

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Intitulé du thème :

Contribution à l'étude des caractères physico-chimiques et microbiologiques des fromages produits en Algérie

Présenté par : **Melle** Kebibi Nezha Douniazed

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : **Mr** Marroki Ahmed

(M.C.A/ UDL/SBA)

Examineur : **Mme** Kara Turki Ibtissem

(M.C.B/ UDL/SBA)

Promoteur : **Mme** Bousmaha-Marroki Leila

(M.C.A/ UDL/SBA)

Année universitaire 2019 - 2020

Session : « Septembre »

Remerciements

Avant tout je remercie le grand DIEU le tout puissant le plus miséricordieux sans lequel je n'aurai jamais pu achever ce travail.

Mes premiers remerciements iront tout d'abord à mon enseignante et ma directrice de mémoire qui a manifesté beaucoup d'effort à l'égard de mon travail, pour son guide précieux, ses judicieux conseils pratiques, pour son encadrement efficace et rigoureux, je la remercie d'avoir consacré beaucoup de son temps de repos à la réalisation de ce modeste travail.

Je lui exprime ma vive reconnaissance et ma profonde et respectueuse considération. Veuillez trouver ici mon enseignante Madame Bousmaha- Marroki Leila MCA à l'UDL-SBA le témoignage de ma sincère gratitude et mon profond respect pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mon président de mémoire Monsieur Marroki Ahmed MCA à l'UDL-SBA, pour l'honneur que me faites de présider ce mémoire et pour le temps que vous m'avez consacré tout au long de ce travail et d'avoir veillé au bon déroulement de notre formation académique pour l'obtention d'un master en Microbiologie Appliquée. Veuillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Mes remerciements s'adressent également :

Au Docteur Bensghir Ismat de m'avoir donné la possibilité de faire ma partie pratique malgré les conditions difficiles.

Mes remerciements vont également à Madame Kara Terki Qui m'a fait l'honneur d'examiner ce travail et de siéger dans ce jury. Qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

A Monsieur Naimi de m'avoir aidé tout au long de ce travail.

A ma famille qui a été toujours là pour moi.

A l'ingénieur du laboratoire Microbiologie générale.

A Monsieur Benchikh Hakim.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail,

À ma chère mère qui m'a toujours soutenue durant toute ma vie moralement et matériellement. Grand Merci maman.

A ma très chère grand-mère qui m'a aidée et encouragée dans les moments les plus durs. Mille Merci grand-mère.

A la mémoire de mon grand-père maternel, qui a été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je te dédie aujourd'hui ma réussite. Que DIEU, le miséricordieux, t'accueille dans son éternel paradis.

A mes très chères sœurs Yousra et Yasmine, en reconnaissance de leurs encouragements.

A mes chères amies Anissa, Asma, Manel et Nassima que j'aime et j'estime.

A Monsieur Naimi qui m'a toujours aidé et encouragé dans ma vie.

À toutes les personnes que j'aime.

Enfin à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

L'Algérie se distingue par plusieurs variétés de fromages traditionnels parmi eux, le Jben, et le Kemariya qui ont fait l'objet de notre étude.

Une analyse physicochimique (détermination du pH) et des analyses microbiologiques (recherche des *Staphylococcus aureus*, des germes sulfito-réducteurs, levures, moisissures, coliformes et streptocoques fécaux) ont été réalisées sur les trois fromages pris dans deux régions rurales, Marhoum (commune de la Wilaya de Sidi Bel Abbes) et Mécheria (Commune de la Wilaya de Naàma). Les résultats de la détermination du pH ont montré que ces trois fromages sont acides, le fromage Jben a un pH de 4,1, le fromage Kemariya 1 a un pH de 4,6, et le fromage Kemariya 2 a un pH de 4,9. L'étude microbiologique a révélé l'absence de germes anaérobies sulfito-réducteurs, coliformes et streptocoques fécaux sur les trois échantillons de fromages. La recherche des *Staphylococcus aureus* a révélée leur présence dans l'échantillon de Jben et de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya. Par la recherche de la flore mésophile totale, nous avons obtenu une gamme de colonies de taille variable, de couleurs différentes et de différentes formes, montrant une diversité microbiologique. Toutes les boites de pétri de la recherche de la FMAT des différents fromages sont indénombrable. L'ensemble des résultats de recherche des levures et des moisissures sur les différents fromages analysés ont été soit non dénombrables pour raison de la quantité insignifiante, soit une absence totale de colonies des levures et moisissures sur les boites. L'isolement et l'identification des bactéries lactiques des fromages traditionnels étaient prévue. Cette partie n'a pas pu être réalisée à cause de la crise sanitaire liée à la pandémie Covid-19.

Mots clés : Jben, Kemariya, Fromages traditionnels, Analyses physicochimiques, Analyses microbiologiques.

