

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences Alimentaires

**Spécialité/Option :** Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

**Département :** Biologie

### Thème

---

**Caractérisation physicochimique et microbiologique du fromage  
traditionnel « Bouhezza ».**

---

**Présenté par :**

- ALLIOUI Manar
- BENMAATALLAH Roumaïssa

**Devant le jury composé de :**

<b>Président :</b>	M. ATHAMNIA Mohammed (MCB)	<b>Université de Guelma</b>
<b>Examineur :</b>	M. BOUSBIA Aïssam (MCA)	<b>Université de Guelma</b>
<b>Encadreur :</b>	M. GUEROUI Yassine (MCA)	<b>Université de Guelma</b>

**Juillet 2021**

## **Remerciements**

*Nous tenon tout d'abord a remercié le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modest travail.*

*Nos remerciements sont adressés aux membres du jury qui ont bien voulu accepter de juger ce modeste travail :*

***M.athamnía mohammed** qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.*

***M.bousbía aïssam** qui a bien voulu examiner ce travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur **guerouí yassíne**, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste mémoire*

*A mon cher père tu as été à mes cote pour me soutenir et  
m'encourager que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*A ma chère maman quoi que je fasse ou que je dise je ne saurai peint  
te remercier comme il se doit.*

*A mon très cher mari **rida***

*A tous les membres de ma famille.*

*A tous mes très chères amies.*

*Que dieu les bénisse et les garde pour moi.*

## *Dédicace*

*Avec joie, fierté et respect, je dédie ce mémoire à mon très cher grand  
père que dieu ait son aîme.*

*Et particulièrement à mes chers parents qui ont toujours été là pour  
moi*

*A ma chère sœur **DJOUHAÏNA** et à mon frère **MOHAMMED  
WADJIH.***

*A mes tantes et mes oncles, et spécialement ma tante **KARIMA** et  
**FARIDA.***

*A toute la famille **ALLIOU.***

*Je ne serai terminé sans citer mes chères amis **DJIHEN** et **IMEN.***

## Résumé

Le fromage traditionnel algérien bouhezza est fabriqué à partir de différents types de lait (chèvre, brebis et vache), affiné dans un sac en peau de chèvre ou de mouton appelé chekoua ou djeld de bouhezza.

La présente étude porte sur l'analyse physicochimique (pH, acidité titrable, couleur, degré brix) et l'analyse microbiologique (flore aérobimésophile totale, coliformes totaux, coliformes fécaux, spores d'anaérobie sulfite-réductrices, et certains germes spécifiques). Le fromage traditionnel bouhezza fabriqué à base de lait de vache par des méthodes artisanales. À travers les résultats obtenus, les valeurs de pH sont très proches entre les trois variétés de fromages ou le pH est acide et la conservation au froid semble être sans effet sur leur pH. L'acidité titrable diminue à partir du quinzième jour de conservation pour les types de fromage bouhezza. Les résultats des analyses microbiologiques montrent que la concentration moyenne de la flore mésophile aérobie totale est très variable entre les trois types de fromage avec une augmentation de la charge microbienne en (FMAT) à partir du quinzième jour. En outre, les résultats de recherche de coliformes totaux ont montré que tous les échantillons étudiés présentent une augmentation de la charge microbienne des coliformes durant la période de stockage ; par contre, on a constaté une absence totale des coliformes fécaux dans les trois types de fromage. Pour le streptocoque fécal, les résultats obtenus sont très élevés et variables entre les trois types de fromages.

La charge microbienne de tous les germes pour les trois types de fromage présente une augmentation progressive au cours de stockage. Le fromage bouhezza épicé semble être le fromage le plus contaminé par rapport au fromage naturel et salé.

**Mots clés :** fromage traditionnel, bouhezza, paramètres physico-chimiques, critères bactériologiques, analyses bactériologiques.

## Abstract

The traditional Algerian bouhezza cheese is made from different types of milk (goat, sheep and cow), matured in a goat or sheepskin bag called chekoua or djeld de bouhezza.

The present study relates to physical and chemical analyzes (pH, color, titrated acidity, and degree of sugar) and microbiological analyzes (sum of mesophilic aerobic bacteria, total coliforms, fecal coliforms, sulphate-reducing anaerobic bacteria, and some specific microbes) for bouhezza cheese which is made of cow's milk by traditional methods. From the results obtained, the pH values are very close among the three types of cheese where the pH is acidic and cold storage seems to have no effect on the pH as it decreases from the fifteenth day of storage. The results of microbiological analyzes showed the average concentration of the mean total aerobic bacteria is highly variable among the three types of cheese with an increase in the microbial load (FMAT) from the fifteenth day. On the other hand, the results of the research on total coliforms showed that all studied samples showed an increase in the microbial load of coliforms during the storage period, whereas the complete absence of fecal coliform was observed in the three types of cheese. As for fecal streptococci, the results obtained are very high and variable among the three types of cheese.

The microbial load of all germs for the three types of cheese shows a gradual increase during storage. Spicy bouhezza cheese seems to be the most contaminated cheese compared to natural and salty cheese.

**Keywords :** traditional cheese bouhezza, physical and chemical settings, bacteriological parameters, bacteriological analysis

## الملخص

جبن بوهزة الجزائري التقليدي مصنوع من أنواع مختلفة من الحليب (الماعز والاعنام و البقر) ينضج في كيس من جلد الماعز أو جلد الغنم يسمى الشكوة او جلد بوهزة.

تتعلق الدراسة الحالية بالتحليل الفيزيائي و الكيميائي (درجة الحموضة اللون الحموضة القابلة للمعايرة و درجة السكر) و التحليل الميكروبيولوجي (مجموع البكتيريا الهوائية متوسطة الحجم القلونية الكلية القلونية البرازية الجراثيم اللاهوائية التي تقلل الكبريتات و بعض الجراثيم المحددة). للجبن التقليدي بوهزة المصنوع من حليب البقر بطرق تقليدية فمن خلال النتائج التي تم الحصول عليها تكون قيم الأس الهيدروجيني قريبة جدا بين الأنواع الثلاثة من الجبن حيث يكون الرقم الهيدروجيني حمضيا و يبدو أن التخزين البارد ليس له أي تأثير على درجة الحموضة فهي تتخفض اعتبارا من اليوم الخامس عشر من التخزين كما أظهرت نتائج التحليلات الميكروبيولوجية أن متوسط تركيز النباتات الهوائية الكلية متغير للغاية بين أنواع (( FMAT الجبن الثلاثة مع زيادة الحمل الميكروبي

من اليوم الخامس عشر. و من جهة أخرى أظهرت نتائج البحث عن القلونية الكلية أن جميع العينات المدروسة أظهرت زيادة في الحمل الميكروبي من القلونية خلال فترة التخزين و من ناحية أخرى لوحظ الغياب التام للكوليفورم البرازي في الأنواع الثلاثة من الجبن.

أما العقديات البرازية فان النتائج التي تم الحصول عليها عالية جدا و متغيرة بين انواع الجبن الثلاثة الشحنة الميكروبية لجميع أنواع الجبن تظهر ارتفاعا ملحوظا في أنواع الجراثيم أثناء التخزين كما يبدو ان جبنة بوهزة الحارة هي الأكثر تلوثا مقارنة بالجبن الطبيعي و المالح.

**الكلمات المفتاحية:** الجبن التقليدي بوهزة الإعدادات الفيزيائية و الكيميائية المعايير البكتريولوجية التحليلات البكتريولوجية.

## Liste des abréviations et acronymes

		Symboles
%	Pourcentage	
° C	Degré celsius	
$\alpha$	Alpha	
° D	Dornic	
		<b>A</b>
<b>ASR</b>	anaérobies sulfito-réductrices	
<b>AT</b>	Acidité Titrable	
		<b>B</b>
<b>BE</b>	Bouhezza épice	
<b>BS</b>	Bouhezza Salé	
<b>BN</b>	Bouhezza Naturel	
<b>BCPL D/C</b>	bouillon lactose au pourpre de bromocrésol à double concentration	
<b>BCPL S/C</b>	bouillon lactose au pourpre de bromocrésol à simple concentration	
<b>BPH</b>	bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication	
<b>BPL</b>	Bonnes Pratiques du laboratoire	
		<b>C</b>
<b>CF/g</b>	Coliforme fécaux par gramme	
<b>CT/g</b>	Coliforme totaux par gramme	
<b>CIE</b>	Commission Internationale de l'éclairage	
<b>CO<sub>2</sub></b>	Le dioxyde de carbone	
		<b>F</b>
<b>FMAT</b>	La Flore Aérobie Mésophile Totale	
<b>FeS</b>	sulfure de fer	
		<b>G</b>
<b>g</b>	Gramme	
<b>g/l</b>	Gramme par litre	
		<b>H</b>
<b>h</b>	Heure	
		<b>J</b>
<b>J</b>	Jours	
		<b>L</b>
<b>Log</b>	Logarithme	
<b>L</b>	Litre	
		<b>M</b>



<b>min</b>	Minute	
<b>MRS</b>	Gélose de Man Rogosa, Sharpe	
		<b>N</b>
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub></b>	colonies typique réduisant du sulfite de sodium	
<b>NH<sub>3</sub></b>	Ammoniac	
<b>N</b>	nombre	
		<b>P</b>
<b>PCA</b>	gélose Plate Count Agar	
<b>NPP</b>	nombre le plus probable	
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène	
		<b>R</b>
<b>RFM</b>	Refractomètre	
		<b>S</b>
<b>S/C</b>	Bouillon à l'acide de sodium à simple concentration	
<b>SF/g</b>	Streptocoques fécaux par gramme	
<b>SM</b>	Solution mère	
<b>SS</b>	gélose <i>Salmonella-Shigella</i>	
		<b>U</b>
<b>UFC</b>	Unité formant colonies	
<b>UFC/g</b>	Unité formant colonies par gramme	
		<b>V</b>
<b>VF</b>	gélose Viande foie	
<b>V</b>	Volume en ml correspond à la chute de la burette	

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b>	Fromage à pâte molle type Camembert	09
<b>Figure 2 :</b>	Fromage à pâte persillée type Roquefort	10
<b>Figure 3 :</b>	Chekoua de Bouhezza	16
<b>Figure 4 :</b>	Schéma illustratif du procédé de fabrication du fromage «Bouhezza»	17
<b>Figure 5 :</b>	Conservation du Bouhezza dans la Chekoua et des récipients en céramique	18
<b>Figure 6 :</b>	L'espace L* a* b* et la représentation colorimétrique de l'espace chromatique CIELAB et (A) et de l'écart de couleur $\Delta E^*$ (B)	22
<b>Figure 7 :</b>	Chromamètre portable de type CR-410	22
<b>Figure 8 :</b>	Recherche et dénombrement de la flore totale	24
<b>Figure 9 :</b>	Recherche et dénombrement des coliformes	27
<b>Figure 10 :</b>	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	28
<b>Figure 11 :</b>	Recherches et dénombrement des spores de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	30
<b>Figure 12 :</b>	Recherche et dénombrement des germes spécifiques	32
<b>Figure 13 :</b>	Variation du pH des trois types du fromage Bouhezza étudiés	33
<b>Figure 14 :</b>	Variation de l'acidité titrable des trois types du fromage Bouhezza étudiés	34
<b>Figure 15 :</b>	Variation du degré Brix des trois types du fromage Bouhezza étudiés	35
<b>Figure 16 :</b>	Variation de la flore totale des trois types du fromage Bouhezza étudiés	37
<b>Figure 17 :</b>	Variation des coliformes totaux des trois types du fromage Bouhezza étudiés	38
<b>Figure 18 :</b>	Variation des Streptocoques fécaux des trois types du fromage	39

**Figure 19 :** Variation des bactéries spécifiques des trois types du fromage  
Bouhezza étudiés

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b>	Composition moyenne en % du lait de vache	04
<b>Tableau 2 :</b>	Principales transformations biochimiques au cours de l'affinage	08
<b>Tableau 3 :</b>	Description des échantillons de Bouhezza étudiés	19
<b>Tableau 4 :</b>	Profil de la couleur des différents types du fromage Bouhezza	36

## Table des matières

Résumé.

Abstract.

ملخص

Liste des abréviations et acronymes.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Introduction 1

### Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

1.	Généralités sur les fromages	3
1.1.	Définition	3
1.2.	Historique	3
1.3.	Fabrication	3
1.3.1.	Composition du lait	4
1.3.2.	Traitement du lait	4
a.	Standardisation	4
b.	Traitement thermique	5
1.3.3.	Coagulation	5
1.3.4.	Egouttage	5
1.3.5.	Pressage	6
1.3.6.	Salage	6
1.3.7.	Affinage	6
1.4.	Classification des fromages	7
1.4.1.	Fromage à pâte fraîche	7
1.4.2.	Fromage à pâte molle	8
1.4.3.	Fromage à pâte persillée	9
1.4.4.	Fromage à pâte pressée cuite	10
1.4.5.	Fromage à pâte pressée non cuite	10
1.5.	Méthode de conservation	11
1.5.1.	Techniques de froid	11

a. Réfrigération	11
b. Congélation-Surgélation	11
1.5.2 Techniques de chaleur	12
a. Pasteurisation	12
b. Stérilisation	12
1.5.3. Conservation en solution et par addition	12
1.5.4. Techniques de déshydratation-séchage	13
a. Déshydratation-séchage	13
b. Lyophilisation	13
2. Produits laitiers traditionnels Algériens	13
2.1. Différents types	13
2.1.1. Rayeb	13
2.1.2. Lben	13
2.1.3. Dérivés laitiers gras (zebda et smen)	14
2.1.4. Fromages	14
3. Fromage traditionnel «Bouhezza»	14
3.1. Définition	14
3.2. Fabrication de « Bouhezza »	15
3.2.1. Préparation de Chekoua	15
3.2.2. Préparation du lben (lait fermenté)	16
3.2.3. Préparation du fromage	16

## **Chapitre 2 : Matériel et Méthodes**

1. Matériel biologique	19
2. Préparation des échantillons	19
3. Analyse physicochimique et microbiologique	20
3.1. Analyse physicochimique	20
3.1.1. Potentiel hydrogène (pH)	20
3.1.2. Acidité titrable	20
a. Mode opératoire	20
b. Lecture	20

3.1.3. Brix	21
a. Mode opératoire	21
3.1.4. Couleur	23
3.2. Analyse microbiologique	23
3.2.1. Milieux de culture employés	23
3.2.2. Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)	23
a. Mode Opératoire	23
b. Lecture et interprétation	23
3.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes	23
a. Mode opératoire	25
b. Test de présomptif	25
c. Test de confirmation (test de Mac Kenzie)	25
3.2.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux	26
a. Mode opératoire	26
b. Test de présomptif	26
c. Test de confirmation	28
3.2.5. Recherches et dénombrement des spores Clostridium sulfito-réducteurs	29
a. Mode opératoire	29
3.2.6. Recherche et le dénombrement des germes spécifiques	31
a. Mode Opératoire	31
b. Lecture et interprétation	31
1. Caractéristiques physicochimiques	31
1.1. Potentiel hydrogène (pH)	31
1.2. Acidité titrable	33
1.3. Degré Brix	34
1.4. Mesure physique de la couleur de surface des fromages	35
2. Caractéristiques microbiologiques	36
2.1. Flore Aérobie Mésophiles totale (FMAT)	36
2.2. Coliformes totaux	37
2.3. Coliformes fécaux	38

2.4. Streptocoques fécaux	38
2.5. Spores d'Anaérobies Sulfito-Réductrices	39
2.6. Germes Spécifiques	39
<b>Conclusion</b>	41
<b>Références</b>	42



---

# **INTRODUCTION**

---

## **Introduction**

Les fromages traditionnels existent depuis l'antiquité dans les pays méditerranéens. Ils sont produits dans des zones géographiques limitées et ne sont consommés que localement mais parfois il existe d'autres qui ont dépassé ces limites locales même, de loin celles de leur pays d'origine. En Algérie, plusieurs types de fromages traditionnels de différentes régions du pays sont actuellement recensés. Les plus connus portent la dénomination de « Djben » et « Klila » utilisés dans l'ensemble des pays du Maghreb. Il existe d'autres types moins connus tels que Bouhezza, M'chouna, et Medghessa dans la région de Chaouia au Nord-est de l'Algérie, aussi Igounenes dans la région Kabyle au Nord-centre du pays et Takemerit et Aoules au Sud ([Aissaoui Zitoun, 2014](#)).

