

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis
Mostaganem



جامعة عبد الحميد ابن باديس

مستغانم

Faculté des Sciences de la Nature et
de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de fin d'études

Présenté par

DOUNANE Halima

Pour l'obtention du diplôme de

Master en Sciences Alimentaires

Spécialité : Production et transformation laitière

THÈME

**Optimisation du procédé de fabrication d'un fromage
local de type J'ben avec une flore lactique autochtone .**

Soutenu publiquement le 03/07/2025

Devant les membres du jury

Président	Dr DAHOU Abdelkader El Amine	Maître de conférences A	U. Mostaganem
Examinatrice	Dr ALACHAHER Fatima Zohra	Maître de conférences B	U. Mostaganem
Encadreur	Dr CHERRAD HAYAT	Maître de conférences B	U. Mostaganem

Travail réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale

Année universitaire 2024-2025

Remerciement

Avant toute chose, je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires à la réalisation de ce travail. J'exprime ma profonde gratitude à Dr CHERRAD Hayet, ma directrice de mémoire, pour son accompagnement précieux, sa disponibilité, ainsi que pour la qualité de ses orientations et de ses conseils, qui m'ont guidée tout au long de cette étude. Je souhaite également remercier chaleureusement l'ensemble du corps enseignant du parcours Production et Transformation Laitière, relevant du département des Sciences Alimentaires de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour leur encadrement et leur soutien tout au long de ma formation. Ma reconnaissance va aussi à Dr DAHOU Abdelkader El Amine , président du jury, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider la soutenance, ainsi qu'à Dr ALACHAHER Fatima Zahra, examinatrice, pour l'attention et l'intérêt portés à mon travail. Je remercie sincèrement Dr DAHOU Abdelkader, Directeur du Laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale (STPA), pour les moyens mis à ma disposition durant mon stage. Mes remerciements s'adressent également à tout le personnel du laboratoire pour leur accueil, leur assistance et leurs conseils, ainsi qu'aux doctorants et particulièrement à M. BENCHARRAT Noureddine, ingénieur du laboratoire, pour son aide précieuse. Enfin, j'exprime toute ma reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce mémoire. Merci infiniment à vous toutes et tous.

Dédicaces

On dédie ce travail

A nos très chers parents

Nos mères qui ont œuvré pour notre réussite, de par leur amour, leur soutien, tous les sacrifices consentis et leurs précieux conseils, pour toute leur assistance et leur présence dans notre vie, reçoivent à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de nos sentiments et nos éternelles gratitude.

Nos pères, qui peuvent être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour nous aider à avancer dans la vie. Puisse dieu faire en sorte que ce

travail porte son fruit ; merci pour

les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de vous.

A nos frères et sœurs pour leurs soutiens et leurs présences à nos coté, ils font le bonheur de notre vie.

Aux personnes qui nous ont toujours aidés et encouragés et qui étaient toujours à nos coté, nos aimables amis, frères et sœurs de cœurs, veuillez croire à notre profond respect et notre grande amitié.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, je vous dis

Résumé

Ce mémoire porte sur l'optimisation du procédé de fabrication du fromage traditionnel algérien J'ben, en s'appuyant sur l'utilisation d'une flore lactique autochtone sélectionnée. L'étude vise à améliorer la qualité microbiologique, physico-chimique et sensorielle du fromage, tout en prolongeant sa durée de conservation. Le lait cru de vache utilisé, présente une qualité satisfaisante, avec un pH de 6,73, une acidité titrable de 20 °D et un extrait sec de 16,7%, conformes aux normes internationales de la Fédération Internationale du Lait (FIL). La coagulation lactique est obtenue sans présure, par inoculation d'un mélange de ferments lactiques autochtones favorisant une acidification progressive et un caillé homogène. Les analyses physico-chimiques du J'ben révèlent un pH final de 4,78, une acidité élevée (130 °D) et un extrait sec de 24,22%, indiquant une fermentation active et une bonne concentration des solides. La charge microbienne, notamment la flore mésophile totale et la flore lactique mésophile, augmente significativement après fabrication, confirmant une fermentation efficace et conforme aux recommandations de la FIL pour les fromages frais. L'identification morphologique met en évidence une évolution microbienne équilibrée, avec une dominance initiale de *Lactococcus* dans le lait et une prédominance de *Lactobacillus* dans le fromage, ce qui contribue à la texture, à l'acidité et au développement des arômes typiques du J'ben. Le rendement fromager atteint 24,95%, supérieur aux standards traditionnels, témoignant d'une meilleure valorisation de la matière première grâce à l'optimisation du procédé.

Ces résultats démontrent que l'utilisation d'une flore lactique autochtone permet d'améliorer la qualité microbiologique, physico-chimique et sensorielle du J'ben, tout en assurant une meilleure conservation et un rendement accru. Cette approche valorise le savoir-faire artisanal tout en répondant aux exigences modernes de qualité et de sécurité alimentaire, ouvrant la voie

à une production plus standardisée et à une meilleure reconnaissance de ce fromage traditionnel sur les marchés nationaux et internationaux.

Mots clés :Fromage J'ben, Flore autochtone, Optimisation technologique, bactérie lactique.

Abstract

The aim of the study is to improve the microbiological, physico-chemical and sensory quality of the cheese, while extending its shelf life. The raw cow's milk used is of satisfactory quality, with a pH of 6.73, a titratable acidity of 20°D and a dry extract of 16.7%, in line with the international standards of the International Dairy Federation (IDF). Lactic coagulation is achieved without rennet, by inoculating a mixture of indigenous lactic ferments to promote progressive acidification and a homogeneous curd. Physico-chemical analyses of the J'ben show a final pH of 4.78, high acidity (130°D) and a dry extract of 24.22%, indicating active fermentation and a good concentration of solids. The microbial load, in particular the total mesophilic flora and the mesophilic lactic flora, increased significantly after manufacture, confirming effective fermentation in line with IDF recommendations for fresh cheeses. Morphological identification reveals a balanced microbial evolution, with an initial dominance of *Lactococcus* in the milk and a predominance of *Lactobacillus* in the cheese, which contributes to the texture, acidity and development of flavours typical of J'ben. Cheese yield reached 24.95%, higher than traditional standards, demonstrating that the raw material was better exploited by optimising the process.

These results show that using an indigenous lactic flora improves the microbiological, physico-chemical and sensory quality of J'ben, while ensuring better preservation and higher yields. This approach enhances traditional know-how while meeting modern quality and food safety requirements, paving the way for more standardised production and greater recognition of this traditional cheese on national and international markets.

Key words: NJ'ben cheese, Native flora, Technological Optimisation, Lactic acid bacteria.

الملخص

الهدف من الدراسة هو تحسين الجودة الميكروبيولوجية والفيزيائية الكيميائية والحسية للجبن، مع إطالة مدة صلاحيته. يتميز حليب الأبقار الخام المستخدم بجودة مرضية، حيث يبلغ الرقم الهيدروجيني 73.6، والحموضة القابلة للمعايرة 20 درجة مئوية والخلصة الجافة 7.16%، بما يتماشى مع المعايير الدولية للاتحاد الدولي للألبان (IDF). يتم تحقيق التخثر اللبني دون استخدام المنفحة، عن طريق تلقيح خليط من الخمائر اللبنية المحلية لتعزيز التخمض التدريجي وختارة

متجانسة. تظهر التحاليل الفيزيائية والكيميائية للجبن درجة حموضة نهائية تبلغ 78.4، وحموضة عالية (130 درجة مئوية) ومستخلص جاف بنسبة 22.24%، مما يشير إلى تخمير نشط وتركيز جيد للمواد الصلبة. وقد زاد الحمل الميكروبي، ولا سيما النباتات الميكروبية الكلية والنباتات اللبنية المتوسطة الحجم، بشكل ملحوظ بعد التصنيع، مما يؤكد التخمير الفعال بما يتماشى مع توصيات الاتحاد الدولي للجبن الطازج. يكشف التحديد المورفولوجي عن تطور ميكروبي متوازن، مع هيمنة أولية للمكورات اللبنية في الحليب وهيمنة اللاكتوباسيلوس في الجبن، مما يساهم في القوام والحموضة وتطور النكهات النموذجية للجبن. بلغت نسبة إنتاجية الجبن 95.24%، وهي نسبة أعلى من المعايير التقليدية، مما يدل على استغلال المادة الخام بشكل أفضل من خلال تحسين العملية.

تظهر هذه النتائج أن استخدام النباتات اللبنية المحلية يحسن من الجودة الميكروبيولوجية والفيزيوكيميائية والحسية لجبن الجبن، مع ضمان حفظ أفضل وإنتاجية أعلى. ويعزز هذا النهج المعرفة التقليدية مع تلبية متطلبات الجودة الحديثة وسلامة الأغذية، مما يمهد الطريق لإنتاج أكثر توحيداً واعترافاً أكبر بهذا الجبن التقليدي في الأسواق الوطنية والدولية.

الكلمات المفتاحية: جبن الجبن، النباتات المحلية، التحسين التكنولوجي، بكتيريا حمض اللاكتيك.

Table des matières

REMERCIEMENT

DEDICACES

RESUME ABSTRACT

الملخص

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION 1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I PRESENTATION DU FROMAGE

I. Présentation du fromage 4

I.1 Définition 4

I.2 Différents types (familles) de fromages 4

I.2.1 Fromages frais ou à pâte fraîche 4

I.2.2 Fromages à pâte Molle 4

I.2.3 Fromages à pâte pressée 4

I.2.4	Les fromages à base de chèvre	5
I.2.5	Les fromages fondus	5
I.3	Principes généraux de fabrication du fromage	5
I.3.1	Coagulation	5
I.3.1.1	Coagulation enzymatique	5
I.3.1.2	Coagulation acide	5
I.3.1.3	Coagulation hybride	6
I.3.2	Égouttage, pressage, salaison et affinage	6
I.4	Éléments affectant la qualité du fromage	7
I.4.1	Température	7
I.4.2	pH	7
I.4.3	Humidité	7
I.4.4	La qualité du lait	7

I.	Le fromage en Algérie	9
I.1	Les différents fromages typiques d'Algérie	9
I.1.1	Klila	9
I.1.2	Bouhezza	9
I.1.3	Ighounane	9
I.1.4	Takammart	9
I.1.5	Aoules	10
I.1.6	J'ben	10
I.1.7	Medeghissa (Imedghest)	10
I.1.8	Takemarit	10
I.1.9	Lbakhbakhane	10
II.	Présentation du fromage j'ben	11
II.1	Définition	11
II.2	État des lieux du fromage à l'échelle mondiale	11
II.3	Origine et tradition de production	11
II.3.1	Fabrication traditionnelle du fromage J 'ben	11
II.3.2	Éléments affectant la qualité (température, pH, humidité)	12
II.4	Amélioration des processus dans le secteur agroalimentaire.	12
II.5	Rôle des bactéries désirables et indésirables dans la fabrication du fromage Jben	13

PARTIE EXPERIMENTALE

METHODOLOGIE

I.	Matériel et Méthodes	16
I.1	Cadre d'étude	16
I.2	Matières premières	16
I.3	Analyse du le lait	16
I.3.1	Analyses physico-chimiques	16
I.3.2	Préparation de l'échantillon	16
I.3.2.1	Mesure du pH du lait	17
I.3.2.2	Évaluation de l'acidité titrable dans le lait	18
I.3.2.3	Détermination de l'extrait sec total du lait	18
I.3.2.4	Test de lactofermentation	18
I.3.3	Analyses microbiologiques du lait	18
I.3.4	Détermination de la flore mésophile totale sur milieu PCA	19
I.3.4.1	Ensemencement sur PCA	19
I.3.4.2	Détermination de la flore d'intérêt sur milieu MRS	20
I.3.4.3	Ensemencement en conditions aérobies	20
I.3.4.4	Ensemencement en conditions anaérobies	20

I.3.5	Observation microscopique	21
I.3.6	Observation microscopique :	21
I.3.7	Conservation des isolats	22
I.4	. Protocole expérimental	22
I.4.1	Matière première 'le lait	22
I.4.2	Coagulation	22
I.4.3	Égouttage	25
I.5	Les analyses physico-chimiques du fromage	26
I.5.1	Mesure du pH	26
I.5.2	Acidité titrable	26
I.5.3	Détermination du rendement fromager	27
I.6	Les analyses microbiologiques du fromage	27
I.6.1	Préparation de la solution mère et des dilutions décimales	27
I.7	Analyses microbiologiques du lait	28
I.7.1	Ensemencement sur PCA	28

