S08	Grand colonie blanche bombée	Bacille	<i>Lactobacillus curvatus sp curvatus</i>
S09	Colonie gris rond muqueuse	Bacille	<i>Lactobacillus paracasei sp paracasei</i>
S10	Colonie rond marron bombée	Cocci	<i>Lactococcus</i>
S11	Colonie rond marron bombée	Cocci	<i>Lactococcus</i>
S12	Colonie rond gris/marron bombée	Cocci	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S13	Colonie rond gris/marron bombée	Cocci	<i>Lactococcus</i>
S14	Colonie rond blanche pale bombée	Bacille	<i>Lactobacillus paracasei sp paracasei</i>
S15	Colonie rond marron bombée	Bacille	<i>Lactobacillus pentosus</i>
S16	Colonie rond marron bombée	Cocci	<i>Lactococcus</i>
S17	Colonie rond marron	Cocci	<i>Lactococcus</i>
S18	Colonie rond gris bombée	Bacille	<i>Lactobacillus plantarum</i>
S19	Colonie rond marron bombée	Cocci	<i>Lactococcus</i>
S20	Petit colonie transparente	Cocci	<i>Enterococcus faecalis</i>
S21	Petit colonie transparente	Cocci	<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i>
S22	Petit colonie grisâtre rond	Cocci	<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i>
S23	Petite colonie grise à transparente	Cocci	<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i>
S24	Petite colonie grise à transparente	Cocci	<i>Leuconostoc</i>
S25	Petit colonie transparente	Cocci	<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i>
S26	Petit colonie transparente	Cocci	<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i>
S27	Grand colonie plat grisâtre	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus pentosus</i>
S28	Petit colonie gris	Bacille diplocoque	<i>Lactobacillus salivais</i>
S29	Petit colonie gris	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus sp</i>
S30	Colonie rond blanche	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus sp</i>
S31	Petit colonie grisâtre	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S32	Colonie rond grisâtre	Cocci en chaine	<i>Enterococcus faecium</i>
S33	Colonie rond marron	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus brevis</i>

S34	Grand colonie rond marron	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus brevis</i>
S35	Grand colonie rond marron	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus plantarum</i>
S36	Grande colonie grise à pourtour transparente	Bacille	<i>Lactobacillus plantarum</i>
S37	Colonie rond plat blanche	Bacille	<i>Lactobacillus salivarius</i>
S38	Petit colonie grisâtre	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S39	Petit colonie rond marron	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus plantarum</i>
S40	Petit colonie rond marron	Bacille en amas	<i>Lactobacillus sp</i>
S41	Petit colonie rond marron	Bacille diplocoque	<i>Lactobacillus brevis</i>
S42	Petit colonie rond gris	Bacille diplocoque	<i>Lactobacillus plantarum</i>
S43	Petit colonie blanche	Bacille	<i>Lactobacillus brevis</i>
S44	Petit colonie rond gris à marron	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus sp</i>
S45	Grand colonie rond grisâtre	Cocci diplocoque	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S46	Grande colonie ronde à centre gris	Cocci diplocoque	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S47	Petit colonie grisâtre	Cocci	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S48	Grand colonie rond plat grisâtre	Cocci diplocoque	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S49	Petit colonie rond gris	Cocci en chaine	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S50	Petit colonie rond gris	Cocci en chaine	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S51	Petit colonie rond gris	Cocci diplocoque	<i>Pediococcus pentosaceus</i>
S52	Colonie rond blanche	Cocci diplocoque	<i>Pediococcus pentosaceus</i>
S53	Colonie rond marron	Cocci en amas	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S54	Colonie rond blanche	Cocci en amas	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S55	Colonie rond gris	Cocci	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S56	Petit colonie rond gris à marron	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc lactis</i>
S57	Petit colonie rond gris	Bacille	<i>Leuconostoc sp</i>
S58	Petit colonie rond gris à transparente	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc lactis</i>
S59	Petit colonie rond grisâtre	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc lactis</i>
S60	Petit colonie transparente	Cocci	<i>Leuconostoc sp</i>
S61	Petite colonie grise à transparente	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc lactis</i>
S62	Petite colonie grise à transparente	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc mesenteroides sp dextrinicum</i>
S63	Petite colonie grise à transparente	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc lactis</i>
S64	Petite colonie grise à transparente	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc lactis</i>
S65	Petite colonie grise à transparente	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc sp</i>
S66	Petite colonie grise à transparente	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc lactis</i>
S67	Petit colonie transparente	Cocci en diplocoque	<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i>
S68	Colonie rond marron à centre gris	Cocci en diplocoque	<i>Enterococcus faecium</i>
S69	Petit colonie gris	Cocci	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S70	Petite colonie grise à pourtour irrégulier	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S71	Petit colonie transparente	Bacille en chaine	<i>Lactobacillus fermentum</i>

