

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Chadli Bendjedid
El-Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم الفلاحية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche
« Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité »

THÈME

**Contribution à la caractérisation de la qualité
bactériologique et physico-chimique d'un fromage frais
traditionnel «Bouhezza»**

Soutenu le : 22/06/2023

Présenté par: AIT ALI Nour El-Houda
&
AOULEB Djehene

Devant le jury composé de :

Derradji-Benmeziane Farida	Pr.	Présidente	UCBET
Belbel Zeyneb	MCA	Examinatrice	UCBET
Feknous Nesrine	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2022 - 2023

Remerciements

{ يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ }

Avant tout, nous remercions **Dieu** de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour achever ce modeste travail.

Nos vifs remerciements et profonde gratitude s'adressent à notre promotrice **Docteur FEKNOUS Nesrine** qui a accepté de nous encadrer, nous la remercions infiniment pour sa grande patience, ses encouragements, son aide et ses conseils judicieux, durant la réalisation du présent travail.

Nous témoignons également notre gratitude aux membres de jury : **Pr. BENMEZZIANE DERRADJI Farida** et **Dr. BELBEL Zineb**, pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous exprimons également nos remerciements à **Mr. DENDANI Fethi** le Directeur de laboratoire de la répression des fraude au niveau de la wilaya de Souk Ahras, au Chef de laboratoire de microbiologie **Mme. LEKHAL Karima** qui nous a aidé et assisté tout le long de notre stage et à tous les ingénieurs de laboratoire.

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce projet :

À mon cher père "Kamel"

À ma très chère mère "Fatima"

Qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

À mes chères sœurs : "Imen" "Sonia" "Hanene" et "Khadidja"

Pour leurs soutiens morale et leur conseils précieux tout au long de mes études

À mon binôme : Djihan

Pour son entente et sympathie

À tous mes collègues et amis

pour leurs aides dans les moments difficiles

Nour El-Houda

Dédicaces

Dieu soit loué pour m'avoir aidé à réaliser mes études

C'est avec tout de mes sentiments que je dédie ce modeste travail à :

À mon très cher papa qui ma quitté mais reste toujours dans mon cœur et que dieu lui accorde sa miséricorde et lui ouvre les portes de son paradis.

À ma très chère mère, affable, honorable, aimable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

À mes chères sœurs : Wissam, Nour El-Houda, Amira et Oumaima

À mon cher frère : Rami Je lui souhaite beaucoup de bonheur, et beaucoup de chance dans sa vie.

À mes beaux frères : Halim et Zine

À ma nièce Jenna et mon neveu Koudess

À mes oncles : Hamid et Fouzi

À mon binôme : Ait Ali Nour El-Houda

Et enfin à toutes les personnes qui comptent pour moi, intervenues dans ma vie à un moment ou à un autre et qui m'ont accompagné et soutenue.

Et à tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer

Djihene

Résumé

Bouhezza est un fromage traditionnel de terroir algérien à Appellation d'Origine Contrôlée, destinée initialement à l'autoconsommation familiale. L'objectif de notre étude est d'explorer la qualité physicochimique et bactériologique de trois variétés de ce fromage: *Bouhezza piquant*, *Bouhezza salé* et *Bouhezza à l'ail*, achetés à partir de différents points de ventes. Pour cela, les bactéries indicatrices de la qualité hygiénique ont été recherchées: la flore aérobie mésophile totale, *E.coli*, les coliformes totaux et les coliformes fécaux ainsi que trois paramètres physicochimiques ont été analysés : pH, acidité et le taux de la matière sèche. Toutes les bactéries recherchées ont été respectivement présentes avec des taux variables et conformes aux normes dans les trois variétés de fromage *Bouhezza* : piquant, salé et à l'ail. *E.coli* : 8.066 ± 20.033 UFC/ml, 2.333 ± 5.733 UFC/ml et absent dans la variété à l'ail. Les coliformes totaux: $6.933 \times 10^2 \pm 212,210$ UFC/ml, $2.666 \times 10^2 \pm 30.550$ UFC/UFC/ml et $5.333 \times 10 \pm 15,275$ UFC/ml. Les coliformes fécaux: $3.866 \pm 86,216$ UFC/ml, $1.366 \pm 40,414$ UFC/ml et absent dans la variété à l'ail. Les germes aérobies mésophiles totaux: $34.333 \pm 251, 661$ UFC/ml, 30.333 ± 321.455 UFC/ml et 15.666 ± 0.577 UFC/ml. Les valeurs de pH obtenues sont respectivement les suivantes: 4.263 ± 0.005 , 4.146 ± 0.011 , 4.406 ± 0.005 . L'acidité affichée est à : 11.106 ± 1.502 °D, 10.216 ± 0.509 °D et à 11.886 ± 0.506 °D. Quant à l'extrait sec, il est à : 29.876% dans *Bouhezza piquant*, 23,876 % dans *Bouhezza salé* et à 43, 23% dans *Bouhezza à l'ail*. Les résultats des analyses microbiologiques des trois variétés de fromage ont révélé que ce produit du terroir est d'un niveau hygiénique satisfaisant. Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont permis de mieux caractériser les variations observées dans cette variété artisanale de fromage.

Mots clés: Fromage artisanal, qualité physico-chimique, qualité hygiénique, AOC, *Bouhezza*.

Abstract

Bouhezza is a traditional Algerian local cheese with Designation of Origin Controlled, initially intended for family self-consumption. The goal of our study is to explore the physicochemical and bacteriological quality of three varieties of this cheese: Spicy Bouhezza, Salty Bouhezza and Garlic Bouhezza, purchased from different points of sale. For this, quality indicator bacteria hygiene were sought: the total mesophilic aerobic flora, E.coli, the total coliforms and faecal coliforms as well as three parameters Physicochemicals were analyzed: pH, acidity and dry matter rate. All the bacteria sought were respectively present with variable rates and comply with the standards in the three varieties of Bouhezza cheese: spicy, salty and garlic. E.coli: $8,066 \pm 20,033$ CFU/ml, $2,333 \pm 5,733$ CFU/ml and absent in the variety at garlic. Total coliforms: $6.933 \times 10^2 \pm 212.210$ CFU/ml, $2.666 \times 10^2 \pm 30,550$ UFC/UFC/ml and $5,333 \times 10^2 \pm 15,275$ UFC/ml. Faecal coliforms: $3,866 \pm 86.216$ CFU/ml, $1,366 \pm 40.414$ CFU/ml and absent in the garlic variety. Germs total mesophilic aerobes: 34.333 ± 251 , 661 UFC/ml, 30.333 ± 321.455 UFC/ml and 15.666 ± 0.577 CFU/ml. The pH values obtained are respectively the following: 4.263 ± 0.005 , 4.146 ± 0.011 , 4.406 ± 0.005 . The displayed acidity was at: $11.106 \pm 1.502^\circ\text{D}$, $10.216 \pm 0.509^\circ\text{D}$ and at $11.886 \pm 0.506^\circ\text{D}$. As for dry extract, it was at: 29.876% in spicy Bouhezza, 23.876% in salty Bouhezza and 43.23% in Garlic Bouhezza. The results of the microbiological analyzes of the three varieties of cheese have revealed that this local product is of a satisfactory hygienic level.

The results of the physico-chemical and microbiological analyzes made it possible to better characterize the variations observed in this artisanal variety of cheese.

Keywords : Artisanal cheese, physico-chemical quality, hygienic quality, AOC, Bouhezza.

ملخص

هو جبن تقليدي من المنطقة الجزائرية مع تسمية من أصل خاضع للرقابة، والمخصص في البداية للاستهلاك الذاتي للأسرة. الهدف من دراستنا هو استكشاف الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لثلاثة أنواع من هذا الجبن: بوهزة حار، بوهزة ملح وثوم بوهزة، يتم شراؤها من نقاط بيع مختلفة. لهذا الغرض، تم البحث عن بكتيريا تدل على جودة النظافة: الفلورا الهوائية الوسطية الكلية، الإشريكية القولونية، القولونيات الكلية، القولونيات البرازية وكذلك ثلاث معاملات فيزيائية كيميائية: درجة الحموضة، الحموضة ومعدل المادة الجافة. جميع البكتيريا التي تم البحث عنها كانت موجودة على التوالي بمستويات متغيرة ومتوافقة مع المعايير في الأصناف الثلاثة من جبن بوهزة: وغائبة في مجموعة 2.333 ± 5.733 UFC/ml، حار، ملح وثوم. بكتيريا قولونية: 20.033 ± 8.066 UFC/ml، مجموع القولونيات: $212,210 \pm 102 \times 6.933$ UFC/ml، الثوم. $2.666 \times 102 \pm 30.550$ UFC/UFC/ml، القولونيات البرازية: $86,216 \pm 3.866$ UFC/ml و $15,275 \pm 10 \times 5.333$ UFC/ml، وغائبة في مجموعة الثوم. مجموع الجراثيم الهوائية ميسوفيليك: $661, 251 \pm 34.333$ UFC/ml، التي تم الحصول عليها PH قيم الأس الهيدروجيني 0.577 ± 15.666 و 30.333 ± 321.455 UFC/ml هي على التوالي: 0.005 ± 4.263 ، 0.011 ± 4.146 ، 0.005 ± 4.406 ، كانت الحموضة المعروضة: ± 11.106 أما المستخلص الجاف فكان: % 29.876 في ° D. و 0.506 ± 11.886 ° D و 10.216 ± 0.509 ° D، 1.502 ° D بوهزة حار، % 23.876 في بوهزة ملح و % 43.23 ثوم بوهزة. أظهرت نتائج التحاليل الميكروبيولوجية لأصناف الجبن الثلاثة أن هذا المنتج المحلي ذو مستوى صحي مقبول. أتاحت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية تحديد أفضل للتغيرات التي لوحظت في هذا النوع الحرفي من الجبن. الكلمات المفتاحية: الجبن الحرفي، الجودة الفيزيائية و الكيميائية، الجودة الصحية، التطبيق الأصلي للرقابة، بوهزة

Liste des figures

FIGURE 1.COAGULATION ACIDE (FLORIAN, 2012).....	15
FIGURE 2.COAGULATION ENZYMATIQUE (FLORIAN, 2012)	16
FIGURE 3.L'EGOUTTAGE	17
FIGURE 4.LE SALAGE	18
FIGURE 5. L'AFFINAGE.....	19
FIGURE 6.MECHOUNA.....	21
FIGURE 7.AGHOUGLOU.....	22
FIGURE 8.BOUHEZZA.....	23
FIGURE 9.FROMAGE BOUHEZZA (AISSAOUI ET ZIDOUNE, 2006).....	23
FIGURE 10.DIAGRAMME DE PREPARATION DU LBEN (MEDJOUJ, 2018)	24
FIGURE 11.PRESENTATION PHOTOGRAPHIQUES DES DIFFERENTES ETAPES DE LA PREPARATION DE DJELD DU FROMAGE BOUHEZZA A) PEAU ENTIERE DE CHEVRE OU DE BREBIS RECUPEREES JUSTE APRES ABATTAGE, B) PUTREFACTION (2 A 5 JOURS) A TEMPERATURE AMBIANTE, C) DEPLIAGE MANUEL, LAVAGE	25
FIGURE 12.DIAGRAMME SIMPLIFIE DE LA FABRICATION DU FROMAGE <i>BOUHEZZA</i> (AISSAOUI ZITOUN, 2014).....	27
FIGURE 13.LES ECHANTILLONS DES FROMAGES (DE DROITE A GAUCHE) SALE PIQUANT ET A L'AIL (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	32
FIGURE 14.PREPARATION DE LA SUSPENSION MERE DES FROMAGES (AIT ALI & AOULEB, 2023)	33
FIGURE 15.ENSEMENCEMENT DE LA SUSPENSION MERE (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	34
FIGURE 16.ENSEMENCEMENT DES DILUTIONS DECIMALES (AIT ALI & AOULEB, 2023)	34
FIGURE 17.ENSEMENCEMENT DU MILIEU VRBL (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	35
FIGURE 18.LECTURE DES BOITES APRES INCUBATION (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	36
FIGURE 19.LES COLONIES DE COLIFORMES TOTAUX SUR MILIEU VRBL (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	36
FIGURE 20.LES COLONIES DE E.COLI SUR MILIEU TBX (AIT ALI & AOULEB, 2023)	37
FIGURE 21.ENSEMENCEMENT DES MILIEUX (AIT ALI & AOULEB, 2023)	38
FIGURE 22.ENSEMENCEMENT DU MILIEU PCA (AIT ALI & AOULEB, 2023)	39
FIGURE 23.INCUBATION DES BOITES A L'ETUVE (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	39
FIGURE 24.LECTURE DES BOITES APRES INCUBATION (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	40
FIGURE 25.MESURE DU PH DES 3 VARIETES DU FROMAGE BOUHEZZA (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	41
FIGURE 26.LA PESEE DU FROMAGE (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	42
FIGURE 27.DILUTIONS ET PREPARATION DES ECHANTILLONS (AIT ALI & AOULEB, 2023)	43
FIGURE 28.CENTRIFUGATION ET RECUPERATION DU SURNAGEANT (AIT ALI & AOULEB, 2023).....	43
FIGURE 29.TITRATION AU NAOH JUSQU'A L'APPARITION LA COULEUR ROSE (AIT ALI & AOULEB, 2023)	44
FIGURE 30.A) : POIDS CAPSULE VIDE, B): LA PESEE DU FROMAGE.....	45
FIGURE 31.LE MELANGE AVEC LE SABLE DE LA MER	45
FIGURE 32.LE MELANGE DANS L'ETUVE	46
FIGURE 33.LE MELANGE DANS LE DESSICATEUR	46
FIGURE 34. RESULTATS DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES DES VARIETES DE FROMAGE <i>BOUHEZZA</i>	49

FIGURE 35. PH DES DIFFERENTES VARIETES DE BOUHEZZA.....	52
FIGURE 36. ACIDITE DES DIFFERENTES VARIETES DE BOUHEZZA	53
FIGURE 37. TAUX DE MATIERE SECHE DES DIFFERENTES VARIETES DE BOUHEZZA.....	54

Liste des tableaux

TABLEAU 1 . GENERALITES SUR LE FROMAGE <i>BOUHEZZA</i> (ZITOUN ET AL., 2011)	29
--	----

Liste des abréviations

AOC	Appellation d'Origine Contrôlée
°C	degré Celsius
pH	potentiel hydrogène
pHi	potentiel hydrogène isoélectrique
CO₂	dioxyde de carbone
g/K	gramme/kilogramme
g/l	gramme/litre
MG	Matière Grasse
MS	Matière Sèche
g	gramme
Ca⁺⁺	Calcium
GDL	Glucono Delta Lactone
a_w	activité de l'eau
h	heure
ml	millilitre
VRBL	gélose à la bile, au rouge neutre, au cristal violet et au lactose
TBX	Tryptone-Bile-Glucuronide
UFC	Unités Formant Colonie
PCA	Plate Count Agar
rpm	rotation par minute
Na OH	Hydroxyde de sodium
°D	degré Dornic
M0	Masse (g) de la capsule vide.
M1	Masse (g) de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement
M2	Masse(g) de la capsule et de la prise d'essai.
Wt	Extrait sec