I.7.2	Ensemencement sur milieu MRS	28
	
I.7.2.1	Ensemencement en conditions aérobies	28
I.7.2.2	Ensemencement en conditions anaérobies	28
I.8	La conservation des isolats	29

RESULTATS ET DISCUSSION

I.	Résultats analyse physique chimique du lait	31
I.1	PH	31
I.2	Acidité	31
I.3	Extrait sec	31
II.	Résultant de test de lactofermentation	32
II.1	Température de coagulation	32
II.2	PH	32
	II.3 Acidité	32
	
III.	Analyse physico-chimique par Lactoscan	33
III.1	Matière grasse	34
III.2	Densité	34
	
III.3	Conductivité	34
III.4	Matière sèche	34
III.5	Protéines	35

III.6	PH	35
III.7	Acidité	35
III.8	Lactose	35
III.9	Sels minéraux	35
III.10	. Point de congélation	35
IV.	Résultats analyse physique chimique du J'ben	36
IV.1	pH	36
IV.2	Acidité	36
IV.3	Extrait sec	36
IV.4	Dénombrement microbiologique	37
	IV.4.1 Flore mésophile totale (PCA)	37
	IV.4.1.1 Observation microscopique des colonies des biotes (milieu PCA)	38
	IV.4.2 Flore lactique mésophile (MRS – Aérobie)	39
	IV.4.2.1 Flore lactique dans le lait	39
	IV.4.2.2 Flore lactique dans le fromage J'ben	40
	IV.4.2.3 Flore lactique mésophile dans le lait	41
	IV.4.2.4 Flore lactique dans le fromage J'ben	41
	IV.4.3 Analyse qualitative de la flore (identification morphologique)	42

V. Amélioration du rendement et de la conservation	45
V.1 Méthode de calcul du rendement	46
CONCLUSION	48
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXE	55

Liste des abréviations

- ANOVA : Analysis of Variance (Analyse de la variance)
- CFU : Colony-Forming Unit (Unité Formant Colonie)
- °D : Degré Dornic (mesure de l'acidité titrable)
- GMP : Good Manufacturing Practices (Bonnes pratiques de fabrication)
- HACCP : Hazard Analysis and Critical Control Points (Analyse des dangers et points critiques pour leur maîtrise)
- HTST : High-Temperature Short-Time (Pasteurisation haute température courte durée)
- ISO : Organisation Internationale de Normalisation
- L : Lactose
- LAB : Bactéries lactiques (Lactic Acid Bacteria)
- MG : Matière grasse
- MRS : Milieu de culture de Man, Rogosa et Sharpe MS :
Matière sèche
- p : Probabilité dans un test statistique
- PCA : Plate Count Agar (milieu de dénombrement de la flore mésophile) pH :
Potentiel hydrogène (mesure de l'acidité)
- R² : Coefficient de détermination
- SD : Standard Deviation (Écart-type)
- SEM : Standard Error of the Mean (Erreur standard de la moyenne)
- TS : Teneur en solides
- UF : Ultrafiltration
- UHT : Ultra-High Temperature (Traitement thermique ultra haute température)

Liste des tableaux

Tableau 1:Flore lactique et d'affinage sélectionné pour l'essai de préparation fromagère à caillé lactique pré-affiné.....	23
Tableau 2:Résultats d'analyse physique chimique du lait.....	31
Tableau 3:Point de lactofermentation selon la température	32
Tableau 4:Analyse physico-chimique par Lactoscan.....	33

Tableau 5:Résultats analyse physique chimique du J'ben	35
Tableau 6:Résultats de la numération microbienne (UFC\g).....	36
Tableau 7:Résultats de la dénombrement microbienne (UFC\g).....	38
Tableau 8::Résultats de la dénombrement microbienne (UFC-\g).....	40
Tableau 9:dilution et morphologie dominante des échantillons de PCA	42
Tableau 10:dilution et morphologie dominante des échantillons de MRS aérobie.....	43
Tableau 11:dilution et morphologie dominante des échantillons de MRS anaérobie	43

Liste des figures

Figure 1:Lactoscan analyseur du lait en spectroscopie infra-rouge.	17
Figure 2:schéma de la duitions solution mère	19
Figure 3:Réalisation de dilutions décimales successives des échantillons de lait en vue de l'ensemencement microbiologique	19
Figure 4:ensemencement des dilutions décimales sur milieu MRS	21
Figure 5:traitement thermique du lait au bain marie en vue de la fabrication du fromage	23
Figure 6:incubation du lait traité pendant 24 heures en vue de la coagulation	24
Figure 7: aspect du lait coagulé après 24 heures d'incubation	24
Figure 8:égouttage du lait coagulé pour l'extraction du caillé	25
Figure 9:égouttage statique du caillé par suspension du réfrigérateur	25

Figure 10:fromage final obtenu après égouttage, utilisé pour le calcul du rendement ...	27
Figure 11:dilution décimale successives des échantillons de fromage	27
Figure 12:préparation des souches bactériennes pour la conservation	29
Figure 13:Stockage des souches bactériennes au congélateur à -20 °c	29
Figure 14:effet de la température sur le point de lactofermentation du lait	33
Figure 15:observation microscopique des colonies des biotes (milieu PCA)	38
Figure 16:Observation microscopique des colonies sur milieu MRS	40
Figure 17:observation microscopique des colonies des biotes (milieu MRS anaérobie) ..	42
Figure 18:bactérie lactococcus et lactobacillus	43
Figure 19:Observation microscopique après coloration de J'ben (lactobacillus)	43
Figure 20 :bactérie lactococcus et lactobacillus	44

Liste des annexes

Annexe 1:Composition des milieux de culture	55
Annexe 2:Normes de qualité hygiénique (FAO/OMS, 2019) et de conformité physico- chimique des laits (IDF, 2018)	56
Annexe 3:Appareil utilisés	57
Annexe 4:Interprétation des résultats du test de lactofermentation	58



INTRODUCTION

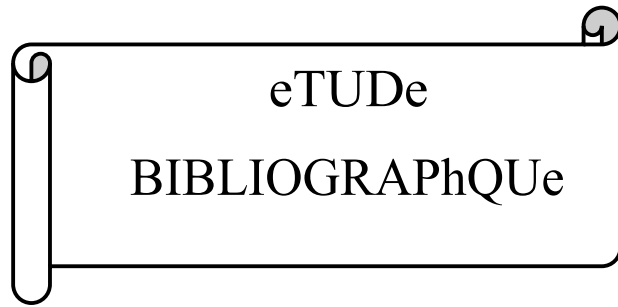
Introduction

L'Algérie possède une riche tradition fromagère, fruit d'un savoir-faire artisanal transmis de génération en génération (Saidane et al., 2022). Les fromages algériens, élaborés principalement à partir de lait cru de vache, de chèvre ou de brebis, sont très variés et reflètent la diversité régionale du pays, parmi les fromages traditionnels, on peut citer la K'bila, le Takammart, le Bouhezza et surtout le J'ben, qui occupe une place importante dans l'alimentation quotidienne, notamment dans le nord et l'est de l'Algérie (Metrouh et al., 2022).

Le J'ben, également appelé fromage blanc frais, est traditionnellement préparé à partir de lait cru coagulé à l'aide d'acide lactique ou de présure, puis égoutté et parfois légèrement salé. Il est apprécié pour sa texture douce et crémeuse, son goût frais et sa grande polyvalence culinaire (Saidane et al., 2022). Cependant, ce fromage artisanal présente certaines limites, notamment une qualité microbiologique variable, une durée de conservation courte et une irrégularité dans les caractéristiques physico-chimiques (Crafting Algerian J'ben, 2023).

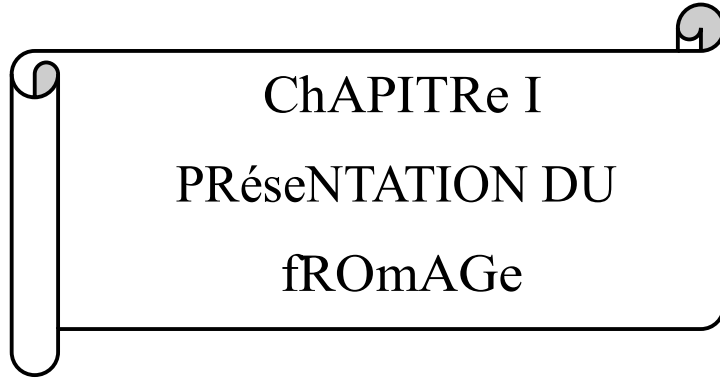
Avec l'évolution des attentes des consommateurs et l'importance croissante de la sécurité alimentaire, il devient indispensable d'optimiser le procédé de fabrication du J'ben afin d'obtenir un produit stable, sûr et sensoriellement apprécié. Une des solutions les plus prometteuses réside dans l'utilisation d'une flore lactique autochtone, issue de la microflore traditionnelle du J'ben. Ces souches locales, naturellement adaptées aux conditions environnementales spécifiques, contribuent à améliorer la qualité microbiologique, la texture, et les propriétés organoleptiques du fromage tout en préservant son identité typique (Metrouh et al., 2022 ; Saidane et al., 2022).

Ainsi, l'objectif principal de ce travail est d'optimiser le procédé de fabrication du J'ben en intégrant une flore lactique autochtone sélectionnée, dans le but d'améliorer la qualité microbiologique et sensorielle du produit, de prolonger sa durée de conservation et de préserver ses caractéristiques traditionnelles.



eTUDe

BIBLIOGRAPhQUe



ChAPITRe I

PRéseNTATION DU

fROmAGe

I. Présentation du fromage

I.1 Définition

Le fromage est un produit dérivé du lait obtenu par la coagulation de ce dernier, suivie de l'évacuation du caillé, processus qui permet de séparer les éléments solides (caséine et matières grasses) du lactosérum. Il représente une importante ressource nutritive, riche en protéines, calcium et vitamines. Sa méthode de production peut fluctuer en fonction des coutumes locales, des sortes de lait employées (vache, chèvre, brebis, etc.) et des cultures microbiennes concernées (Fox et al. 2017).

I.2 Différents types (familles) de fromages

Divers genres (catégories) de fromages Les fromages sont catégorisés en diverses familles selon leur méthode de production, leur consistance et leur maturation. Voici une présentation approfondie des principales catégories :

I.2.1 Fromages frais ou à pâte fraîche

Les fromages frais, comme le fromage blanc et la ricotta, se distinguent par leur manque de maturation. Ils doivent être consommés peu après leur production, possèdent une consistance crémeuse et ont une faible teneur en graisses. Leur production se base sur une méthode simple, souvent enrichie par l'introduction de ferments lactiques pour créer une subtile acidité (Garel, 2020).

I.2.2 Fromages à pâte Molle

Ces fromages, tels que le camembert et la brie, ont une croûte fleurie ou lavée et présentent une consistance molle. Leur maturation prend généralement plusieurs semaines, favorisant l'épanouissement de saveurs abondantes grâce aux micro-organismes qui se trouvent dans la croûte et la pâte (Fox et al, 2017).

I.2.3 Fromages à pâte pressée

Les fromages à pâte pressée, comme le comté et l'emmental, sont produits grâce à un caillé qui est compressé pour éliminer une grande portion du lactosérum. Cette méthode favorise une consistance solide et une conservation améliorée. Leur maturation peut s'étendre sur plusieurs mois, générant des goûts sophistiqués (Walther et al., 2008). 4

I.2.4 Les fromages à base de chèvre

Les fromages de chèvre, tels que le crottin et la bûchette, se caractérisent par l'utilisation de lait de chèvre qui leur donne une saveur distincte et généralement légèrement acide.

Selon leur processus de production et d'affinage, ils peuvent se classer dans diverses catégories (frais, à pâte molle, etc.) (Garel, 2020).

I.2.5 Les fromages fondus

Ces fromages, tels que les portions fondantes ou les pâtes à tartiner, sont le fruit d'une combinaison de fromages naturels chauffés et émulsionnés avec des substances stabilisantes. Ils présentent une durée de conservation prolongée et une texture uniforme, appropriés pour des applications pratiques (Fox et al, 2017).

I.3 Principes généraux de fabrication du fromage

I.3.1 Coagulation

La coagulation est une phase essentielle dans la production du fromage. Elle permet de métamorphoser le lait liquide en un gel solide (le caillé), grâce à l'intervention des enzymes, des acides ou d'une combinaison des deux.

I.3.1.1 Coagulation enzymatique

Ce processus est accompli en intégrant de la présure, une enzyme tirée de l'estomac des jeunes ruminants, ou par le biais d'enzymes microbiennes (comme la chymosine). Cette technique génère un gel riche en protéines (caséine) et en matières grasses, souvent utilisé pour les fromages affinés (Fox et al, 2017).