S72	Grand colonie rond gris	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S73	Grand colonie rond gris	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S74	Petit colonie rond transparente	Cocci	<i>Leuconostoc paramesenteroides</i>
S75	Colonie rond blanche	Cocci en diplocoque	<i>Leuconostoc oenos</i>
S76	Petit colonie rond gris	Cocci en diplocoque	<i>Leuconostoc paramesenteroides</i>
S77	Petit colonie gris	Cocci en chaine	<i>Streptococcus thermophilus</i>
S78	Colonie rond transparente	Cocci en diplocoque	<i>Lactococcus lactis subsp lactis</i>
S79	Colonie bombée grisâtre	Bacille	<i>Lactobacillus brevis</i>
S80	Colonie rond marron	Cocci en tétrade	<i>Pediococcus sp</i>
S81	Petit colonie transparente	Cocci en diplocoque	<i>Pediococcus sp</i>
S82	Petit colonie gris rond	Cocci en diplocoque	<i>Leuconostoc lactis</i>
S83	Petit colonie rond transparente	Cocci en diplocoque	<i>Leuconostoc oenos</i>
S84	Petit colonie rond	Cocci	<i>Lactococcus lactis subsp hordnae</i>
S85	Colonie marron bombée	Cocci en amas	<i>Lactococcus lactis subsp lactis</i>
S86	Colonie rond plat gris	Cocci en diplocoque	<i>Enterococcus faecalis</i>
S87	Petite colonie grise à transparente	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S88	Colonie rond gris	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S89	Colonie bombée gris irrégulier	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S90	Petit colonie rond gris	Cocci	<i>Leuconostoc lactis</i>
S91	Colonie rond marron	Cocci en tétrade	<i>Pediococcus sp</i>
S92	Colonie rond gris	Cocci en diplocoque	<i>Enterococcus faecium</i>
S93	Colonie grise à transparente	Cocci	<i>Aerococcus viridans</i>
S94	Colonie forme d'œil gris	Bacille en diplocoque	<i>Lactobacillus plantarum</i>
S95	Colonie rond marron	Bacille en diplocoque	<i>Lactobacillus sp</i>
S96	Colonie rond marron plat	Bacille	<i>Lactobacillus plantarum</i>
S97	Colonie gris petit rond	Cocci	<i>Enterococcus sp</i>
S98	Colonie rond marron	Cocci	<i>Enterococcus faecium</i>
S99	Petit colonie rond transparente	Cocci	<i>Lactococcus sp</i>
S100	Colonie rond gris	Bacille en diplocoque	<i>Lactobacillus sp</i>
S101	Colonie rond gris à marron	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S102	Colonie rond bombée blanche	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>
S103	Petit colonie gris	Cocci en chaine	<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i>
S104	Colonie rond bombée marron	Cocci en diplocoque	<i>Lactococcus lactis subsp hordnae</i>
S105	Petit colonie grisâtre	Cocci	<i>Pediococcus sp</i>
S106	Petit colonie rond gris à marron	Cocci /bacille	<i>Enterococcus sp</i>
S107	Petit colonie rond blanche	Bacille en amas	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
S108	Petit colonie marron	Bacille	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
S109	Petit colonie rond blanche	Bacille	<i>Lactobacillus sp</i>
S110	Petit colonie rond gris	Cocci	<i>Leuconostoc mesenteroides sp mesenteroides</i>