Tables des matières

RESUME.....	I
ABSTRACT.....	II
ملخص.....	III
LISTE DES FIGURES.....	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
TABLES DES MATIERES	VII
INTRODUCTION	1
1 CHAPITRE I. GENERALITES ET COMPOSITION DU LAIT	4
1.1 DEFINITION DU LAIT.....	4
1.2 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU LAIT	4
1.2.1 <i>Caractéristiques physico-chimiques</i>	4
1.2.1.1 Densité.....	4
1.2.1.2 Acidité.....	4
1.2.1.3 Point de congélation.....	4
1.2.1.4 Point d'ébullition.....	5
1.2.2 <i>Caractéristiques microbiologiques</i>	5
1.3 FACTEURS DE VARIATIONS DE LA COMPOSITION DU LAIT	5
1.3.1 <i>Facteurs intrinsèques</i>	6
1.3.1.1 Facteurs génétiques.....	6
1.3.1.2 Stade de lactation	6
1.3.1.3 Age et nombre de vêlage.....	6
1.3.1.4 Etat sanitaire	7
1.3.2 <i>Facteurs extrinsèques</i>	7
1.3.2.1 Alimentation.....	7
1.3.2.2 Saison et climat	7
1.4 COMPOSITION DU LAIT	7
1.4.1 <i>Eau</i>	7
1.4.2 <i>Glucides</i>	8
1.4.3 <i>Lipides</i>	8
1.4.4 <i>Matière azotée</i>	8
1.4.4.1 La phase micellaire.....	9
1.4.4.2 Les différentes caséines qui forment la phase micellaire sont :	9
1.4.5 <i>Minéraux</i>	9

1.4.6	<i>Biocatalyseurs : vitamines et enzymes</i>	9
1.4.6.1	Enzymes.....	9
1.4.6.2	Vitamines.....	10
1.4.7	<i>Éléments biologiques</i>	10
1.5	CONTROLE DE LA QUALITE DU LAIT	11
1.6	LAIT DE VACHE : MATIERE PREMIERE DANS LA FABRICATION FROMAGERE	11
2	CHAPITRE II. LES FROMAGES	13
2.1	GENERALITES SUR LES FROMAGES	13
2.2	DEFINITION DU FROMAGE	13
2.3	COMPOSITION DU FROMAGE	13
2.4	TRANSFORMATION DU LAIT EN FROMAGE	14
2.4.1	<i>Coagulation du lait</i>	14
2.4.1.1	Coagulation par voie acide	14
2.4.1.2	Coagulation par voie enzymatique	15
2.4.1.3	Coagulation mixte	16
2.4.2	<i>Egouttage</i>	16
2.4.3	<i>Salage</i>	17
2.4.4	<i>Affinage des fromages</i>	18
2.4.4.1	Agents d'affinage des fromages	19
2.5	DIFFERENTS TYPES DU FROMAGE	20
2.6	FROMAGE TRADITIONNEL EN ALGERIE	20
2.6.1	<i>Jben</i>	20
2.6.2	<i>Ighounane</i>	20
2.6.3	<i>Kemariya (Takemmarite)</i>	21
2.6.4	<i>Fromage frais ou extra dur :Klila</i>	21
2.6.5	<i>Mechouna</i>	21
2.6.6	<i>Aghouglou</i>	22
2.6.7	<i>Bouhezza Ou Malh Dh'ouab ou Bou Mellal</i>	22
2.6.7.1	Généralités sur le fromage Bouhezza	23
2.6.7.1.1	La définition et la région	23
2.6.7.1.2	Conditions de fabrications et matières premières.....	24
2.6.7.1.3	Préparation du contenant (Djeld) du <i>Bouhezza</i>	24
2.6.7.1.4	Mode d'obtention du fromage	26
2.6.7.1.5	Mode habituel de la consommation et de la conservation	28
2.6.7.1.6	Conservation du fromage traditionnel <i>Bouhezza</i>	30
3	MATERIEL ET METHODES	32
3.1	OBJECTIF DE L'ÉTUDE	32
3.2	LES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES	32

3.2.1	<i>Préparation de la suspension mère</i>	32
3.2.1.1	Mode opératoire.....	32
3.2.2	<i>Préparation des dilution décimales</i>	33
3.2.3	<i>Recherche et dénombrement des coliformes thermo tolérants (fécaux)</i>	34
3.2.3.1	Mode opératoire.....	34
3.2.3.2	Lecture.....	35
3.2.4	<i>Recherche et dénombrement des coliformes totaux</i>	36
3.2.4.1	Mode opératoire.....	36
3.2.5	<i>Recherche et dénombrement d'Escherichia coli β-glucuronidase (ISO 16649)</i>	36
3.2.5.1	Mode opératoire.....	37
3.2.5.2	Lecture.....	37
3.2.6	<i>Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux</i>	37
3.2.6.1	Mode opératoire.....	38
3.2.6.2	Lecture.....	39
3.3	LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	40
3.3.1	<i>Détermination du pH</i>	40
3.3.1.1	Mode opératoire.....	40
3.3.1.2	Lecture.....	41
3.3.2	<i>Détermination de l'acidité</i>	41
3.3.2.1	Mode opératoire.....	41
3.3.2.2	Lecture.....	44
3.3.3	<i>Détermination de la matière sèche (AFNOR, 1993)</i>	45
3.3.3.1	Mode opératoire.....	45
3.3.3.2	Expression des résultats	47
4	RESULTATS ET DISCUSSION	49
4.1	ANALYSE BACTERIOLOGIQUE DES VARIETES DU FROMAGE <i>BOUHEZZA</i>	49
4.1.1	<i>Escherichia coli</i>	51
4.1.2	<i>Les coliformes totaux</i>	51
4.1.3	<i>Les coliformes fécaux</i>	51
4.1.4	<i>Les germes aérobies mésophiles totaux</i>	51
4.2	ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES VARIETES DU FROMAGE <i>BOUHEZZA</i>	52
4.2.1	<i>Le pH</i>	52
4.2.2	<i>Acidité</i>	52
4.2.3	<i>Taux de matière sèche</i>	53
	CONCLUSION	56
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	58

Introduction

Les produits traditionnels contribuent à garder l'identité nationale d'un peuple. Nous rencontrons des recettes traditionnelles transmises de génération à génération, en défiant le temps et l'espace. Parmi ces produits les fromages traditionnels sont devenus l'image de leur pays ou village d'origine, à titre d'exemple le roquefort et le camembert et tous les fromages d'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC).

En Algérie, les fromages traditionnels sont peu nombreux, non entièrement recensés et aussi peu étudiés ; environ dix types de fromages sont connus dans les différentes régions du pays (Aissaoui Zitoun et al., 2011). Parmi ces fromages, on rencontre *Bouhezza*, *Mechouna* et *Madghissa*, dans la région des Chaouia, *Takammérite* et *Aoules* dans le sud, *Igounanes* dans la région du Kabylie. Malheureusement plusieurs d'entre ces fromages sont en voie de disparition, pour différentes raisons dont l'indisponibilité fourragère, l'exode rurale et le changement des habitudes alimentaires. Nous ignorons le devenir de ces produits, mais il convient de faire tout ce qui est possible pour les connaître, maintenir leur existence et encourager leur fabrication. Ces fromages représentent un bien culturel avant d'être une ressource économique, qui doit être bien caractérisée et protégée (Saoudi, 2012).

Le fromage *Bouhezza* est connu depuis longtemps dans la région des Chaouia à l'est Algérien, une région qui regroupe principalement les Wilaya d'Oum El Bouaghi, Batna, Khenchla et Tébessa. Il est fabriqué à partir de laits de chèvre, de brebis, de vache ou de mélange (Saoudi, 2012). La fabrication de *Bouhezza* présente la particularité d'impliquer coagulation, égouttage, salage et affinage simultanément. Par ailleurs, les différentes étapes nécessaires à la fabrication ont lieu dans une outre confectionnée à partir de peau d'animaux, appelée « *Djeld* » ou « *Djeld Bouhezza* » ou « *Chekoua* » qui sert, à première vue de contenant et de media de filtrant pour l'égouttage (Aissaoui Zitoun, 2014).

Donc, notre travail est basé sur l'étude de la qualité de ce fromage traditionnel.

Ce document comporte trois parties :

- Une première partie qui est l'étude bibliographique. Elle s'intéressera aux notions générales sur les laits, leur composition et les principales caractéristiques du lait. Aussi la technologie fromagère ensuite la Transformation du lait en fromage, les différents types du fromage et à la fin les fromages traditionnels en Algérie
- Une deuxième partie qui s'intéressera au matériel et méthodes utilisés pour contrôler la qualité bactériologique et physico-chimique du fromage *Bouhezza*
- Finalement, la présentation des résultats et leur discussion.

Synthèse

bibliographique

Chapitre 1

Le lait

1 Chapitre I. Généralités et composition du lait

1.1 Définition du lait

Le lait destiné à l'alimentation humaine a été défini en 1908 par le congrès international de la répression des fraudes à Genève : « *le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et non contenir de colostrum* » (Alais, 1975).

Il doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Car il est le seul aliment des nouveau-nés chez les mammifères et il y a au tant de laits différents qu'il existe d'espèces dans le monde.

1.2 Principales caractéristiques du lait

1.2.1 Caractéristiques physico-chimiques

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité.

1.2.1.1 Densité

La densité moyenne des laits mesurée à 20°C est de 1,030. La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires. Deux facteurs déterminent la densité : la concentration des éléments dissous et en suspension (solide non-gras) et la proportion de matière grasse. La densité des laits écrémés s'élève au-delà de 1,035 alors qu'elle diminue lors du mouillage des laits (Vignola, 2002).

1.2.1.2 Acidité

Le pH du lait est souvent 6,6, il a une tendance légèrement acide, il dépend de l'action des bactéries lactiques qui sont responsables de l'acidité de celui-ci.

L'acidité du lait dû principalement à la présence de protéines surtout les caséines et la lactalbumine, des substances minérales telles que les phosphates et le CO₂ et les acides organiques le plus souvent l'acide citrique. L'acidité apparente (naturelle) varie entre 0,13 et 0,17% d'équivalent d'acide lactique (Vignola, 2002).

1.2.1.3 Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau, puisque la présence des solides solubilisés abaisse le point de congélation, il peut varier de -0,53 à -0,575 °C avec une moyenne de -0,555 °C, un point de congélation supérieur à -0,530 °C permet de supposer une addition d'eau au lait. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'une cryoscopie (Vignola, 2002).

1.2.1.4 Point d'ébullition

On définit le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi, comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés, il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5 °C.

Cette propriété physique diminue avec la pression, on applique ce principe dans le procédé de concentration du lait (**Amoit et coll, 2002**).

1.2.2 Caractéristiques microbiologiques

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes ; sa richesse et sa fragilité en font un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries

(http://www.fastonline.org/CD3WD_40/LSTOCK/001/LSPrdts/GR19/B139_3.HTM).

C'est pour ce là ; la microbiologie est intimement liée à l'industrie laitière : elle s'applique à tous ses secteurs. Ses principes, en effet, justifient le mode de production hygiénique du lait, commandent plusieurs traitements et procédés industriels lors de sa transformation à l'usine, et sont à la base des méthodes de conservation des produits laitiers. La qualité du lait et des produits laitiers en dépend en grande partie, si bien que l'on tient compte des normes microbiologiques.

L'application des principes généraux d'hygiène permet de prévenir et empêcher la transmission de bactéries pathogènes par le lait et les produits laitiers et de cette façon protéger la santé des consommateurs ; prévenir et restreindre la croissance microbienne au lait et aux produits laitiers et ainsi empêcher leur détérioration et l'apparition de défauts

(<http://www.fidocl.fr/content/composition-du-lait>).

La diversité des microorganismes dont la nature est directement liée à l'histoire du produit qui est les acteurs incontournables de l'élaboration des caractéristiques sensorielles des fromages

(<http://www.azaquar.com/doc/composition-physico-chimie-et-microbiologie-du-lait>)

1.3 Facteurs de variations de la composition du lait

Le lait qui arrive à l'usine, ayant une composition variable, dépend de différents facteurs.

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations (**Wolter, 1988**).

1.3.1 Facteurs intrinsèques

1.3.1.1 Facteurs génétiques

Il existe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race. D'une manière générale, on remarque que les fortes productrices donnent un lait plus pauvre en matières azotées et en matière grasse. Ces dernières sont les plus instables par rapport au lactose (**Veisseyre, 1979**).

1.3.1.2 Stade de lactation

Au cours de la lactation, les quantités de matière grasse, de matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite.

Les taux de matière grasse et de matières azotées, élevés au vêlage, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois.

Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement plus importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique.

Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (**Meyer et Denis, 1999**).

1.3.1.3 Age et nombre de vêlage

Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, surtout les caséines. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (**Mahieu, 1985**).

Veisseyre (1979) montre que la quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{eme}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{eme}.

1.3.1.4 Etat sanitaire

Lors de l'infection, les leucocytes réalisent une réaction immunitaire importante qui, induit des modifications considérables dans la composition du lait.

Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager (Toureau et al., 2004).

1.3.2 Facteurs extrinsèques

1.3.2.1 Alimentation

L'alimentation exerce une action spécifique sur la composition du lait ; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matière grasse et de protéines. Le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides (Coulon et Hoden, 1991).

Certains aliments peuvent communiquer au lait des défauts organoleptiques, ex : la moutarde, les choux, les navets et l'ail.

1.3.2.2 Saison et climat

La saison a une influence particulière sur la composition du lait, surtout concernant le taux de protéine et le taux butyreux.

À partir des travaux réalisés par Spike et Freeman en 1967 cité par Coulon et al. En (1991), il a été montré que la production laitière est maximale au mois de juin et minimale en décembre.

À l'inverse, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver. Chez des vaches de type pie noire, ils atteignent 3g/Kg pour le taux butyreux et près de 2g/Kg pour le taux protéique.

1.4 Composition du lait

Le lait est un mélange complexe constitué à 90% d'eau et qui comprend :

- une solution vraie : sucre + protéines solubles + minéraux + vitamines hydrosolubles
- une solution colloïdale : protéines, en particulier les caséines une émulsion : matières grasses (http://veritable.camembert.free.fr/pages/Lait_cru_microrganismes.htm)
- Les valeurs des compositions du lait de vache variées en fonction des différents facteurs : races animales, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite.