I.3.1.2 Coagulation acide

Elle s'appuie sur l'acidification du lait via l'ajout de ferments lactiques (*Lactococcus*, *Streptococcus*). Ces bactéries transforment le lactose en acide lactique, réduisant le pH et entraînant la coagulation. Cette procédure est caractéristique des fromages frais, tels que le fromage blanc (Garel, 2020).

I.3.1.3 Coagulation hybride

Cette méthode associe l'utilisation de la présure et du processus d'acidification microbienne. On l'utilise fréquemment pour les fromages semifrais ou semi- durs, procurant une harmonie entre la texture et le goût (Walther et al., 2008).

I.3.2 Égouttage, pressage, salage et affinage

Plusieurs phases consécutives permettent de convertir le lait caillé en fromage après la coagulation.

- Égouttage :Le lactosérum est extrait du caillé par gravité ou par un mouvement doux. Cette phase a un impact sur la consistance du fromage. Les fromages frais ont un égouttage léger, alors que les fromages à pâte pressée requièrent un égouttage plus intensif (Fox et al., 2017).

- Pressage :

Cette phase implique l'exercice d'une pression sur le caillé afin de chasser plus de lactosérum et de condenser la masse. Elle a un impact sur la consistance et la texture des fromages à pâte pressée (par exemple, le comté) (Walther et al., 2008).

- Salage :

Le salage peut être effectuée en immergeant dans une saumure ou en appliquant du sel sec. Cette phase contribue à la préservation et à l'évolution des saveurs (Garel, 2020).

- Affinage :

L'affinage est un processus de maturation maîtrisé où les microorganismes (comme les bactéries, levures et moisissures) participent à l'élaboration des goûts et des textures. Le temps nécessaire pour cette phase dépend du genre de fromage, oscillant entre quelques jours (fromages frais) et plusieurs mois (pâtes pressées) (Fox et al., 2017).

Divers facteurs ont un impact sur la qualité finale du fromage :

I.4.1 Température

La croissance des ferments et la consistance du produit sont influencées par la température lors de la fabrication et de l'affinage. Par exemple, une température excessive durant la coagulation peut dégrader la structure du caillé (Walther et al, 2008).

I.4.2 pH

Le pH influence la coagulation et l'évolution des parfums. Un pH trop bas peut provoquer une consistance trop friable, alors qu'un pH élevé restreint la durée de conservation (Garel, 2020).

I.4.3 Humidité

Elle a un impact sur le contenu en eau et donc, sur la consistance. Les fromages à pâte molle ont une teneur en humidité plus élevée, alors que les pâtes pressées, plus sèches, se conservent mieux (Fox et al, 2017).

I.4.4 La qualité du lait

La qualité du lait est l'un des facteurs les plus fondamentaux et les plus importants qui influencent directement la qualité finale du fromage.

La composition du lait et sa teneur en matière grasse, en protéines (caséines, protéines sériques), en lactose et en minéraux (notamment le calcium) ainsi que le pH initial du lait, son acidité et son aptitude à la coagulation affectent directement sur le rendement du fromage, sa texture, sa saveur et sa valeur nutritionnelle.

La qualité microbiologique du lait est aussi primordiale dans la fabrication du fromage la présence d'une flore indésirables dans le lait peut entraîner des défauts de saveur (goûts amers, acides, rances), des problèmes de texture) et des risques sanitaires dans le fromage.



ChAPITRe II fROmAGe
eN ALGéRIe

I. Le fromage en Algérie

Le fromage occupe une place importante dans la culture culinaire algérienne, bien qu'il soit moins consommé que dans d'autres pays méditerranéens. En Algérie, la tradition fromagère est influencée par divers facteurs, notamment l'histoire, la géographie et les pratiques agricoles.

L'Algérie a une grande variété de fromages traditionnels avec des préparations souvent transmises de génération en génération, utilisant du lait de vache, de chèvre et de brebis.

I.1 Les différents fromages typiques d'Algérie

I.1.1 Klila

L'Klila est un fromage sec élaboré essentiellement à partir de lait de chèvre ou de vache. Il est obtenu par un égouttage prolongé du caillé, suivi d'un séchage à la lumière du soleil. Ce fromage est apprécié pour sa longue conservation et sa texture granuleuse. Il est souvent utilisé dans les plats traditionnels comme le couscous (Bencharif, 2001).

I.1.2 Bouhezza

Le Bouhezza, qui vient de la région des Chaouias, est un fromage affiné préparé dans une peau de chèvre ou de brebis connue sous le nom de Chekoua. Cette méthode exclusive favorise l'élaboration de goûts sophistiqués et d'une texture distinctive. On a souvent recours à l'assaisonnement du Bouhezza avec du piment rouge pour relever les plats traditionnels (Aissaoui, 2014).

I.1.3 Ighounane

Produit dans les régions montagneuses, l'Ighounane est un fromage frais fabriqué à partir de lait cru. Il est consommé rapidement après sa fabrication et se distingue par sa saveur douce et sa texture crémeuse (Lahsaoui, 2009)

I.1.4 Takammart

Le fromage Takammart, qui est principalement produit dans les zones sahariennes, est un fromage à pâte sèche. Ce dernier est fabriqué par un séchage prolongé du caillé, ce qui lui donne une consistance rigide et une durée de conservation étendue. On a coutume de manger ce fromage avec des dattes ou du pain traditionnel (Bencharif, 2001).

I.1.5 Aoules

L'Aoules est un fromage frais élaboré à partir de lait de chèvre ou de brebis. On le parfume fréquemment avec des herbes de la région afin d'intensifier son goût. Ce fromage, qui se consomme frais, est une source majeure de protéines dans les zones rurales (Saoudi, 2012).

I.1.6 J'ben

Le J'ben, aussi appelé J'ben, est un fromage frais très populaire dans la partie nord de l'Algérie. Il est produit par la coagulation du lait à l'aide de plantes telles que le cardon ou le latex de figuier. Ce fromage est fréquemment dégusté seul ou accompagné d'épices pour accentuer sa saveur (Bencharif, 2001).

I.1.7 Medeghissa (Imedghest)

La production de ce fromage se fait principalement dans les zones sahariennes. Il est élaboré à partir de lait de chèvre ou de brebis, caractérisé par une consistance solide et un goût subtilement acidulé. On utilise fréquemment la Medeghissa dans les mets traditionnels (Aissaoui, 2014).

I.1.8 Takemarit

Le Takemarit est un fromage sec fabriqué dans les zones sahariennes. Il est produit par un séchage prolongé du caillé, ce qui lui permet d'acquérir une consistance ferme et une longue conservation. On consomme fréquemment ce fromage avec des mets typiques (Bencharif, 2001).

I.1.9 Lbakhbakhane

Le Lbakhbakhane, provenant des zones rurales, est un fromage frais élaboré à partir de lait cru. Il est fréquemment parfumé avec des épices locales pour intensifier son goût. On consomme généralement ce fromage peu de temps après sa production (Saoudi, 2012).

II. Présentation du fromage j'ben

II.1 Définition

Ce fromage est un produit dérivé du lait, obtenu par le processus de coagulation du lait et par la suite, séparation du caillé pour en extraire le liquide. Cette méthode consiste à séparer les

éléments solides (caséine et graisses) du lactosérum. En particulier, le fromage j'ben est un produit traditionnel élaboré à partir de lait cru provenant de vache, chèvre ou brebis. Il est réputé pour sa consistance granuleuse et son goût légèrement acide, habituellement mangé frais ou suite à un séchage prolongé (Fox et al., 2017).

II.2 État des lieux du fromage à l'échelle mondiale

La production annuelle de fromage à l'échelle mondiale, qui dépasse les 20 millions de tonnes, témoigne d'une évolution constante du marché. Parmi les producteurs majeurs, on retrouve l'Union européenne, les États-Unis et la Nouvelle-Zélande. Le fromage occupe une place centrale dans de multiples cultures, et sa consommation s'accroît dans les nations en développement. Néanmoins, parmi les problématiques se trouvent la pérennité de la production et les variations des coûts des matières premières (Team France Export, 2024).

II.3 Origine et tradition de production

Le j'ben trouve ses racines dans les traditions pastorales des zones rurales de l'Algérie. Elle est fabriquée selon des techniques traditionnelles qui se transmettent de génération en génération. La coagulation du lait est effectuée grâce à l'utilisation de présure naturelle ou de ferments lactiques, puis il est égoutté et parfois séché afin d'augmenter sa durée de conservation (Aissaoui, 2014).

II.3.1 Fabrication traditionnelle du fromage J 'ben

Le fromage J'ben est un fromage frais préparé traditionnellement dans plusieurs régions de l'Algérie notamment dans les zones rurales. Plusieurs techniques de fabrication sont utilisées pour préparer le fromage J'ben ce qui aboutit à des produits aux caractéristiques très variées (Mennane et al. 2007). La fabrication de ce fromage traditionnel algérien est affectée par plusieurs facteurs. Afin d'avoir les meilleures performances au cours de la fabrication, il est bien évident de déterminer ces facteurs et de les optimiser. Le choix de la méthode d'optimisation présente une importance primordiale où une optimisation incorrecte provoque une faible production de ce fromage

II.3.2 Éléments affectant la qualité (température, pH, humidité)

Plusieurs éléments ont un impact sur la qualité du j'ben :

- Température : Une température excessive pendant la coagulation peut modifier la consistance du caillé
- pH : Un niveau de pH idéal est essentiel pour la coagulation et l'évolution des arômes. Un pH trop acide peut causer la friabilité du fromage, alors qu'un pH trop alcalin restreint sa durée de conservation (Fox et al, 2017).
- Humidité : Elle définit la texture et la longévité. Une humidité élevée favorise une consistance crémeuse, alors qu'une humidité faible prolonge la durée de conservation (Walther et al, 2008).

II.4 Amélioration des processus dans le secteur agroalimentaire.

Facteurs affectant l'efficacité : Plusieurs facteurs essentiels qui affectent le rendement sont impliqués dans l'optimisation des procédés agroalimentaires du lait. La qualité du lait brut, en particulier sa teneur en graisses et en protéines, est primordiale. Les conditions de chaleur utilisées, comme la pasteurisation ou l'ultrafiltration, ont aussi un impact sur la coagulation et la concentration des protéines, ce qui affecte par conséquent la qualité et le volume des produits finaux. Par ailleurs, des éléments tels que la gestion du bétail et la qualité de l'alimentation du bétail influencent directement la production de lait au sein des fermes agricoles. Ces améliorations favorisent une meilleure efficacité énergétique et la pérennité des processus industriels.

Méthodes contemporaines d'optimisation :

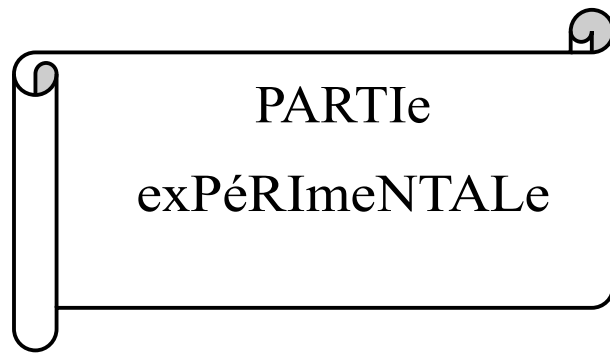
Les progrès technologiques proposent des méthodes pour améliorer la fabrication du fromage :

- Ultrafiltration : Cette méthode permet de concentrer les protéines présentes dans le lait avant la coagulation, ce qui augmente par conséquent le rendement.
- Sélection de ferments lactiques : Ils rehaussent la qualité microbiologique et organoleptique du fromage.
- Automatisation : Les dispositifs automatisés garantissent un suivi minutieux des paramètres de production, minimisant ainsi les fluctuations de qualité (Endress et Hauser, 2023).

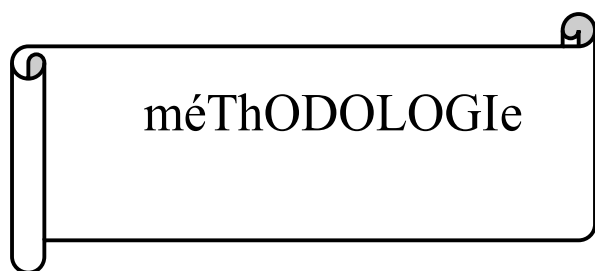
II.5 Rôle des bactéries désirables et indésirables dans la fabrication du fromage Jben

Dans la fabrication traditionnelle du fromage Jben, les bactéries jouent un rôle fondamental dans les transformations biochimiques du lait. Les bactéries lactiques, telles que *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus plantarum* et *Leuconostoc mesenteroides*, sont particulièrement recherchées pour leur capacité à produire de l'acide lactique, ce qui permet l'acidification du lait, favorisant ainsi la coagulation et la formation du caillé. Elles participent aussi au développement des arômes caractéristiques et à l'amélioration de la texture du fromage (Montel et al., 2014, source).