S111	Petit colonie rond transparente	Cocci	<i>Leuconostoc sp</i>
S112	Petit colonie rond marron	Cocci	<i>Lactococcus raffinolactis</i>
S113	Petit colonie rond bombée gris	Cocci	<i>Pediococcus sp</i>
S114	Petit colonie rond marron	Cocci	<i>Pediococcus sp</i>
S115	Petit colonie rond gris	Cocci	<i>Lactobacillus pentosus</i>
S116	Petit colonie rond marron	Cocci en amas	<i>Enterococcus sp</i>
S117	Petite colonie ronde à centre gris et pourtour transparent		<i>Leuconostoc sp</i>
S118	Petit colonie transparente	Cocci	<i>Leuconostoc sp</i>
S119	Petit colonie marron	Cocci	<i>Enterococcus sp</i>
S120	Petit colonie gris	Cocci	<i>Lactococcus lactis subsp lactis</i>
S121	Colonie rond bombée marron	Cocci	<i>Enterococcus gallinarum</i>
S122	Petit colonie blanche	Bacille	<i>Lactobacillus curvatus sp curvatus</i>
S123	Colonie rond blanche pale	Bacille	<i>Lactobacillus curvatus sp curvatus</i>
S124	Petite colonie gris	Bacille	<i>Lactobacillus brevis</i>
S125	Colonie blanchâtre	Cocci en amas	<i>Leuconostoc lactis</i>
S126	Petit colonie grisâtre	Cocci	<i>Leuconostoc sp</i>

ANNEXE 2 : Tableau de résultats d'identification des bactéries lactiques

Souche	FER	ACET	ADH	CIT	ESC	NaCL 2.5%	NaCL 3%	NaCL 4%	NaCL 5%	NaCL 6.5%	10°C	37°C	40°C	45°C	TR	CEL	INO	FRU	SOR	GAL	ARA	MAL	AMI	SAC	MAN	DEX	LAC		
S01	hom	+	-	-	+	+	+	+	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S02	Hom	-	+/-	-	+	+	+	+	+	+/-	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S03	Hom	+	-	+/-	+	+	+	+	+	+/-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S04	Hom	+/-	-	-	+/-	+	+	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S05	Hom	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S06	Hom	-	-	-	+/-	+	+	+	+/-	-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S07	Hété	-	+/-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S08	Hété	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-		+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+
S09	Hété	-	+/-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S10	Hété	+/-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
S11	Hom	-	-	-	+/-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
S12	Hom	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S13	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
S14	Hom	-	-	-	+/-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+	+/-	+	+/-	+	+	+	+	+/-	+	+	
S15	Hété	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S16	Hété	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
S17	Hété	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

S18	Hom	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+/-	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-	+	+/-	+	+	
S19	Hété	+/-	-	-	+/-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+	
S20	Hété	+/-	+/-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-		+/-	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+	
S21	Hom	-	+/-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-		-	-	-	-	+	+	+/-	-	-	-	-	+/-	
S22	Hété	-	+/-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-		+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S23	Hété	-	+/-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S24	Hété	-	+/-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-		+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+
S25	Hété	-	+/-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-		+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S26	Hom	-	+/-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-		+	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S27	Hom	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S28	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+	+/-	-	+/-	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S29	Hom	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S30	Hom	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S31	Hom	-	-	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+/-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S32	Hom	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S33	Hom	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S34	Hom	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S35	Hom	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
S36	Hom	-	-	-	+	+	+	+/-	+/-	-	-	-	-	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