1.4.1 Eau

C'est l'élément le plus important du point de vue pondéral (en quantité). Elle représente environ 81 à 87% du volume du lait selon la race, il se trouve sous deux formes : l'eau libre (96% de la

totalité) et liée à la matière sèche (4% de la totalité) (**Ramet, 1985**). Elle provient du sang par filtration.

1.4.2 Glucides

Le sucre du lait est le lactose, c'est un disaccharide constitué par de l'alpha (α) ou bêta glucose et de bêta galactose, il est synthétisé à partir du glucose prélevé dans le sang par la Mamelle (**Goursaud, 1985**)

Le lactose est le seul sucre qui peut être utilisé correctement par le jeune animal, car son tube Digestif possède une lactase, mais ne possède pas de saccharase, ni de maltase, ni d'amylase. Il est non seulement un élément nutritionnel important, mais il contrôle aussi la pression osmotique du lait, le lactose a un taux de 4.9/100ml (**Adrian et Lepen, 1987**).

1.4.3 Lipides

La matière grasse est présente dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras.

Dans le lait de vache, ces globules gras mesurent en moyenne de 1 à 5 microns (jusqu'à 22 microns) de diamètre, et leurs membranes sont composées de 2 couches : Une interne, formée de phospholipides et l'autre externe, constituée de protéines, d'eau et des minéraux, lorsque tous ces globules gras se rassemblent ils forment une masse plus légère que l'eau qui remonte donc en surface : c'est la crème.

Les lipides du lait sont constitués de : 98% des triglycérides, 1% de phospholipides et 1% de stérols (cholestérol), tocophérol et vitamines liposolubles.

A une température ambiante, les triglycérides liquides, basés au centre du globule, et les triglycérides solides occupent la périphérie du globule.

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (**Stoll, 2003**).

1.4.4 Matière azotée

On distingue deux groupes de matières azotées dans le lait : la fraction essentielle est la matière azotée protéique à 95% de l'azote total du lait, et la matière azotée non protéique à (5 %). En fonction du pH, Les protéines se répartissent en deux phases :

- Une phase micellaire (insolubles à pH 4,6) ;
- Une phase protéique (solubles à pH 4,6).

1.4.4.1 La phase micellaire

Les caséines présentent sous une forme micellaire. La micelle est formée par l'association Des caséines, qui représente 80% des protéines du lait de vache et de composants salins dont les deux principaux sont le calcium et le phosphate. Toutes les micelles n'ont pas les mêmes dimensions, ni la même composition. Les grosses micelles ont une charge minérale plus élevée et des proportions relatives de caséines β et κ plus faibles que les petites. La forme est considérée

Comme sphérique, mais avec une surface granuleuse comme une framboise. Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (**Ramet, 1985**).

1.4.4.2 Les différentes caséines qui forment la phase micellaire sont :

- La caséine α_1 ou Alpha-caséines
- La caséine α_2 ou Alpha-caséines
- La caséine β ou Bêta-caséine
- La caséine γ ou gamma-caséines
- La caséine κ ou Kappa-caséine

1.4.5 Minéraux

La matière minérale et saline du lait, d'environ 9 g/l, est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. En effet, le lait contient tous les éléments minéraux indispensables à l'organisme, le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium et le chlore.

Les matières minérales ne se sont pas exclusivement sous la forme de sels solubles (molécules et ions) ; une partie importante se trouve dans la phase colloïdale insoluble (micelles de caséines).

On constate que la composition minérale est variable selon les espèces, les races, le moment de la lactation. Le lait contient également les oligo-éléments indispensables pour l'organisme Humain tels que le zinc, le fer, le cuivre, le fluor, l'iode et le molybdène.

1.4.6 Biocatalyseurs : vitamines et enzymes

1.4.6.1 Enzymes

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 Enzymes principales ont été répertoriées dans le lait (**Pougheon, 2001**).

Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras, mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre enzymes naturelles et enzymes extérieures n'est donc pas facile. Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

- ❖ Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase) ;
- ❖ Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactopéroxydase et lysozyme) ;
- ❖ Indicateurs de qualité hygiénique (contrôle de l'efficacité de la pasteurisation donc recherche de la phosphatase alcaline).

1.4.6.2 Vitamines

Les vitamines sont nécessaires à la croissance et au fonctionnement normal des processus vitaux, mais l'organisme humain est incapable de les synthétiser, il doit donc puiser ces sources dans l'alimentation. On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- ❖ Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.
- ❖ Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie.
- ❖ Le lait et ses dérivés sont des sources assez riches en vitamine A, B12 et B2 ; un peu moins en
- ❖ vitamine B1, B6 et PP ; par contre, ils ne contiennent que peu de vitamines E, acide folique et
- ❖ Biotine.

1.4.7 Eléments biologiques

Le lait contient toujours un nombre variable de cellules. Ces cellules sont, non seulement, des constituants normaux comme les globules blancs (leucocytes) et les cellules épithéliales de la mamelle, mais aussi des micro-organismes contaminants.

De très nombreuses variétés de micro-organismes peuvent contaminer le lait : bactéries, moisissures, levures. L'importance et la nature des contaminants dépendent de l'état sanitaire de l'animal, mais également des conditions hygiéniques observées lors de la traite, de la collecte et de la température de conservation du lait.

1.5 Contrôle de la qualité du lait

La qualité du lait est déterminée sur la base de six critères différents : le nombre de germes, le nombre de cellules somatiques, la présence de résidus d'antibiotiques ou de désinfectants, le point de congélation et la propreté visible.

Le nombre de germes est utilisé pour mesurer la contamination par les bactéries. Le matériel de traite peut constituer une importante source de contamination. De même, le refroidissement insuffisant du lait entraîne une augmentation du nombre de germes, les exigences pour ce critère varient selon le devenir du lait. Ainsi, ils seront plus sévères dans le cas de fabrication de fromage au lait cru que lorsqu'il y a pasteurisation.

Le nombre de cellules somatiques est un indicateur important de la santé du pis. Un lait chargé en cellules présente un taux de protéines solubles élevé, une faible teneur en caséine, une protéolyse et une lipolyse accrue. En conséquence, le rendement fromager est diminué et des difficultés de coagulation apparaissent.

Pour le traitement des animaux malades, l'emploi de médicaments vétérinaires, notamment d'antibiotiques, peut s'avérer nécessaire. Il est, toutefois, strictement interdit de fournir du lait contenant des substances inhibitrices dépassant les normes légales. A cette fin, chaque livraison de lait est analysée quant à la présence de résidus d'antibiotiques.

Les désinfectants sont nécessaires pour garder l'installation exempte de bactéries. Grâce à un rinçage à l'eau claire, les restes de ces produits sont éliminés. Si ce rinçage n'est pas effectué ou est insuffisant, des restes de ces produits peuvent aboutir dans le lait.

Le point de congélation du lait indique la présence d'eau ajoutée dans le lait. Le plus souvent, c'est dû à la négligence dans le nettoyage de l'installation de traite, de sorte que de l'eau de rinçage se mélange au lait, mais il peut être le résultat d'une fraude.

La propreté visible est déterminée par le filtrage du lait à l'aide du matériel filtrant adéquat. Un filtre sale indique que le pis et son environnement sont insuffisamment propres

1.6 Lait de vache : matière première dans la fabrication fromagère

La fabrication des fromages exige l'emploi d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. **Remeuf et al., en 1991** soulignent que la fromageabilité du lait c'est à dire l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont:

- Sa composition chimique (richesse en caséines) ;
- Son comportement vis-à-vis de l'enzyme coagulante la présure ;
- Son aptitude au développement des bactéries lactiques (présence de résidus d'antibiotiques)
- Enfin, sa charge microbienne et la nature de sa microflore.

Chapitre 2

Les fromages

2 Chapitre II. Les fromages

2.1 Généralités sur les fromages

Le nom fromage dérive du mot latin « *formaticus* » qui signifie former ou mouler. La première occurrence de l'utilisation du fromage comme aliment est inconnue, les ethnologues tiennent preuve que l'homme a connu depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte sur les rives du lac Neuchâtel (en suisse) des moules à caillé datant de 5000 ans av J-C (Gelais et al., 2002).

Il est probable que les fromages aient été la première fois produits accidentellement en transportant du lait dans des sacs faits d'estomacs de mammifères. Il s'agissait en effet d'une pratique courante dans les temps anciens, en Europe de l'Est et en Asie de l'Ouest, pour transporter le lait. Certains facteurs ont été certainement nécessaires à la transformation du lait en fromage comme la chaleur, l'acidité et les sucs de l'estomac. Ainsi, des extraits d'estomac de plusieurs types d'animaux (moutons, chèvres, vaches), mais également des extraits de plantes ont été utilisés pour la préparation de fromages (Abi Azar, 2007).

2.2 Définition du fromage

Les fromages sont des formes de conservation et de stockage ancestrales de la matière utile de lait dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont très appréciées (Jeantet et al., 2007).

La définition « fromage » est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origines exclusivement laitières suivantes : lait entier, lait partiellement ou totalement écrémé, matière grasse (MG), babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit ainsi défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage (Goudedranche et al. 1999 ; Jeantet et al. 2007).

2.3 Composition du fromage

Malgré des points communs avec le lait, il existe des différences dues aux divers procédés de fabrication. Le poids sec varie avec l'intensité de l'égouttage et la teneur en matières sèches du lait : 12 à 13% ; du fromage frais : 25% ; du fromage à pâte dure : 65%. Lors de l'égouttage, il y a élimination plus ou moins grande de substance soluble : Ca^{++} et autres (solubles), modifications subies par le fromage au cours de la maturation, disparition progressive des vitamines A, etc. Les vitamines comme les sels minéraux, sont plus concentrées à la périphérie

des fromages surtout dans le fromage à moisissures internes (**Apefebaum et al., 2004**). Une partie importante du lactose est éliminée lors de l'étape de l'égouttage (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**).

2.4 Transformation du lait en fromage

La fabrication fromagère peut être considérée comme un phénomène d'agglomération, correspondant à une synérèse, associée à un phénomène d'écoulement. Il s'agit de l'agglomération des éléments protéiques du lait, de la caséine principalement, plus ou moins modifiées, qui emprisonnent les autres constituants et ensuite, de l'agglomération de morceaux de caillé moulés. Ce phénomène d'agglomération est associé à celui d'un écoulement de la phase liquide, composée de l'eau du lait et des éléments solubles emprisonnée dans des pores, puis libérée (**Luquet, 1990**).

Habituellement la fabrication du fromage comprend trois étapes : la formation d'un gel de caséines, c'est la coagulation du lait ; la déshydratation partielle du gel, c'est l'égouttage qui aboutit à un caillé et le salage. Ces étapes concernent les fromages frais. Le reste des fromages subissent en plus une étape d'affinage, ce sont les fromages affinés (Camembert, Roquefort, Gouda, Tulum,...).

2.4.1 Coagulation du lait

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 (**St-Gelais et Tirard-Collet, 2002**) 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.

2.4.1.1 Coagulation par voie acide

Composition de lait et aptitude à l'acidification par voie fermentaire.

La coagulation par voie acide du lait (**Figure 1**) est conditionnée par son aptitude à l'acidification par voie fermentaire à l'aide des bactéries lactiques présentes naturellement dans le lait et /ou celles inoculées de manière dirigée sous forme de cultures encore appelée ferments lactiques (**Ramet, 1993**).

Selon **Mahaut et al.(2000)**, la coagulation par voie acide consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pHi = 4,6$) par acidification du lait :

- biologique, par des ferments lactique qui transforment le lactose en acide lactique, ou
- par acidification chimique (injection de CO_2) ou
- par addition de glucono delta lactone (GDL) ou
- par ajout de protéines sériques à pH acide.

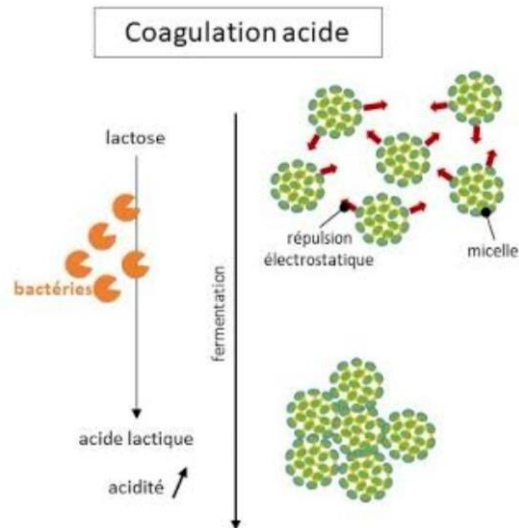


Figure 1.coagulation acide (Florian, 2012)

2.4.1.2 Coagulation par voie enzymatique

Coagulation par voie enzymatique (**Figure 2**): un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne ont la propriété de coaguler le complexe caséinique. La présure, mélange de chymosine et de pepsine, sécrétée dans la caillettes des jeunes ruminants nourris ou lait est l'enzyme coagulante la mieux connue et son mécanisme d'action est bien établi (**Eck et Gillis, 1997**). La coagulation comporte 3 phases :

- L'hydrolyse enzymatique de la caséine k
- l'agrégation des micelles déstabilisées.
- la réticulation et la formation du gel (**Mietton, 1994**).

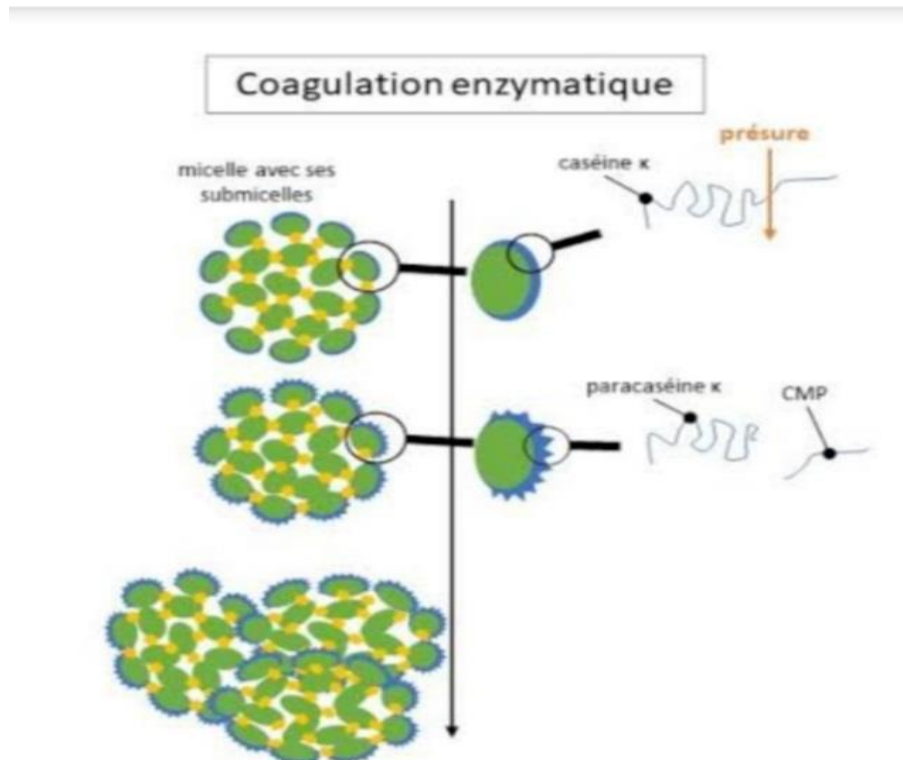


Figure 2.coagulation enzymatique (Florian, 2012)

2.4.1.3 Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaison conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (Romain et al., 2007).