Le fromage traditionnel Bouhezza est le plus connu dans la région de Chaouia à l'Est de l'Algérie. Il est fabriqué à partir de différents types de lait à savoir le lait de chèvre, brebis, vache ou de mélange. Ce type de fromage est connu par son procédé de fabrication particulier caractérisé par l'utilisation de « Chekoua », un contenant spécifique qui joue un rôle de séparateur de lactosérum. La fabrication proprement dite comporte des phases : la coagulation du lait cru et sa transformation en Lben, puis le salage de ce dernier, l'égouttage et l'affinage. A la fin de la fabrication, on mélange la pâte fromagère avec du piment rouge pour donner son goût particulier ([Senoussi, 2013](#)).

Le risque d'altération possible des fromages par différents microorganismes utiles ou pathogènes nécessite un suivi microbiologique et physicochimique rigoureux dès la traite du lait jusqu'à la fabrication du fromage ([Ruqia et al., 2015](#)). C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude qui porte sur l'évaluation et le suivi de la qualité physicochimique et microbiologique du fromage Bouhezza au cours de stockage dans l'optique de déterminer la durée limite de conservation de ce dernier. Aussi, notre étude s'articulera en trois parties principales :

- Dans le premier chapitre de ce travail, nous présentons un résumé d'un ensemble d'informations bibliographiques sur les fromages et le fromage traditionnel Bouhezza.
- En seconde partie, le chapitre Matériel et Méthodes faisant appel à diverses méthodes et outils d'investigation.

- Le chapitre Résultats et Discussion de ce mémoire traite l'évolution de la flore microbienne et les caractères physicochimiques du fromage Bouhezza au cours de stockage au froid afin de prendre une idée sur la durée de sa conservation.

**CHAPITRE**

**1**

---

# **Synthèse Bibliographique**

---

## **1. Généralités sur les fromages**

### **1.1. Définition**

La définition « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières (lait, lait partiellement ou totalement écrémé, babeurre) utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la phase aqueuse. Les fromages sont produits par la coagulation d'un produit laitier assortie d'un égouttage. De la matière grasse d'origine laitière peut être éventuellement ajoutée. La coagulation suivie d'égouttage qui correspond aux méthodes traditionnelles ([Jeantet et al., 2007](#)).

Selon le *Codex Alimentarius*, le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure obtenu après coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème, crème de lactosérum ou babeurre, seuls ou en combinaison. On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette ([Codex Alimentarius, 2006](#)).

### **1.2. Historique**

La première utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait. Cependant, l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du Sud-Ouest Asiatique et daterait d'environ 8000 ans ([St-Gelais and Tirard-Collet, 2002](#)).

### **1.3. Fabrication**

La fabrication fromagère est l'agglomération des éléments protéiques du lait, principalement de la caséine qui emprisonnent les autres constituants et ensuite, de l'agglomération de morceaux de caillé moulés. Un écoulement de la phase liquide associé à l'agglomération, composée de l'eau du lait et des éléments solubles emprisonnée dans des pores puis libérée. La fabrication comprend trois étapes : la coagulation du lait (formation d'un gel de caséines), l'égouttage (déshydratation partielle du gel) qui aboutit à un caillé et enfin le salage. Ces étapes concernent les fromages frais. Le reste des fromages subissent en plus une étape d'affinage, ce sont les fromages affinés ([Luquet, 1990](#)).

### 1.3.1. Composition du lait

Le lait est un aliment très riche en matière de nutriments. Le constituant principal du lait est l'eau avec, au moyenne de 902 g/L, tandis que la matière sèche ne représente que 130 g/L. Le lait a une composition complexe, constitué principalement de lipides (triglycérides) protéines (caséines, albumines, globulines), glucides essentiellement le lactose et les sels (sels d'acide phosphorique, sels d'acide chlorhydrique ...etc. (**Tab. 1**) ([Dieng, 2001](#)).

**Tableau 1.** Composition moyenne en % du lait de vache ([Jensen and Newburg, 1995](#)).

Composants	Vache
Protéines	3.4
Caséines	2.8
Lipides	3.7
Lactose	4.6
Minéraux	0.7

### 1.3.2 Traitement du lait

Le fromage correspond à une véritable conserve alimentaire, obtenue grâce à l'action conjuguée de l'élimination de l'eau du lait et de la récupération des matières sèches. Le lait doit être traité avant l'utilisé en production fromagère. Il est normalement standardisé et traité thermiquement.

#### a. Standardisation

La standardisation du lait est devenue nécessaire pour garantir que le lait obtenu auprès de plusieurs producteurs ou laiteries soit d'une composition et d'un état «standard» tout au long de l'année. Il est également courant d'ajouter du calcium au lait pour ajuster le pH du lait à un niveau souhaité, connu sous le nom de pré-acidification. L'ajout de calcium accélère la coagulation ou réduit la quantité de présure nécessaire et produit un gel plus ferme ([Khelaifia et al., 2020](#)).

## **b. Traitement thermique**

Le traitement thermique du lait est principalement destiné à détruire la population microbienne nocive et les enzymes du lait cru afin d'assurer la sécurité et la qualité du produit ([Gunasekaran and Ak, 2003](#)) ([Khelaifia et al., 2020](#)).

Bien que le lait cru soit encore utilisé dans la fabrication du fromage commercial et à la ferme, la plupart du lait de fromage est maintenant pasteurisé, généralement juste avant l'utilisation. La pasteurisation est le traitement thermique le plus couramment utilisé (72 °C pendant 15 secondes), non seulement détruit la plupart des bactéries présentes, y compris les bactéries lactiques, mais inactive également de nombreuses enzymes. La pasteurisation du lait de fromage minimise le risque que le fromage serve de vecteur d'intoxication alimentaire ou de microorganismes pathogènes, de sorte que même du lait cru de haute qualité peut être inacceptable pour la fabrication du fromage. Un traitement thermique doux, appelé thermisation (60 à 65 °C pendant 15 à 30 secondes) peut également être utilisé avantageusement avant ou après la pasteurisation, l'objectif est de contrôler les bactéries psychrotrophes ([Gunasekaran and Ak, 2003](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

### **1.3.3. Coagulation**

La coagulation du lait correspond à des modifications physicochimiques et déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel emprisonnant des éléments solubles du lait sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) de l'acide lactique, entraînant la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. On distingue trois types de coagulation :

- Coagulation acide ;
- Coagulation par voie enzymatique ;
- Coagulation mixte ([St-Gelais and Tirard-Collet, 2002](#)).

### **1.3.4. Egouttage**

L'égouttage du caillé consiste à une déshydratation partielle du gel ou de caseine, obtenu par séparation d'une partie du lactosérum. Il correspond à une séparation physique entre solide et liquide. Le gel obtenu par la floculation des caséines étant instable, il se transforme rapidement à la suite de la contraction des micelles, ce qui provoque l'expulsion de la phase liquide hors du caillé. Ce phénomène appelé synérèse permet de séparer le caillé, contenant la caséine et la matière grasse, du sérum qui contient le lactose, des minéraux et les protéines solubles du lait. L'égouttage peut être spontané ou amélioré par pressage, par découpage et par brassage ([Guiraud, 1998](#); [St-Gelais and Tirard-Collet, 2002](#)).

### **1.3.5 Pressage**

Le pressage implique l'application d'une pression externe sur le caillé. Dans la pratique ancienne, le pressage était accompli en appuyant sur le caillé à la main ou en plaçant un poids tel qu'une pierre sur le dessus du caillé pendant qu'il égouttait. Certains fromages sont dits «non pressés» parce que le drainage par gravité seul est utilisé pour tricoter les particules de caillé ensemble. Le pressage aide à expulser le lactosérum et favorise une fusion plus complète des particules de caillé, résultant en une texture de fromage plus fermée avec moins d'ouvertures. Plus tard, les fromagers ont développé une variété de dispositifs de pressage qui pourraient appliquer des pressions beaucoup plus élevées au caillé, permettant ainsi la production de gros fromages avec des textures très fermées et compactes et des surfaces serrées ([Donnelly, 2014](#)).

### **1.3.6 Salage**

Dans la plupart des fabrications, entre l'égouttage et l'affinage, se situe l'opération de salage qui représente à la fois un complément d'égouttage et un facteur important de la maîtrise de l'affinage par action sur l'activité de l'eau. Le sel ajouté au fromage permet de rehausser la saveur finale mais il fait plus :

- Il complète l'égouttage sous l'effet de la pression osmotique ;
- Il arrête l'acidification du caillé et prévient une déminéralisation excessive de la pâte ;
- Il contrôle le développement des bactéries nuisibles ou pathogènes et sélectionne le développement des micro-organismes utiles à l'affinage.

La technique de salage couramment utilisée consiste, après le démoulage, à saupoudrer ou à frotter régulièrement chacune des surfaces du fromage avec du sel. Cette technique à sec évite de mouiller la surface et permet de l'assécher et de faire la croûte. Par contre, elle entraîne une baisse de rendement et des fluctuations dans la teneur finale en sel. Elle est utilisée pour des fromages de type suisse, comme le gruyère, et pour des fromages fermiers de chèvre. Une autre possibilité est la méthode en saumure ([St-Gelais and Tirard-Collet, 2002](#)).

### **1.3.7. Affinage**

L'affinage se caractérise par des transformations biochimiques des constituants du caillé, essentiellement sous l'action d'enzymes microbiennes (**Tab. 2**). L'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants protéiques et lipidiques du caillé égoutté qui lui conférera à la fin une texture et une saveur caractéristique selon le type de fromage recherché ([St-Gelais and Tirard-Collet, 2002](#)).



A l'exception des fromages à pâte fraîche, tous les types de fromages sont affinés. La finition, ou affinage, est le processus par lequel le fromage non affiné est transformé ou «affiné» jusqu'à son état de pleine maturité. La finition nécessite souvent une combinaison spécifique de conditions environnementales (température, humidité, environnement physique, présence d'une microflore indigène spécifique, etc.) et de manipulations physiques (frottement, grattage, retournement, lavage, etc.) qui sont effectuées par le fromager ou l'affineur (une personne qui se spécialise dans l'art de la finition). La finition peut prendre des semaines, des mois ou des années selon le fromage. Le processus d'affinage qui se produit peut être largement en deux, le corps (ou l'intérieur) du fromage et la surface. Dans le corps du fromage, des sous-zones d'affinage peuvent également se développer en raison des gradients de sel et d'humidité qui se forment pendant le salage ou des gradients de pH qui se développent pendant le vieillissement. D'un point de vue microbiologique, le corps et la surface du fromage représentent généralement des environnements, le premier devenant très anaérobie lors de l'affinage et le second restant aérobie. Une exception importante à ceci est lorsque le fromage est pré-emballé et affiné dans un film barrière imperméable à l'oxygène, auquel le corps et la surface restent anaérobies ([Fox et al., 2004](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

#### **1.4. Classification des fromages**

Selon [Tremolier et al. \(1984\)](#), les fromages peuvent être classés en plusieurs types selon leurs aspects et leur mode de fabrication. Selon [Cheftel et al. \(1978\)](#), il existe plusieurs dénominations commerciales de fromages, mais probablement moins d'une cinquantaine de types de préparations, que l'on peut classer selon divers critères : dureté de la pâte, existence d'une phase d'affinage, formation de gaz,...etc.

##### **1.4.1. Fromage à pâte fraîche**

Les fromages frais sont des fromages à égouttage lent, n'ayant subi que la fermentation lactique obtenus avec des laits ou des crèmes propres à la consommation humaine. L'égouttage lent se fait en sacs ou filtres ou bien en cuves, mais la technologie moderne d'ultrafiltration ou de centrifugation du caillé maigre permettent d'obtenir un égouttage rapide. La diverse technologie employée permettant de distinguer :

- Les fromages blancs moulés où le caillé garde son individualité à l'état de blocs ou de grains ;
- Les fromages blancs frais à structure homogène : à extrait sec faible et texture onctueuse comme le fromage blancs battus ou lissés ; à extrait sec plus élevé et texture tartinable comme les petits suisses ([Luquet, 1990](#)).

**Tableau 2.** Principales transformations biochimiques au cours de l’affinage ([Hebert, 2010](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

Substrats	Type de transformation	Principaux produits formés
Protéines, peptide	Protéolyse	Peptide, acides aminés
Acides aminés	Désamination, Décarboxylation, Dégradation des chaînes latérales	NH <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , amines, <i>acides α-cétoniques</i> , phénols, indole, méthane thiol et autres composés soufrés volatils
Amines	Désamination oxydative	NH <sub>3</sub> , aldéhydes, acides
<i>α -cétoacides</i>	Décarboxylation	Aldéhydes
Triglycérides, glycérides partiels	Lipolyse	Acides gras, glycérides partiels, glycérol
Acides gras à chaîne moyenne ou courte	<i>β</i> -oxydation	Méthylcétones, CO <sub>2</sub>
Acides gras, éthanol, alcool aliphatiques ou aromatiques, thiols	Estérification	Esters Thioester
Lactose	Fermentation lactique (homo)	Acide lactique
	Fermentation lactique (hétéro)	Acide lactique, éthanol, acide acétique, CO <sub>2</sub>
	Fermentation alcoolique	Ethanol, CO <sub>2</sub> , acide acétique, acétaldéhyde
Acide citrique	Assimilation (bactéries lactique)	CO <sub>2</sub> , acétaldéhyde, acétoïne, diacétyl
Acide lactique	Fermentation propionique	Acide propionique, acide acétique, acide succinique, CO <sub>2</sub>

#### 1.4.2. Fromage à pâte molle

Ce sont des fromages obtenus par action de la présure, qui subissent un affinage après fermentation lactique mais dont la pâte n’est ni cuite ni pressée : l’égouttage est lent et réalisé par un simple découpage et éventuellement un brassage, leur humidité est moyenne (50 à 55%). Leur conservation est améliorée par le froid. Ces types de fromages sont en général

faiblement minéralisés avec un pH de 6,20 à 5,85. Le temps total de coagulation va de 30 à 45 minutes. On distingue :

- Les fromages à pâte molle « moussée», généralement à croûte moisie (Camembert,..) (**Fig 1.**) ;
- Les fromages à pâte molle et à croûte lavée (Munster, livarot,...etc.)
- Les fromages à pâte molle persillée (à moisissures internes), Roquefort et autres ([Bourgeois and Larpent, 1996](#); [Guiraud, 1998](#)).



**Figure 1.** Fromage à pâte molle type Camembert ([Farhat, 2017](#); [Nicolau Gómez, 2017](#)).

#### **1.4.3. Fromage à pâte persillée**

Sous cette appellation sont regroupés des fromages dont l'intérieur est le siège d'un développement de *Penicillium roquefortii*. Il s'agit par exemple du Roquefort (**Fig. 2**), l'extrait sec de ces fromages est compris entre 50 et 58%, la teneur en lipides rapportée au poids sec est toujours supérieure à 45%. L'ensemencement se réalise avec des Streptocoques mésophiles et des Leuconostoc (1% environ) et une suspension de spores de *Penicillium roquefortii*. L'apport de bactéries thermophiles (Streptocoques et Lactobacilles) a une action complémentaire dans l'acidification et une activité protéolytique plus marquée. La coagulation dure 1h, après découpage, brassage pendant 25-30 minutes, égouttage (pH 4,8-6,0), le salage est réalisé à 1,5 à 2,5 % dans la masse. L'affinage se déroule pendant plusieurs mois à 7-12 °C avec piquage de la pâte pour aérer la masse où se développe le *Penicillium* aérobie.