S75	Hom	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S76	Hété	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+/-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S77	Hom	-	+	+/-	+	+	+	+	+/-	+/-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S78	Hom	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S79	Hété	-	+	+/-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S80	Hom	-	+	+/-	+	+	+	+	+	+/-	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S81	Hom	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S82	Hété	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S83	Hom	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S84	Hom	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S85	Hom	-	+	-	+/-	+	+	+	+	+	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S86	Hété	-	+	+/-	+	+	-	+/-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S87	Hom	-	+	-	+	+/-	+	+	+	+/-	-	+	+/-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S88	Hom	-	+	-	+	+/-	+	+	+	+	-	+/-	+/-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S89	Hom	-	+	+/-	+	+/-	+	+	+	-	-	+	+/-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S90	Hété	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S91	Hom	-	+/-	-	+/-	+	+	+	+	+/-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S92	Hété	-	+/-	+/-	-	+	+	+	+	+/-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S93	Hété	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S94	Hom	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S95	Hom	-	+	-	+	+	+	-	+/-	+	-	+	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S96	Hom	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S97	Hété	-	+	+	+/-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
S98	Hom	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S99	Ho/hé	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S100	Hom	-	+	+/-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S101	Hom	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S102	Hété	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+/-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S103	Héte	-	+	+	+/-	+	+	+	+	-	+/-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S104	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
S105	Hom	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
S106	Hom	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+/-	+	+	+	+	+/-	-	+	+	+	+	+/-	+	+/-	+	+	+
S107		-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+/-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S108	Hom	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+/-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S109	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S110	Hom	-	+	-	-	+/-	+	+	+/-	-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S111	Hom	-	+	-	-	+	+	+	+	+/-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S112	Hom	-	-	+/-	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+	+	+	+	-	+/-	+	+	+	+	+/-	+	+/-	+	+	+

S113	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+	+	+	-	+/-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
S114	Hom	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S115	Hom	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+/-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S116	Hom	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S117	Hété	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-		+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
S118	Hom	+/-	-	-	-	+/-	-	-	-	-	-	-	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S119	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-		-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
S120	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-		+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
S121	Hété	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-		-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+
S122	Hom	-	-	-	+	+	+	+	+/-	+/-	+	+	+	-		+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+
S123	Hété	-	-	-	-	+	+	+	+/-	+/-	+	+	-	-		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+
S124	Hom	-	-	-	+	+	+	-	+/-	-	+	+	-	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S125	Hété	-	-	-	+	+	+	+	+/-+	+/-	+/-	+	+	-		+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+
S126	Hété	-	-	-	+	+	+	+		+/-	+/-	+	+	-		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

ANNEXE 3 : Résultat des caractères technologiques des bactéries lactiques du Jben