2.4.2 Egouttage

L'égouttage est un phénomène dynamique qui se caractérise par la quantité de lactosérum éliminé durant le temps. En effet, il fixe les caractéristiques physiques (pH et a_w) et chimique du caillé et par conséquent l'affinage du fromage (Weber, 1997).

Le processus d'égouttage est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécanique (Figure 3) et thermique, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, en protéines solubles et en matière grasse) (Ramet 1986 et 1997).



Figure 3.l'égouttage

2.4.3 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.

Trois méthodes de salage sont couramment utilisées. La plus simple consiste, après le démoulage, à saupoudrer (**Figure 4**) 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. On l'utilise pour des fromages de type suisse, comme le comté ou le gruyère, et pour des fromages fermiers de chèvre. Une autre possibilité est la méthode en saumure (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).



Figure 4.le salage

2.4.4 Affinage des fromages

L'affinage est l'étape la plus complexe de la fabrication des fromages maturés (**Figure 5**) qui dépend de chaque caractéristique physico-chimique ou microbiologique du fromage (**Bennett et Johnston, 2004**). C'est un processus biochimique complexe et long qui correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé par les différents agents (**Jeant et al., 2008**). Le fromage devient donc le siège de différentes dégradations qui s'effectuent simultanément ou successivement aboutissant à la libération de substances sapides et odorantes en même temps que la modification de la texture (**Choisy et al., 1997**). Le fromage est ainsi comparé à un bioréacteur complexe dont le praticien devra maîtriser l'évolution pour la porter vers les caractéristiques optimales recherchées (**Ramet, 1997**). La durée d'affinage varie selon le fromage, elle dure quelques semaines à deux ans ou plus à des températures spécifiques pour les différents types de fromages (**Fox et al., 1994**).



Figure 5. l'affinage

2.4.4.1 Agents d'affinage des fromages

Les agents responsables de l'affinage des fromages sont les enzymes. Selon **Fox et al. (1993)** quatre ou éventuellement cinq agents sont impliqués dans la maturation des fromages :

- la présure ou substitut de présure (la pepsine ou protéases microbiennes) ;
- les enzymes indigènes du lait, très importants dans les fromages au lait cru ;
- les ferments lactiques et leurs enzymes, qui sont libérés après que les cellules sont mortes et lysées ; les enzymes des ferments secondaires (par exemple des bactéries propioniques, *Brevibacterium linens*, les levures et les moisissures, comme *Penicillium roqueforti* et *P.candidum*) sont très importantes dans certaines variétés de fromage;
- les autres bactéries outre que ceux des ferments (NSLAB), c'est à dire les microorganismes qui ont survécu suite à la pasteurisation du lait de fromagerie ou contaminant le lait ou le caillé après. Ces microorganismes après mort et lyse agissent avec leurs enzymes libérés dans le fromage.

2.5 Différents types du fromage

Les fromages sont classés en grandes catégories selon les critères tel que l'espèce animale, la teneur en eau, la technologie de fabrication. Selon la technologie de fabrication les fromages sont classés en quatre grande classes :

- ✚ **Fromages frais** : ce sont des fromages correspondant aux caillés bruts n'ayant subi d'affinage. Les fromages « de compagne » (exemple : faisselles) ont subi un égouttage lent, les fromages lissés (exemple : fromages blancs) sont issu d'un égouttage accéléré;
- ✚ **Fromages à pâtes molles** : sont des fromages dont la pâte n'est ni cuite, ni pressé et qui peuvent comporter des moisissures internes. Dans ce groupe extrêmement diversifié s'y trouve le camembert (à croute fleurie) et le munster (à croute lavée) le roquefort (pâte molle persillée), les fromages au lait de chèvre, les fromages avec du lait ultra filtré (pavé d'affinois) ;
- ✚ **Fromages à pâtes pressées** : ils sont fréquemment de grands fromages. Ils sont à pâte non-cuite (exemple : reblochon, cantal, edam) ou à pâte cuite (exemple : emmenthal, comté) ;
- ✚ **Fromages fondus** : sont des produits de fonte des fromages ou d'un mélange de fromage additionnés d'autres produits laitiers et différents ingrédients (agents de texture, aromes). Ces produits sont des fromages de longue conservation (**Siret, 2004**).

2.6 Fromage traditionnel en Algérie

En Algérie, les fromages artisanales sont peu nombreux et aussi peu étudiés, environ 10 types de fromage sont connus dans différents régions du pays (**Aissaoui Zitoun et al., 2011**). Parmi les principaux fromages de terroir en Algérie, il existe :

2.6.1 *Jben*

C'est un fromage frais, traditionnel obtenu par acidification spontanée à température ambiante, pendant 24h à 72h selon la température, comme celle conduisant au Rayeb. Traditionnellement, le fromage *Jben* est fabriquée avec le lait cru de brebis ou de chèvre, acidifié spontanément et coagulé des enzymes coagulantes d'origine végétale issue des fleurs de cardon (**Nouani, 2009**).

2.6.2 *Ighounane*

C'est un fromage fabriqué en Kabylie, à partir du colostrum (lait du premier jour après la mise bas), la préparation d'*Ighounane* se fait dans des ustensiles en terre cuite, enduits d'huile d'olive, dans lesquels est versée une petite quantité d'eau salée, puis le lait est chauffé et

coagulé. Le caillé formé est découpé pour continuer l'égouttage puis consommé à l'état frais (Lahsaoui, 2009).

2.6.3 *Kemariya (Takemmarite)*

C'est un fromage traditionnel produit principalement à partir de lait de chèvre. Il est coagulé par des présures végétales ou animales, cependant il peut être aussi fabriqué à partir de lait de vache et de chamelle. La *Kemariya* ou *Takemmarite* est fabriquée selon des procédés traditionnels dans les régions du M'zab (Bousnane et Djadi, 2009).

2.6.4 Fromage frais ou extra dur : *Klila*

Klila est un fromage traditionnel préparé empiriquement par les familles algériennes et marocaines par un chauffage modéré du Lben (50-75°C) jusqu'au caillage. Le lactosérum formé est séparé du caillé par un tissu fin et la boule du caillé est ensuite égouttée spontanément. Le fromage obtenu peut être consommé à l'état frais ou inséré dans des préparations culinaire après découpage et séchage au soleil pendant quelques jours (2-3 jours) (Mennane et al., 2007 ; Leksir et Chemmam, 2015).

2.6.5 *Mechouna*

Mechouna est un fromage traditionnel algérien largement consommé dans la région de Tebessa, fabriqué par l'ajout du Lben ou Rayeb salé au lait cru de vache ou de chèvre en ébullition (Figure 6). Elle peut être considérée comme un fromage frais à pâte molle, avec un extrait sec de 41 ± 1 , et un pH de $5,85 \pm 0,15$. La *Mechouna* est consommé avec du pain et de la galette, ou bien avec du couscous et des pâtes alimentaires (macaroni, spaghetti, ...). Dans le but d'améliorer sa qualité organoleptique, ce fromage peut être additionné de plusieurs épices selon le choix des consommateurs ; dans cet état la *Mechouna* est dénommé *Chnina* (Derouiche et Zidoun, 2015).



Figure 6. Mechouna

2.6.6 Aghouglou

Fromage fabriqué en Kabylie, il est obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par la sève du figuier (**Figure 7**). Le coagulum ainsi formé est découpé puis mis dans un tissu fin pour compléter l'égouttage (**Mahamedi, 2015**).



Figure 7.Aghouglou

2.6.7 Bouhezza Ou Malh Dh'ouab ou Bou Mellal

On le trouve dans les régions des Aurès à Batna jusqu'aux frontières tunisiennes à Tébessa (Oum el Bouaghi, Khenchella et Batna).

Leur fabrication est destinée à l'autoconsommation au niveau familial. Certains d'entre eux sont plus ou moins commercialisés d'une manière artisanale, le fromage « *Bouhezza* » semble être le seul fromage artisanal affiné (**Aissaoui Zitoun et al., 2011**).

Bouhezza est un fromage fermier fermenté (**Figure 8**) à égouttage spontané, préparé à l'origine à partir de lait de chèvre et éventuellement de brebis mais actuellement il est préparé à partir du lait de vache, il est répandu dans l'est algérien plus précisément dans les régions de Oum-El Bouaghi, khanchella et dans certaines régions de Batna (**Mekentichi, 2003**). Le salage, l'égouttage et l'affinage sont réalisés simultanément dans une outre perméable traitée, pendant 3 à 4 mois. Au cours de la période d'affinage du sel et du Lben seront ajoutés au contenu de la Chekoua.



Figure 8.Bouhezza

2.6.7.1 Généralités sur le fromage Bouhezza

2.6.7.1.1 La définition et la région

Bouhezza (ou *MalhDhouab* ou *Bou Mella*) est un fromage de terroir très répandu dans la région des Chaouia. Fabriqué par les femmes en utilisant une Chekoua ou DJeld confectionné auparavant pour cet usage.

La Chekoua est un sac préparé à partir de la peau de chèvre ou de brebis non-fendue, traitée principalement avec du sel et du genièvre. Elle joue le rôle à la fois d'un contenant de la masse fromagère et d'un séparateur de phase (ultrafiltre) (Aissaoui, 2014). *Bouhezza* est un fromage traditionnel algérien. Les premiers résultats d'enquête sur la délimitation géographique du terroir de *Bouhezza* ont pu confirmer la pratique dans l'Est de l'Algérie, dans la zone des Chaouia (Aissaoui Zitoun, 2004). La fabrication existe principalement dans la ville d'Oum El Bouaghi, de Batna (commune de Batna et El Maither) et à Khenchla (Kais).



Figure 9.Fromage Bouhezza (Aissaoui et Zidoune, 2006).

2.6.7.1.2 Conditions de fabrications et matières premières

Le fromage *Bouhezza* est fabriqué avec le lait de vache, de chèvre, ou de brebis avec la possibilité de faire des mélanges des trois types du lait (Medjoudj, 2018).

La préparation du fromage *Bouhezza*, est lancée avec une quantité de matière première, du Lben partiellement ou totalement écrémé. Le salage, se fait directement dans le Lben (55,6 %) chez la majorité des familles enquêtées, ou dans la pâte fromagère (31,4 %). Les ajouts de matière première se font en fonction de la vitesse de l'égouttage et la disponibilité de la matière première (Medjoudj et al., 2016).

Le processus de fabrication du fromage *Bouhezza* débute habituellement en mois de mars/avril, partant d'une quantité initiale de Lben, complétée durant toute la période de fabrication par des ajouts de Lben ou de lait cru (Aissaoui Zitoun et Zidoune, 2006).

Le Lben de fabrication est de préférence écrémé et peu acide (Figure 10). L'ajustement des différents ajouts se réalise en fonction de la vitesse d'égouttage et la disponibilité de la matière première (Aissaoui Zitoun et al., 2011 ; Medjoudj et al., 2016). Le procédé de fabrication le plus utilisé du Lben est illustré dans la figure suivante :

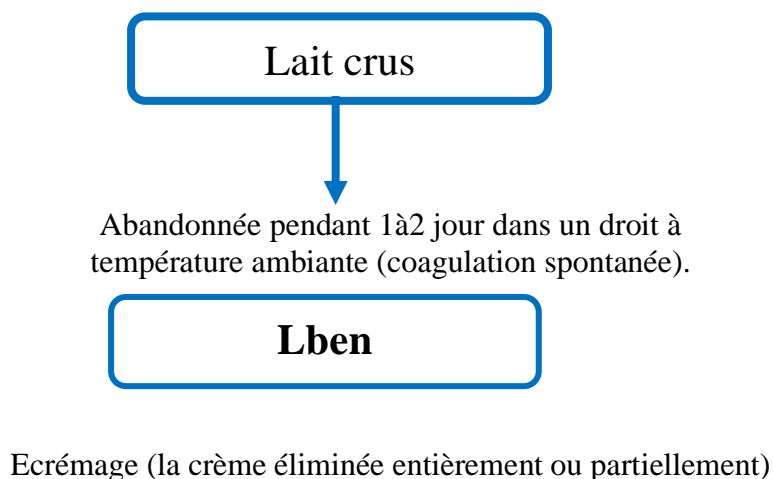


Figure 10. Diagramme de préparation du Lben (Medjoudj, 2018).

2.6.7.1.3 Préparation du contenant (Djeld) du *Bouhezza*

La fabrication du fromage nécessite la confection de la peau d'animaux sous forme de Djeld de *Bouhezza* se présente comme un sac souple et humide, ayant la couleur de la peau de l'animale et se caractérise par une certaine perméabilité. En effet, elle joue à la fois le rôle d'un séparateur de phase, c'est à travers les perforations naturelles de la peau que le lactosérum est exsudé et

d'un contenant de la masse fromagère qui s'accumule au cours du temps (Aissaoui Zitoun et al., 2011; Aissaoui Zitoun, 2014).

La préparation du Djeld consiste à utiliser la peau de différentes races (chèvre ou brebis) (Figure 11a). La peau de chèvre ou de chevreau semble faciliter l'égouttage, elle est plus épaisse, solide et résistante aux chocs (Aissaoui Zitoun, 2014; Medjoudj, 2018).

Avant utilisation de la peau, cette dernière nécessite un traitement approprié, elle est laissée se putréfier à température ambiante (Figure 11 b), environ 2 à 7 jours pour faciliter l'arrachage des poils ou de la laine. Après un lavage avec de l'eau, la peau est traitée (Figure 11 c), principalement avec le sel et le genièvre avec possibilité d'incorporer d'autres produits (tanins, romarin, semoule, orge,...) (Aissaoui Zitoun et al., 2011; Medjoudj et al., 2016). Ensuite la peau est laissée au repos pendant une à deux semaines pour éliminer l'odeur de putréfaction et la rendre plus solide. Après cette étape, la peau doit être retournée (Figure 11d) (coté poile à l'intérieur et coté chaire à l'extérieur) puis elle sera nouée et ficelée (Figure 11e et 11f) pour lui donner la forme d'un sac Djeld doit être mis en contact avec le lben pendant quelques heures à une nuit afin d'éliminer le reste des débris de genièvre et des odeurs putrides.