À l'opposé, la présence de bactéries pathogènes ou indésirables comme *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ou *Listeria monocytogenes* représente un danger pour la santé du consommateur et peut dégrader la qualité hygiénique et sensorielle du produit fini (Bensoltane et al., 2012, source). Le respect strict des bonnes pratiques d'hygiène pendant la traite, la transformation et l'affinage est donc indispensable pour limiter la contamination et promouvoir le développement d'une flore bénéfique.



PARTIe
exPéRImeNTALe



méThODOLOGIe

I. Matériel et Méthodes

I.1 Cadre d'étude

Ce travail vise à optimiser le procédé de fabrication du fromage local Jben en utilisant une flore lactique autochtone. Réalisé au laboratoire LSTPA à Hassi Mameche (Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem), l'objectif est d'améliorer la qualité microbiologique, physico-chimique du fromage, tout en prolongeant sa durée de conservation. Les résultats sont comparés aux standards internationaux pour valider les améliorations.

I.2 Matières premières

12 L de lait de vache cru, de race Holstein, collecté dans des conditions d'asepsie d'une exploitation laitière locale (DSA). Le lait a été transporté puis maintenu à une température de 4°C jusqu'à son utilisation.

I.3 Analyse du lait

I.3.1 Analyses physico-chimiques

I.3.2 Préparation de l'échantillon

Le lait est bien mélangé manuellement pour garantir une distribution homogène des éléments sans créer de mousse (Chilliard et al., 2001). Il est ensuite maintenu à température ambiante (environ 20–25°C), une condition essentielle pour obtenir des résultats fiables (Farah et al., 2004).

Lactoscan

Les analyses des caractéristiques physico-chimiques du lait ont été effectuées grâce à un appareil automatique de type Lactoscan (Milkotronic Ltd., 2020), permettant de déterminer de manière rapide et simultanée divers paramètres de qualité du lait (Milkovska-Stamenova et al., 2017). Cet instrument repose sur la technique de spectroscopie infrarouge à courte longueur d'onde couplée à la mesure de conductivité pour examiner la composition du lait (NgKwaiHang, 2006).

Les résultats sont disponibles en quelques secondes, incluant des informations sur la matière grasse, les protéines, le lactose, l'extrait sec total, la densité, le pH et le point de congélation.

Après chaque série de mesures, un nettoyage avec de l'eau distillée et une solution détergente spécifique est effectué pour garantir la précision de l'appareil

F : matière grasse

D : densité

C : taux de cendre

S : matière sèche

P : protéine T : température pH : potentiel hydrogène

FP : point de congélation

L : lactose



Figure 1:Lactoscan analyseur du lait en spectroscopie infra-rouge.

I.3.2.1 Mesure du pH du lait

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

I.3.2.2 Évaluation de l'acidité titrable dans le lait

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

I.3.2.3 Détermination de l'extrait sec total du lait

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

Un volume de 10 ml de lait homogénéisé a été pesé dans une capsule préalablement tarée, puis séché dans une étuve à 103 °C pendant 3 heures jusqu'à obtention d'un poids constant. La perte de masse correspond à l'eau évaporée, et la différence permet de calculer le pourcentage d'extrait sec (IDF, 2008 ; Walstra et al., 2006).

I.3.2.4 Test de lactofermentation

Nous avons utilisé trois tubes à essai stériles dans lesquels nous avons incorporé 10 ml de l'échantillon de lait provenant d'une vache. Chaque tube a été placé à une température différente : le tube 1 à 30 °C, le tube 2 à 37 °C et le tube 3 à 42 °C. Ces tubes ont été laissés dans l'incubateur pendant une durée de 24 heures.

Après une période de 24 heures, nous avons retiré les tubes et avons mesuré le pH ainsi que l'acidité de chacun d'eux. Mesure du pH .

I.3.3 Analyses microbiologiques du lait

Le but de ces analyses est d'examiner la qualité microbiologique du lait cru utilisé dans Les dilutions décimales sont réalisées lorsque les échantillons affichent une forte charge microbienne, afin de simplifier le comptage des colonies. Pour cela, un diluant approprié, comme l'eau peptonée tamponnée stérile, est employé (Bonnefoy et al. , 2002).

Prenez 1 ml du tube coagulant précédent le tube 2 (37 °C) et ajoutez-le à 9 ml d'eau peptonée stérile (dilution 10^{-1}). Effectuez des dilutions successives (10^{-2} , 10^{-3} , etc.) en transférant 1 ml de la dilution antérieure vers un nouveau tube contenant 9 ml d'eau peptonée.

Source : illustration personnelle basée sur les normes ISO 7218, 2025

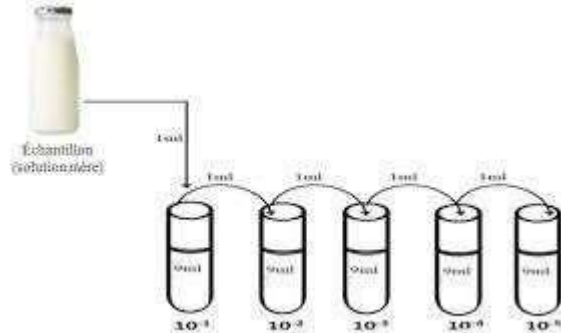


Figure 2:schéma de la dilutions solution mère



Figure 3:Réalisation de dilutions décimales successives des échantillons de lait en vue de l'ensemencement microbiologique

I.3.4 Détermination de la flore mésophile totale sur milieu PCA

Le comptage de la flore mésophile totale permet d'analyser la charge microbienne globale du lait cru et du fromage, agissant comme un indicateur de la qualité sanitaire du produit.

I.3.4.1 Ensemencement sur PCA

Pour préparer le milieu de culture PCA, on le place dans un bain-marie à 100°C , puis on le refroidit à 45°C à proximité d'une flamme de Bunsen et sur un plan de travail stérile. On ajoute 1 ml de chaque dilution en profondeur dans une boîte de Pétri contenant du PCA liquide à

environ 45°C. Après que le milieu ait durci, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 heures. Les colonies visibles sont ensuite comptées et les résultats sont donnés en UFC/ml pour le lait.

Après l'incubation, toutes les colonies sont dénombrées sur les boîtes ayant entre 30 et 300 colonies, et les résultats pour chaque dilution sont enregistrés.

I.3.4.2 Détermination de la flore d'intérêt sur milieu MRS

Le comptage de la flore lactique mésophile permet d'évaluer la quantité de bactéries lactiques présentes dans le lait cru et le fromage, qui jouent un rôle clé dans le processus de fermentation et la qualité microbiologique du produit (Berthier et Ehrlich, 1998).

I.3.4.3 Ensemencement en conditions aérobies

Une aliquote de 0,1 ml de la dilution choisie est étalée sur des boîtes contenant de la gélose MRS, un milieu favorable à la croissance des bactéries lactiques.

L'incubation est effectuée à 37 °C pendant 48 heures, en présence d'oxygène (environnement aérobie).

Cette méthode permet d'isoler les souches capables de croître en présence d'oxygène. (Madigan, M.T., et al. (2015).

I.3.4.4 Ensemencement en conditions anaérobies

Placer les boîtes de gélose inoculées (par exemple sur MRS) dans une cloche en verre ou une jarre hermétique.

Allumer une petite bougie et la déposer à l'intérieur du récipient.

Refermer rapidement le couvercle de manière hermétique.

La flamme de la bougie va consommer l'oxygène présent et produire du dioxyde de carbone. (Axelsson, L. (2004).

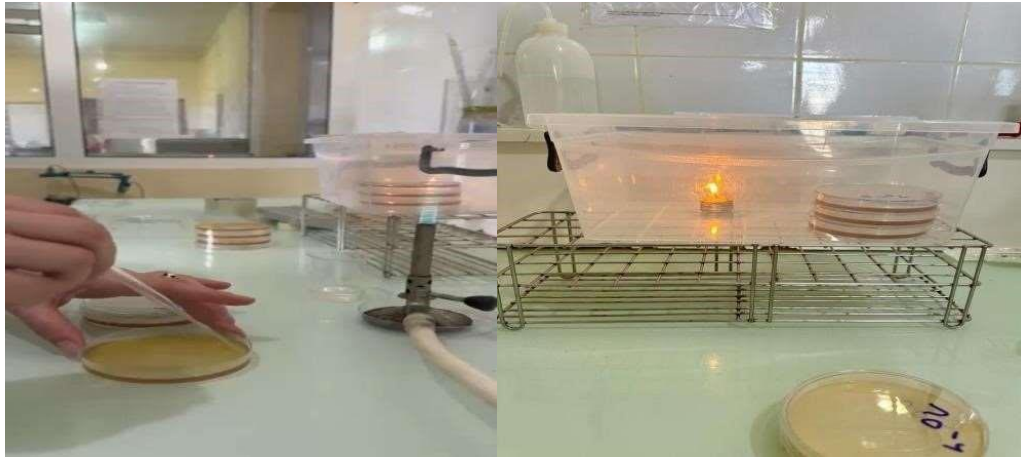


Figure 4:ensemencement des dilutions décimales sur milieu MRS

Incubation: Les boîtes doivent être incubées à 37°C pendant 48 heures en conditions anaérobies (un sachet anaérobie peut être utilisé si besoin).

I.3.5 Observation microscopique

L'analyse microscopique des isolats de bactéries a été réalisée selon les protocoles standards de microbiologie (Cappuccino et Welsh, 2017). Les actions se sont déroulées de la manière suivante :

- Préparation du frottis : Une petite portion d'une colonie pure a été récupérée avec une anse stérile et étalée sur une lame de microscope propre. Pour les échantillons prélevés sur des milieux solides, une goutte d'eau distillée stérile a été ajoutée.
- Fixation thermique : Une fois séchée à l'air, la lame a été fixée rapidement en la passant au-dessus de la flamme d'un bec Bunsen.
- Coloration : En fonction des besoins, une coloration simple (par exemple, le bleu de méthylène) ou une coloration différentielle comme le test de Gram a été appliquée. La lame a ensuite été délicatement rincée à l'eau, puis séchée.

I.3.6 Observation microscopique :

La lame a été examinée au microscope optique avec un objectif $\times 100$ en utilisant de l'huile pour immersion. La forme des cellules (coques, bacilles, etc.), leur arrangement (en chaînes, en amas, etc.) et la réaction au colorant (Gram + / Gram -) ont été recensés. Cette technique permet

une identification morphologique initiale des bactéries avant d'effectuer des tests biochimiques plus ciblés (Cappuccino et Welsh, 2017).

I.3.7 Conservation des isolats

Deux cents microlitres de culture de la nuit précédente ont été stockés avec 20% de glycérol et du lait 0% dans des tubes Eppendorf à -18 °C pour une conservation prolongée, ainsi qu'en culture fraîche à 4°C dans 10 ml de bouillon MRS.

I.4 . Protocole expérimental

pour la production de fromage J'ben en laboratoire Dans l'objectif d'améliorer le processus de fabrication du fromage traditionnel J'ben, une expérimentation a été faite en laboratoire avec du lait cru de vache. Chaque étape cruciale du processus a été surveillée et consignée, de la réception du lait jusqu'au produit final, en suivant des méthodes tirées de la littérature scientifique.

I.4.1 Matière première 'le lait

Dans cette étude, le lait cru de vache a été choisi comme matière principal pour fabriquer le fromage J'ben, en raison de sa disponibilité dans la région et de sa composition nutritionnelle adaptée à la production de fromages frais. Un total de 12 litres de ce lait a été utilisé durant le processus, après avoir subi des analyses physico-chimiques. Ces analyses permettent d'évaluer la fraîcheur et la composition du lait, ainsi que sa capacité à être transformé en fromage (Tamime et Robinson, 2007).

I.4.2 Coagulation

La production du fromage J'ben s'est effectuée par une coagulation lactique par une flore autochtone , sans recours à la présure, en faisant appel à une flore sélectionnée aux multiples fonctions. Cette flore a été choisie pour sa capacité à acidifier le lait de manière progressive, tout en jouant un rôle dans la texture, le goût et la sécurité du produit final.