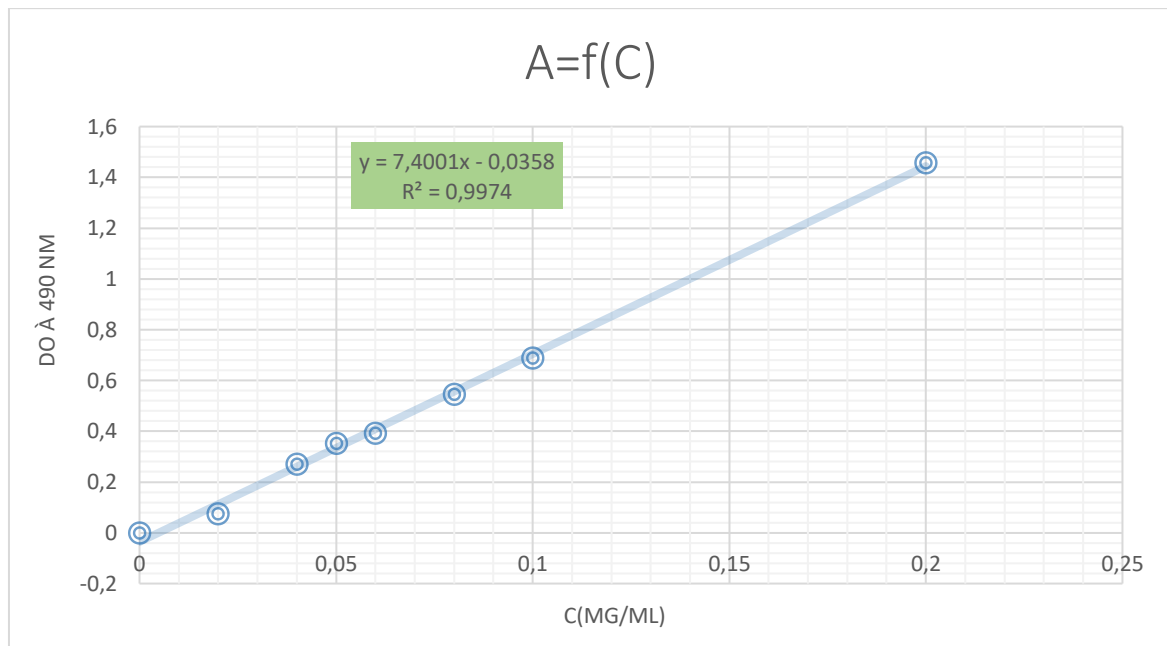
S	amyl	prote	arom	Ther	acid	pH	S	amyl	proté	arôm	Ther	acid	pH
1	-	-	+	+	95	4.7	32	-	+	-	-	71	5.4
2	+	-	-	-	102.5	4.2	33	-	-	-	-	54	5.7
3	+	+	+	+	108	4.3	34	-	-	-	-	97	4.6
4	-	+2	+/-	+	77.5	5.2	35	-	-	-	-	57.5	5.7
5	-	+2	-	-	110	4	36	-	-	-	-	59	5.6
6	-	+2.5	-	-	87.5	4.9	37	-	-	-	+/-	89	4.9
7	-	-	-	-	75	5.2	38	-	-	-	-	90.5	4.8
8	-	-	-	-	58	5.7	39	-	-	-	-	93	4.7
9	-	-	-	+	63.5	5.6	40	-	-	+	-	71	5.4
10	-	-	+/-	+	86.5	4.9	41	-	+	-	-	74	5.2
11	-	-	-	+	79.5	5.1	42	+	+	-	-	63	5.6
12	-	-	-	-	83.25	5	43	-	+	-	-	94	4.7
13	-	-	-	+	72.5	5.4	44	-	-	+/-	-	97	4.6
14	-	-	-	+	81.5	5	45	+	-	+	+	67	5.5
15	+	+	-	-	75	5.2	46	+	-	-	+	80	5.1
16	+	-	-	+	82.5	5	47	+	-	-	+	67.5	5.5
17	+	-	-	-	82	5	48	-	+	-	-	90	4.8
18	-	-	-	+	67.5	5.5	49	+	+	-	+	72	5.4
19	+	-	+/-	+	63.5	5.6	50	+	-	-	+	71	5.4
20	-	-	+/-	-	60.5	5.6	51	+	-	-	+	63	5.6
21	-	-	-	-	97.5	4.6	52	+	-	-	+	79.5	5.1
22	-	+	-	-	66	5.5	53	+	+	-	+	69.5	5.4
23	-	-	-	-	96	4.65	54	+	-	+/-	+	94.5	4.7
24	-	-	-	-	55	5.7	55	+	+	-	+	64.5	5.6
25	-	-	-	-	86.5	4.9	56	-	+	-	-	60.5	5.6
26	-	-	-	-	46	5.9	57	-	+	-	-	50	5.8
27	-	-	-	-	61.5	5.6	58	-	+/-	-	-	80	5.1
28	-	-	-	+	100	4.2	59	-	-	-	-	63	5.6
29	-	-	-	-	61	5.6	60	--	+	-	-	75.5	5.2
30	-	-	-	-	90.5	4.8	61	-	+	+	-	140	3.8
31	-	+	-	-	64.5	5.5	62	-	-	-	-	109.5	4
63	-	-	-	-	93	4.7	98	-	-	-	-	84	4.9
64	-	-	-	-	84	4.9	99	+	-	-	-	115	4
65	-	-	+/-	-	101	4.2	100	-	+	-	-	118	3.9