Figure 11.Présentation photographiques des différentes étapes de la préparation de Djeld du fromage Bouhezza a) Peau entière de chèvre ou de brebis récupérées juste après abattage, b) Putréfaction (2 à 5 jours) à température ambiante, c) Dépliage manuel, lavage

2.6.7.1.4 Mode d'obtention du fromage

La fabrication du *Bouhezza* est une fonction périodique liée à l'abondance laitière au printemps et à la taille du Djeld (Aissaoui Zitoun et al., 2011). Elle s'étale de plusieurs semaines à quelques mois (Figure 12). Le salage, l'égouttage et l'affinage sont réalisés simultanément durant la période de fabrication (Zaidi et al., 2000 ; Aissaoui Zitoun et al., 2011), la consommation est possible à partir d'un mois de fabrication.

La préparation du fromage commence par l'introduction d'une quantité du Lben, cette quantité est complétée durant toute la période de fabrication par des ajouts successifs du Lben et enfin du lait cru (Aissaoui Zitoun et al., 2011; Medjoudj et al., 2016). Lors de la fabrication du fromage, Djeld 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 Djeld et en rinçant à l'eau pour éviter toute accumulation de lactosérum et / ou de phase soluble (Medjoudj et al., 2017).

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 Djeld. Il peut être conservé dans d'autres récipients que Djeld soit en verre, en céramique, ou en plastique. *Bouhezza* peut être consommé sous forme de pâte plus ou moins ferme, de tartiné sur pain ou déshydraté après séchage et broyage manuel (Aissaoui Zitoun et al., 2012).

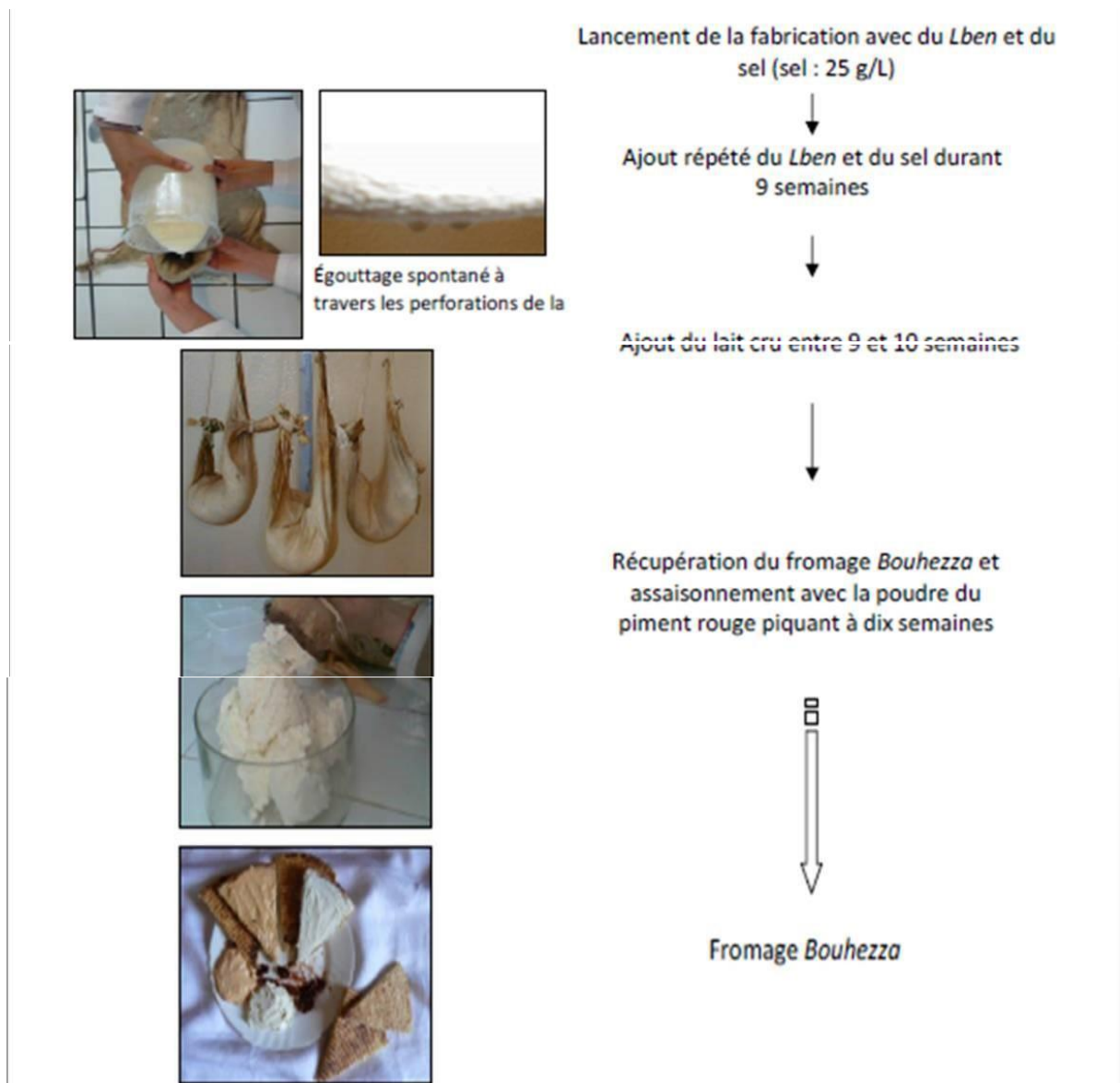


Figure 12.Diagramme simplifié de la fabrication du fromage *Bouhezza* (Aissaoui Zitoun, 2014).

2.6.7.1.5 Mode habituel de la consommation et de la conservation

La fabrication de *Bouhezza* s'étale de quatre semaines à quatre mois. Il est prêt à être consommé après un mois de fabrication (**Medjoudj et Zidoune, 2018**). *Bouhezza* est consommé directement tel qu'il est, il peut être conservé pendant 5 à 12 semaines dans Djeld ou dans des jarres en poterie durant 06 mois après la fabrication (**Aissaoui Zitounet al., 2011; Medjoudj et al., 2016**). *Bouhezza* est consommé sous forme de pâte tartinable sur pain ou galette, sous forme de poudre déshydratée, additionnés aux plats traditionnels tels que couscous, aïche, m'kartfaet mahjouba. *Bouhezza* peut être utilisé avec les salades et avec le miel ou les dattes (**Aissaoui Zitounet al., 2011**).

Tableau 1 .Généralités sur le fromage *Bouhezza* (Zitoun et al., 2011)

Informations générale	Pays	Algérie
	Nom du fromage	<i>Bouhezza, Melh dhouab, Boumelel</i>
Démarcation géographique	Est de l'Algérie, autour de la population de Chaouia. Spécialement à Batna, Oum El Bouaghi, Khanchela et Tébessa	
Description et caractéristique	Matière première	Lait cru de chèvre, de brebis ou de vache
	Type	Fromage à pâte molle affiné, fabriqué à partir de lben et de lait cru entier. Sa couleur est crème ou légèrement rouge en raison de la piqûre du piment rouge.
	Composition	Matière sèche d'au moins 36%. Teneur en matières grasses/matière sèche de 30%.
Technologie	Coagulation	Coagulation spontanée à température ambiante pendant 24-72 h
	Drainage	Drainage spontané à travers le sac de peau de l'animal.
	Salage	Dans le lben ou le fromage (20-30g L ⁻¹ de lben supplémentaire).
	Repiquage	Non contrôlé, à l'air et à la température ambiante (printemps et été) pendant 1 à 6 mois ou plus.
	Consommation	Avec le piment rouge pour assaisonner les plats traditionnels les sauces ou tartiner la galette ou le pain traditionnel.
	Particularités	Utilisation de la peau de chèvre naturelle "Chekoua" pour la fabrication du fromage. Coagulation, salage, égouttage et affinage simultanés. Ajout continu de matière première dans la Chekoua. Lben ajouté au début de la fabrication du fromage et lait cru entier en fin d'affinage pour contrôler les caractéristiques sensorielles.

2.6.7.1.6 Conservation du fromage traditionnel *Bouhezza*

- ❖ La fabrication de *Bouhezza* dure plusieurs semaines à plusieurs mois, il a un goût acidulé fort caractérisé au fromage (**Zaidi, 2002**).
- ❖ La période de fabrication de *Bouhezza* débute au mois de Mars jusqu'au mois de Juin (période de forte lactation) (**Aissaoui Zitoun, 2014**).
- ❖ Le fromage *Bouhezza* est consommé immédiatement ou conservé dans l'outre. Le Chekoua de *Bouhezza* est donc un outil de fabrication de *Bouhezza* et de conservation de la pâte fromagère (**Medjoudj, 2018**).
- ❖ La durée de conservation peut aller d'un mois jusqu'à un an. *Bouhezza* peut être conservé par déshydratation (presque 6 à 7 mois) (**Medjoudj, 2018**).
- ❖ Le fromage *Bouhezza* peut subir différentes altérations ce qui influe sur ses qualités organoleptiques. Ces altérations résultant par l'effet de certains facteurs qui sont :
 - l'insuffisance du sel,
 - la putréfaction de la peau qui peut être causée par la mauvaise préparation de cette dernière
 - la présence des mouches
 - le manque d'hygiène
 - l'absence de l'aération (**Medjoudj, 2018**).
- ❖ *Bouhezza* est consommé directement tel qu'il est après la fin d'affinage (2 à 3 mois) chez la majorité des familles. Il peut aussi être consommé après un mois de fabrication, le conserver soit dans la Chekoua (Djeld) ou dans des jarres en poterie durant 06 mois après la fabrication (**Medjoudj, 2018**).

Matériel & méthodes

3 Matériel et méthodes

3.1 Objectif de l'étude

L'objectif de notre présent travail est d'étudier la qualité microbiologique et physico-chimique de trois (3) variétés d'un fromage traditionnel artisanal: *Bouhezza* salé, *Bouhezza* piquant et *Bouhezza* à l'ail.



Figure 13.les échantillons des fromages (de droite à gauche) salé piquant et à l'ail (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.2 Les analyses bactériologiques

3.2.1 Préparation de la suspension mère

3.2.1.1 Mode opératoire

- ✚ Prélever et peser 10g représentatifs de chaque unité ou échantillon de fromage (**Figure 14**)
- ✚ Mélanger les 10g avec 90ml du diluant peptone-sel pour obtenir une suspension mère (**Figure 14**)



Figure 14.préparation de la suspension mère des fromages (Ait ali & Aouleb, 2023)

3.2.2 Préparation des dilution décimales

Préparer les dilutions décimales : 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} en vue de réduire le nombre du microorganisme par unité de volume.

3.2.3 Recherche et dénombrement des coliformes thermo tolérants (fécaux)

Selon l'Arrêté du 21 Safar 1439 correspondant au 11 novembre 2017 rendant obligatoire la méthode de dénombrement des coliformes thermo tolérants par comptage des colonies obtenues à 44 °C)

3.2.3.1 Mode opératoire

- ✚ Prendre une boîte de Pétri stérile. À l'aide d'une pipette stérile, transférer dans la boîte de Pétri 1 ml de la suspension mère (**Figure 15**).



Figure 15.ensemencement de la suspension mère (Ait Ali & Aouleb, 2023)

- ✚ Prendre une autre boîte de Pétri stérile. Transférer dans la boîte, à l'aide, d'une nouvelle pipette stérile, 1 ml de la première dilution décimale de l'échantillon pour essai
- ✚ Recommencer ces opérations avec les dilutions qui suivent, à l'aide d'une nouvelle pipette stérile pour chaque dilution décimale (**Figure 16**).

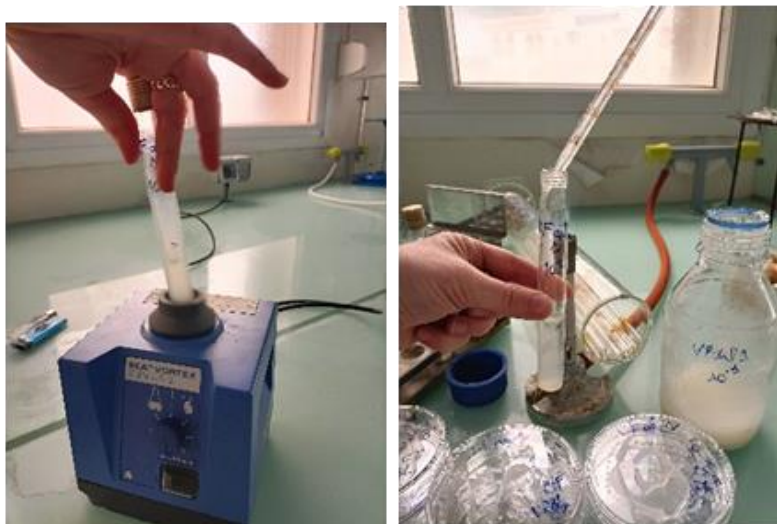


Figure 16.ensemencement des dilutions décimales (Ait Ali & Aouleb, 2023)

Matériel & méthodes

- + Couler dans chaque boîte de Pétri environ 15 ml du milieu gélosé à la bile, au rouge neutre, au cristal violet et au lactose (VRBL) refroidi au bain d'eau à une température comprise entre 44 °C et 47 °C.
- + Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface froide et horizontale (**Figure 17**).
- + Après solidification du mélange, ajouter une couche d'environ 5 ml de milieu V.R.B.L. refroidi, afin d'empêcher l'étalement des colonies.
- + Laisser la seconde couche se solidifier (**Figure 17**).

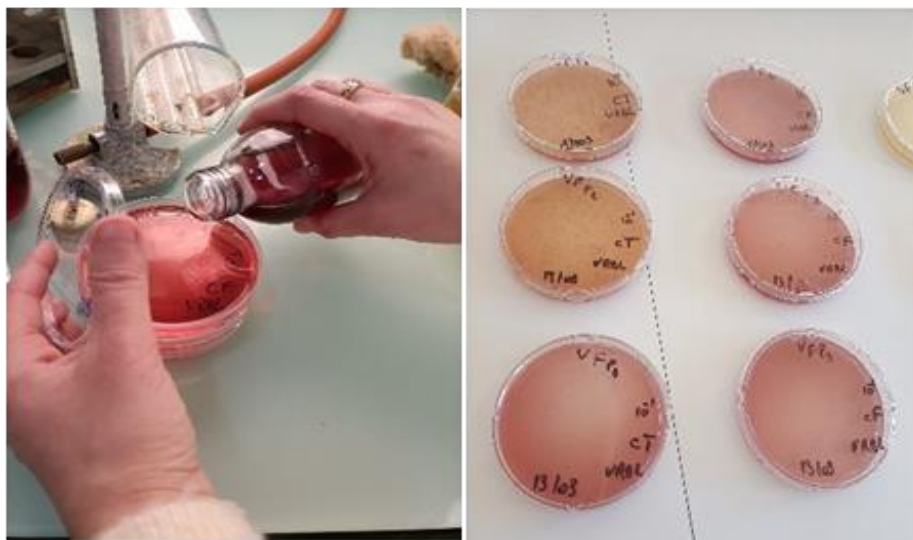


Figure 17.Ensemencement du milieu VRBL (Ait Ali & Aouleb, 2023)

- + Retourner les boîtes ainsi préparées (couvercle en dessous)
- + et les incuber dans l'étuve réglée à 44 °C ± 1 °C durant 24 h ± 2 h

3.2.3.2 Lecture

Les colonies de coliformes fécaux apparaissent sous forme de colonies rondes et de couleur rose foncée « violet ». Le résultat est exprimé en multipliant le nombre de colonies par l'inverse de la dilution (**Figure 18**).