Lors de cette phase, 12 litres de lait cru de vache ont été portés à une température de 37 °C, puis inoculés avec un mélange de ferments sélectionnés, comprenant :



Figure 5: traitement thermique du lait au bain marie en vue de la fabrication du fromage

Le tableau suivant représente le type et le pourcentage de chaque ferment rajouté lors de la préparation du fromage.

Tableau 1: Flore lactique et d'affinage sélectionné pour l'essai de préparation fromagère à caillé lactique pré-affiné.

Composition	Action enzymatique	Effet sur	Proportion l'affinage utilisée %
Lactocoques	Acidification	Protection acide	60%
Lactobacilles	Acidification-protéolyse	Consistance –goût	25%
Leuconostocs	Fermentation du citrate et production du CO ₂	Goût-tendue du fromage	5%
Pédiocoques	Fermentation Protéolyse	Consistance-goût et odeur du fromage	5%

Debaromyces	Neutralisation de la pâte- Protéolyse	Desacidification- Production d'alcool et d'arôme	5%
-------------	--	--	----

Le lait inoculé a été maintenu à 37 °C pendant 24 heures, sans être remué.



Figure 6: incubation du lait traité pendant 24 heures en vue de la coagulation

Cette incubation permet une acidification douce et naturelle du lait par la production d'acide lactique, entraînant ainsi une coagulation naturelle des caséines. À l'issue de cette période, un caillé consistant et homogène s'est formé, indiquant une coagulation réussie sans ajout de présure. (Fox et al. , 2000)



Figure 7: aspect du lait coagulé après 24 heures d'incubation

I.4.3 Égouttage

Après la phase de coagulation lactique, le caillé obtenu a été découpé en petits morceaux réguliers à l'aide d'un couteau stérile. Les morceaux de caillé ont ensuite été placés dans une mousseline propre et stérile.



Figure 8:égouttage du lait coagulé pour l'extraction du caillé

Le tout a été suspendu dans une pièce réfrigérée à 4 °C, permettant un égouttage progressif par gravité pendant environ 24 heures.



Figure 9:égouttage statique du caillé par suspension du réfrigérateur

Cette approche, sans pression mécanique, favorise une élimination douce du lactosérum tout en préservant une humidité résiduelle caractéristique des fromages frais tels que le J'ben. La température froide ralentit une acidification trop rapide et contribue à maintenir les caractéristiques organoleptiques du produit final. (Guinee et al. , 2004)

I.5 Les analyses physico-chimiques du fromage

Les paramètres examinés incluent : le pH, l'acidité titrable, la teneur en matières grasses et le pourcentage de protéines.

I.5.1 Mesure du pH

Le pH est particulièrement important car il fournit de nombreuses indications sur la concentration de certains composants du produit analysé, sur son degré de fraîcheur ou sur sa stabilité (Mathieu, 1998). Le pH est mesuré au centre du fromage à l'aide d'un pH-mètre à sonde solide.

I.5.2 Acidité titrable

10 g de J'ben ont été mélangés à 90 ml d'eau distillée à l'aide d'un Stomacher 80 pour obtenir un liquide facile à analyser (Owusu-Kwarteng et al, 2012). L'acidité Dornic a été mesurée selon la méthode officielle de l'AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (AOAC. 947.

05.)

- Principe : Cette méthode repose sur la neutralisation de l'acide lactique par une base (soude Dornic N/9) en présence d'un indicateur coloré à pH =6,8 qui est la phénolphthaléine (Amiot et al. , 2002).
- Mode opératoire : Pour chaque échantillon, 10 ml de l'homogénéisat ont été prélevés. Chaque mixture a été titrée avec une solution de NaOH (0. 1N), utilisant une solution de phénolphthaléine comme indicateur, en ajoutant 0. 1 ml jusqu'à obtenir une couleur rose persistante. Le volume de NaOH (0. 1N) par gramme d'échantillon utilisé permet de déterminer l'acidité titrable. L'acidité est exprimée en degrés Dornic pour chaque gramme de fromage (D°/g). (1 D° correspond à 0 ,1 D°).

I.5.3 Détermination du rendement fromager



Figure 10:fromage final obtenu après égouttage, utilisé pour le calcul du rendement

Cette méthode consiste à une évaporation de l'eau de la prise d'essai dans un four Pasteur à une température de 103°C et de peser le résidu obtenu, selon la méthode IDF (2018). Dans une capsule métallique préalablement séchée, 25 g de sable sec sont mélangés avec 5 g de caillé fromager à l'aide d'une baguette en verre, l'ensemble est chauffé pour dessiccation dans un four pasteur pendant 3 heures à 103°C. Une fois le temps écoulé, la capsule est refroidie dans un dessiccateur contenant le gel de silicate. Après pesée, l'échantillon est réchauffé, refroidi et repesé dans les mêmes conditions précédentes. Cette opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant.

I.6 Les analyses microbiologiques du fromage

I.6.1 Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

Un gramme d'un échantillon de fromage que nous avons préparé manuellement dans le laboratoire a été mesuré avec une balance précise, puis placé dans un sachet stérile. Cet échantillon a ensuite été dissous et mélangé dans 9 mL d'eau physiologique stérile à l'aide



Figure 11: dilution décimale successive des échantillons de fromage

d'un vortex, ce qui représente une dilution initiale de 10^{-1} conformément à la norme ISO 6887.

I.7 Analyses microbiologiques du lait

Les études microbiologiques se sont concentrées sur le comptage des coliformes à la fois totaux et fécaux. Les spécificités des milieux de culture employés sont présentées dans le tableau

I.7.1 Ensemencement sur PCA

1 mL des dilutions 10^{-3} et 10^{-6} est déposé dans environ 20 mL de gélose PCA.

Des mouvements circulaires en forme de « 8 » sont réalisés pour garantir un mélange adéquat de l'inoculum avec la gélose avant qu'elle ne durcisse.

L'incubation : se déroule à 37 °C pendant une période de 24 à 48 heures (Guiraud, 1998).
Chaque test est effectué en double.

I.7.2 Ensemencement sur milieu MRS

I.7.2.1 Ensemencement en conditions aérobies

Pour isoler les bactéries lactiques aérotolérantes, 0,1 mL de dilutions appropriées ont été étalés à la surface de boîtes de gélose MRS. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant 48 heures en présence d'oxygène (conditions aérobies). (Watanabe et al., 2022)

I.7.2.2 Ensemencement en conditions anaérobies

Pour l'isolement des bactéries lactiques strictement anaérobies, les mêmes dilutions ont été ensemencées sur des boîtes de gélose MRS, puis placées dans une jarre anaérobie avec générateur de gaz, éliminant l'oxygène de l'environnement. L'incubation a été menée à 37 °C pendant 48 à 72 heures. (Guerrero-Sanchez et al., 2024)

I.8 La conservation des isolats

On a stocké 200 µL de culture de nuit avec 20 % de glycérol et du lait à 0 % dans des tubes Eppendorf à -18 °C pour une conservation à long terme, et en culture fraîche à 4 °C dans 10 ml de bouillon MRS.

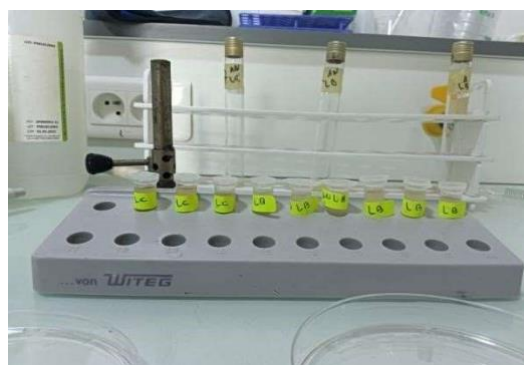


Figure 12:préparation des souches bactériennes pour la conservation



Figure 13: Stockage des souches bactériennes au congélateur à -20 °c



RésULTATs eT DIscUssION

I. . Résultats analyse physique chimique du lait

L'analyse physico-chimique réalisée sur le lait destiné à la fabrication du fromage J'ben a montré un état satisfaisant.

Tableau 2:Résultats d'analyse physique chimique du lait

Les analyses de lait	Résultats
pH	6.73
L'acidité	20D°
Extrait sec	11,96%

I.1 PH

Le pH du lait est de 6,73, ce qui indique une légère acidité naturelle. Selon la Fédération Internationale de Lait (FIL/IDF), un pH entre 6,6 et 6,8 est recommandé pour un lait cru frais. Notre valeur est donc conforme, traduisant une bonne fraîcheur et une aptitude optimale à la transformation.

I.2 Acidité

L'acidité titrée est de 20 °D. La FIL/IDF recommande une acidité comprise entre 15 et 22 °D pour un lait frais destiné à la fromagerie. Notre résultat confirme un bon état de conservation et une activité microbologique initiale adéquate.

I.3 Extrait sec

L'extrait sec du lait est de 11 ,96 %. Pour un lait de vache, la valeur standard est autour de 12 à 14 %, mais elle peut être plus élevée. Une teneur élevée en extrait sec est favorable pour le rendement et la texture du J'ben, permettant d'obtenir un produit final plus riche et plus ferme.

Conformité globale

L'ensemble des paramètres analysés respecte les recommandations de la FIL/IDF. Cette qualité initiale du lait constitue une base essentielle pour l'optimisation du procédé de fabrication et d'affinage du J'ben avec flore lactique autochtone, garantissant un produit final sain, typique et riche en qualités organoleptiques.

II. Résultat de test de lactofermentation

Les résultats du point de lactofermentation montrent une variation des conditions expérimentales entre les trois tubes.

Tableau 3: Point de lactofermentation selon la température

Tube	Température (°C)	pH	Acidité (°D)
Tube 1	30	4.56	103°D
Tube 2	37	4.24	76 °D
Tube 3	42	4.60	83 °D

II.1 Température de coagulation

Les températures varient entre 30 °C et 42 °C. Selon la Fédération Internationale de Lait (FIL/IDF), la température optimale est de 30 à 38 °C. Ici, les tubes 1 et 2 respectent ces recommandations et donnent l'aspect recherché du coagulant lactique, tandis que le tube 3 est légèrement plus élevé, nécessitant une maîtrise stricte.

II.2 PH

Le pH varie de 4,24 à 4,6. Pour la coagulation lactique, un pH plus acide (autour de 4,6 - 4,8 le Ph iso-électrique) est attendu. Nos valeurs sont donc conformes et favorisent un caillé ferme et homogène.

II.3 Acidité

L'acidité varie de 76 à 103 °D. La FIL/IDF recommande entre 60 et 90 °D pour la coagulation lactique. Les tubes 2 et 3 sont conformes, tandis que le tube 1 présente une acidité plus élevée, pouvant donner un caillé plus fragile.

Interprétation

Le tube 2 (37 °C, pH 4,24, acidité 76 °D) montre des conditions idéales pour une coagulation équilibrée, assurant une texture optimale du J'ben. Le tube 1 pourrait produire une coagulation plus rapide mais un caillé fragile, et le tube 3, bien que conforme, nécessite une attention particulière à la température.