66	-	-	-	-	85	4.9	101	-	-	-	-	109	4.2
67	+	-	-	-	71	5.4	102	-	+	-	-	120	3.9
68	+	+	-	+	88	4.9	103	-	+	-	-	83	4.9
69	+	+	-	+	77.5	5.2	104	+/-	+	-	-	80	5
70	-	+	-	-	71.5	5.4	105	+	-	-	+	100	4.2
71	-	+	-	-	100	4.2	106	+/-	-	-	+	101	4.2
72	-	+	-	-	100	4.2	107	-	+	-	+	74.5	5.2
73	-	+	-	-	71.5	5.4	108	-	-	-	-	61	5.6
74	-	-	-	-	77.5	4.2	109	-	+	-	-	66	5.5
75	-	-	-	-	85	4.9	110	-	+	-	-	43	6
76	-	+	-	-	79.5	5.1	111	-	+	-	-	45	6
77	+	-	-	+	64.5	5.5	112	-	+	-	+	84	4.9
78	+	-	-	-	120	3.9	113	-	+	-	+	99	4.4
79	-	-	-	-	83.5	5	114	+	+	-	+	83	4.9
80	-	-	-	-	70	5.4	115	-	+	+	-	70	5.4
81	-	+	-	-	81	5.1	116	-	+	-	+	92	4.8
82	-	-	-	-	80	5.1	117	-	+	-	-	52	5.8
83	-	-	-	-	130	3.8	118	-	+	+/-	-	115	3.9
84	+	-	-	-	88	4.9	119	+	-	-	-	96	4.65
85	+	-	-	-	120	3.9	120	-	+	-	-	110	4
86	-	-	-	-	85	4.9	121	+	-	-	-	100	4.2
87	-	-	-	-	90	4.8	122	-	+	-	-	100	4.2
88	-	-	-	-	90	4.8	123	-	+	-	-	105	4.2
89	-	+	-	-	110	4	124	-	-	-	-	120	3.9
90	-	+	-	-	100	4.2	125	-	+	-	-	115	3.9
91	+	-	-	-	82	5	126	-	-	-	-	110	4
92	+	-	-	+	90	4.8	96	-	-	+	-	130	3.8
93	+	-	-	+	90	4.8	97	-	-	-	+	83	4.9
94	-	-	-	-	70	5.4							
95	-	-	-	-	95	4.7							

ANNEXE 4 : Tableau des résultats de la cinétique d'acidification

	T=0		T=2h		T=4h		T=6h		T=8h		T=18h		T=24h	
	Ph	AC	pH	AC	pH	AC	pH	AC	pH	AC	pH	AC	pH	AC
S89	6.7	17	6.2	28.5	6	39	6	45	5.8	50	4.7	96	4	110
S96	6.7	17	6.1	30	6	37	5.9	48	5.2	68.5	4.7	94	3.8	130
S100	6.7	17	6.3	25	6	38	5.98	40	5.4	60	5	84	3.9	118
S99	6.7	17	6	39	5.9	44	5.7	55	5.7	57	5.1	76.5	4	115
S85	6.7	17	6.6	20	6.3	25	5.9	47	5.7	55.5	5.1	75.5	3.9	120
S78	6.7	17	6.2	36	6	41	5.9	59	5.4	65	4.8	91.5	3.9	120
S61	6.7	17	6.1	30	6	42	5.8	50	5.7	55	4.7	96	3.7	140
S83	6.7	17	6.6	20	6.1	30	5.8	49	5.8	60	4.9	88.5	3.8	130
S102	6.7	17	6.1	29	6	39	5.9	45	5.8	59	5.1	77	3.9	120

ANNEXE 5 : La courbe d'étalonnage de glucose



Annexe 6 : composition du milieu de plaque API50CHL

Polypeptone	10g
Extrait de levure	5g
Tween 80	1ml
Phosphate dipotassique	2g
Acétate de sodium	5g
Citrate diammonique	2g
Sulfate de magnésium	0.20g
Sulfate de manganèse	0.05g
Pourpre de bromocrésol	0.17g
Eau distillée	1000ml
pH	6.7-7.1

Résumé

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'influence saisonnière (hiver vs été) sur les propriétés microbiologiques et physico-chimiques du Jben, un fromage frais traditionnel algérien produit à partir de lait de vache cru coagulé avec la présure animale « el Hakka » dans la région nord-ouest de l'Algérie. Pour ce faire, une enquête de terrain a été menée dans la zone d'Ain Safra, suivie d'analyses microbiologiques et physico-chimiques comparatives entre les deux saisons.