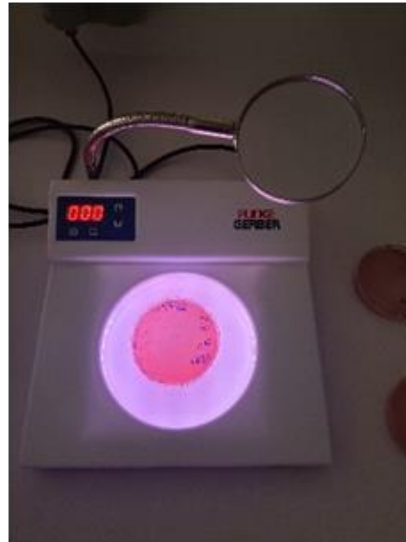


Figure 18.lecture des boites après incubation (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.2.4 Recherche et dénombrement des coliformes totaux

3.2.4.1 Mode opératoire

Le mode opératoire pour la recherche et le dénombrement des coliformes totaux (**Figure 19**) est le même que celui des coliformes fécaux, sauf que la température d'incubation est de 37°C pendant 24h

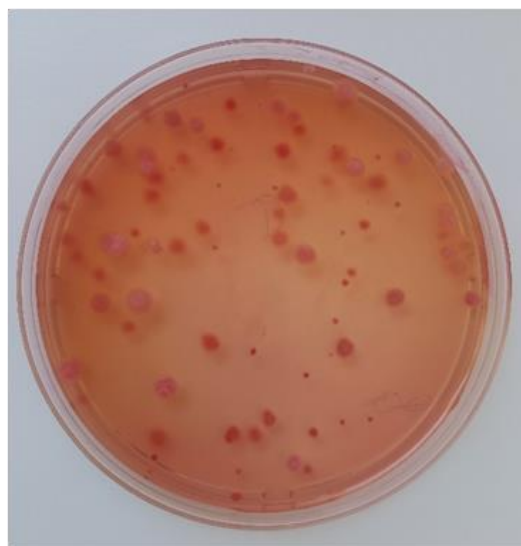


Figure 19.les colonies de coliformes totaux sur milieu VRBL (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.2.5 Recherche et dénombrement *d'Escherichia coli* β -glucuronidase (ISO 16649)

Bactéries qui, à 44 °C, forment des colonies bleues caractéristiques sur le milieu tryptone-bile-glucuronide (TBX). La détermination d'unités formant colonie (UFC) *d'Escherichia coli* β -

Matériel & méthodes

glucuronidase positive trouvée par millilitre ou par gramme d'échantillon, lorsque l'essai et les calculs sont effectués selon la méthode spécifiée ISO 16649.

3.2.5.1 Mode opératoire

- ✚ À l'aide d'une pipette stérile ou d'une micropipette. Transférer dans une boîte de Pétri stérile 1ml de la suspension mère (10^{-1}).
- ✚ Répéter cette opération avec les dilutions décimales suivantes, si nécessaire, en utilisant une nouvelle pipette stérile pour chaque dilution décimale.
- ✚ Couler dans chaque boîte de Pétri environ 15ml du milieu TBX.
- ✚ Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu, et laisser le mélange se solidifier, en posant les boîtes de Pétri sur une surface horizontale.
- ✚ Retourner la boîteensemencée et les placer dans un incubateur réglé à 44 °C pendant 18 h à 24 h

3.2.5.2 Lecture

Après la période d'incubation spécifique, compter les colonies bleues Escherichia coli β -glucuronidase positive dans chaque boîte contenant moins de 150 colonies caractéristique et moins de 300 colonies au totale. Les colonies non caractéristiques apparaissent de couleur blanche à vert-beige sur le milieu TBX (**Figure 20**).

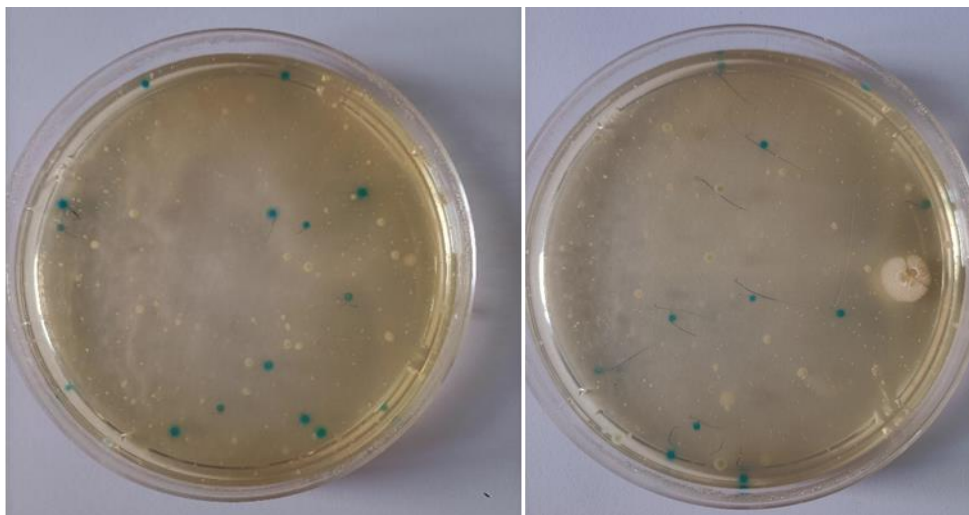


Figure 20.les colonies de E.coli sur milieu TBX (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.2.6 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux

Selon l'Arrêté du 11 muharram 1441 correspondant au 11 septembre 2019 rendant obligatoire la méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes par comptage des colonies à 30 par la technique d'ensemencement en profondeur ISO 4833-1:2013(F)

3.2.6.1 Mode opératoire

- ✚ Prendre deux boîtes de Pétri stériles. Au moyen d'une pipette stérile, transférer, dans chaque boîte, 1 ml de la suspension mère.
- ✚ Prendre une autre boîte de Pétri stérile. Utiliser une autre pipette stérile pour déposer 1 ml de la dilution à 10^{-1} ou 1 ml de la dilution à 10^{-2} .
- ✚ Répéter, si nécessaire, ces opérations avec les dilutions suivantes, à l'aide d'une nouvelle pipette stérile pour chaque dilution décimale.
- ✚ Verser, dans chaque boîte de Pétri, environ 12 ml à 15 ml de gélose PCA pour dénombrement (**Figure 21**).



Figure 21.ensemencement des milieux (Ait Ali & Aouleb, 2023)

- ✚ Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture en faisant tourner les boîtes de Pétri et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface horizontale et fraîche (**Figure 22**).
- ✚ Après solidification complète, et uniquement dans le cas où le produit à examiner est suspecté de contenir des micro-organismes dont les colonies envahissent la surface du milieu, verser environ 4 ml du milieu pour seconde couche ou de la gélose pour dénombrement en surface du milieu ensemencé.
- ✚ Laisser se solidifier (**Figure 22**).

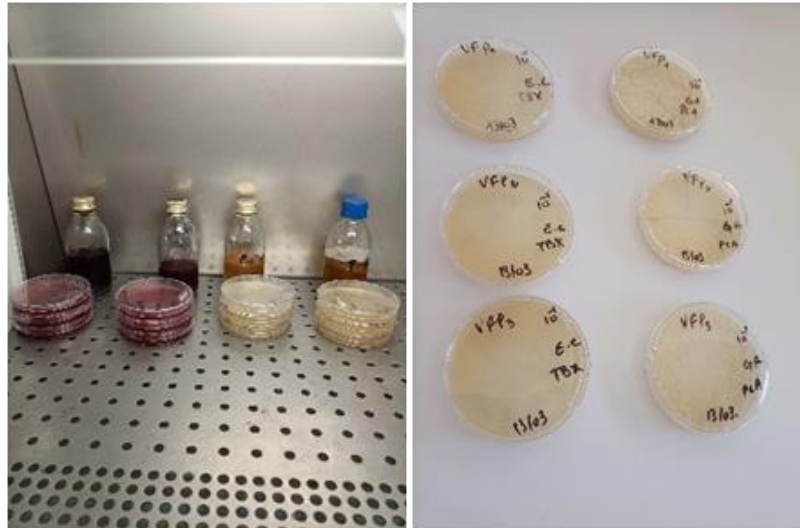


Figure 22.ensemencement du milieu PCA (Ait Ali & Aouleb, 2023)

- ✚ Retourner les boîtes ainsi préparées
- ✚ et les placer dans l'étuve réglée à $(30 \pm 1) ^\circ\text{C}$ pour incubation pendant (72 ± 3) h (**Figure 23**).



Figure 23.incubation des boîtes à l'étuve (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.2.6.2 Lecture

Après la période d'incubation spécifiée, choisir les boîtes gélosées comportant, si possible, moins de 300 colonies (**Figure 24**). Compter toutes les colonies sur les boîtes, à l'aide d'un appareil de comptage. Examiner les boîtes sous une lumière diffuse (**Figure 24**).

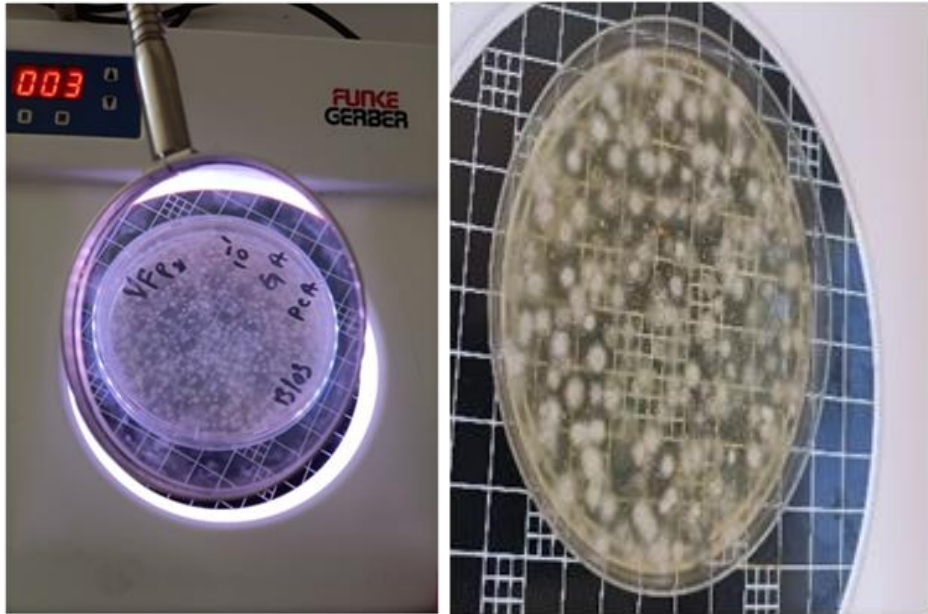


Figure 24.lecture des boîtes après incubation (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.3 Les analyses physico-chimiques

3.3.1 Détermination du pH

3.3.1.1 Mode opératoire

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre

- Etalonner le pH-mètre
- L'électrode du pH-mètre est placée directement dans le fromage (**Figure 25**)



Figure 25. mesure du pH des 3 variétés du fromage Bouhezza (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.3.1.2 Lecture

- Lire directement la valeur sur le cadre du pH-mètre
- A chaque détermination du pH, retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher (Figure 25).
- La mesure est répétée 3 fois pour chaque échantillon.

3.3.2 Détermination de l'acidité

3.3.2.1 Mode opératoire

- Peser 10 g du fromage *Bouhezza* dans un bécher (Figure 26)



Figure 26.La pesée du fromage (Ait Ali & Aouleb, 2023)

- Ajouter 40 ml d'eau distillée à 60°C (Figure 12b)
- Homogénéiser la solution à faible vitesse
- Compléter dans un Erlen meyer à 100 ml avec l'eau distillée bouillie

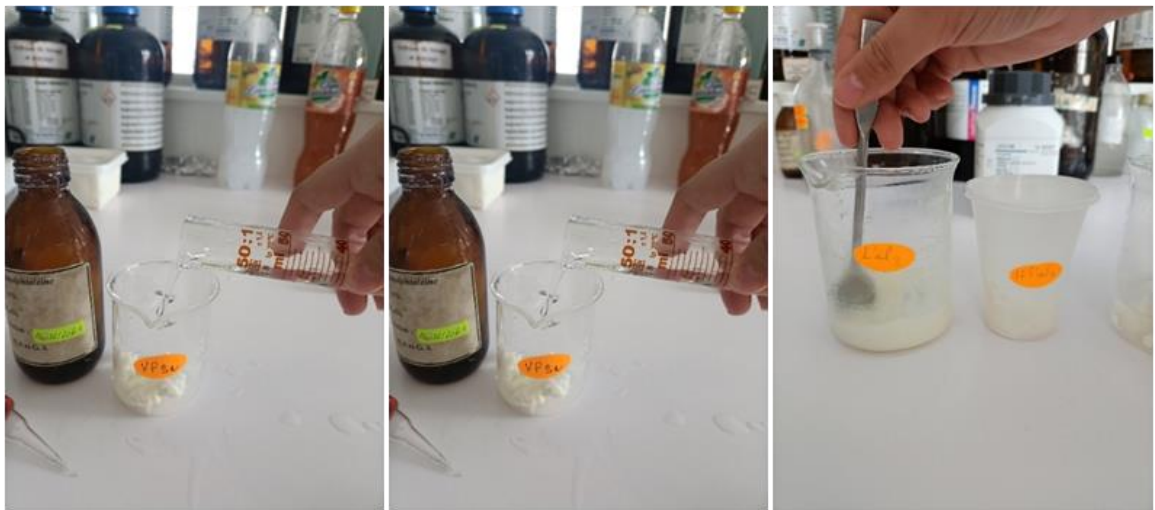




Figure 27.Dilutions et préparation des échantillons (Ait Ali & Aouleb, 2023)

- Centrifuger à 6000 rpm pendant 10 min (**Figure 28**)
- Jaugée Récolter le surnageant et placer le dans une fiole jaugée
- Compléter par de l'eau distillée de nouveau à 100 ml



Figure 28.centrifugation et récupération du surnageant (Ait Ali& Aouleb, 2023)

- Rajouter 4 gouttes de phénolphtaléine
- Un volume de 10 ml par une solution Na OH jusqu'à l'apparition de la couleur
- Le rose doit persister pendant une dizaine de secondes

Matériel & méthodes

3.3.2.2 Lecture

Les résultats sont exprimés en degré Dornic (°D). Ils correspondent à la valeur lue sur la Burette après le titrage en appliquant la formule suivante : Acidité (°D) = $V \times 10$

V (ml) : Volume de la chute de la burette. La mesure est répétée 3 fois.