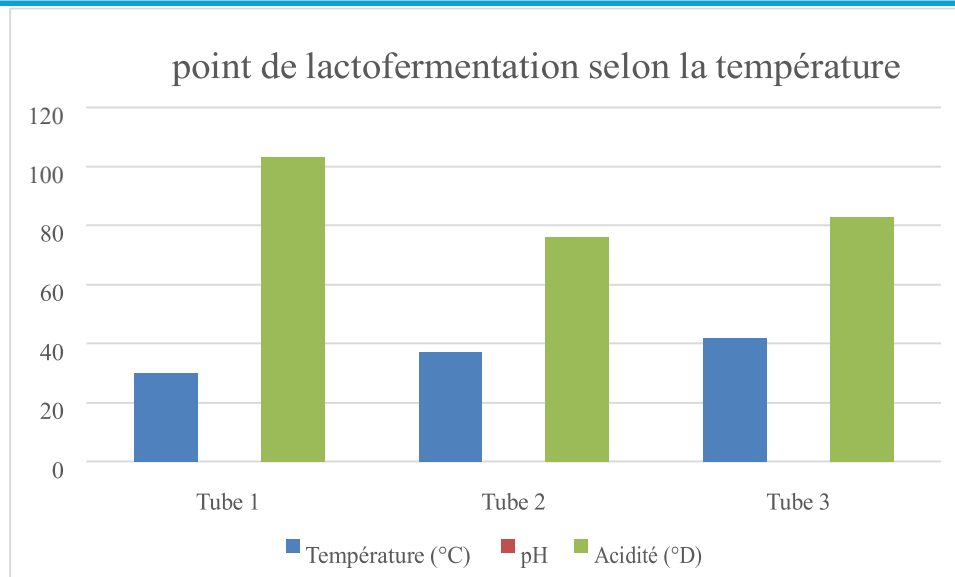


Figure 14: effet de la température sur le point de lactofermentation du lait

III. Analyse physico-chimique par Lactoscan

L'analyse physico-chimique réalisée par Lactoscan a permis d'évaluer la qualité du lait destiné à la fabrication du fromage J'ben. (Tab4)

Tableau 4: Analyse physico-chimique par Lactoscan

Paramètre	Valeur
Matière grasse	2.14 %
Densité	1.032
Conductivité	5.22 mS/cm
ESD	9.82 %
Protéines	3.07 %
Température	24.2 °C
pH	6.73
Sel minéraux	0.65 %
Lactose	4.55 %
Acidité	20 °D
Point de congélation	-0.527 °C

III.1 Matière grasse

La teneur en matière grasse (2,14 %) est nettement inférieure à la norme de la FIL, qui recommande une valeur moyenne comprise entre 30 et 35 % pour un lait entier destiné à la fromagerie traditionnelle. Cette faible teneur pourrait être due à un écrémage partiel ou à des variations saisonnières de l'alimentation des vaches. Une faible matière grasse impacte directement la texture et le rendement du fromage J'ben, le rendant plus maigre et moins onctueux.

III.2 Densité

La densité mesurée (1,032) est légèrement plus élevée que la valeur standard (1,028–1,033). Cela indique une proportion correcte de matières sèches, mais combinée à la faible matière grasse, cela peut également refléter une concentration protéique plus élevée ou une faible teneur lipidique.

III.3 Conductivité

La conductivité (5,22 mS/cm) est relativement élevée par rapport à la moyenne internationale (autour de 4,5 mS/cm). Une telle conductivité peut traduire une présence plus importante d'ions (chlorures, sodium), possiblement liée à l'alimentation ou à l'état de santé du troupeau.

III.4 Matière sèche

La matière sèche (11,96 %) est légèrement inférieure à la référence de la FIL (12–13 %). Une faible matière sèche peut engendrer un rendement fromager plus bas et un fromage plus humide, ce qui réduit la durée de conservation.

III.5 Protéines

La teneur protéique (3,07 %) est conforme aux standards internationaux (3,0–3,4 %). Une bonne proportion de protéines est essentielle pour la coagulation et la formation du gel lactique, facteur clé dans la texture finale du J'ben.

III.6 PH

Le pH (6,7) est supérieur à la valeur attendue pour un lait frais (6,6–6,8). Un pH élevé peut refléter une contamination ou une alcalinisation, ce qui peut ralentir la coagulation et altérer la flore lactique. Il serait nécessaire de corriger ce paramètre pour optimiser la fermentation.

III.7 Acidité

L'acidité (20 °D) est inférieure à la norme standard (environ 28–32 °D pour un lait frais).

Une acidité insuffisante réduit la vitesse d'acidification pendant la transformation et pourrait impacter négativement la texture du J'ben.

III.8 Lactose

Le lactose (4,55 %) est normal (4,4–4,8 % selon FIL), garantissant une bonne source de substrat pour la flore lactique autochtone, favorisant l'acidification.

III.9 Sels minéraux

La teneur en sel (0,165 %) est très faible, ce qui est normal pour le lait brut avant salage, mais devra être ajustée au stade de l'affinage pour favoriser la conservation et le développement aromatique.

III.10 . Point de congélation

Le point de congélation du lait est un indicateur indirect mais fiable de sa pureté et de sa composition. La valeur standard pour un lait cru normal non adulteré se situe entre $-0,525$ et $-0,550$ °C (Hardy et al., 2003). Une valeur mesurée à $-0,527$ °C est donc cohérente avec celle d'un lait frais, non dilué et de bonne qualité hygiénique.

Cette mesure confirme une aptitude correcte à la coagulation, bien que l'effet du pH élevé doive être pris en compte.

IV. Résultats analyse physique chimique du J'ben

L'analyse physico-chimique du fromage J'ben fabriqué avec flore lactique autochtone a donné les résultats (Tab5) suivants :

Tableau 5: Résultats analyse physique chimique du J'ben

Analyse de j'ben

Résultats

PH	4,78
Acidité	130 °D
Extrait sec	24,22 %

IV.1 pH

Le pH obtenu (4,78) indique une acidification importante du fromage. D'après les recommandations de la Fédération Internationale du Lait (FIL), le pH optimal pour un fromage frais de type lactique se situe généralement autour de 4,6 à 4,8. Ainsi, la valeur mesurée est conforme et reflète une bonne activité fermentaire de la flore lactique autochtone, favorisant la coagulation et la texture finale du J'ben.

IV.2 Acidité

L'acidité titrable mesurée est de 150 °D, ce qui est relativement élevé. Selon la FIL, pour les fromages frais, l'acidité se situe habituellement entre 60 et 130 °D, selon le type de lait et la technologie utilisée. La valeur obtenue confirme une acidification avancée, cohérente avec le pH faible. Cette acidité élevée contribue à la sécurité microbiologique du produit, mais peut aussi influencer le goût, le rendant plus acidulé.

IV.3 Extrait sec

L'extrait sec du fromage est de 24,22 %, ce qui est légèrement inférieur à la moyenne rapportée par la FIL pour des fromages frais (généralement entre 25 et 30 %). Cette faible teneur en extrait sec peut être due à un égouttage incomplet ou à une rétention d'humidité élevée, favorisée par l'activité de certaines souches lactiques autochtones. Ce résultat peut être interprété comme un fromage plus crémeux, mais avec un risque potentiel de conservation plus limité.

IV.4 Dénombrement microbiologique

IV.4.1 Flore mésophile totale (PCA)

Le dénombrement de la flore mésophile totale (PCA) a été réalisé sur le lait cru utilisé ainsi que sur le fromage J'ben obtenu. Les résultats sont résumés dans le tableau

Tableau 6: Résultats de la numération microbienne (UFC/g)

Dilution	Lait (UFC/mL)	Fromage (UFC/g)
----------	---------------	-----------------

10^{-3}	$3,92 \times 10^5$	$8,35 \times 10^5$
10^{-4}	$2,88 \times 10^6$	$2,18 \times 10^6$
10^{-5}	$2,64 \times 10^7$	$1,39 \times 10^7$
10^{-6}	$4,9 \times 10^7$	—
Comptage (UFC/ml)	retenu $3,15 \times 10^6$	$3,97 \times 10^6$

- Lait

Le lait présente une flore mésophile totale élevée, variant entre $3,92 \times 10^5$ et $4,9 \times 10^7$ UFC/mL. Selon la Fédération Internationale du Lait (FIL/IDF), un lait cru destiné à la transformation fromagère doit présenter une charge microbienne inférieure à 5×10^4 UFC/mL pour garantir une bonne qualité hygiénique (FIL, Bulletin 268/1991).

La charge microbienne du lait dépasse la norme recommandée, ce qui peut être attribué aux conditions artisanales de production et au manque de pasteurisation. Cependant, dans un contexte d'utilisation de flore lactique autochtone, cette présence microbienne peut favoriser l'ensemencement spontané et la richesse en arômes, à condition d'être bien contrôlée.

- J'ben

La flore mésophile totale dans le J'ben varie entre $8,35 \times 10^5$ et $1,39 \times 10^7$ UFC/g. D'après la FIL, pour les fromages frais de type lactique, la flore mésophile totale doit se situer entre 10^5 et 10^9 UFC/g, afin d'assurer une bonne fermentation et une acidification suffisante.

Les résultats obtenus sont conformes aux valeurs recommandées par la FIL. Cette flore élevée est essentielle pour le développement des caractéristiques sensorielles du J'ben, telles que la texture onctueuse et l'arôme légèrement acide. La valeur la plus élevée ($1,39 \times 10^7$ UFC/g) indique une activité fermentaire active et efficace de la flore lactique autochtone.

Dans le lait, la charge microbienne élevée ($3,15 \times 10^6$ UFC/ml) dépasse les normes FIL, cette charge est à cause de la non maîtrise de la post acidification à cause des méthodes artisanales appliqués .

le J'ben présente $3,97 \times 10^6$ UFC/g, un niveau élevé mais conforme aux valeurs attendues pour un fromage frais lactique, favorisant une bonne fermentation, un goût spécifique et une sécurité microbiologique.

IV.4.1.1 Observation microscopique des colonies des biotes (milieu PCA)

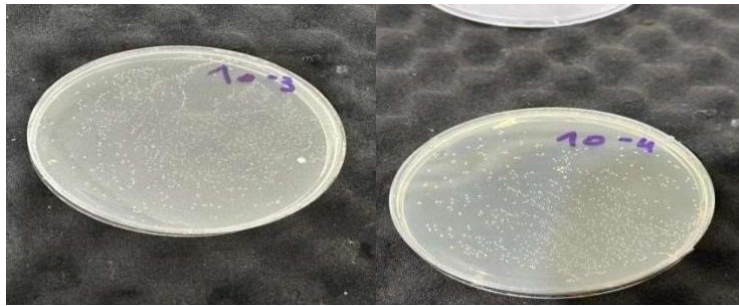


Figure 15: observation microscopique des colonies des biotes (milieu PCA)

Une croissance microbienne dense a été observée à la dilution 10^{-3} et des colonies plus isolées à 10^{-4} .

Ces résultats indiquent une forte charge en flore mésophile totale.

Selon la Fédération Internationale du Lait (FIL), la charge microbienne doit rester inférieure

à 10^7 UFC/g pour les fromages frais afin de garantir la qualité

Tes résultats sont proches de cette valeur, traduisant une activité lactique intense, adaptée au J'ben traditionnel.

IV.4.2 Flore lactique mésophile (MRS – Aérobie)

L'analyse microbiologique sur milieu MRS aérobie a permis de quantifier la flore lactique présente dans le lait et le fromage J'ben fabriqué. (Tab7)

Le lait montre une forte population lactique ($2,87 \times 10^6$ UFC/ml²), traduisant une activité d'acidification rapide et un ensemencement spontané. Dans le J'ben, le taux atteint $5,6 \times 10^6$ UFC/g, indiquant une multiplication efficace des bactéries lactiques, contribuant à la texture crémeuse, à l'acidité souhaitée et à une bonne conservation.

Tableau 7: Résultats de la dénombrement microbienne (UFC\g)

Dilution	Lait (UFC/mL)	Fromage (UFC/g)
----------	---------------	-----------------

10^{-3}	5.12×10^5	2.7×10^5
10^{-4}	3.49×10^6	2.29×10^6
10^{-5}	2.24×10^7	8.9×10^6
10^{-6}	8.7×10^7	6.5×10^7
Comptage retenu (UFC/ml)	$2,87 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$

IV.4.2.1 Flore lactique dans le lait

Le lait utilisé présente une flore lactique élevée, avec des charges allant de $5,12 \times 10^6$ à $8,7 \times 10^7$ UFC/g. Cette forte concentration s'explique par l'utilisation d'une flore autochtone, favorisant un démarrage rapide de l'acidification. Selon la Fédération Internationale du Lait (FIL), la charge microbienne du lait cru destiné à la fabrication de fromages lactiques doit être contrôlée et généralement inférieure à 10^5 UFC/g, afin de garantir une meilleure sécurité sanitaire. Ici, la présence élevée de bactéries lactiques est volontairement recherchée pour

améliorer la texture, le goût et réduire le temps d'acidification.

IV.4.2.2 Flore lactique dans le fromage J'ben

Après transformation, le fromage présente des charges comprises entre $2,7 \times 10^6$ et $6,5 \times 10^7$ UFC/g. Cette augmentation des populations lactiques est conforme aux attentes, car ces bactéries assurent une acidification rapide, la formation d'arômes typiques et la conservation du produit. Comparativement aux recommandations de la FIL, la charge lactique finale d'un fromage frais lactique doit se situer autour de 10^7 à 10^8 UFC/g, ce qui est cohérent avec les valeurs obtenues, notamment à 10^{-6} ($6,5 \times 10^7$ UFC/g). Cfig33) démontre que la flore autochtone a bien proliféré et participé activement à la fermentation.