L'analyse microbiologique a révélé que les bactéries lactiques constituaient le microbiote dominant du Jben, avec des concentrations moyennes (en log cfu/g) de 6,18 pour *Lactobacillus*, 6,88 pour *Lactococcus* et 5,73 pour *Leuconostoc*. Les autres microorganismes détectés comprenaient la flore mésophile totale (7,71), les levures (3,24), les moisissures (2,32), les entérobactéries (3,95) et les coliformes totaux (4,02). Par ailleurs, des indicateurs sanitaires tels que les staphylocoques (3,16), *Bacillus* (5,35) et les coliformes fécaux (2,70) ont été identifiés, tandis que les spores anaérobies et les *Salmonella* étaient absentes.

Parmi les 126 souches des bactéries lactiques isolées, la répartition était la suivante : 35,71 % *Lactobacillus*, 26,19 % *Leuconostoc*, 11,11 % *Lactococcus*, 10,31 % *Streptococcus*, 9,52 % *Enterococcus*, 6,34 % *Pediococcus* et 0,79 % d'autres genres. Une analyse ANOVA a mis en évidence des variations significatives ($p < 0,05$) entre les saisons hiver et été.

Le Jben a présenté des valeurs moyennes de pH (5,76) et de matière sèche (45,20 % p/p). Sa composition nutritionnelle comprenait 20,02 % de matières grasses, 18,64 % de protéines et 3,2 % de cendres, avec une acidité moyenne de 34°D et un taux MG/MS de 44,23 %.

Ces résultats permettent de classer le Jben comme un fromage à pâte semi-molle, au quart de matière grasse (1/4 MG) et non affiné, dont les propriétés sont influencées de manière significative par la saison de production.

35 BL ont eu un effet sur *Staphylococcus aureus*, 17 sur *Bacillus cereus* et 09 sur *Bacillus subtilis*, avec un diamètre de la zone d'inhibition variant entre 10 et 26 mm. La plus importante activité antimicrobienne a été observée chez *Leuconostoc sp.* (S6) et *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S21) avec un diamètre de la zone d'inhibition de 20 mm vis-à-vis de *Staphylococcus aureus*, et chez *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S67) avec un diamètre de la zone d'inhibition de 13 mm vis-à-vis de *Bacillus cereus* et de *Bacillus subtilis* (20 mm). Nos résultats ont montré que la plupart des substances inhibitrices produites par les BL sont de nature protéique.

Mots clés : fromage traditionnel, Jben, el Hakka, bactéries lactiques, lait de vache cru, Algérie

المخلص

كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقييم التأثير الموسمي (الشتاء مقابل الصيف) على الخصائص الميكروبيولوجية والفيزيائية والكيميائية لجبن، وهو جبن جزائري طازج تقليدي ينتج من حليب البقر الخام المتخثر مع منقحة حيوانية "الحكة" في المنطقة الشمالية الغربية من الجزائر. تحقيقاً لهذه الغاية، أجري مسح ميداني في منطقة عين الصفراء، أعقبته تحاليل ميكروبيولوجية وفيزيائية - كيميائية مقارنة بين الموسمين.

وجد التحليل الميكروبيولوجي أن بكتيريا lactiques هي الكائنات الحية الدقيقة المهيمنة في جبن، حيث بلغ متوسط تركيزات (cfu/g log) 6.18 في *Lactobacillus*، و 6.88 في *Lactococcus*، و 5.73 في *Leuconostoc*. شملت الكائنات الحية الدقيقة الأخرى التي تم اكتشافها إجمالي Flore totale (7.71)، و levures (3.24)، و moisissures (2.32)، و Enterobactéries (3.95)، و coliformes totaux (4.02). بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد مؤشرات صحية مثل *S.aureus* (3.16) و *Bacillus* (5.35) و coliformes fécaux (2.70)، في حين لم تكن *Salmonella* و spores anaerobies موجودة.

من بين 126 سلالة من BL المعزولة، كان التوزيع كما يلي: 35.71% *Lactobacillus*، 26.19% *Leuconostoc*، 11.11% *Lactococcus*، 10.31% *Streptococcus*، 9.52% *Enterococcus*، 6.34% *Pediococcus*، و 0.79% من الأنواع الأخرى. أظهر تحليل ANOVA إختلافات كبيرة ($p < 0.05$) بين فصلي الشتاء والصيف.