Figure 29. Titration au NaOH jusqu'à l'apparition la couleur rose (Ait Ali & Aouleb, 2023)

3.3.3 Détermination de la matière sèche (AFNOR, 1993)

3.3.3.1 Mode opératoire

L'extrait sec total, ou matière sèche, est déterminé à l'aide d'une étuve réglé à 103 ± 2 °C en suivant les étapes ci-dessous :

- Le poids de la capsule vide est pesé afin d'être soustrait ultérieurement des mesures
- Peser 3g de fromage dans une capsule séchée et tarée



Figure 30.a) : poids capsule vide, **b)**: la pesée du fromage

- Mélanger le fromage avec une certaine quantité de sable traité (**Figure 31**).



Figure 31.le mélange avec le sable de la mer

Matériel & méthodes

- Mettre le mélange dans une étuve (VACUTHER) à une température de 103 °C pendant 3h (**Figure**)



Figure 32.le mélange dans l'étuve

- Mettre ensuite les capsules dans un dessiccateur et laisser refroidir jusqu'à la température ambiante (**Figure 33**).



Figure 33.le mélange dans le dessiccateur

- L'expérience est répétée 3 fois pour chaque échantillon.

3.3.3.2 Expression des résultats

Calculer la teneur totale en matière sèche de l'échantions pour essai, wt, exprimée en pourcentage de la masse, à l'aide de l'équation suivante :

$$W_t = \frac{(m_2 - m_0) - (m_3 - m_4)}{m_1 - m_0} \times 100$$

Résultats & Discussion

4 Résultats et Discussion

4.1 Analyse bactériologique des variétés du fromage *Bouhezza*

Les résultats des analyses bactériologiques des trois variétés de fromage *Bouhezza* piquant, salé et à l'ail, sont représentés dans la figure ci-dessous:

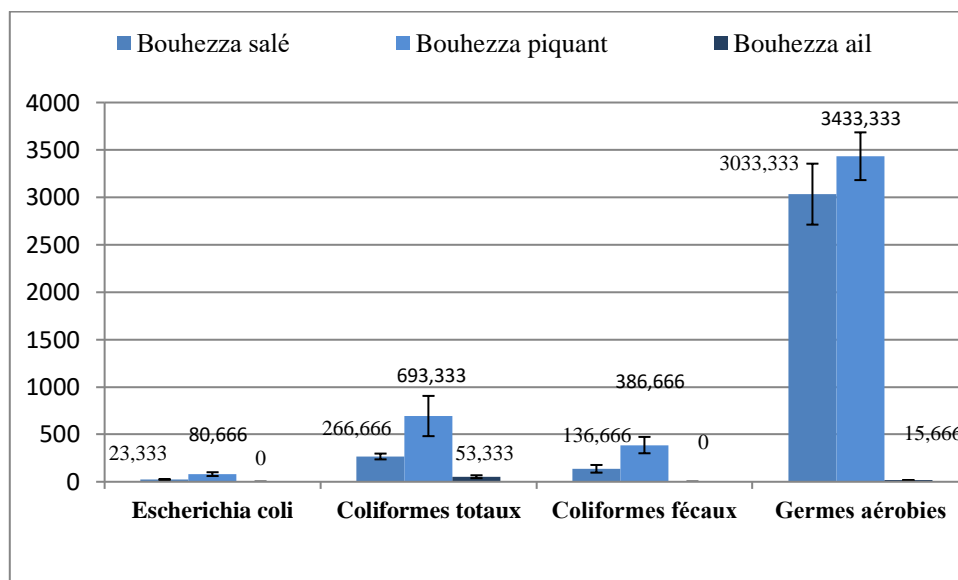


Figure 34. Résultats des analyses bactériologiques des variétés de fromage *Bouhezza*

Les analyses microbiologiques des trois variétés de fromage ont révélé que ce produit du terroir est d'un niveau hygiénique satisfaisant.

Toutes les bactéries recherchées (*E. coli*, les coliformes totaux et fécaux ainsi que les germes aérobies mésophiles totaux) étés présentes avec des taux variables et conformes aux normes dans les trois variétés de fromage *Bouhezza* (piquant, salé et à l'ail).

Globalement **la figure 34** montre que les taux des différentes bactéries enregistrés sont plus élevés dans *Bouhezza* piquant par rapport au fromage *Bouhezza* salé et à l'ail et que *Bouhezza* à l'ail comportait moins de bactéries que les deux variétés de fromages étudiées.

Le sel est utilisé pour donner du goût, de la saveur aux aliments et pour permettre aussi la conservation alimentaire en abaissant l'activité de l'eau (**Guiraud, 1998**). Le sel ajouté a un effet bactériostatique sur de nombreuses bactéries, en particulier les bactéries à Gram négatif (**Bjorkroth et al., 2005**). L'addition de sel peut parfois introduire des micro-organismes halophiles dans les produits alimentaires (**Oteng-Gyang, 1984**).

Résultats & Discussion

L'ail à été largement utilisé dans les préparations alimentaires et en médecine depuis l'antiquité (Ayaz et Alpsoy, 2007). En plus l'ail frais inhibe la croissance des bactéries Gram+ et Gram- (Marefati et al., 2016). Les résultats de nombreuses études ont montrés l'activité bactéricide de l'ail sur *E.coli* (Jhean et Tayyad, 2011; Gaherwal et al.,2014).

Plusieurs facteurs explique la qualité microbiologique satisfaisante de ces résultats : les bonnes pratiques d'hygiène adoptées lors du processus de la fabrication artisanale de ce fromage de terroir. La matière première, le lait caillé (Lben) partiellement ou totalement écrémé connu pour son acidité été aussi de bonne qualité bactériologique. Les bactéries lactiques produisent de l'acide lactique, cet acide organique est un bactéricide. Il agit comme inhibiteur contre les micro-organismes indésirables (Leory et al., 2002). La Chekoua qui joue le rôle de contenant de la masse fromagère et de séparateur de phase a été préparé à partir de la peau de chèvre ou de brebis nettoyée, lavée et traitée principalement avec du sel et du genièvre et parfois avec du : tanins, romarin, semoule et orge (Aissaoui Zitoun et al., 2011; Medjoudj et al., 2016). Le salage en masse réalisé durant les étapes de fabrication (Zaidi et al., 2000 ; Aissaoui Zitoun et al., 2011) ont contribué à la qualité bactériologique satisfaisante et conforme aux normes de la variété salée de *Bouhezza*.

Le *Juniperus communis* appelé aussi genévrier commun. Les rameaux et les fruits de genévrier commun sont couramment utilisés dans les industries alimentaires comme épices (Leung and Foster, 1996). L'huile essentielle de ses fruits possède une activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus* et *E. coli* (Pepeljnjak et al., 2005; Salamon et al., 2019; Xavier et al., 2021) et une activité antifongique (Glisic et al., 2007; Abbassy et Marei, 2013). Cette activité antimicrobienne observée peut être attribuée à la présence de: terpinène-4-ol et aux autres monoterpènes, le sabinène, le terpinène, le cadinène et le limonène qui agissent comme des antiseptiques, anti-inflammatoires et antimicrobiens (Damnjanovic, 2000).

Rosmarinus officinalis, L. est une plante aromatique de la famille des Lamiacées originaire de la région méditerranéenne. Les extraits de romarin ont été utilisés dans la conservation des aliments pour empêcher la contamination microbienne (Nieto et al., 2012).

A la fin le fromage *Bouhezza* est épicé avec la poudre du piment rouge piquant, H'rissa, le poivre noir et les colorants généralement le rouge (Aissaoui Zitoun et al., 2012).

Les épices sont issus de substances végétales. Ces dernières subissent de nombreuses manipulations et peuvent donc être contaminés par des germes divers. Les épices se comportent souvent comme des agents de contamination vis-à-vis de produits auxquels ils sont ajoutés (Guiraud, 1998). Les épices, comme le poivre moulu, le paprika, l'ail, la cannelle et la poudre de chili, sont généralement reconnues comme des aliments salubres puisqu'elles ne

favorisent pas la croissance des bactéries pathogènes en raison de leur faible teneur en eau (<https://inspection.canada.ca/salubrite-alimentaire-pour-l-industrie/chimie-et-microbiologie-alimentaires/bulletin-d-enquete-et-rapports-d-analyse-sur-la-sa/bacteries-pathogenes-et-e-coli-de-type-generique-d/fra/1480613187600/1480613188114>). consulté le 01/04/2023

4.1.1 Escherichia coli

Le taux d'*E. coli* dénombré dans le fromage *Bouhezza salé* été à 2.333 ± 5.733 UFC/ml, ce taux est inférieur à celui retrouvé dans *Bouhezza* piquant et qui est évalué à 8.066 ± 20.0333 UFC/ml. Par contre on remarque une absence totale de ce Gram négatif dans le fromage *Bouhezza* à l'ail (**Figure 34**).

4.1.2 Les coliformes totaux

Le taux des coliformes totaux (**Figure 34**) retrouvés dans *Bouhezza* piquant est supérieur $6.933 \times 10^2 \pm 212,2$ 10UFC/ml à celui de *Bouhezza* salé $2.666 \times 10^2 \pm 30.550$ UFC/ml) et à celui de *Bouhezza* à l'ail $5.333 \times 10 \pm 15,275$ UFC/ml.

4.1.3 Les coliformes fécaux

On constate la même chose pour les coliformes fécaux, la figure montre que *Bouhezza* piquant $3.866 \pm 86,216$ UFC/ml renferme un nombre élevé de ces germes par rapport à celui de *Bouhezza* salé $1.366 \pm 40,414$ UFC/ml et une absence de ces germes dans *Bouhezza* à l'ail (**Figure 34**).

4.1.4 Les germes aérobies mésophiles totaux

Les germes aérobies mésophiles totaux constituent un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité des produits ainsi que la propreté des installations (**Guiraud, 1998**). Cette flore peut comprendre des bactéries qui se multiplient à la température des réfrigérateurs (**Branger, 2007**). Les résultats des analyses bactériologiques ont montrés un nombre en germes aérobies mésophiles totaux presque proche dans les deux variétés de fromage étudiés, ils étés à 30.333 ± 321.455 UFC/ml pour la variété salée et à $34.333 \pm 251,661$ UFC/ml pour le fromage piquant, mais le nombre de cette flore reste toujours inférieur (15.666 ± 0.577 UFC/ml) dans la troisième variété à l'ail (**Figure 34**).

4.2 Analyses physico-chimiques des variétés du fromage *Bouhezza*

4.2.1 Le pH

Les résultats des mesures de pH des trois variétés de fromage *Bouhezza* piquant, salé et à l'ail, sont représentés dans la figure ci-dessous:

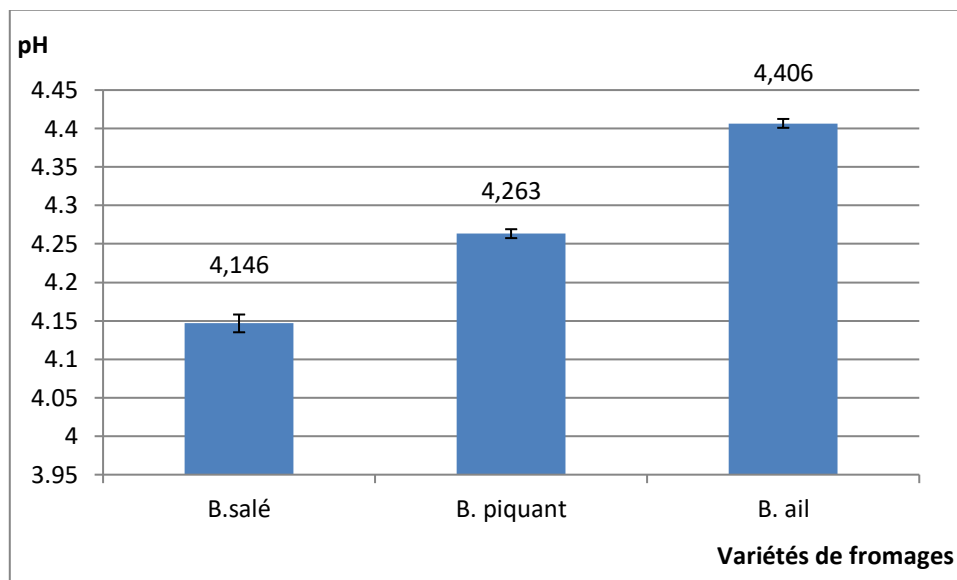


Figure 35. pH des différentes variétés de Bouhezza

Les valeurs de pH obtenues sont les suivantes: 4.146 ± 0.011 pour *Bouhezza* salé, 4.263 ± 0.005 pour *Bouhezza* piquant et 4.406 ± 0.005 pour *Bouhezza* à l'ail. La variété de *Bouhezza* à l'ail a affichée un pH légèrement plus élevé par rapport aux deux autres variétés. Selon **Medjoudj et al. (2016)**, *Bouhezza* est un fromage avec un pH de 4.24 quand il est âgé de 72 jours. Nos valeurs sont proches de ceux trouvés par **Medjoudj et al. (2016)**, cette variation de pH est peut être due à l'âge des échantillons de fromage étudiés.