L'humidité de ce type des fromages est voisine de 45-50% ([Tremolier et al., 1984](#); [Bourgeois and Larpent, 1996](#)).



**Figure 2.** Fromage à pâte persillée type Roquefort ([Caron et al., 2021](#)).

#### **1.4.4. Fromage à pâte pressée cuite**

Les fromages à pâte pressée cuite se caractérisent par l'association de deux fermentations qui se succèdent dans le temps ; en premier lieu, c'est la fermentation lactique qui se déroule pendant les 24 premières heures qui suivent l'emprésurage. Cette fermentation conduit à l'abaissement du pH du caillé vers 5,4 à 5,5 à la sixième heure de pressage, le pH final du fromage étant de 5,1 à 5,3. C'est l'un des facteurs de l'égouttage. Elle joue donc un rôle important dans la conservation et la qualité des fromages à pâte pressée cuite. Ensuite, la fermentation propionique se manifeste en cave d'affinage (cave à chaud à 15 à 24 °C) et dure plusieurs semaines, dans cette fermentation le fromage se caractérise par la présence des yeux (trous) et leur absence s'explique par faible température d'affinage. Les fromages à pâte cuite ont une humidité d'environ 38% ([Tremolier et al., 1984](#); [Bourgeois and Larpent, 1996](#)).

#### **1.4.5. Fromage à pâte pressée non cuite**

Ce sont des fromages à caillé mixte dominé par une présure, dont l'acidification est limitée par un délactosage réalisé par lavage à l'eau des grains de caillé avant le moulage. L'égouttage, plus prononcé que dans le cas des fromages déjà étudiés, est effectué par pressage. Les fromages sont ensuite plongés dans un bain de saumure pendant quelques heures ou salés à sec dans la masse. Ces fromages ont une humidité comprise entre 45 et 55% selon les

types. Une fabrication correcte se traduit par une croûte saine, une pâte lisse, homogène et élastique, une forme régulière. A la coupe, on peut admettre quelques petits trous mais en nombre très limité. Lorsqu'ils sont nombreux, c'est l'indice d'un gonflement provoqué par des bactéries contaminantes productrices de gaz (bactéries coliformes, levures, bactéries butyriques ([Tremolier et al., 1984](#))).

## **1.5. Méthode de conservation**

Il y a plusieurs techniques pour la conservation des aliments y compris les fromages.

### **1.5.1. Techniques de froid**

#### **a. Réfrigération**

La réfrigération est utilisée pour la conservation des aliments périssables à court et moyen terme. La durée de conservation va de quelques jours à plusieurs semaines suivant le produit, la température, l'humidité relative et le type de conditionnement. Elle consiste à abaisser la température d'un aliment à des valeurs légèrement supérieures à son point de congélation. L'intérêt de la réfrigération consiste à inhiber le développement des germes mésophiles, dont la plupart des microorganismes pathogènes. Elle n'est donc efficace qu'à une température comprise entre 0 et +4 °C. La réfrigération n'empêche pas le développement de certaines espèces psychrotrophes; la croissance de ces populations est d'autant plus rapide que l'on s'éloigne de 0 °C dans le sens des températures croissantes. Un aliment réfrigéré dans de bonnes conditions (0 à 1 °C) peut être lentement altéré en surface par la flore psychrotrophe ([Gueroui, 2018](#)).

#### **b. Congélation-Surgélation**

La congélation consiste à entreposer les aliments à des températures inférieures au point de congélation, généralement -18°C. Elle est utilisée pour la conservation des aliments à long terme (4 à 24 mois). Pendant la congélation, l'activité métabolique de la plupart des germes pathogènes et d'altération est inhibée. Cependant, les réactions d'altération chimique ne sont pas arrêtées complètement. Les plus importantes de ces réactions sont l'oxydation enzymatique des lipides, l'hydrolyse des glucides et la lipolyse. Pour en remédier, les industriels procèdent généralement à un blanchiment des produits (cas des légumes surgelées) avant leur congélation. Un produit surgelé est un aliment très frais ayant subi une congélation ultrarapide. Il s'agit donc d'un cas particulier de congélation ([Gueroui, 2018](#)).

## **1.5.2 Techniques de chaleur**

### **a. Pasteurisation**

La pasteurisation est un traitement thermique modéré qui se fait à une température inférieure à 100 °C et détruit de manière plus ou moins totale des éléments microbiens sous leur forme végétative, sous réserve que la conservation des produits pasteurisés se fasse à 4 °C, leur durée de vie est en fonction de la valeur pasteurisatrice appliquée. Elle est indiquée dans les cas où Lorsque le pH du milieu est inférieur à 4,5, dans tous les cas où un traitement thermique important entraîne une perte des propriétés organoleptiques des aliments, lorsque l'objectif peut être limité à la destruction des espèces pathogènes potentiellement contaminantes et enfin à l'occasion de la préparation d'aliments fermentés ([Gueroui, 2018](#)).

### **b. Stérilisation**

La stérilisation par la chaleur consiste à exposer les aliments à une température, généralement supérieure à 100 °C, pendant une durée suffisante pour inhiber les enzymes et toute forme de microorganismes, même les bactéries sporulées (Destruction des microorganismes d'une denrée de manière à éviter la dégradation de ses qualités sanitaires avec le temps). Le procédé tient son nom du français Nicolas Appert (1750-1841) (Appertisation), confiseur-traiteur de métier, qui, après 14 ans d'expérimentations commencées en 1795, a décrit la méthode de préservation des aliments qui consiste à les enfermer dans un récipient hermétique et à les traiter par la chaleur dans l'eau bouillante. Il faut attendre les travaux de Louis Pasteur (1822-1895) sur la stérilisation par chauffage des milieux nutritifs puis sur la bière et le vin pour que soit montrée l'existence de la destruction par la chaleur des microorganismes (1860). Pasteur met au point un procédé de chauffage de quelques minutes entre 55 et 60 °C en absence d'air que l'on appelle aujourd'hui pasteurisation ([Gueroui, 2018](#)).

## **1.5.3. Conservation en solution et par addition**

Le confisage concerne étymologiquement l'utilisation du sucre pour la conservation des fruits. Leur principe est basé sur la diffusion du sucres à l'intérieur du fruit, où il remplace l'eau contenu (85% en poids) par un phénomène d'osmose à travers ses membranes cellulaires, il réduit l'Aw. Comme toute substance en solution aqueuse, il élève la température d'ébullition au-delà de 100°C, et abaisse celle de congélation au-dessus de 0 °C ([Boudjerare et al., 2018](#)).

#### **1.5.4. Techniques de déshydratation-séchage**

##### **a. Déshydratation-séchage**

A des concentrations suffisantes, le sel (chlorure de sodium) possède des propriétés inhibitrices sur de nombreux microorganismes, en particulier sur les Bacilles Gram-. Seuls les microorganismes halophiles peuvent se développer dans un aliment salé. La salaison est l'un des procédés de conservation des produits de charcuterie. Ceux-ci sont immergés dans la saumure. L'action de séchage (élimination de l'eau) pose deux problèmes fondamentaux : les effets d'altération des qualités nutritionnelles et surtout organoleptiques des produits et la consommation d'énergie considérable nécessaire pour éliminer, extraire l'eau, cependant le produit réhydraté vivant sa consommation ne reprend jamais totalement sa forme et son aspect ni son goût d'origine ([Boudjerare et al., 2018](#); [Gueroui, 2018](#)).

##### **b. Lyophilisation**

Appelée aussi cryodessiccation, son principe est basée sur l'utilisation des propriétés spécifiques de la glace qui consiste à se sublimer directement. Elle consiste donc à l'extraction de l'eau du produit, dans une granulométrie particulière, sans attendre à la forme ni à la composition des cellules constitutives ([Boudjerare et al., 2018](#)).

## **2. Produits laitiers traditionnels Algériens**

En Algérie les produits laitiers fermentés sont consommés traditionnellement ce qui reflète un aspect important de la culture Algérienne. La transformation traditionnelle du lait en produits laitiers traditionnels Algériens fait partie intégrante de l'héritage et a une grande importance culturelle médicinale et économique ([El Marrachi and Hmama, 1996](#); [Lahsaoui, 2009](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

### **2.1. Différents types**

#### **2.1.1. Rayeb**

Le Rayeb ou bien le lait caillé, est obtenu par coagulation du lait durant une période varie de 24h à 72h selon la saison. Le «Rayeb» est consommé tel quel ou sous une forme écrémée après barattage et écrémage traditionnels dans une peau de chèvre ou de brebis «Chekoua» ([Soukehal, 2013](#)).

#### **2.1.2. Lben**

Le Lben ou le lait fermenté est un des produit- phare de la transformation artisanale du lait en Algérie. Le Lben est le produit de l'écrémage et du barattage traditionnels du lait

fermenté. Le beurre frais «Zebda » est extrait manuellement sous forme de mottes. Le petit lait restant selon ce procédé est appelé Lben ([Soukehal, 2013](#)).

### **2.1.3. Dérivés laitiers gras (zebda et smen)**

Le beurre frais est obtenu après barattage du lait fermenté « Rayeb ». Ce dernier est occasionnellement augmenté d'une quantité d'eau tiède (40- 50°C) à la fin du barattage pour favoriser l'agglomération des globules lipidiques et accroître le rendement en beurre (Zebda). Les globules gras apparaissant en surface, à la suite du barattage, sont séparés par une cuillère perforée, le beurre frais obtenu présente une consistance molle du fait de la forte concentration en eau. Le surplus de beurre produit est transformé en beurre rancie «Smen» à travers le lavage du beurre frais à l'eau tiède, le saumurage, le salage (8- 10g/100g) et le conditionnement ([Soukehal, 2013](#)).

### **2.1.4. Fromages**

En Algérie, il existe plusieurs types de fromages traditionnels qui peuvent se répartir en quatre catégories : les fromages frais qui regroupent « Jben, Mechouna, Ighounane, Aghoughlou, Kemariya, Oudiouan Oulli et Klila frais ». Le groupe des fromages affinés comprend « Bouhezza », alors que le type des fromages fondus regroupe « Medghissa ». Enfin, on trouve pour les fromages durs « Ioulsân, Takammart et Klila séché ([Leksir, 2018](#)).

## **3. Fromage traditionnel «Bouhezza»**

Chaque fromage traditionnel provient de systèmes complexes qui lui donnent des caractéristiques organoleptiques spécifiques. Les différents éléments qui entrent dans la typicité de chaque fromage sont liés à divers facteurs de biodiversité, comme l'environnement, le climat, le pâturage, la race des animaux, l'utilisation du lait cru et de sa microflore naturelle, la technologie fromagère s'appuyant sur le savoir-faire unique des hommes et non pas sur une technologie automatisée, les outils historiques et enfin les conditions naturelles d'affinage ([Aissaoui et al., 2006](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

En Algérie, les fromages traditionnels sont peu nombreux, non entièrement recensés mais aussi peu étudiés ; environ dix types de fromages sont connus dans les différentes régions du pays ([Zitoun et al., 2011](#); [Khelaifia et al., 2020](#)). Parmi ces fromages, il se positionne le fromage traditionnel « Bouhezza ».

### **3.1. Définition**

Le fromage « Bouhezza » est un fromage traditionnel affiné, à pâte molle connu depuis longtemps dans la région de Chaouia, à l'Est Algérien ([Leksir, 2018](#); [Boudalia et al., 2020](#)). Il



est fabriqué à partir du lait de chèvre, de brebis, de vache ou d'un mélange et considéré non seulement comme un produit alimentaire mais aussi faisant partie intégrante de la vie des «Chaouias». La fabrication de «Bouhezza» a la particularité d'associer simultanément les étapes de coagulation, égouttage, salage et affinage. Le fromage est obtenu après transformation du «Lben» dans la «Chekoua» (peau de chèvre préalablement traitée au sel et au genièvre) ([Zitoun et al., 2011](#); [Medjoudj et al., 2017](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

Ce fromage est fabriqué sans présure, ne subit aucun traitement thermique; la fabrication est basée sur le sel et l'acide produits par la microflore indigène du lait. Ils contribuent à protéger le produit vis-à-vis de la flore contaminée et des germes pathogènes, et ainsi à conserver le fromage en toute sécurité ([Medjoudj and Zidoune, 2018](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

### **3.2. Fabrication de « Bouhezza »**

La préparation de Bouhezza débute habituellement en mois de mars jusqu'au mois de juin. Le lait utilisé dans la fabrication provient des différentes races de chèvre, de brebis et de vache, mais actuellement, c'est le lait de vache qui est le plus utilisé car c'est le plus disponible ([Zitoun et al., 2011](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

#### **3.2.1. Préparation de Chekoua**

La Chekoua est la peau animale entière (peau de chèvre ou de brebis, mais celle de la chèvre est la plus utilisée) qui a subi un traitement spécial pour donner la forme d'un récipient utilisé pour la fabrication de Bouhezza ([Belbeldi, 2013](#)). La Chekoua de Bouhezza se présente comme un sac souple et humide, ayant la couleur naturelle de la peau et se caractérise par une certaine perméabilité (**Fig. 3**). En effet elle a deux rôles essentielle : à la fois d'un contenant de la masse fromagère et l'autre d'un séparateur de phase (égouttage). C'est à travers les perforations naturelles de la peau que le lactosérum est coulé et la masse fromagère qui s'accumule au cours du temps ([Zitoun et al., 2012](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).



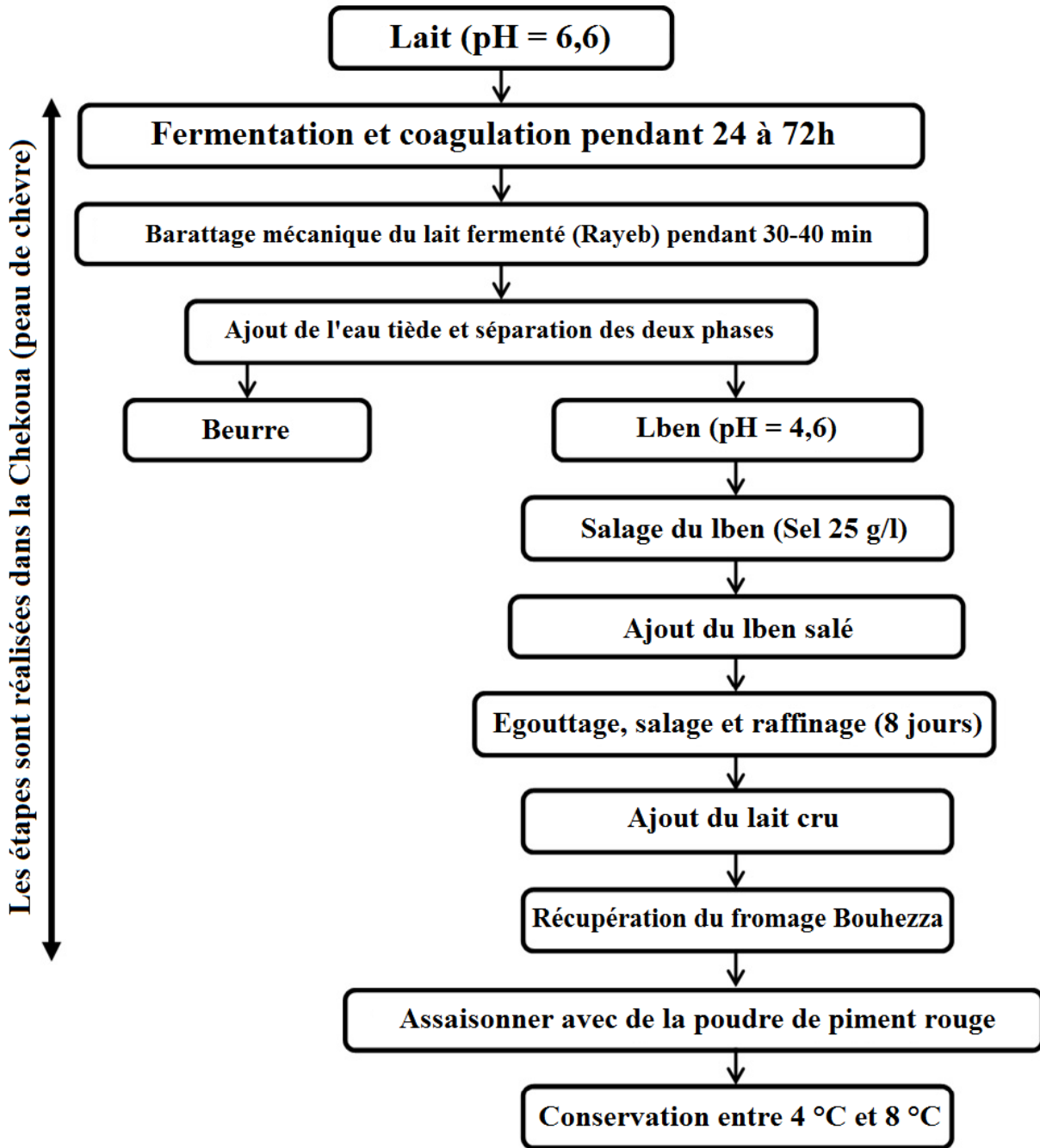
**Figure 3.** Chekoua de Bouhezza ([Boudalia et al., 2020](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