أظهر مؤشر Jben متوسط قيم الأس الهيدروجيني (5.76) والمواد الجافة (45.20% p/p) شملت تركيبته الغذائية 20.02% من الدهون، و 18.64% من البروتين، و 3.2% من الرماد، مع متوسط حموضة 34 درجة مئوية ومعدل.. MG / MS 44.23%

تسمح هذه النتائج بتصنيف Jben على أنه جبن شبه لين، وربع الدهون (1/4 MG) غير ناضج، وتتأثر خصائصه بشكل كبير بموسم الإنتاج.

كان ل 35 BL تأثير على *Staphylococcus aureus*، و 17 على *Bacillus cereus*، و 09 على *Bacillus subtilis*، مع قطر منطقة تثبيط يتراوح بين 10 و 26 ملم. لوحظ النشاط المضاد للميكروبات الأكثر أهمية في *Leuconostoc sp.* (S6) و *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S21) بقطر منطقة تثبيط

20 مم مقابل *S. aureus*، وفي *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S67) بقطر منطقة تثبيط 13 مم مقابل *Bacillus cereus* و *Bacillus subtilis* (20 مم). أظهرت نتائجنا أن معظم المواد المثبطة التي تنتجها BL هي ذات طبيعة بروتينية.

الكلمات: الجبن التقليدي، جبن، الحكة، بكتيريا الحليب، حليب البقر الخام، الجزائر

Abstract

Jben, a traditional cheese produced in northwest of Algeria. This fresh cheese is made from raw cow's milk coagulated by "el Hakka" animal rennet. The main objective of this work is to determine seasonal influence on the microbiological and physicochemical Jben properties. A survey on the Jben and "el Hakka" was conducted in situ, in the Ain Safra region. Microbiological and physico-chemical analysis were carried out and compared between two seasons (Winter and summer) using a T student-test (at $P < 0.05$) for microbiological and ANOVA (at $P < 0.05$) test for physicochemical data.

Microbiological analysis results show that lactic acid bacteria were dominant microbiota in Jben. The means values for *Lactobacillus*, *Lactococcus* and *Leuconostoc* were 6.18, 6.88, and 5.73 log cfu/g of product respectively. Total mesophilic flora, yeasts, moulds, Enterobacteria, and total coliforms were detected with 7.71, 3.24, 2.32, 3.95 and 4.02 log cfu/g respectively. On the other hand, we detected sanitary microorganisms such as staphylococci, *Bacillus* and faecal coliforms with 3.16, 5.35 and 2.70 log cfu/g respectively. We have not detected Anaerobic spores and *Salmonella ssp* in any sample of the cheese samples. Cheeses were characterized by their mean values of pH (5.76) and dry matter contents (45.20 % w/w). The means values Fat, Protein and ash contents were 20.02 %, 18.64 % and 3.2 % respectively. The means values for Acidity, and Fat/DM were, 33.93 °D, and 44.23%, respectively. A round 126 acid lactic bacteria were identified that 35.71% *Lactobacillus*, 26.19% *Leuconostoc*, 11.11% *Lactococcus*, 10.31% *Streptococcus*, 9.52% *Enterococcus*, 6.34% *Pediococcus*, 0.79% **others**. The ANOVA analysis showed that there was a highly significant difference between the two seasons at $p < 0.05$. The traditional Jben cheese is classified as a semi-soft, 1/4 fat and non-ripened cheese.

35 LAB had an effect on *Staphylococcus aureus*, 17 on *Bacillus cereus* and 09 on *Bacillus subtilis*, with an inhibition zone diameter ranging from 10 to 26 mm. The most significant antimicrobial activity was observed in *Leuconostoc sp.* (S6) and *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S21), which exhibited an inhibition zone diameter of 20 mm against *S. aureus*. The highest inhibition zone diameter against *B. cereus* and *B. subtilis* (20 mm) was observed in *Leuconostoc mesenteroides sp. mesenteroides* (S67), with an inhibition zone diameter of 13 mm. Our results showed that most of the inhibitory substances produced by LB are proteinaceous in nature.

Key words: traditional cheese, Jben, el Hakka, lactic acid bacteria