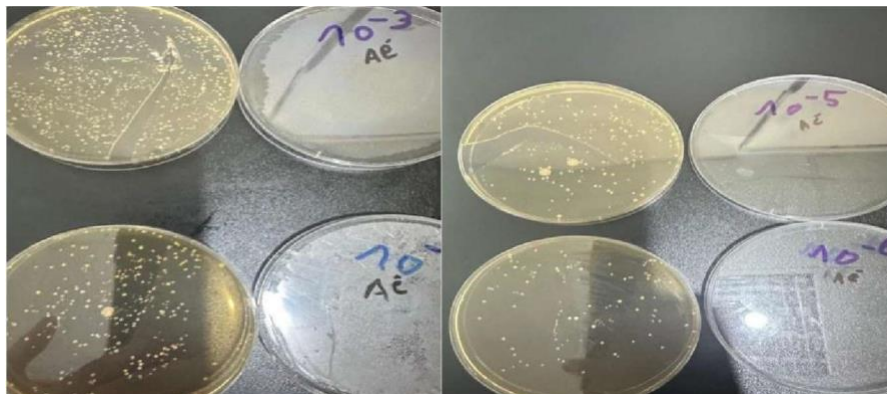


Figure 16: Observation microscopique des colonies sur milieu MRS

L'observation des colonies sur milieu MRS en conditions anaérobies a permis de mettre en évidence une flore lactique abondante. Les boîtes illustrées montrent une densité importante de colonies bien isolées, ce qui reflète une forte activité microbienne. Cette abondance confirme la présence d'une flore lactique mésophile active, aussi bien dans le lait que dans le fromage J'ben obtenu après transformation.

IV.6. Flore lactique mésophile (MRS – Anaérobie)

L'analyse microbiologique réalisée sur milieu MRS en conditions anaérobies a permis de quantifier la flore lactique mésophile présente dans le lait cru et dans le fromage J'ben obtenu.

Dans le lait, la charge ($1,15 \times 10^6$ UFC/ml) reflète la présence de lactobacilles anaérobies stricts. Dans le fromage, elle augmente fortement à $8,68 \times 10^6$ UFC/g, confirmant une fermentation rapide, une acidification homogène et une amélioration des qualités sensorielles et hygiéniques du produit final.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

Tableau 8::Résultats de la dénombrement microbienne (UFC⁻¹g)

Dilution	Lait (UFC/mL)	Fromage (UFC/g)
10^{-3}	$2,89 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$
10^{-4}	$1,5 \times 10^6$	$1,25 \times 10^6$
10^{-5}	$7,9 \times 10^6$	$1,61 \times 10^7$
10^{-6}	$5,2 \times 10^7$	$8,9 \times 10^7$
Comptage retenu (UFC/ml)	$1,15 \times 10^6$	$6,68 \times 10^6$

IV.4.2.3 Flore lactique mésophile dans le lait

Le lait présente une flore lactique mésophile élevée (jusqu'à $5,2 \times 10^7$ UFC/g). Cette abondance résulte de l'emploi d'une flore autochtone, favorisant une acidification rapide dès l'étape de fermentation. Selon la Fédération Internationale du Lait (FIL), la flore lactique dans le lait destiné à la transformation fromagère doit rester sous contrôle, généralement en dessous

de 10^5 UFC/g pour éviter les contaminations non désirées. Cependant, dans le cadre de l'optimisation du J'ben, la présence d'une flore autochtone élevée est volontaire afin d'enrichir le profil sensoriel et d'améliorer la sécurité microbiologique par effet compétitif.

IV.4.2.4 Flore lactique dans le fromage J'ben

Le fromage présente des valeurs allant jusqu'à $8,9 \times 10^7$ UFC/g. Cette concentration élevée est favorable pour un fromage frais lactique, car elle assure

- Une acidification rapide et efficace.
- La production d'arômes caractéristiques.
- Une meilleure conservation microbiologique.

D'après les recommandations de la FIL, la flore lactique des fromages frais doit être autour de $10^7 - 10^8$ UFC/g, ce qui correspond parfaitement aux valeurs mesurées dans le J'ben produit.

Les observations sur milieu MRS en condition anaérobie montrent une croissance

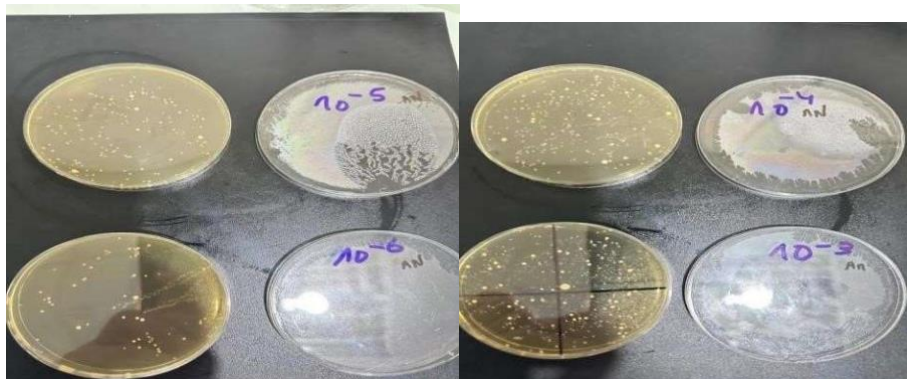


Figure 17: observation microscopique des colonies des biotes (milieu MRS anaérobie)

abondante de colonies lactiques, bien visibles à différentes dilutions (de 10^{-3} à 10^{-6}).

Les boîtes révèlent des colonies blanches, régulières et bien isolées, signe d'une dominance de bactéries lactiques mésophiles.

IV.4.3 Analyse qualitative de la flore (identification morphologique)

- Sur PCA (Flore mésophile totale)

L'analyse morphologique des colonies cultivées sur milieu PCA a montré une dominance de: Lactococcus et coques dans le lait (dilution 10^{-3} à 10^{-5}).

Lactobacilles et coques dans le fromage J'ben (même plage de dilution).

Les observations microscopiques confirment ces résultats, mettant en évidence des coques regroupés (Lactococcus) et des bâtonnets (Lactobacillus) .

Tableau 9:dilution et morphologie dominante des échantillons de PCA

Échantillon	Dilution	Morphologies dominant
Lait	10^{-3} à 10^{-5}	Lactococcus et coques
Fromage	10^{-3} à 10^{-5}	Lactobacilles et coque

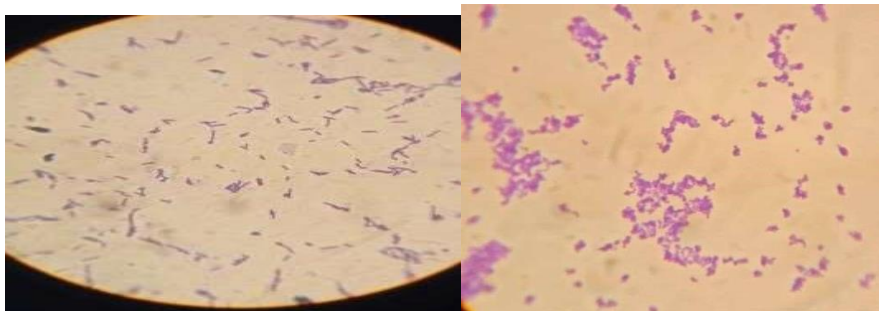


Figure 18:bactérie lactococcus et lactobacillus

La présence de Lactococcus dans le lait est typique des laits crus, contribuant principalement à l'acidification initiale. Les coques sont majoritairement responsables de la première étape de fermentation. Dans le fromage, la présence importante de Lactobacillus traduit une évolution microbienne, ces bactéries étant responsables de l'acidification prolongée, de la production d'arômes complexes et de l'amélioration des caractéristiques texturales.

Selon la Fédération Internationale du Lait (FIL), un équilibre microbien correct entre lactocoques et lactobacilles est crucial pour assurer une fermentation contrôlée, une acidification progressive, et une bonne qualité sensorielle.

Les résultats obtenus indiquent une transition correcte entre les flores lactiques du lait au fromage, conforme aux recommandations de la FIL, tout en valorisant l'utilisation d'une flore autochtone pour renforcer la typicité du J'ben.

Sur MRS aérobie



Figure 19: Observation microscopique après coloration de J'ben (lactobacillus)

Tableau 10: dilution et morphologie dominante des échantillons de MRS aérobie

Échantillon	Dilution	Morphologies dominant
Lait	10^{-3} à 10^{-5}	Coques
Fromage	10^{-3} à 10^{-5}	bacilles lactiques

□ . Sur MRS anaérobie

L'analyse morphologique des échantillons sur milieu MRS en conditions anaérobies montre

- Dans le lait : dominance de Lactococcus et coques, observée pour des dilutions de 10^{-3} à 10^{-5} . - Dans le fromage J'ben : prédominance des lactobacilles, sur la même plage de dilution.

Les images microscopiques confirment ces résultats, illustrant clairement la présence de bacilles (lactobacillus) et de coques (lactococcus).

Tableau 11: dilution et morphologie dominante des échantillons de MRS anaérobie

Échantillon	Dilution	Morphologie dominante
Lait	10^{-3} à 10^{-5}	Lactococcus , coques
Fromage	10^{-3} à 10^{-5}	Lactobacilles dominants

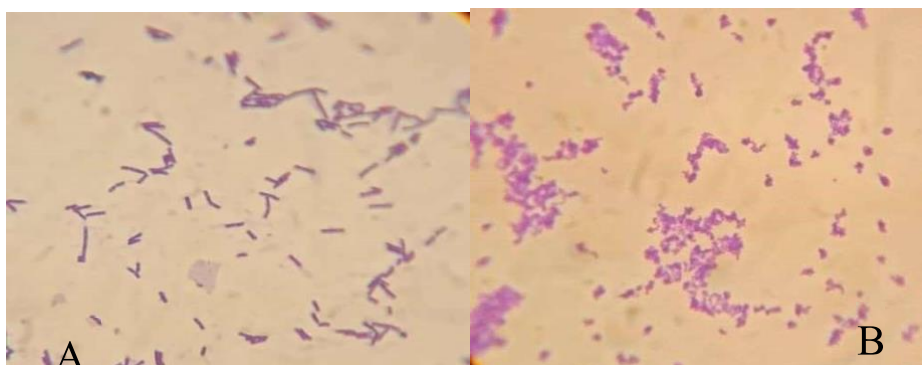


Figure 20 :bactérie lactococcus et lactobacillus

 Le lait

Présence dominante de coques et levures, avec des dilutions entre 10^{-3} et 10^{-5} .

 J'ben

Présence dominante de levures et bacilles lactiques (Lactobacillus), avec des dilutions entre 10^{-3} et 10^{-6} . Cela traduit une bonne activité fermentaire.

Comparaison avec la FIL

La présence majoritaire de bactéries lactiques est conforme aux recommandations de la Fédération Internationale du Lait, qui soulignent l'importance d'une flore lactique active pour obtenir une acidité optimale, un goût typique et assurer la sécurité du produit.

La forte présence de Lactococcus dans le lait est typique et souhaitée pour démarrer une acidification rapide, essentielle pour la coagulation initiale.

Dans le fromage J'ben, la domination des lactobacilles traduit une évolution normale et favorable de la flore lactique. Ces bactéries interviennent dans :

- L'acidification progressive et prolongée.
- La production d'arômes typiques.
- L'amélioration des caractéristiques texturales

Selon la Fédération Internationale du Lait (FIL), un équilibre entre Lactococcus (phase initiale) et Lactobacillus (phase de maturation) est essentiel pour obtenir un fromage frais de qualité, avec une concentration microbienne finale entre 10^7 et 10^8 UFC/g.

Les résultats observés confirment la conformité avec ces normes et montrent que l'utilisation d'une flore autochtone favorise une évolution microbienne équilibrée et naturelle, tout en préservant la typicité du J'ben.

V. Amélioration du rendement et de la conservation

L'efficacité de la transformation du lait en fromage a été estimée à 24,95%, ce qui indique une bonne valorisation de la matière première. Effectivement, on a produit 2 993,64 grammes de fromage à partir de 12 litres de lait. Ce taux de production dépasse celui constaté dans les

méthodes conventionnelles, qui présentent souvent des rendements inférieurs à 20%, principalement à cause des pertes lors du caillage, du moulage ou de l'égouttage.

V.1 Méthode de calcul du rendement

La formule utilisée pour le calcul du rendement est la suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = (\text{Poids du fromage (g)} / \text{Volume du lait (ml)}) \times 100$$

Dans notre cas : Rendement (%) = 24,95 %

Le rendement obtenu lors de la fabrication du fromage J'ben a été estimé à 24,95 %. Ce résultat indique une excellente valorisation de la matière première, dépassant largement les rendements moyens observés dans les méthodes traditionnelles.