4.2.2 Acidité

Les résultats des mesures de l'acidité des trois variétés de fromage *Bouhezza* piquant, salé et à l'ail, sont représentés dans la figure ci-dessous:

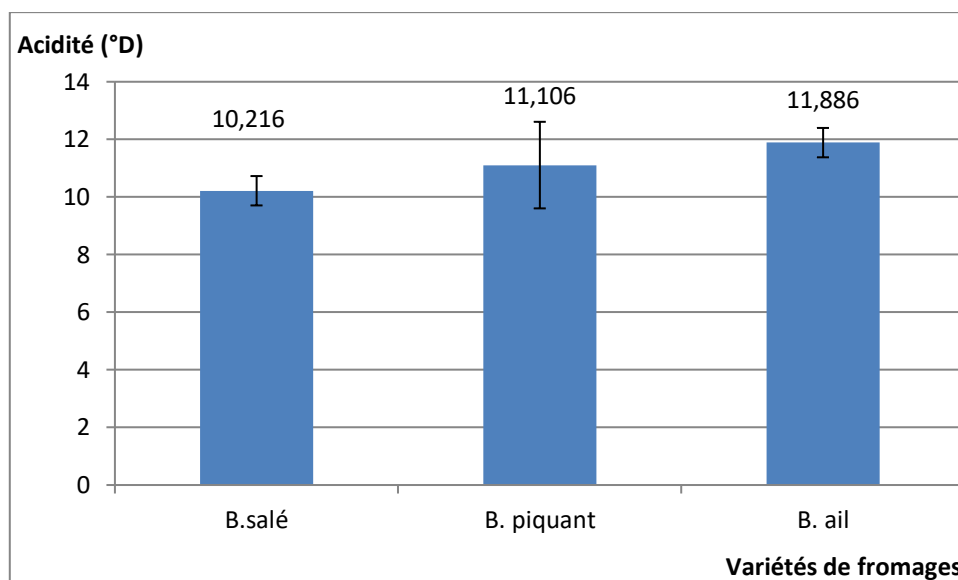


Figure 36.Acidité des différentes variétés de Bouhezza

La même chose est constaté pour le paramètre acidité, le fromage *Bouhezza* à l'ail a affiché la valeur de l'acidité la plus élevée ($11.886 \pm 0.506^\circ\text{D}$), suivi par *Bouhezza* piquant ($11.106 \pm 1.502^\circ\text{D}$) et par *Bouhezza* salé ($10.216 \pm 0.509^\circ\text{D}$). Selon **Medjoudj et al. (2016)**, *Bouhezza* est un fromage à pâte molle affiné au goût acide. La préparation du fromage commence par l'introduction d'une quantité du Lben, cette quantité est complétée durant toute la période de fabrication par des ajouts successifs du Lben et enfin du lait cru pour réguler l'acidité (**Aissaoui Zitoun et al., 2011; Medjoudj et al., 2016**).

4.2.3 Taux de matière sèche

La figure 37 montre que le taux de matière sèche dans *Bouhezza* à l'ail est supérieur (43, 23%) aux taux enregistrés dans *Bouhezza* piquant (29,876%) et dans *Bouhezza* salé (23,876 %).

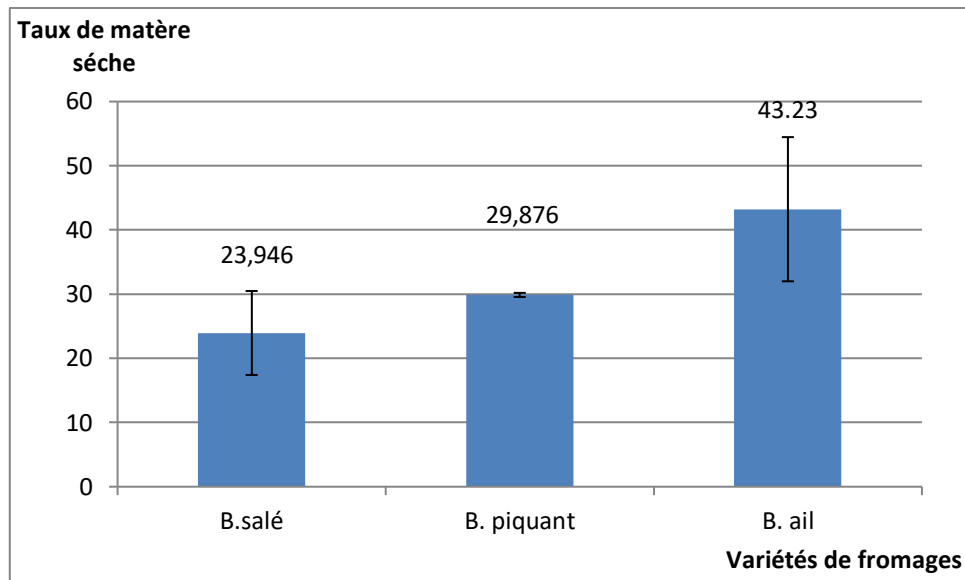


Figure 37. Taux de matière sèche des différentes variétés de Bouhezza

Selon **Medjoudj et al.(2016)** le fromage Bouhezza âgé de 72 jours possède une teneur en matière sèche de 51.95% . Nous constatons que nos 3 variétés étudiés avaient une teneur en matière sèche inférieur à celle rapporté par **Mdjoudj et al. (2016)**.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre présent travail est d'étudier la qualité physicochimique et bactériologique de trois variétés de fromage *Bouhezza*: piquant, salé et à l'ail. Pour cela, la flore aérobie mésophile totale, *E.coli*, les coliformes totaux et les coliformes fécaux ont été recherchés ainsi que les paramètres physicochimiques suivants ont été réalisés: pH, acidité et le taux de la matière sèche. Les bactéries ont été respectivement présentes dans les trois variétés de fromage *Bouhezza* : piquant, salé et à l'ail avec les taux suivants: *E.coli* : 8.066 ± 20.033 UFC/ml, 2.333 ± 5.733 UFC/ml et absente dans la variété à l'ail. Les coliformes totaux: $6.933 \times 10^2 \pm 212,210$ UFC/ml, $2.666 \times 10^2 \pm 30.550$ UFC/ml et $5.333 \times 10 \pm 15,275$ UFC/ml. Les coliformes fécaux: $3.866 \pm 86,216$ UFC/ml et $1.366 \pm 40,414$ UFC/ml et ils ont été absents dans *Bouhezza* à l'ail. Les germes aérobies mésophiles totaux, présents à des taux de : $34.333 \pm 251,661$ UFC/ml, 30.333 ± 321.455 UFC/ml et 15.666 ± 0.577 UFC/ml. Les valeurs de pH obtenues sont respectivement les suivantes: 4.263 ± 0.005 , 4.146 ± 0.011 , 4.406 ± 0.005 . L'acidité affichée a été à : 11.106 ± 1.502 °D, 10.216 ± 0.509 °D et à 11.886 ± 0.506 °D. Quant à l'extrait sec, il a été à : 29.876% dans *Bouhezza* piquant, 23,876 % dans *Bouhezza* salé et à 43,23% *Bouhezza* à l'ail. Les résultats des analyses microbiologiques ont révélé que ces trois variétés avaient une qualité hygiénique satisfaisante. Les résultats des analyses physico-chimiques ont permis de mieux caractériser ces variétés de fromage. En perspective, il serait intéressant :

- d'étudier d'autres paramètres physico-chimiques comme le taux de matière grasse
- De rechercher les bactéries pathogènes et entérotoxigènes comme les salmonelles, *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes*.
- Et d'étudier aussi la qualité nutritionnelle de ces trois (03) variétés de fromage.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1]. **Abbassy M. A., Marei G. I. (2013).** Antifungal and chemical composition of essential oils of *J. communis* and *Thymus vulgaris* against twophyto pathogenic fungi. *Journal of Applied Sciences Research*. 9(8):4584–4588
- [2]. **Aissaoui Zitoun O. (2014).** Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien « Bouhezza ». Thèse Doctorat. Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro- Alimentaires. Université Mentouri.-Constantine 1. Constantine. Pp82 159p.
- [3]. **Amiot J., Fournier F., Lebeuf Y., Paquin P. et Simpson R. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. Dans : *Science et technologie du lait : transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique, Montréal. 1-7 p
- [4]. **Apfelbaumetal. (2004).** Dictionnaire pratique de diététique et de nutrition.
- [5]. **Ayaz E., and H.C., Alpsy.** Garlic (*Allium sativum*) and traditional medicine *Turkiye Parazitol. Derg.*, 2007, 31, 145–149.
- [6]. **Björkroth J., Ristiniemi M., Vandamme P., Korkeala H.J. (2005).** Enterococcus species dominating in fresh modified-atmosphere-packaged, marinated broiler legs are over grown by Carnobacterium and Lactobacillus species during storage at 6 °C. *International Journal of Food Microbiology*. Vol. 97, 267-276.
- [7]. **Branger A. (2007).** Alimentation et processus technologiques. Educagri Editions.
- [8]. **Damnjanovic B.M. (2000).** M. Sc. Thesis, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, (in Serbian).
- [9]. **Derouiche M., & Zidoune M.N. (2015).** Caractérisation d'un fromage traditionnel, le Michouna de la région de Tébessa, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 27
- [10]. **Eck A., Gillis J.C. (1997).** Le fromage. Ed., Eck A., 3ème édition Lavoisier, Paris, Tec et TOC.891p.
- [11]. **Florian Ronez. (2012).** thèse de doctorat,
- [12]. **Gaherwal S., Anare R., Nageshwar. W., and Prakash MM. (2014).** Immunomodulatory efficacy of *Terminallaarjuna* against *Aspicularistetraptera* in Mice. *International Journal of Microbiological Research* 5 (1):23-29.
- [13]. **Guiraud J. P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod, Paris, 127p.
- [14]. **GLISIC S., MILOJEVIC S.Z., DIMITRIJEVIC S.I., ORLOVIC A.M., and SKALA D.U. (2007).** Antimicrobial activity of the essential oil and different fractions of *Juniperus*

Références bibliographiques

communis L. and a comparison with some commercial antibiotics, Journal Serb. Chem. Soc., 72, 311-320

[15]. **Gouedranche et al. (1999)**. Procédés de transformation fromagère (partie 1) F6305, Techniques de l'Ingénieur, traité Agroalimentaire, vol. F1.

[16]. **Goursaud J. (1985)**. Composition et propriétés physico-chimiques. Dans Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

[17]. **Jeante T R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brule G. (2008)**. Les produits laitiers, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3-13-14-17(185 pages).

[18]. **Jehan B., Tayyad M. (2011)**. Effect of different solvent extracted sample of allium sativum (Linn) on bacteria and fungi. African Journal of Biotechnology 10 (31):5910-5915.

[19]. **Leksir C., et Chemmam M. (2015)**. Contribution à la caractérisation duklila, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie. Livestock Research for Rural Development. 27

[20]. **Leung A.Y., and Foster S. (1996)**. Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs, and Cosmetics, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.

[21]. **Luquet F.M. (1990)**. Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Ed. Tec & Doc., Lavoisier. Paris.

[22]. **N. Marefati, V. Ghorani, F. Shakeri, M. Boskabady, F. Kianian, R. Rezaee and M. H. Boskabady**, A review of anti-inflammatory, antioxidant and immunomodulatory effects of Allium cepa and its main constituents, Pharm.

[23]. **Biol. (2016)**. 59, 287–302.

[24]. **Mahaut M., Jeantet R., et Brule G. (2000)**. Initiation à la technologie fromagère. Éditions Technique & Documentation Lavoisier. Paris, France. 194pp Partie 2 Généralité sur la technologie fromagère. Edition Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 194p.

[25]. **Medjoudj H., Zidoune M. N., & Hayaloglu A. A. (2016)**. Proteolysis and volatile profile in the Algerian traditional Bouhezza cheese made using goat's milk. International Journal of Food Properties, 1-18. doi.org/10.1080/10942912.2016.1222588

[26]. **Mead C. (2007)**. Microbiological Analysis of Red Meat, Poultry and Eggs. Published Woodhead Limited and CRC press, Cambridge CB21 6AH, UK : England; 335p.

[27]. **Mekentichi Z. (2003)**. Qualité physico-chimique et bactériologique d'un fromage traditionnel «Bouhezza». mémoire d'ingénieur, Département Agronomie, université de Batna, Algérie.

Références bibliographiques

- [28]. Nieto G., Bañon S., Garrido M.D. Incorporation of thyme leaves in the diet of pregnant and lactating ewes: Effect on the fatty acid profile of lamb. *Small Rumin. Res.* 2012 ; 105:140–147. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.11.016.
- [29]. Nieto G., Bañon S., Garrido M.D. Administration of distilled thyme leaves into the diet of Segureña ewes: Effect on lamb meat quality. *Animal.* 2012;6:2048–2056. doi: 10.1017/S1751731112001012.
- [30]. Pepeljnjak S., Kosalec I., Kaloera Z., and Blaevil N. (2005). Antimicrobial activity of juniper berry essential oil (*Juniperus communis* L., Cupressaceae), *Acta Pharm. Journal*, 55, 417–422.
- [31]. Pougheon S. (2001) : Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinaire, université Paul Sabatier de Toulouse, France.
- [32]. Remeuf F., Cossi N., Dervi N. et Tomasson R. (1991). Relation entre les paramètres physico-chimiques du lait et son aptitude fromagère. Tec et Doc Lavoisier, Paris. 549p.
- [33]. Salamon I., Kryvtsova M., Bucko D., Tarawneh A.H. Chemical characterization and antimicrobial activity of some essential oils after their industrial large-scale distillation. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 2019;8:984–988. doi: 10.15414/jmbfs.2019.8.4.984-988.
- [34]. Saoudi Zinedine. (2012) : Caractérisation microbiologique et de la protéolyse du fromage traditionnel algérien « Bouhezza » de ferme. Mémoire de magister. Institut de la Nutrition, De l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires. Université Mentouri. Constantine.
- [35]. St-Gelais D. et Tirard-Collet. P. (2002). Fromage. In : Science et technologie du lait. Transformation du lait. Chapitre 6. Vignola, C. L. Éditions Presses internationales Polytechnique. Montréal, Québec, Canada, p. 349-415
- [36]. Stoll W. (2003). Vaches laitières-alimentation influence la composition du lait, Éditions agri.france.
- [37]. Veisseyre R. (1979). Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition la maison rustique, Paris
- [38]. Vignola Carole L. (2002). Science et technologie du lait transformation du lait. Ecole Polytechnique de Montréal 2002.
- [39]. Xavier V., Finimundy T.C., Heleno S.A., Amaral J.S., Calhella R.C., Vaz J., Pires T.C.S.P. Mediavilla I., Esteban L.S., Ferreira I.C.F.R., et al. Chemical and bioactive characterization of the essential oils obtained from three Mediterranean plants. *Molecules.* 2021 ; 26:7472. doi: 10.3390/molecules26247472.

Références bibliographiques

[40]. **Zaidi O. (2002)** : Caractérisation de fromage Bouhezza. Caractérisation physicochimique et microbiologique, mémoire d'Ingénieur INATAA. Constantine, Algérie Pp51-58.

Webographie

http://www.fastonline.org/CD3WD_40/LSTOCK/001/LSPrdts/GR19/B139_3.HTM

<http://www.fidocl.fr/content/composition-du-lait>

<http://www.azaquar.com/doc/composition-physico-chimie-et-microbiologie-du-lait>

http://veritable.camembert.free.fr/pages/Lait_cru_microrganismes.htm

<https://inspection.canada.ca/salubrite-alimentaire-pour-l-industrie/chimie-et-microbiologie-alimentaires/bulletin-d-enquete-et-rapports-d-analyse-sur-la-sa/bacteries-pathogenes-et-e-coli-de-type-generique-d/fra/1480613187600/1480613188114>). consulté le 01/04/2023