### **3.2.2. Préparation du lben (lait fermenté)**

Le lben utilisé pour la fabrication de Bouhezza est obtenu comme suit : le lait cru (3 L) subit les processus de fermentation et de coagulation pendant 24 à 36h à température ambiante (25-30 °C). Le lait coagulé nommé «Rayeb» est baratté pendant 30 à 45 minutes et un peu d'eau tiède de 0,25 L à 20-25 °C est ajouté à ce mélange. Après un écrémage partiel, le lben récupéré est utilisé dans la fabrication de Bouhezza ([Medjoudj et al., 2017](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

### **3.2.3. Préparation du fromage**

La préparation du fromage commence par l'introduction d'une quantité de lben (**Fig. 4**). Cette quantité est complétée durant toute la période de fabrication par des ajouts successifs de lben et enfin du lait cru ([Belbeldi, 2013](#)). Lors de la fabrication du fromage, la Chekoua est placée dans un endroit bien ventilé et nettoyé tous les jours et après chaque ajout de matière première. Le nettoyage se fait en scarifiant l'extérieur de Chekoua et en rinçant à l'eau pour éviter toute accumulation de lactosérum et / ou de phase soluble ([Medjoudj et al., 2017](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).



**Figure 4.** Schéma illustratif du procédé de fabrication du fromage «Bouhezza» ([Boudalia et al., 2020](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

Le salage se fait en masse et il est apprécié durant la fabrication par dégustation. Une fois le fromage est affiné, un ajout du lait cru est réalisé pour ajuster l'acidité et la salinité du fromage. A la fin, le fromage est épicé avec la poudre du piment rouge piquant qui est mélangée avec une quantité du lait cru lors du dernier ajout et bien homogénéisé. L'addition de H'rissa, poivron noir, vinaigre, et colorants (généralement le rouge) est aussi possible. Le fromage est le plus souvent conservé dans la Chekoua. Il peut être conservé dans d'autres récipients que la Chekoua soit en verre, en céramique, ou en plastique (**Fig. 5**).

Bouhezza peut être consommé sous forme de pâte plus ou moins ferme, de tartine sur pain ou déshydraté après séchage et broyage manuel ([Zitoun et al., 2012](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).



**Figure 5.** Conservation du Bouhezza dans la Chekoua et des récipients en céramique ([Boudalia et al., 2020](#); [Khelaifia et al., 2020](#)).

**CHAPITRE**

**2**

---

## **Matériel et Méthodes**

---

Les analyses physicochimiques ainsi que les analyses microbiologique du fromage étudié «Bouhezza» ont été réalisés au niveau des laboratoires pédagogiques de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers (SNVSTU) de l'Université du 08 Mai 1945 Guelma durant le mois de Mai 2021.

### **1. Matériel biologique**

Le fromage traditionnel Bouhezza a été fabriqué d'une manière artisanale selon le procédé de fabrication cité dans le chapitre précédent. Pour réaliser cette étude nous avons utilisé trois échantillons de fromage traditionnel Algérien «Bouhezza» à savoir un échantillon de Bouhezza naturel sans aucun additif, un échantillon de Bouhezza salé et un échantillon de Bouhezza épicé avec la poudre de piment rouge piquant qui est mélangée avec harissa, poivron noir, et colorants (généralement le rouge). Tous les échantillons sont fabriqués à base du lait de vache. Les échantillons ont été collectés et achetés exclusivement à la Wilaya d'Oum El Bouaghi à l'Est Algérien. La collecte des échantillons a été réalisée dans des boites en plastique à usage unique en respectant les Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL), et les règles d'asepsie (désinfection des mains), puis transporté au laboratoire dans une glacière à 4 °C (**Tab. 3**).

**Tableau 3.** Description des échantillons de Bouhezza étudiés.

<b>Echantillon</b>	<b>Date de réception</b>	<b>Provenance</b>	<b>Type du lait utilisé</b>
Bouhezza naturel (BN)	02/05/2021	Wilaya d'Oum El Bouaghi	Lait de vache
Bouhezza salé (BS)			
Bouhezza épicé (BE)			

### **2. Préparation des échantillons**

Tous les échantillons du fromage de Bouhezza ont été conservés au froid à 4°C afin de voir l'évolution de sa qualité physicochimique et microbiologique pendant 15 jours avec un intervalle de 0 (J<sub>0</sub>), 7 (J<sub>7</sub>) et 15 (J<sub>15</sub>) jours entre chaque analyse.

Pour l'analyse physicochimique, une quantité de 10g du fromage Bouhezza est broyé et mélangé avec l'eau distillée afin de procéder directement à l'analyse du pH et l'acidité titrable. Par Contre, l'analyse de la couleur et du Brix se fait directement avec l'échantillon brut du fromage.

Pour l'analyse microbiologique, une quantité de 25 g du fromage est mélangée dans un bécher avec 225 ml d'eau peptonée tamponnée et laissée au repos pendant 20 min pour la

revivification des bactéries. La solution obtenue est appelée solution mère (SM) qui est la dilution  $10^{-1}$ . Une série de dilutions décimales est réalisée à partir de la solution mère jusqu'à l'obtention de la dilution  $10^{-3}$ .

### **3. Analyse physicochimique et microbiologique**

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont réalisées selon les méthodes publiées dans le Journal Officiel de la République Algérienne ([JORA, 1998](#)).

#### **3.1. Analyse physicochimique**

Toutes les mesures ont été effectués pour trois essais.

##### **3.1.1. Potentiel hydrogène (pH)**

La mesure est réalisée à l'aide d'un pH mètre type HANNA pH 211. Après réglage de la température affichée sur le pH mètre, une électrode de mesure est introduite dans un bécher contenant une prise d'essai de quelques millilitres de lait pour qu'enfin, le pH soit directement lu sur le cadran de l'appareil ([Boukaabene et al., 2017](#)).

##### **3.1.2. Acidité titrable**

L'acidité titrable de Bouhezza est exprimée en degré Dornic ( $^{\circ}\text{D}$ ) ( $1^{\circ}\text{D}$  (Dornic) = 0,1 g d'acide lactique par litre du lait). C'est un titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur ([Bendimerad, 2013](#)).

- **Mode opératoire**

- Dans un bécher introduire 10 ml de lait prélevé à la pipette ;
- Ajouter dans le bécher quatre gouttes de la solution de phénolphtaléine (1%) ;
- Faire s'écouler (titrer par) le NaOH (0,1N) dans le bécher.
- Mélanger constamment par agitation le contenu ;
- Ralentir l'écoulement aux environs de la zone de virage au rose de l'indicateur de fin de réaction facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même échantillon ;
- Arrêter l'écoulement à la première goutte donnant la fin de réaction ;
- On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes ;
- Lire correctement le volume de chute de burette.

- **Lecture**

$$AT = V \times 10 \text{ (}^\circ\text{D)}$$

**AT** : Acidité titrable ;

**V** : le volume en ml correspond à la chute de la burette.

### **3.1.3. Brix**

Le Brix se rapproche du pourcentage de solides solubles dans l'eau, qui, dans la plupart des cas, reflète la quantité de sucre présente dans le jus exprimée en termes de pourcentage du contenu en saccharose. Cette valeur est déterminée à l'aide d'un réfractomètre de type Bellingham + Stanley RFM 330-T.

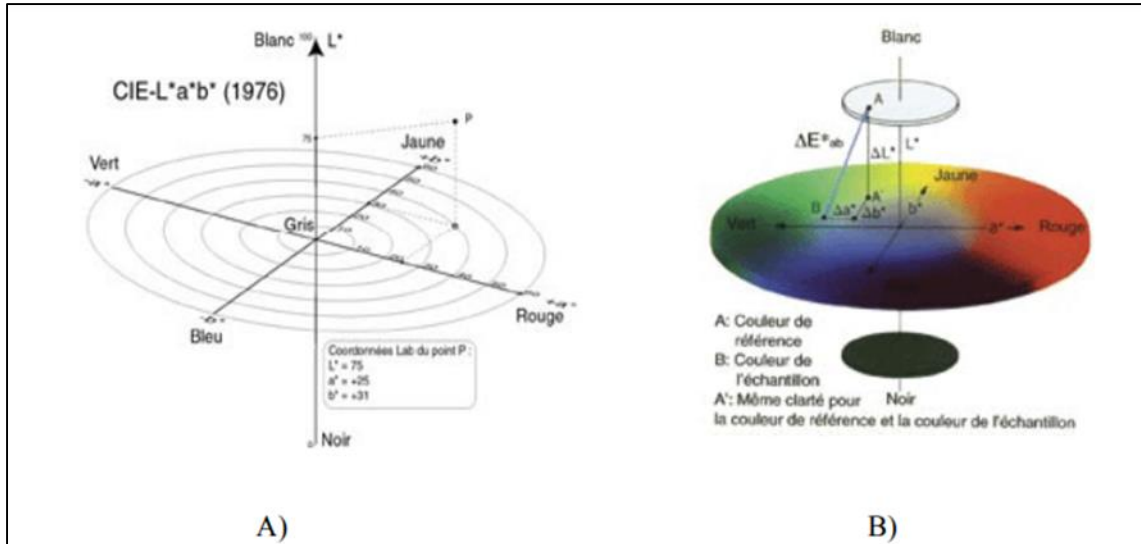
- **Mode opératoire**

- Il faut étalonner le réfractomètre avec l'eau distillée à température ambiante ;
- La valeur 0 confirme l'étalonnage ;
- Remplissez l'assiette du prisme ;
- Appuyez sur la touche Read ;
- Quelques secondes plus tard la lecture s'affiche ;
- Après la mesure, l'échantillon doit être retiré et le prisme nettoyé.

### **3.1.4. Couleur**

La couleur est une grandeur sensorielle complexe, que l'on décompose, pour être quantifiée, en trois grandeurs simples : luminance ou clarté, chrominance ou teinte et saturation ([Barthelemy and Clement, 1998](#)). La teinte est liée à la longueur d'onde réelle sur le spectre visible ; elle est le terme utilisé pour classer les couleurs dans la roue des couleurs. La luminance est déterminée par le pourcentage de lumière réfléchi par l'objet coloré ; elle peut varier du sombre au clair et être mesurée indépendamment de la teinte. La saturation mesure l'indice de pureté d'une couleur ; elle est indépendante des deux précédentes. La colorimétrie permet de mesurer la couleur objectivement. L'espace couleur  $L^*a^*b^*$  (appelé aussi CIELAB), défini par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) en 1976, est actuellement l'un des plus utilisés pour mesurer la couleur des objets dans pratiquement tous les domaines. C'est un espace à trois dimensions où la combinaison  $L^*$  indique la luminance qui va de 0 (noir) à 100% (blanc), la composante  $a^*$  représente la gamme de l'axe rouge-vert et la composante  $b^*$  représente la gamme de l'axe jaune bleu (**Fig. 6**).





**Figure 6.** L'espace  $L^* a^* b^*$  et la représentation colorimétrique de l'espace chromatique CIELAB et (A) et de l'écart de couleur  $\Delta E^*$  (B) ([Chrisment et al., 1994](#)).

Les paramètres  $L^*a^*b^*H^*C^*$  des fromages ont été mesurés à l'aide d'un spectrocolorimètre portable de type CR-410 (Konica Minolta) (**Fig. 7**). Les mesures ont été effectués sur 3 points différents de la surface d'un échantillon préalablement homogénéisé (figure 4) en utilisant les valeurs de la Commission internationale sur l'éclairage (McLaren, 1976).

L'angle de la teinte ( $H^*$  : qui indique la chrominance) et la chroma ( $C^*$  : qui indique la saturation) ont été calculés selon la méthode de ([Palou et al., 1999](#)) comme suit :

$$\text{Chroma : } C^* = [a^{2*} + b^{2*}]^{1/2}$$

$$\text{Angle de teinte : } H^* = \tan^{-1} [b^*/a^*]$$



**Figure 7.** Chromamètre portable de type CR-410 (Konica Minolta).

### 3.2. Analyse microbiologique

### **3.2.1. Milieux de culture employés**

Pour l'analyse microbiologique du fromage Bouhezza, plusieurs milieux de culture sélectifs et non sélectifs ont été utilisés à savoir : gélose Plate Count Agar (PCA), les milieux liquides (BCPL, Rothe, bouillon Schubert, bouillon Eva Litsky), gélose Viande foie (VF), gélose Chapman, gélose *Salmonella-Shigella* (SS), Gélose au Cétrimide, Gélose deMan, Rogosa, Sharpe (MRS) et gélose Sabouraud au chloramphénicol.

### **3.2.2. Recherche et dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT)**

La Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT) sont la totalité des bactéries, levures et moisissures aéro-anaérobies, capables de former des colonies dans ou sur un milieu de culture.