Selon la Fédération Internationale du Lait (FIL), le rendement moyen des fromages frais varie généralement entre 15 % et 20 %.

Le rendement de 24,95 % obtenu dans cette étude est donc supérieur aux standards habituels, ce qui traduit une meilleure récupération des composants solides du lait (protéines et matières grasses).

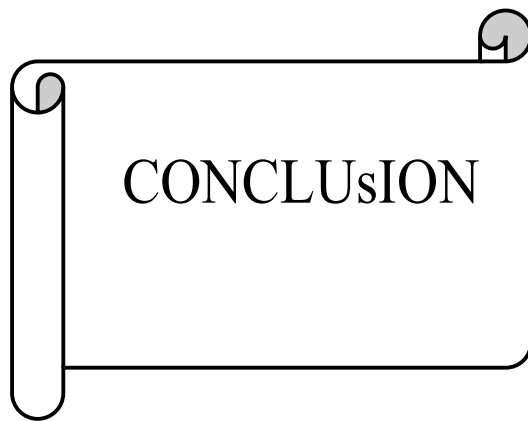
Cette performance peut être attribuée à l'optimisation du procédé, notamment grâce à l'emploi d'une flore lactique autochtone contrôlée.

Cette flore favorise une coagulation plus complète et améliore la rétention des solides pendant le caillage et l'égouttage. De plus, elle contribue à réduire les pertes lors du moulage, tout en renforçant la texture

Un rendement élevé est un indicateur de rentabilité économique et de qualité. Il assure non seulement une meilleure utilisation du lait, mais contribue aussi à obtenir un fromage avec une texture plus ferme et une meilleure conservation.

Cela montre l'importance d'intégrer des souches lactiques locales dans le processus, permettant de combiner savoir-faire traditionnel et exigences modernes.

On remarque que la méthode améliorée conduit à un taux d'acidité plus élevé, un pH plus bas, et un Taux d'extrait sec plus élevé, signalant une fermentation supérieure et une concentration plus efficace de la matière sèche.



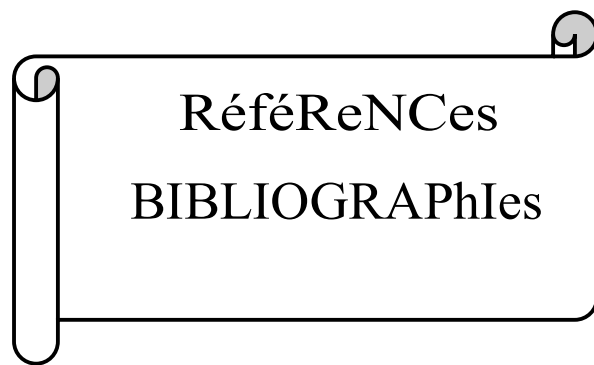
Conclusion

L'optimisation du procédé de fabrication du fromage J'ben à partir d'une flore lactique autochtone a permis d'apporter des améliorations significatives tant sur les aspects technologiques que microbiologiques et sensoriels. L'intégration d'une flore autochtone soigneusement sélectionnée a favorisé une fermentation plus maîtrisée, assurant une meilleure structuration du caillé, une diminution des pertes technologiques et une amélioration notable du rendement.

Les résultats obtenus mettent en évidence une acidification plus marquée, un taux de matière sèche plus élevé et une meilleure conservation du fromage, tout en préservant son authenticité et ses caractéristiques organoleptiques typiques, très appréciées des consommateurs. De plus, la valorisation du lait est renforcée, offrant une rentabilité économique accrue et une meilleure efficacité du processus.

Cette approche innovante contribue non seulement à la sauvegarde et à la valorisation du patrimoine fromager local, mais elle ouvre également la voie à une standardisation des procédés de fabrication, facilitant ainsi leur adoption à une échelle industrielle tout en maintenant la qualité et la sécurité sanitaire du produit final.

Enfin, ce travail souligne l'importance d'une compréhension approfondie des dynamiques microbiologiques et physico-chimiques dans l'optimisation des procédés laitiers traditionnels. Il constitue une base solide pour des recherches futures visant à développer des fromages artisanaux locaux plus sûrs, plus stables et à haute valeur ajoutée, répondant aux exigences du marché moderne tout en respectant les traditions



RéféréNCes
BIBLIOGRAPhIes

Références

Aissaoui, A. (2014). Étude des fromages traditionnels algériens et leur caractérisation microbiologique. *Revue Algérienne de Biochimie et Technologie Alimentaire*, 12(3), 45–58.

ARCC Journals. (2022). Characterization of lactic acid bacteria isolated from traditional Algerian dairy products.

Bencharif, A. (2001). Analyse des procédés de fabrication du J'ben et du Bouhezza. *Cahiers de Recherche en Agroalimentaire*, 8(1), 15–30.

Benkerroum, N. (2013). *Microbiologie et fermentation des produits laitiers*. Éditions scientifiques, Paris.

Benkerroum, N., El Moussadik, A., El Marzouki, B., & Bouksaim, M. (2013). Technology and safety assessment of a traditional cheese “J'ben” produced in the north of Morocco. *African Journal of Biotechnology*, 12(7), 680–688.

Bensoltane et al., 2012. *Afr. J. Microbiol. Res.*

Berthier, F., & Ehrlich, S. D. (1998). Rapid species identification within two groups of closely related lactobacilli using PCR. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(2), 600–606.

Cappuccino, J. G., & Welsh, C. (2017). *Microbiology: A Laboratory Manual* (11^e éd.). Pearson.

Chen, Y., Liu, Y., & Wang, J. (2017). Influence des ferments lactiques sur la qualité organoleptique des fromages affinés. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 1250–1265.

Chilliard, Y., Ferlay, A., & Rouel, J. (2001). Influence of diet on milk fatty acids. *Animal Feed Science and Technology*.

Codex Alimentarius (2004). *Guidelines for the Microbiological Examination of Foods*.

Références Bibliographies

FAO/WHO.

Crafting Algerian J'ben. (2023). Traditional production and microbial characterization of Algerian J'ben cheese. Crafting Algerian J'ben Project.

De Man, J. C., Rogosa, M., & Sharpe, M. E. (1960). A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of Applied Bacteriology*, 23(1), 130–135.

Endress+Hauser. (2023). Optimisation des procédés agroalimentaires à travers l'ultrafiltration et la sélection microbienne. *Food Processing and Engineering Journal*, 48(2), 101–118.

Farah, Z., & Ruegg, M. (2004). Effect of heat treatment on the composition of milk. *Lait*.

Faye, B., & Koné, I. (2010). La qualité du lait : caractéristiques et mesures. *Revue Élevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 63(1–2), 33–39.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2000). *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of Cheese Science* (2^e éd.). Springer.

Garel, J. (2020). *Les fromages frais et leurs procédés de fabrication*. Presses Universitaires de France.

<https://academicjournals.org/article/article-full-text/CADDC3D12994>

IDF – International Dairy Federation. (1997). *Bulletin of the International Dairy Federation*, No. 277.

IDF – International Dairy Federation. (2004). *Standard for the Measurement of pH in Milk*. Bulletin No. 372, Bruxelles.

Références Bibliographiques

ISO 15214 (1998). Microbiologie des aliments — Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles — Technique par ensemencement en profondeur sur milieu MRS.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7^e éd.). Springer.

Larsen, L. B., Albrechtsen, M., & Petersen, T. E. (2005). Infrared milk analysis. *International Dairy Journal*.

Metrouh, B., Saidane, D., et al. (2022). Technological potential of indigenous lactic isolates of an Algerian artisanal cheese J'ben Elgafs. ResearchGate.

Milkotronic Ltd. (2020). *Lactoscan Milk Analyzer – User Manual*. Sofia, Bulgaria.

Milkovska-Stamenova, S., Hoffmann, R., & Lauber, U. (2017). Analysis of milk and dairy products by infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Research*.

Montel et al., 2014. *Int. J. Food Microbiol.*
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.019>

Montville, T. J., & Matthews, K. R. (2008). *Food Microbiology: An Introduction*. ASM Press.

Ng-Kwai-Hang, K. F. (2006). Milk protein polymorphisms and their effect on milk composition and quality. *Canadian Journal of Animal Science*.

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

Saidane, D., et al. (2022). Amélioration des procédés traditionnels de fabrication des fromages algériens et impact sur la qualité sanitaire et organoleptique. *Journal of Dairy Science Algeria*.

Références Bibliographiques

Sboui, Y., Hanchi, B., & Ktari, T. (2020). Étude des paramètres physico-chimiques influençant la coagulation des fromages traditionnels nord-africains. *African Dairy Journal*, 28(4), 58–72.

Tamime, A. Y. (2006). *Fermented Milks*. Blackwell Publishing.

Team France Export. (2024). *Le marché mondial des produits laitiers et l'évolution de la consommation de fromage*. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, France.

Voutsinas, L. P., & Kassara, C. (2002). Cleaning procedures for milk analyzers. *Journal of Food Engineering*.

Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology* (2^e éd.). CRC Press.

Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., & Wehrmüller, K. (2008). *Technologie des fromages à pâte pressée*. Éditions AgroParisTech



Annexe

Annexe 1:Composition des milieux de culture

Tableau : gélose PCA

Composition	Quantité g/L
Tryptone	5
Extrait de levure	2.5
Glucose	1
Agar	18
Eau distillée	1000 ml

Tableau : Milieu MRS

Composition	Quantité g/L
Peptone	10
Extrait de viande	10
Extrait de levure	5
Glucose	20
Tween 80 I ml	2
Phosphate dipotassique	2
Acétate de sodium	5
Citrate d'ammonium	2
Sulfate de magnésium, 7 H ₂ O	0.2
Sulfate de magnes, 4 H ₂ O	0.5
Agar	18
Eau distillée	1000 ml

Tableau : Eau physiologique

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

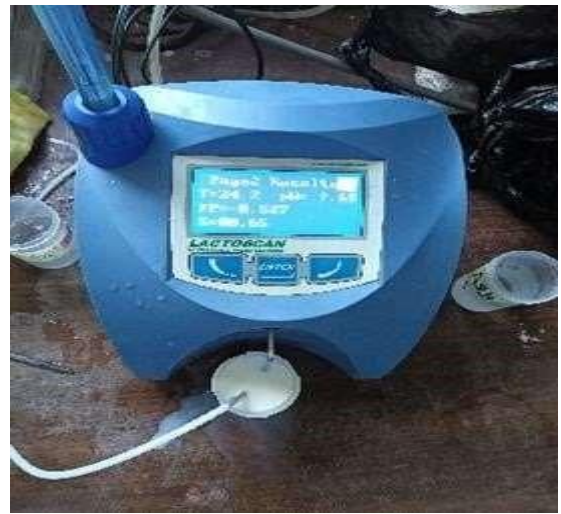
Annexe

Annexe 2: Normes de qualité hygiénique (FAO/OMS, 2019) et de conformité physicochimique des laits (IDF, 2018)

Normes d'évaluation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait :

ANALYSE	Norme
	FAO/OMS, 2019
Cellules somatiques cellules/ml	$400\ 000 < \text{cel/ml lait} \leq 200\ 000$
Germes totaux germes ufc/ml à 37°C	$< 10^5$
Germes psychrotrophes ufc/ml à 15°C	moins de 5000
Germes mésophiles ufc/ml à 30°C	moins de 10000
Germes thermophiles ufc/ml à 45°C	moins de 5000
Germes pathogènes ufc/ml	
Streptocoques fécaux	100
Coliformes	$5 \cdot 10^3$
Coliformes fécaux	10
Clostridium butyrique (spore/ml)	Absence
Staphylocoques aureus	10^3
Flore lactique ufc/ml	$> 10^4$

Annexe 3:Appareil utilisés



Annexe : l'acidité titrable




Annexe : Lactoscan analyseur du lait



Annexe: pH-mètre

Annexe 4:Interprétation des résultats du test de lactofermentation

Résultats	Aspect schématique du gel obtenu
-----------	----------------------------------

<p>1- Gel homogène</p> <p>Fermentation lactique dominante.</p> <p>Lait de qualité transformable satisfaisante.</p>	
<p>2- 3- 2- Gel spongieux avec des bulles difformes</p> <p>Développement de bactéries coliformes.</p>	
<p>4- Caillé floconneux avec exsudation</p> <p>5- importante de sérum</p>	

Annexe

Fermentations de bactéries acidifiantes et indésirables entraînant une protéolyse du lait en même temps que l'acidification.

6- Caillé digéré

Développement de bactéries psychrotrophes