#### **➤ Mode Opératoire**

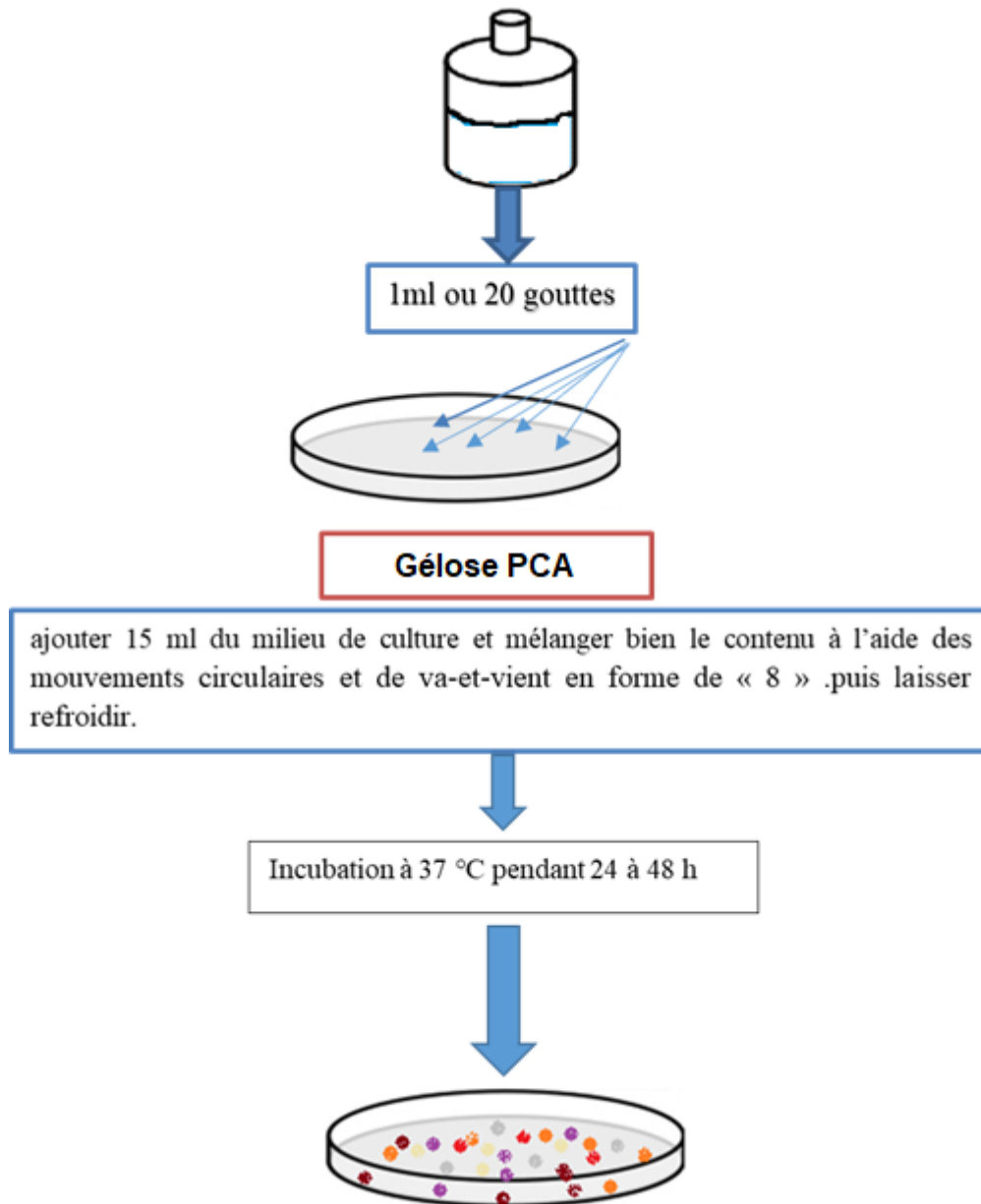
- À partir de la solution mère (fromage) à analyser ou ses dilutions, porter aseptiquement 1 ml dans un boîtes de Pétri vides, numérotées ;
- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale.
- Laisser solidifier les boîtes sur pailleasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche, a un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses.
- L'incubation se fait à  $37^\circ\text{C}$  pendant 72 heures (**Fig. 8**).

#### **➤ Lecture et interprétation**

Les colonies des FMAT apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes.

### **3.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes**

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence des sels biliaries et capables de fermenter le lactose à avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre  $36$  et  $37^\circ\text{C}$  ([Delarras and Trébaol, 2003](#)).



**Figure 8.** Recherche et dénombrement de la flore totale.

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température voisine de  $42^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  ([Bourgeois and Leveau, 1980](#)).

➤ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E coli* ont été effectués par la méthode de trois tubes du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés être disséminés dans l'eau de manière parfaitement aléatoire ([Rejsek, 2002](#)).

Cette technique se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes ;
- Le test confirmatif : réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E. coli* ([Mouffok, 2001](#)).

#### **- Test de présomptif**

- Il est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol à simple concentration (BCPL S/C) et à double concentration (BCPL D/C).
- Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.
- Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulle d'air sous la cloche, pour éviter de fausser les résultats.
- A partir de des dilutions des solutions du fromage, il faut préparer de manière aseptisée :
  - ❖ 03 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C.
  - ❖ 03 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.
  - ❖ 03 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.
- Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait cette fois-ci au l'incubateur à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois : un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans la condition opératoire décrite ([Mouffok, 2001](#)).

#### **- Test de confirmation (test de Mac Kenzie)**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait cette fois-ci au l'incubateur à 44°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux ;
- Un anneau rouge en surface, témoignant de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (**Fig. 9**). La lecture finale s'effectue également selon la prescription de la table du NPP en étant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes par gramme du fromage a analysé ([Labres and Mouffouk, 2008](#)).

### **3.2.4. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D ([Lancefield and Hare, 1935](#)). Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales et gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz ([Krieg and Manual, 1984](#)).

#### ➤ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans le fromage, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des streptocoques ;
- Le test confirmatif : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption ([Chaouch, 2007](#)).

#### **- Test de présomptif**

- La recherche se fait en bouillon Rothe S/C et D/C (Bouillon à l'acide de sodium simple concentration et double concentration).
- A partir des dilutions des solutions d'eau et du sol, porter aseptiquement :
  - ❖ 3 fois 10ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C.
  - ❖ 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
  - ❖ 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- Bien mélanger le milieu. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien ([Labres and Mouffouk, 2008](#)).

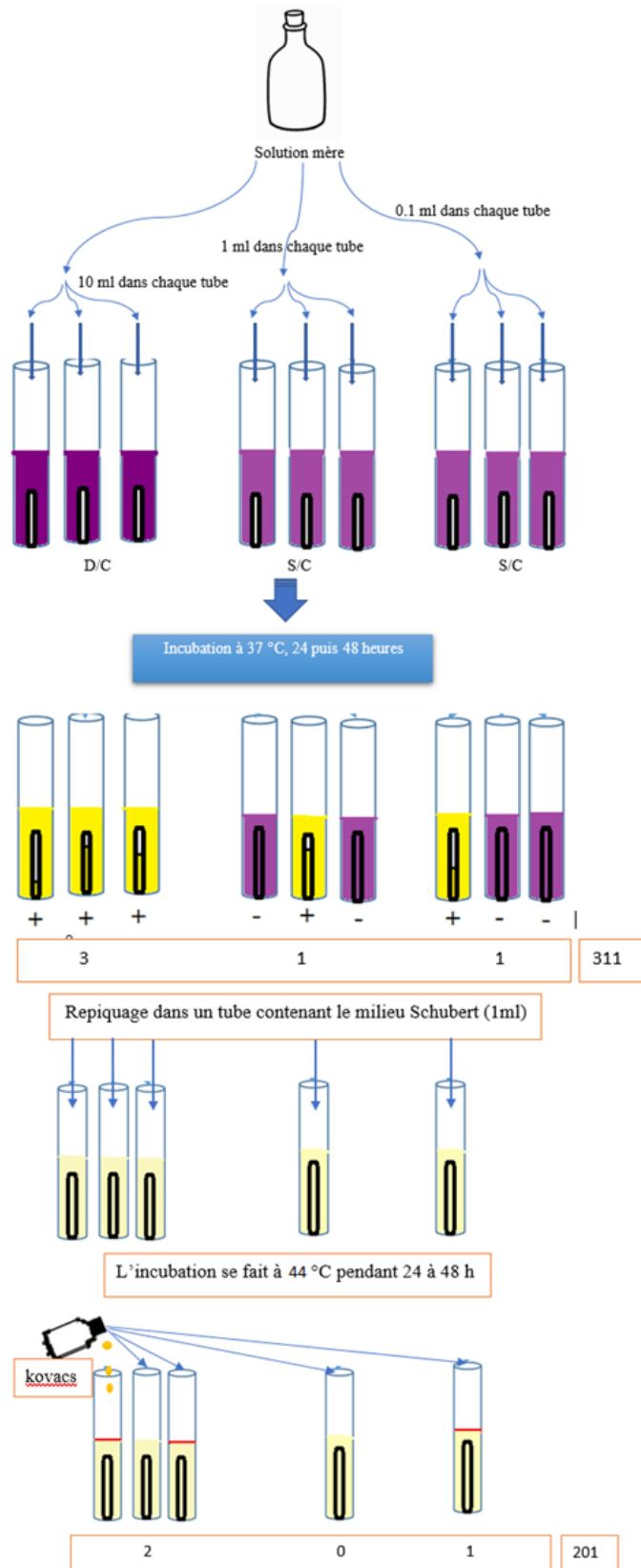
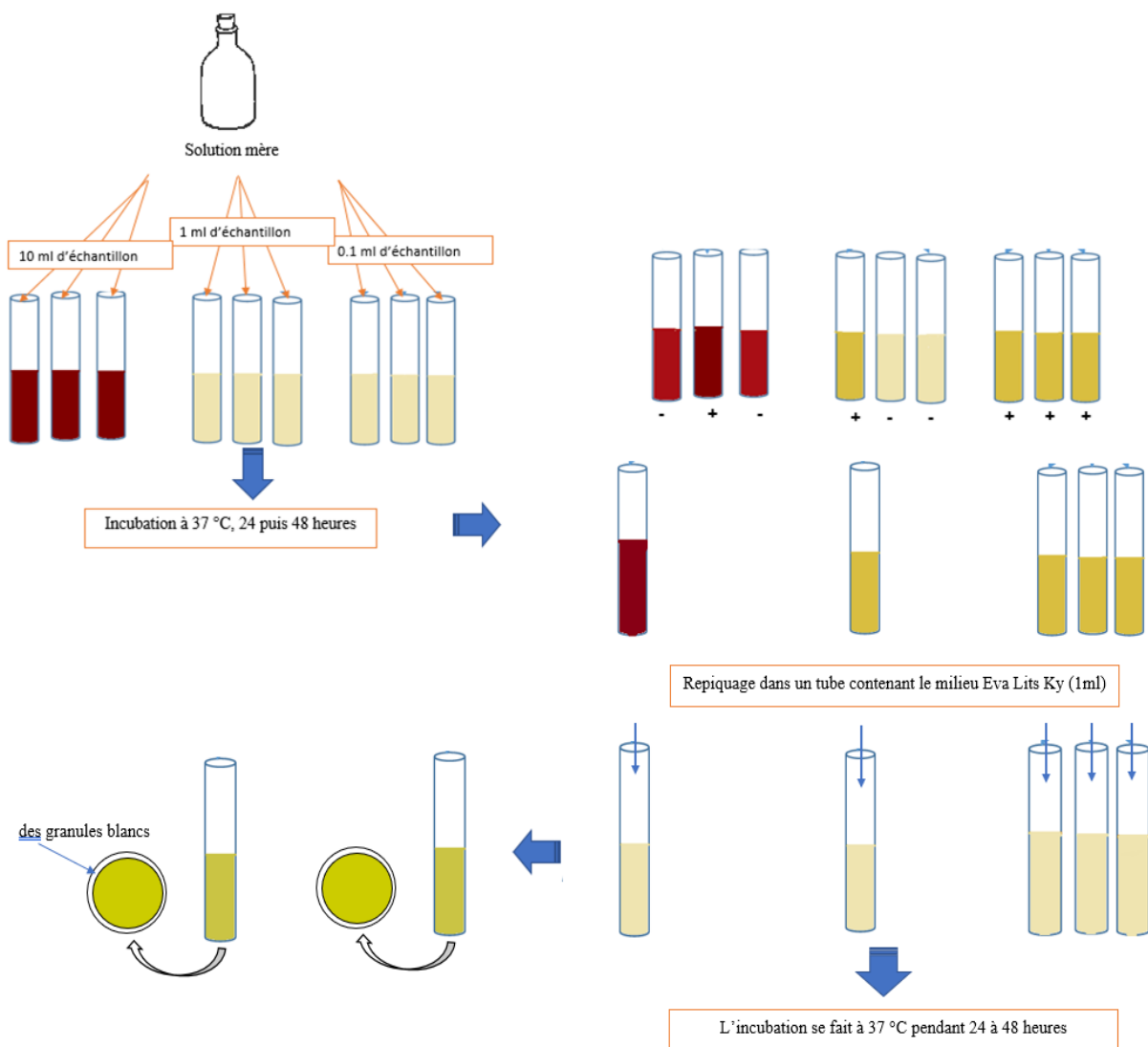


Figure 9. Recherche et dénombrement des coliformes.

**- Test de confirmation**

- Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Après agitation des tubes positifs ; prélever sur chacun d’eaux successivement bouclés ou quelques gouttes par une pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky.
- Bien mélanger le milieu et l’inoculum. Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.
- Seront considérés positifs les tubes présentant :
  - ❖ Un trouble dû au développement bactérienne.
  - ❖ Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube Parfois, la culture s’agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette (**Fig. 10**) ([Labres and Mouffouk, 2008](#)).

La lecture finale s’effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.



**Figure 10.** Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

### **3.2.5. Recherches et dénombrement des spores Clostridium sulfito-réducteurs**

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) présentent sous forme de gram positif, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie (VF) en donnant des colonies typique réduisant du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{+2}$  qui donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noir. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ([Labres et al., 2006](#)).

#### **➤ Mode opératoire**

La recherche et dénombrement des spores des ASR dans le fromage se fait par la méthode d'incorporation en gélose sur tube profonds :

- ❖ Prendre environ 25 ml à partir des solutions du fromage à analyser, dans un flacon stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 8 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- ❖ Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon en question, sous l'eau de robinet.
- ❖ Répartir ensuite le contenu de ce flacon, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- ❖ Ajouter environ 20 ml de gélose Viande Foie, fondue, additionnée d'une 4 gouttes d'Alun de fer et d'une 0.5 ml de Sulfite de sodium, puis refroidie à  $45 \pm 1$  °C.
- ❖ L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.
- ❖ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- ❖ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ,
- ❖ Ajoutez deux gouttes d'huile de paraffine ; puis incubé à 37 °C, pendant 24 à 48 heures ([Labres and Mouffouk, 2008](#)).

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spore par gramme de fromage à analyser. La première lecture doit absolument être faite à 16 heures et la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et la dernière après 48 heures. Dénombrer toute colonie noire de 0.5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes de fromage à analyser (**Fig. 11**) ([Labres et al., 2006](#)).



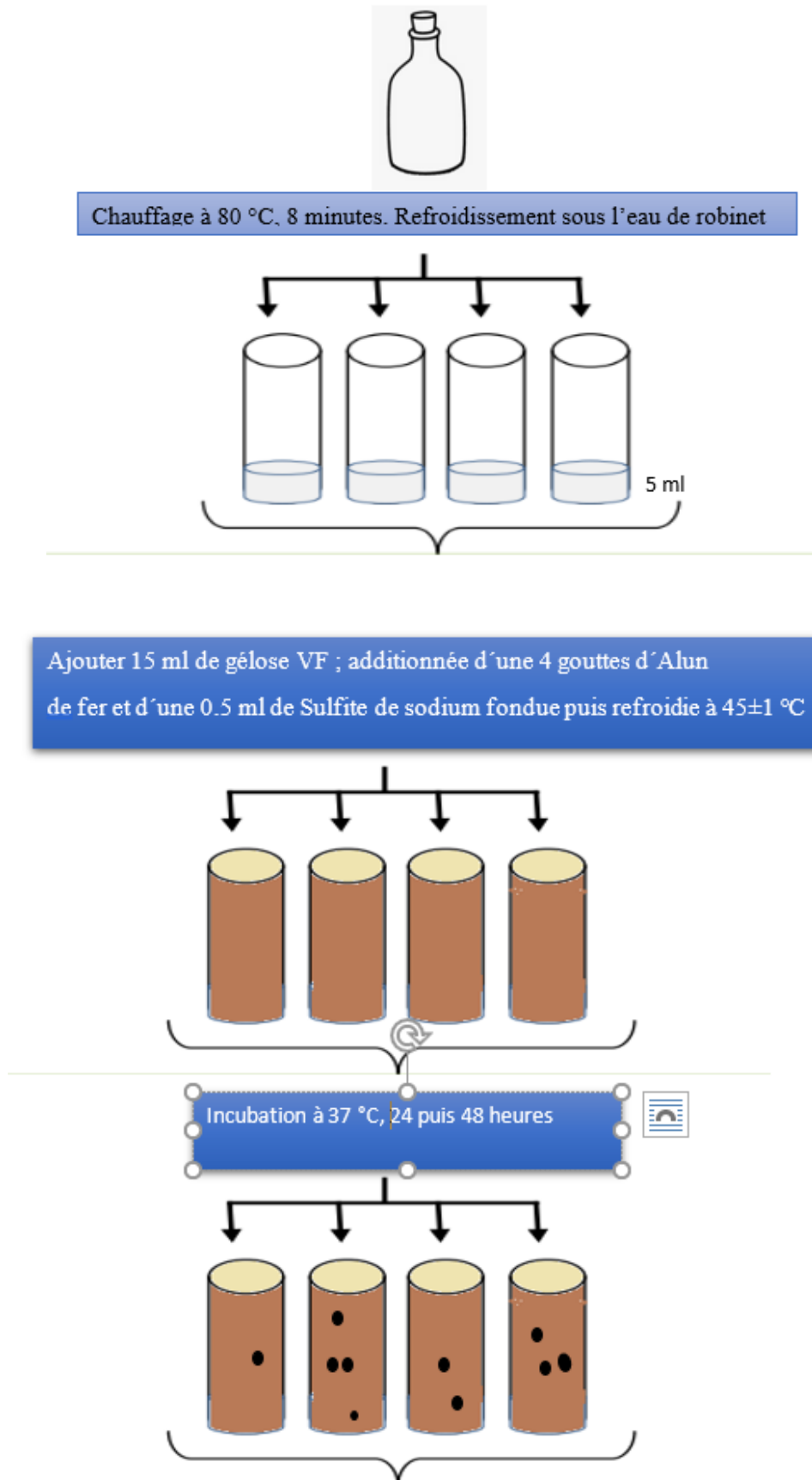


Figure 11. Recherches et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur.

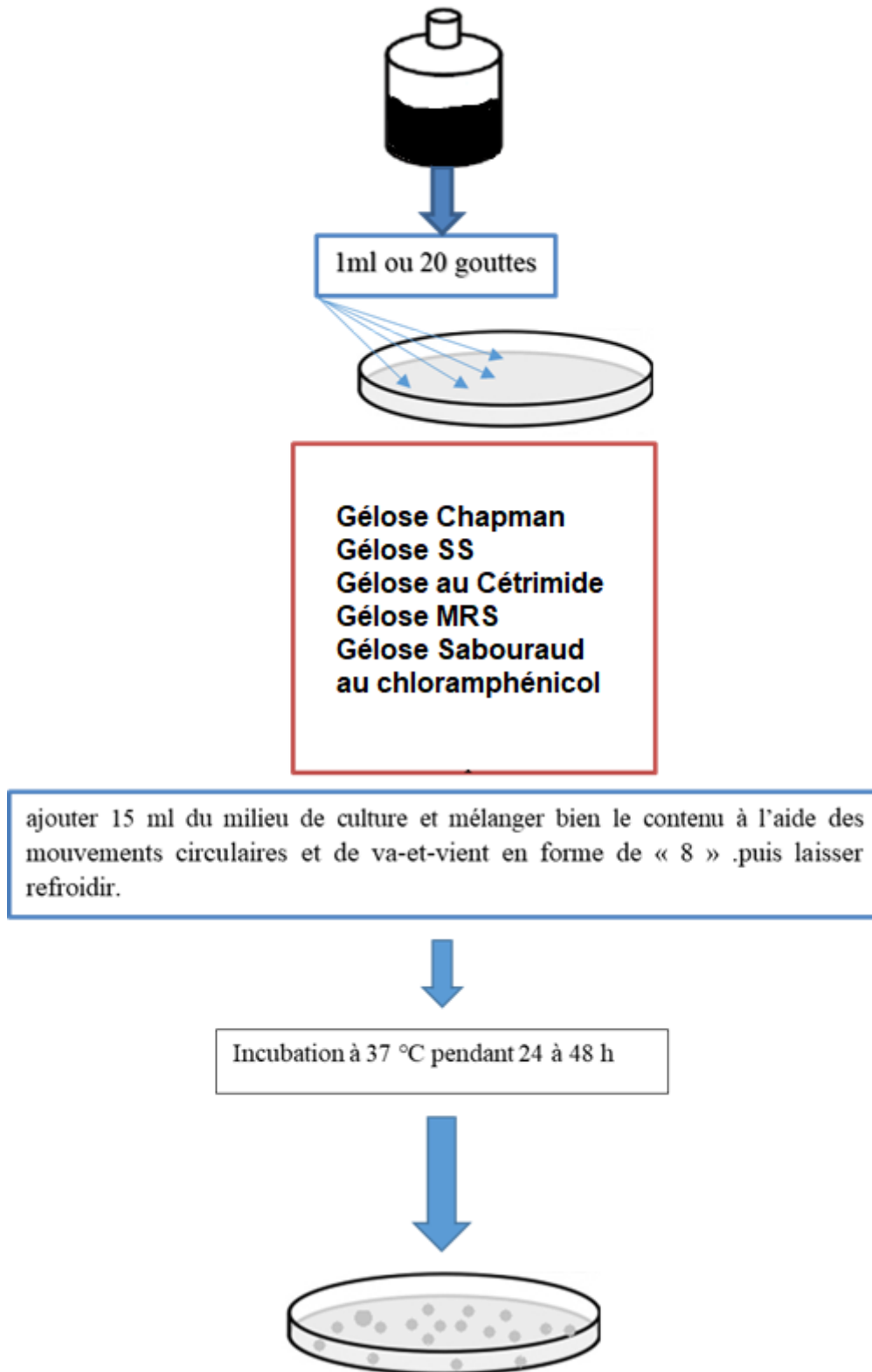
### **3.2.6. Recherche et le dénombrement des germes spécifiques**

#### ➤ **Mode Opératoire**

- À partir des solutions du fromage à analyser porter aseptiquement 1 ml dans un boîtes de Pétri vides, numérotées.
- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose sélectif fondue puis refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$  (Gélose Chapman pour la recherche et le dénombrement des *Staphylococcus*, gélose SS pour *Salmonella*, gélose au Cétrimide pour *Pseudomonas*, Gélose MRS pour les bactéries lactiques (*Lactobacillus*), Gélose Sabouraud au chloramphénicol pour les levures et moisissures).
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale.
- Laisser solidifier les boîtes sur pailasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche, a un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses.
- L'incubation se fait à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 heures (**Fig. 12**).

#### ➤ **Lecture et interprétation**

Les colonies de microorganismes apparaissent en masse sous formes et bien distinctes selon la composition de chaque milieu.



**Figure 12.** Recherche et dénombrement des germes spécifiques.

---

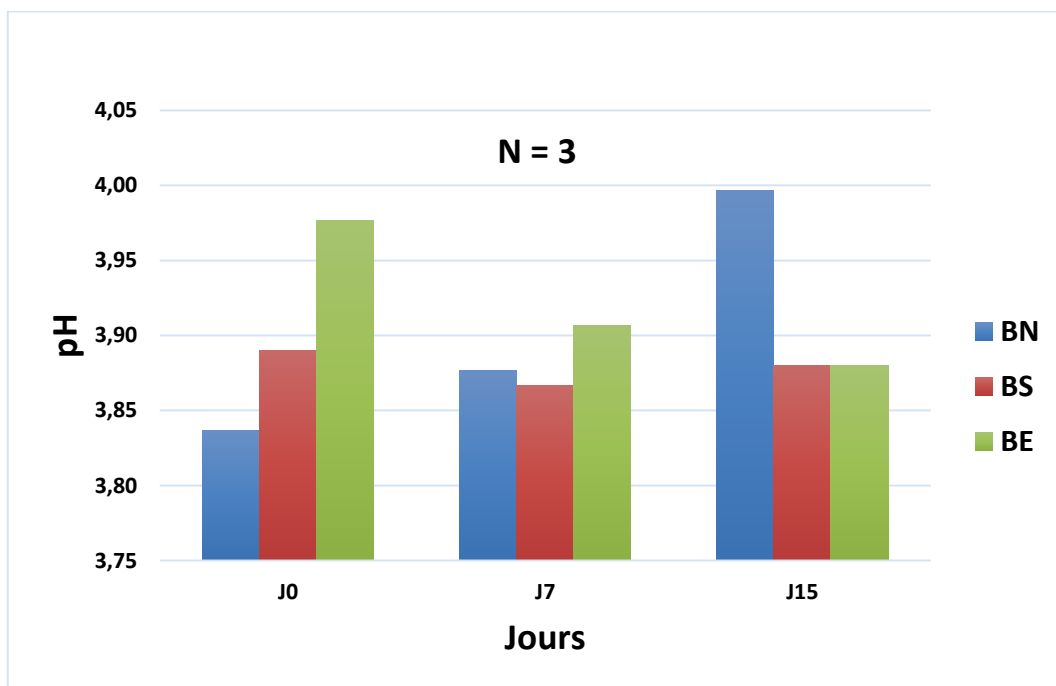
## Résultats et Discussion

---

## 1. Caractéristiques physicochimiques

### 1.1. Potentiel hydrogène (pH)

La mesure du pH est l'un des paramètres les plus importants dans le contrôle de la qualité de toute denrée alimentaire. Trois mesures sont effectuées par fromage, ce qui permet d'obtenir une valeur moyenne pour chacun des paramètres étudiés. Les résultats du pH illustrés dans la **Figure 13**, montrent des valeurs très proches entre les trois variétés des fromages où le pH est acide. Aussi, la conservation au froid semble être sans effet sur le pH des trois types du fromage où les valeurs varient de 3,84 (J<sub>0</sub>) à 4 (J<sub>15</sub>), de 3,89 (J<sub>0</sub>) à 3,89 (J<sub>15</sub>) et de 3,98 (J<sub>0</sub>) à 3,88 (J<sub>15</sub>) pour les types naturel, salé et épicé respectivement. Un pH acide du fromage est lié à l'action des bactéries lactiques dans le lait puis le caillé, entraînant une fermentation du lactose et l'excrétion de l'acide lactique conduisant à l'abaissement du pH. Cette fonction acidifiante des bactéries lactiques est déterminante dans le processus d'élaboration des fromages ([Azzeddine, 2014](#)).



**Figure 13.** Variation du pH des trois types du fromage Bouhezza étudiés.

### 1.2. Acidité titrable

L'acidité titrable représente la quantité d'acide dans un échantillon alimentaire neutralisé par une base forte. Les résultats de l'acidité titrable (**Fig. 14**) des échantillons analysés sont très proches entre les trois variétés des fromages où les valeurs varient de 40 (J<sub>0</sub>) à 31,67 °D (J<sub>15</sub>), de 35,5 (J<sub>0</sub>) à 30,33 °D (J<sub>15</sub>) et de 36 (J<sub>0</sub>) à 32,67 °D (J<sub>15</sub>) pour les types naturel, salé et épicé respectivement. Les résultats ont montrés une diminution de l'acidité pour les trois types de

fromage à partir du quinzième jour de conservation. Les valeurs trouvées à J<sub>0</sub> sont relativement élevées ce qui peut être expliqué par un éventuel ajout d'acide acétique pour accélérer le processus de caillage du lait. Par contre, la diminution de l'acidité titrable du fromage à J<sub>15</sub> pourrait également être le résultat de la présence de métabolites microbiens produit au cours du temps.

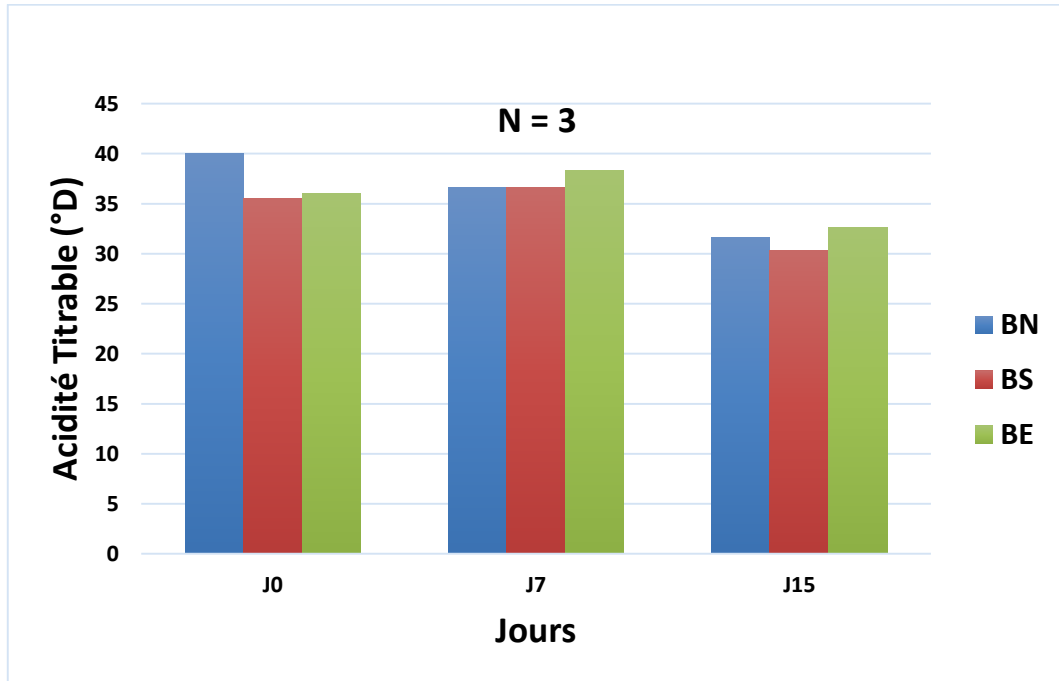


Figure 14. Variation de l'acidité titrable des trois types du fromage Bouhezza étudiés.

### 1.3. Degré Brix

La teneur en Brix varie d'un aliment à autre. Deux mesures sont effectuées par fromage, ce qui permet d'obtenir une valeur moyenne pour chacun des paramètres étudiés. Les valeurs moyennes du brix des trois types du fromage oscillent entre 11,87 (J<sub>0</sub>) et 11,10 °B (J<sub>7</sub>) pour Bouhezza naturel, entre 11,37 (J<sub>0</sub>) et 11,43 °B (J<sub>7</sub>) pour Bouhezza salé et de 12,77 (J<sub>0</sub>) et 13,47 °B (J<sub>7</sub>) pour Bouhezza épicé (Fig. 15). Ces valeurs sont proches et il semble que l'effet de la conservation est négligeable. Les valeurs du Brix pourrait probablement être liées aux activités métaboliques microbiennes ayant entraîné la conversion des sucres des échantillons en acides organiques, ce qui a entraîné une réduction du pH, une altération et donc une réduction de la durée de conservation.

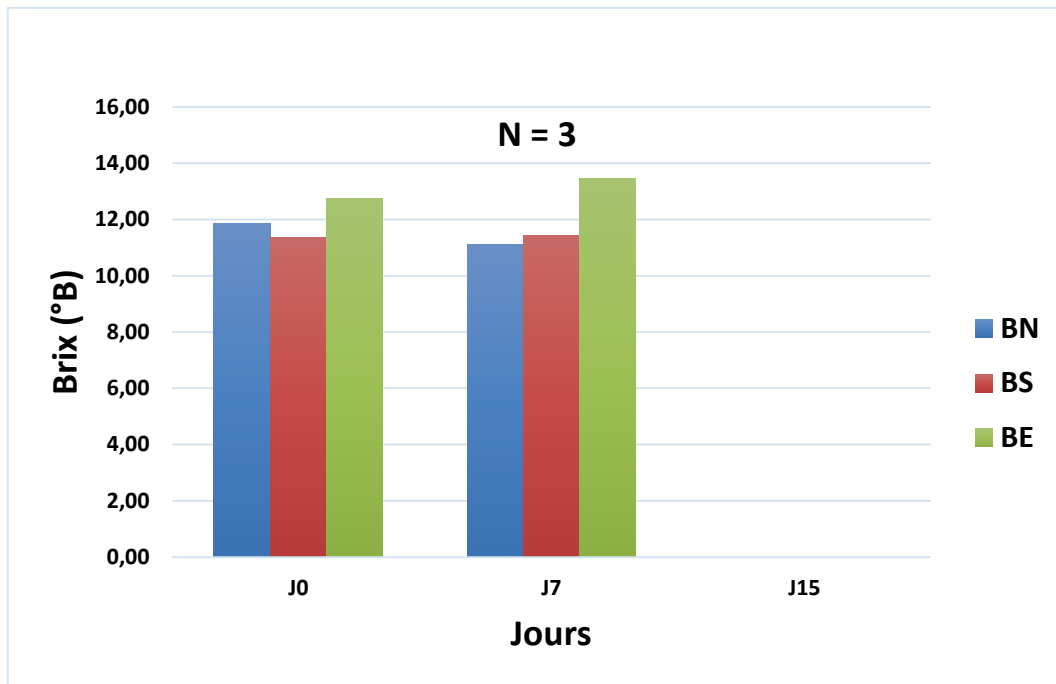


Figure 15. Variation du degré Brix des trois types du fromage Bouhezza étudiés.

#### 1.4. Mesure physique de la couleur de surface des fromages

La détermination de la couleur de surface des fromages permet de s'affranchir des biais liés aux différences de perception et d'interprétation de la couleur de chaque individu. Trois mesures sont effectuées par fromage, ce qui permet d'obtenir une valeur moyenne pour chacun des paramètres étudiés (**Tab. 4**). Pour l'indice de clarté, les résultats étaient très proches entre les deux types des fromages naturel et salé avec une très légère augmentation à J<sub>0</sub> par rapport à J<sub>7</sub> et J<sub>15</sub>. Les valeurs de l'indice de clarté des trois types du fromage subissent une diminution importante à J<sub>7</sub> et J<sub>15</sub> par rapport à J<sub>0</sub> ce qui peut être lié à l'effet de la conservation sur la structure des fromages étudiés. Par contre, les valeurs de l'indice de jaune sont très proches entre le J<sub>0</sub>, J<sub>7</sub> et J<sub>15</sub> dans le fromage naturel en comparaison avec les autres types du fromage. Plus C\* est élevée, plus la couleur est intense (foncée), c'est le cas du fromage épicié à J<sub>0</sub> avec une couleur qui tend vers le rouge avec une valeur moyenne positive de a\* de l'ordre de 10,12.

**Tableau 4.** Profil de la couleur des différents types du fromage Bouhezza.

Expression des résultats			L*	a*	b*	H*	C*
	Coordonnées colorimétriques		Clarté	Composant e rouge/vert	Composant e jaune/bleu	Angle de teinte	Chroma
	Unité		/	/	/	°	/
	Intervalle		clarté, (0 : noir -100 : incolore)	> 0 rouge < 0 verte	> 0 jaune < 0 bleu	/	0 à 360°
	N	Jours					
BN	3	J <sub>0</sub>	97,54	- 5,54	- 21,18	255,35	21,89
	3	J <sub>7</sub>	84,03	- 3,16	- 22,42	260,94	20,71
	3	J <sub>15</sub>	85,98	- 3,03	- 23,19	261,59	21,17
BS	3	J <sub>0</sub>	102,63	- 3,50	15,70	102,57	16,09
	3	J <sub>7</sub>	85,10	- 3,23	- 22,74	260,86	20,91
	3	J <sub>15</sub>	86,20	- 3,21	- 23,37	261,16	21,33
BE	3	J <sub>0</sub>	86,18	10,12	31,80	72,38	33,41
	3	J <sub>7</sub>	75,44	0,60	- 1,72	289,47	1,93
	3	J <sub>15</sub>	75,27	0,69	- 1,38	296,88	1,64

## 2. Caractéristiques microbiologiques

### 2.1. Flore Aérobie Mésophiles totale (FMAT)

C'est la flore la plus recherchée dans les analyses microbiologiques qui nous renseigne toujours sur la qualité hygiénique des aliments. Les résultats montrent que la concentration moyenne de la flore mésophile aérobie totale est très variable entre les trois types du fromage étudiés avec une augmentation remarquable de la charge microbienne à partir du J<sub>15</sub>. Cependant, la concentration des FMAT pour le fromage épicé est très élevée en comparaison avec les autres types du fromage avec une progression de 31727 UFC/g de J<sub>0</sub> à 40090 UFC/g à J<sub>15</sub> (**Fig. 16**). La charge microbienne en FMAT du fromage naturel était relativement plus moins que celle du fromage salé et épicé ; elle varie de 1909 UFC/g de J<sub>0</sub> à 2636 UFC/g à J<sub>15</sub>. La charge microbienne élevée des échantillons reflètent le non-respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication (BPH).



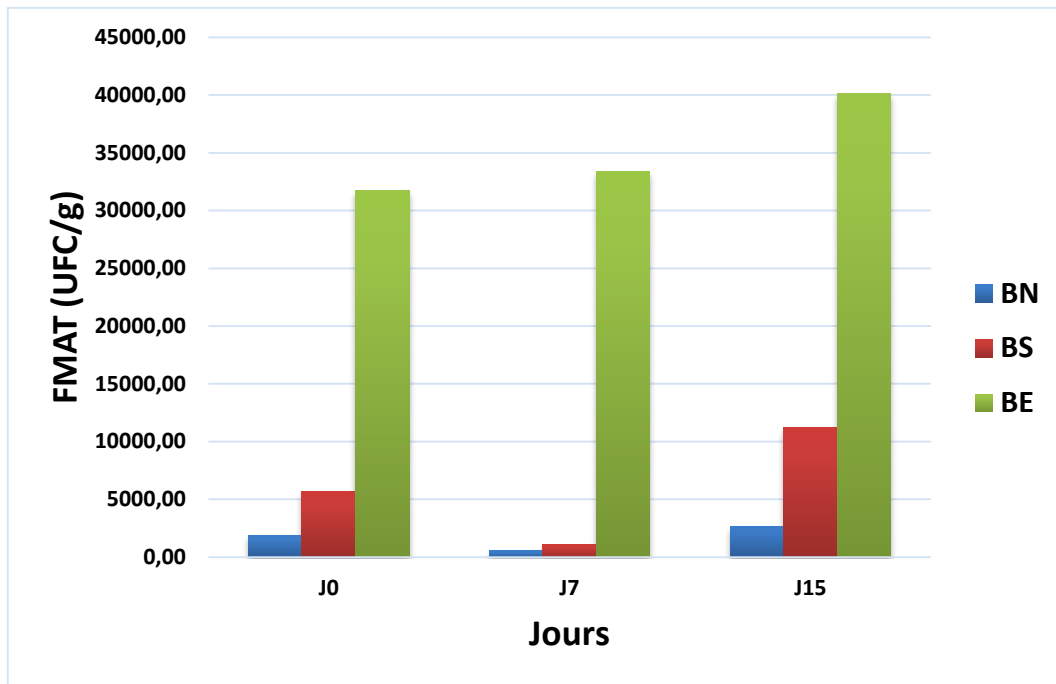


Figure 16. Variation de la flore totale des trois types du fromage Bouhezza étudiés.

## 2.2. Coliformes totaux

Les coliformes constituent avec les Streptocoques fécaux le groupe de bactéries le plus fréquemment utilisé pour l'examen bactériologique des aliments. Ils sont recherchés dans comme témoins de contamination fécale ([Gaujous, 1995](#)). Les résultats obtenus ont montrés que tous les échantillons étudiés présentent une augmentation de la charge microbienne des coliformes durant la période de stockage avec des valeurs enregistrées de  $1,6 \times 10^5$  CT/g (J<sub>0</sub>),  $2 \times 10^4$  CT/g (J<sub>7</sub>),  $1,15 \times 10^5$  CT/g (J<sub>15</sub>) pour le fromage naturel, de  $1,4 \times 10^6$  CT/g à (J<sub>0</sub>), (J<sub>7</sub>) et (J<sub>15</sub>) pour le fromage salé et de  $3 \times 10^5$  CT/g (J<sub>0</sub>),  $1,1 \times 10^6$  CT/g (J<sub>7</sub>),  $4,5 \times 10^5$  CT/g (J<sub>15</sub>) pour le fromage épicé (**Fig. 17**). Cependant, la concentration des coliformes pour le fromage salé est très élevée en comparaison avec les autres types du fromage naturel et épicé. Toutes les valeurs trouvées des coliformes des trois types de fromage sont supérieures aux normes des fromages à pâte molle de ([JORA, 1998](#)) qui exige une concentration des coliformes qui ne dépasse pas la valeur de  $10^2$  CT/g.

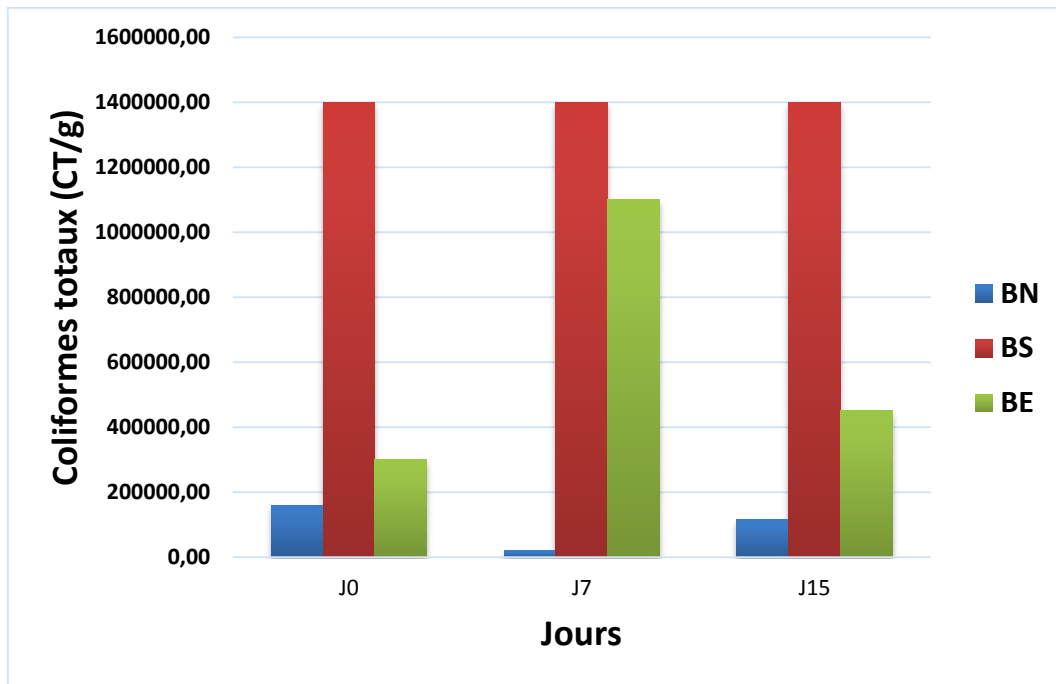


Figure 17. Variation des coliformes totaux des trois types du fromage Bouhezza étudiés.

### 2.3. Coliformes fécaux

La présence des coliformes d'origine fécale dans les aliments indique une pollution ou une contamination fécale provenant de l'homme ou de l'animal. Les résultats obtenus indiquent une absence totale des coliformes fécaux dans les trois types du fromage. Ces résultats concordent avec les normes des fromages à pâte molle de (JORA, 1998) qui exige une valeur de coliformes fécaux qui ne dépasse pas 10 CF/g.

### 2.4. Streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D (Lancefield and Hare, 1935). Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales et gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz (Krieg and Manual, 1984). Les résultats obtenus sont très élevées et très variables entre les trois types des fromages étudiés. Ils présentent une augmentation progressive au cours du stockage allant de 4000 SF/g (J<sub>0</sub>) à 9000 SF/g (J<sub>15</sub>), de 7000 (J<sub>0</sub>) SF/g à 15000 SF/g (J<sub>15</sub>) et de 7000 SF/g (J<sub>0</sub>) à 9000 SF/g (J<sub>15</sub>) pour les fromages naturel, salé et épicé respectivement. Cependant, la concentration des Streptocoques pour le fromage salé est relativement élevée en comparaison avec les autres types du fromage naturel et épicé. Comme les coliformes, la présence des streptocoques d'origine fécale dans les aliments

indique une pollution ou une contamination fécale provenant de l'homme ou de l'animal et échantillons reflète le non-respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication (BPH).

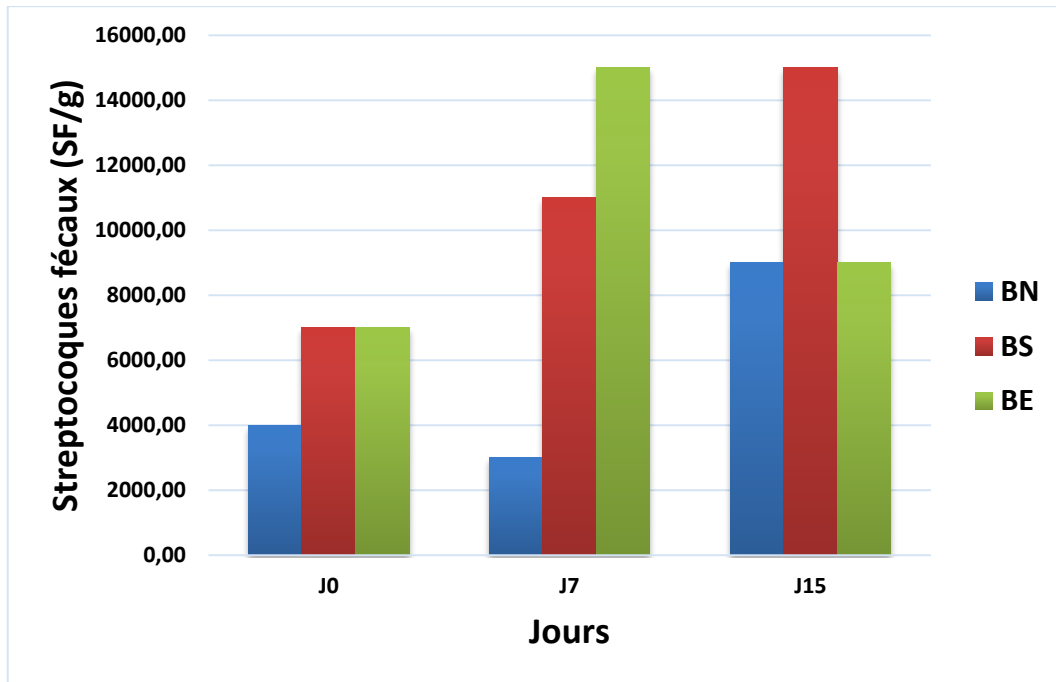


Figure 18. Variation des Streptocoques fécaux des trois types du fromage Bouhezza étudiés.

## 2.5. Spores d'Anaérobies Sulfito-Réductrices

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) présentent sous forme de gram positif, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose VF en en donnant des colonies typique réduisant du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{+2}$  qui donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noir. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination fécale ([Labres et al., 2006](#)). Les résultats obtenus indiquent une absence totale des spores des ASR dans les trois types du fromage. Ces résultats concordent avec les normes des fromages à pâte molle de ([JORA, 1998](#)) qui exige une valeur des ASR qui ne dépasse pas 1 CF/g.

## 2.6. Germes Spécifiques

Les germes spécifiques à savoir les genres du *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus* ainsi que les levures et moisissures ont été systématiquement recherchés au niveau trois types du fromage. Les levures et moisissures sont les plus représentées dans le dénombrement des germes spécifiques pour le fromage naturel suivi par les *Lactobacillus* et les *Staphylococcus*. Par contre, les *Lactobacillus* sont les plus représentées dans le dénombrement des germes spécifiques pour le fromage salé suivi par les levures et moisissures et les

*Staphylococcus*. D'autre part, les *Staphylococcus* sont les plus représentées dans le dénombrement des germes spécifiques pour le fromage épicé suivi par les *Lactobacillus* et les levures et moisissures. Cependant, la plupart des échantillons des trois types de fromage présentent une augmentation de la charge microbienne au cours de stockage. Les concentrations des *Staphylococcus* varient de  $9 \times 10^2$  UFC /g (J<sub>0</sub>),  $9 \times 10^2$  UFC/g (J<sub>7</sub>),  $2,8 \times 10^3$  UFC /g (J<sub>15</sub>) pour le fromage naturel, de  $6,9 \times 10^3$  UFC /g à (J<sub>0</sub>),  $2,5 \times 10^3$  UFC/g (J<sub>7</sub>),  $2 \times 10^3$  UFC/g (J<sub>15</sub>) pour le fromage salé et de  $4,7 \times 10^4$  UFC /g (J<sub>0</sub>),  $5 \times 10^4$  UFC /g (J<sub>7</sub>),  $6,7 \times 10^4$  UFC /g (J<sub>15</sub>) pour le fromage épicé (Fig. 19). Ces valeurs sont très élevées et dépasse largement les normes de  $10^2$  UFC/g exigées par (JORA, 1998). En contrepartie, les résultats du *Salmonella* montrent des concentrations inquiétantes dépassant les normes de (JORA, 1998) qui exige une absence totale de ce type des bactéries dans les fromages à pâte molle. Enfin, le nombre et la qualité des microorganismes trouvés dans les trois types du fromage Bouhezza reflète tjours le non-respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication (BPH).

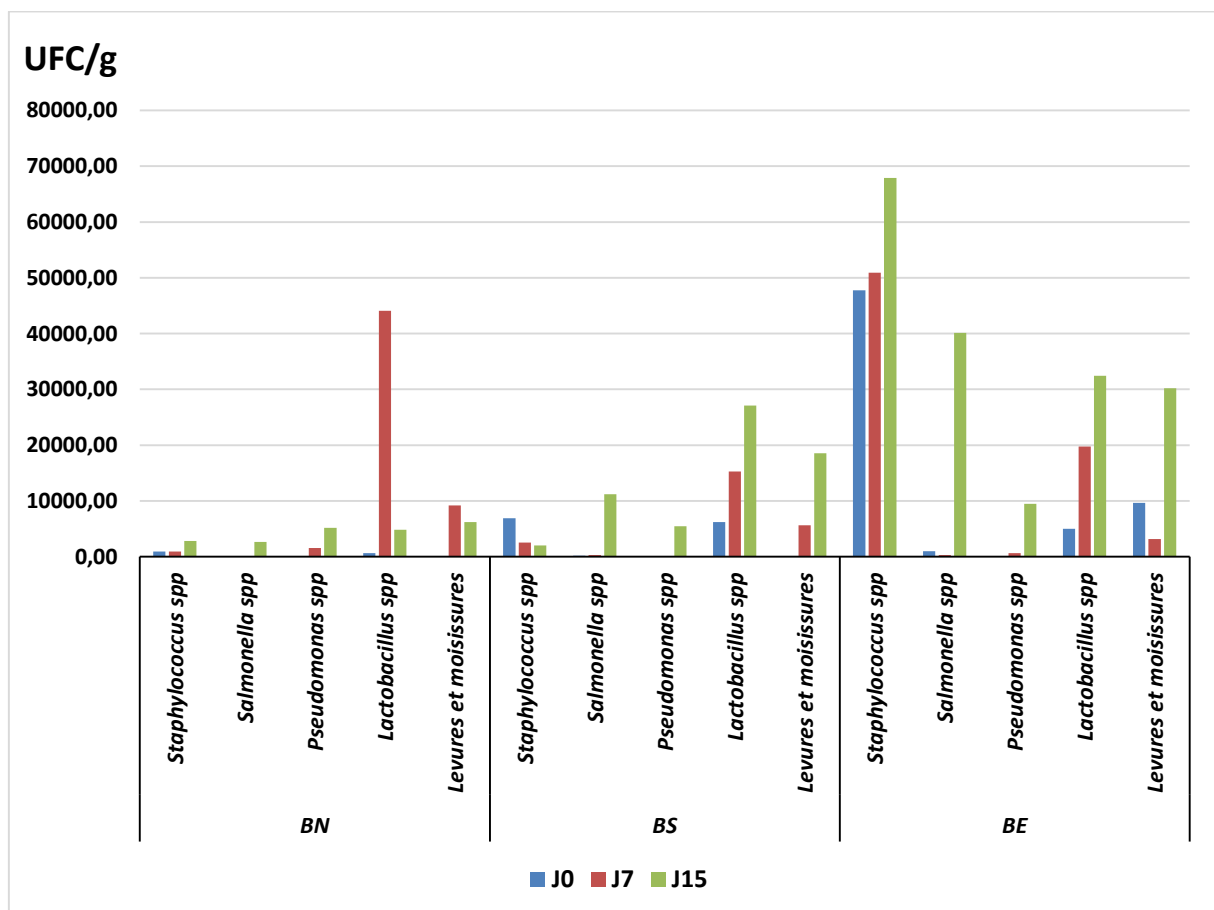


Figure 19. Variation des bactéries spécifiques des trois types du fromage Bouhezza étudiés.

---

# **CONCLUSION**

---

## **Conclusion**

Plusieurs fromages traditionnels existent dans les pays méditerranéens et comprenant l'Algérie. Beaucoup d'entre eux sont produits uniquement dans des zones géographiques restreintes et consommés localement. Le fromage Bouhezza est un fromage traditionnel. Cette typologie de fromage n'est produite que dans des zones géographiques restreintes du pays « Chaouia ».

La présente étude vise à évaluer la qualité de trois variétés du fromage Bouhezza à savoir naturel, salé et épicé au cours d'une période stockage au froid allant jusqu'à 15 jours, tout en s'appuyant sur des analyses physico-chimiques et microbiologiques. Les résultats obtenus lors des analyses physico-chimiques montrent que l'effet du stockage au froid sur les trois types du fromage est négligeable en termes de pH et du Brix. Par contre, l'effet du stockage sur l'acidité titrable débute à partir du quinzième jour. L'analyse de la couleur montre que l'indice de clarté diminue à partir du septième jour pour tous les types du fromage. Ainsi, le fromage Bouhezza épicé d'après les résultats obtenus présente la couleur la plus intense parmi les autres variétés avec une couleur qui tend vers le rouge.

L'appréciation de la qualité microbiologique par les différentes analyses effectuées nous a révélé une contamination importante et variable entre les trois types du fromage. Les résultats des dénombrements microbiens montrent une charge élevée en coliformes et Streptocoques fécaux pour tous les types. Concernant les spores des bactéries anaérobies sulfite-réductrices, on a constaté une absence totale. Pour les germes spécifiques, tous les types du fromage Bouhezza montrent des concentrations élevées des genres de *Staphylococcus*, *Lactobacillus* et levures et moisissures. Toutefois, tous les types montrent des valeurs élevées pour les genres *Staphylococcus* et *Salmonella* dépassant largement les normes algériennes pour les fromages à pâtes molles ce qui est devenu un souci majeur de la santé publique. La charge microbienne de tous les germes pour les trois types de fromage présente une augmentation progressive au cours du stockage. Le fromage Bouhezza épicé semble être le fromage le plus contaminé par rapport au fromage naturel et salé. Partant sur le nombre et la qualité des germes recherchés, le respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication (BPH) pour les fromages traditionnels est devenue une nécessité.

---

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

## **Références bibliographiques**

- Aissaoui, O., Zitoun, M., Zidoune, N., 2006. Le fromage traditionnel algérien «Bouhezza». Séminaire d'animation régional. Technologie douce et procédés de séparation au service de la qualité et de l'innocuité des aliments. INSAT-Tunis, Tunisie.
- Aissaoui Zitoun, O., 2014. Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel Algérien « Bouhezza ». Thèse de Doctorat., Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA). Université de Constantine 1.
- Azzeddine, H., 2014. Contribution à l'étude de la qualité d'un fromage traditionnel de l'Est algérien 'Klila'. Mémoire de Master Département de Biologie, Université 8 Mai 1945 Guelma p. 51.
- Barthelemy, J., Clement, J., 1998. Evaluation sensorielle: Manuel méthodologique, TEC-DOC Lavoisier.
- Belbeldi, A., 2013. Contribution à la caractérisation du fromage Bouhezza: Contenu lipidique et vitamines. Mémoire de Diplôme en Sciences Alimentaires, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Alger.
- Bendimerad, N., 2013. Caractérisation phénotypique technologique et moléculaire D'isolats de bactéries lactiques de laits crus recueillis dans les régions de l'Ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type «Jben». Essai de fabrication de fromage frais type «Jben.
- Boudalia, S., Boudebbouz, A., Gueroui, Y., Bousbia, A., Benada, M., Leksir, C., Boukaabene, Z., Saihi, A., Touaimia, H., Ait-Kaddour, A., 2020. Characterization of traditional Algerian cheese "Bouhezza" prepared with raw cow, goat and sheep milks. Food Science and Technology.
- Boudjerare, H., Messaoudi, R., Medjoudj, H., 2018. Caractérisation physico-chimiques et microbiologique du fromage Bouhezza au cours de sa conservation : Détermination d'une date limite de conservation (DLC). Département des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Larbi BEN M'HIDI Oum El-Bouaghi, Algérie, p. 55.
- Boukaabene, Z., Saihi, A., Touaimia, H., 2017. Fromage BOUHEZZA: Évaluation qualitative de la matière première et analyse sensorielle du produit fini.
- Bourgeois, C., Larpent, J., 1996. Microbiologie alimentaire. Tome 2—Aliments fermentés et fermentations alimentaires. Collection Sciences et techniques agroalimentaires, Edition Lavoisier, Technique et Documentation, France.



- Bourgeois, C., Leveau, J., 1980. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Technique & documentation.
- Caron, T., Piver, M.L., Péron, A.-C., Lieben, P., Lavigne, R., Brunel, S., Roueyre, D., Place, M., Bonnarme, P., Giraud, T., 2021. Strong effect of *Penicillium roqueforti* populations on volatile and metabolic compounds responsible for aromas, flavor and texture in blue cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 109174.
- Chaouch, R., 2007. Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages de la ville d'annaba: aspects physico-chimiques et bactériologiques des eaux. Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- Cheftel, J.-C., Bousquet-Ricard, M., Quayle, G., Guilbert, S., Elguezabal, L., Masset, R., 1978. Aliments à humidité intermédiaire: gels polysaccharidiques et protéiques. *Annales de la nutrition et de l'alimentation*. JSTOR, pp. 597-615.
- Chrisment, A., Durchon, P., Lanthony, P., Tavernier, I., 1994. Communiquer par la couleur- Mesurer, Reproduire, Observer, Vivre la couleur. Paris, 3C Conseil.
- Codex Alimentarius, 2006. Codex General Standard for Cheese: CODEX STAN A-6-1978. 26th Session FAO/WHO Food Standards Programme.
- Delarras, C., Trébaol, B., 2003. Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux: réglementation, prélèvements, analyses, Tec & Doc.
- Dieng, M., 2001. Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industriels commercialisés sur le marché dakarais. *Méd. Vét.*, Dakar, 91.
- Donnelly, C.W., 2014. Cheese and microbes, Wiley Online Library.
- El Marrachi, A., Hmama, A., 1996. Aspects hygiéniques du fromage frais de chèvre: Perspectives d'amélioration de la qualité. Les perspectives de développement de la filière lait de chèvre dans le bassin méditerranéen. Une réflexion collective appliquée au cas marocain. Titre de série: Etude FAO: Production et santé animales 131.
- Farhat, R., 2017. Suivi de la survie de " *Geotrichum candidum* " pendant la digestion in vitro du fromage type Camembert.
- Fox, P.F., McSweeney, P.L., Cogan, T.M., Guinee, T.P., 2004. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects, Elsevier.
- Gaujous, D., 1995. La pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire/par Didier Gaujous, Lavoisier.

- Gueroui, Y., 2018. Aspect Microbiologique de la Sécurité et de la Qualité. Polycopie de cours. Département de Biologie. Université 8 Mai 1945, Guelma, p. 105.
- Guiraud, J.-P., 1998. La microbiologie alimentaire.
- Gunasekaran, S., Ak, M.M., 2003. Cheese rheology. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Hebert, A., 2010. Ecosystème fromager: de l'étude du métabolisme du soufre chez *Kluyveromyces lactis* et *Yarrowia lipolytica* à l'interaction entre *Kluyveromyces lactis* et *Brevibacterium aurantiacum*. AgroParisTech.
- Jeanet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brulé, G., 2007. Les produits laitiers, Editions Tec & Doc Lavoisier.
- Jensen, R.G., Newburg, D.S., 1995. Bovine milk lipids. Handbook of milk composition, Elsevier, pp. 543-575.
- JORA, J.O.d.I.R.A., 1998. Spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires. N°35. <http://www.joradp.dz/HAR/Index.htm>.
- Khelaifia, M.N., Harid, N., Seridi, C., 2020. Caractérisation physicochimique, biologique et rhéologique du fromage traditionnel «Bouhezza».
- Krieg, N.R., Manual, H., 1984. Systematic bacteriology. Williams Baltimore.
- Labres, E., Azizi, D., Boudjellab, B., 2006. Cours d'Hygiène et de Microbiologie des Eaux: Microbiologie des eaux et des boissons, Institut Pasteur d'Algérie. Documentation interne.
- Labres, E., Mouffouk, F., 2008. Les cours national d'hygiènes et de microbiologies des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53p. • Lemkeddem C et Telli.
- Lahsaoui, S., 2009. Étude du procédé de fabrication d'un produit laitier traditionnel Algérien (Kilila)'. Thèse de Doctorat: Science Agronomie, université de Batna (Algérie).
- Lancefield, R.C., Hare, R., 1935. The serological differentiation of pathogenic and non-pathogenic strains of hemolytic streptococci from parturient women. The Journal of experimental medicine 61, 335.
- Leksir, C., 2018. Caractérisation, fabrication et consommation du dérivé laitier traditionnel 'Klila' dans l'Est Algérien. Université 8 mai 1945 de Guelma.
- Luquet, F., 1990. Lait et produits laitiers (vache, chèvre, brebis): transformation et technologie. Techniques et documentation Lavoisier. Paris, 41-65.

- 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, S3246-S3265.
- Medjoudj, H., Zidoune, M.N., 2018. Contribution à l'étude pour la caractérisation du fromage traditionnel «Bouhezza» au lait de chèvre. Université des Frères Mentouri, Constantine.
- Mouffok, F., 2001. Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger 40.
- Nicolau Gómez, M.R., 2017. Desarrollo del proceso para la fabricación de queso Camembert.
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G., Welte-Chanes, J., Swanson, B., 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science* 64, 42-45.
- Rejsek, F., 2002. Analyse des eaux: techniques et aspects réglementaires. Scérèn CRDP Aquitaine, Bordeaux. 358p.
- Ruqia, N., Muslim, K., Hameed, U., Zubia, M., Muhammad, M., Rumana, S., Naila, G., Faryal, S., Irum, P., Fathma, S., 2015. Elemental Assessment of Various Milk Packs Collected From KPK, Pakistan. *Am-Eurasian J Toxicol Sci* 7, 157-161.
- Senoussi, A., 2013. Caractérisation microbiologique de la peau de chèvre utilisée dans la fabrication du fromage traditionnel Algérien «Bouhezza».
- Soukehal, A., 2013. Communication sur la filière laitière forum des chefs d'entreprises relatif à : La sécurité alimentaire, quels programmes pour réduire la dépendance en céréales et lait, Avril 2013.
- St-Gelais, D., Tirard-Collet, P., 2002. Fromage. *Science et technologie du lait: transformation du lait*, 349-415.
- Tremolier, J., SERVILLE, Y., JACQUET, R., DUPIN, H., 1984. Manuel d'alimentation humaine. Ed. ESF 1, p547.
- Zitoun, O.A., Benatallah, L., Ghennam, E., Zidoune, M.N., 2011. Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened bouhezza cheese. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 9, 96-100.
- Zitoun, O.A., Pediliggieri, C., Benatallah, L., Lortal, S., Licitra, G., Zidoune, M.N., Carpino, S., 2012. Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and ripened in goatskin bags. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10, 289-295.