Abstract

Algeria is distinguished by several varieties of traditional cheeses among them, the Jben, and the Kemariya which were the subject of our study. Physicochemical analysis (determination of pH) and microbiological analyzes (search for *Staphylococcus aureus*, sulfite-reducing germs, yeasts, molds, coliforms and faecal streptococci) were performed on the three cheeses taken in two rural regions, Marhoum (municipality of the Wilaya of Sidi Bel Abbas) and Mécheria (Municipality of the Wilaya of Naâma). The results of the pH determination showed that these three cheeses are acidic, Jben cheese has a pH of 4.1, Kemariya 1 cheese has a pH of 4.6, and Kemariya 2 cheese has a pH of 4.9. The microbiological study revealed the absence of sulfite-reducing anaerobic bacteria, coliforms and faecal streptococci on the three cheese samples. Research for *Staphylococcus aureus* has revealed their presence in the sample from Jben and sample 2 from Kemariya – type cheese. By searching for the total mesophilic flora, we obtained a range of colonies of varying size, different colors and different shapes, showing microbiological diversity. All the Petri dishes in the research of the FMAT of different cheeses are uncountable. All the results tests for yeasts and molds on the different cheeses analyzed were either not countable due to the insignificant quantity, i.e. a total absence of colonies yeasts and molds on the boxes. Isolation and identification of lactic acid bacteria traditional cheeses were provided. This part could not be completed due to the health crisis linked to the Covid-19 pandemic.

Keywords: Jben, Kemariya, Traditional cheeses, Physicochemical analyzes, Analyzes microbiological.

الملخص

تتميز الجزائر بعدة أصناف من الأجبان التقليدية من بينها جبين والكيماوية التي كانت موضوع دراستنا. تحليل فيزيائي-كيميائي (تحديد الأس الهيدروجيني) وتحليلات ميكروبيولوجية، ابحث عن المكورات العنقودية الذهبية، والجراثيم التي تحد من الكبريتيت، والخمائر، والعفن، القولونيات والمكورات العقدية البرازية) على الجبن الثلاثة المأخوذة في اثنين المناطق الريفية، مرحوم (بلدية ولاية سيدي بلعباس) والمشييرية (بلدية ولاية النعامة).

أظهرت نتائج تحديد الأس الهيدروجيني أن هؤلاء الثلاثة الأجبان حمضية، وجبن جبين درجة حموضة 4.1، وجبن كيماويا 1 درجة حموضة 4.6، وجبن الكمرية 2 يحتوي على درجة حموضة 4.9. كشفت الدراسة الميكروبيولوجية عدم وجود البكتيريا اللاهوائية الحد من الكبريتيت ، القولونيات والمكورات العقدية البرازية على الثلاثة عينات الجبن.

كشفت الأبحاث عن المكورات العنقودية الذهبية وجودها في Jben و Kemariya E2 من خلال البحث عن مجموع النباتات المحبة للحرارة، العينة حصلنا على مجموعة من المستعمرات بأحجام مختلفة وألوان مختلفة وأشكال مختلفة تظهر التنوع الميكروبيولوجي. جميع أطباق بتري الموجودة في البحث عن FMAT من الجبن المختلفة لا يحصى. كل النتائج تم أيضًا إجراء اختبارات الخمائر والعفن على الجبن المختلف الذي تم تحليله لا يمكن عدها بسبب الكمية الضئيلة، أي الغياب التام للمستعمرات الخمائر والقوالب على الصناديق. عزل وتحديد بكتيريا حمض اللاكتيك تم تقديم أجبان تقليدية. لا يمكن إكمال هذا الجزء بسبب أزمة صحية مرتبطة بوباء الكوفيد.

كلمات مفتاحية: جبين ، كيماويا ، أجبان تقليدية ، تحليلات فيزيائية ، تحليلات الميكروبيولوجية

Table des matières

Introduction	1
Partie bibliographique	
I. Le lait	2
I.1. Définition du lait	2
I.2. Structures et propriétés générales des constituants du lait	2
I.2.1. Eau	2
I.2.2. Matière grasse	3
I.2.3. Protéines	3
I.2.4. Lactose	5
I.2.5. Vitamines	5
I.2.6. Minéraux	6
I.2.7. Enzymes	6
I.3. Microflore du lait	6
I.3.1. Diversité microbienne dans le lait	6
I.3.2. Flore de contamination	8
I.3.3. Les bactéries lactiques	8
I.3.4. Vertus de la microflore du lait pour la santé	10
II. Les fromages	12
II.1. Origine des fromages	12
II.2. Définition légale du fromage	12
II.3. Déroulement des différentes phases de la transformation fromagère	13
II.3.1. La préparation du lait	13
II.3.2. Le pré-égouttage	13
II.3.3. Pressage	13
II.3.4. L'égouttage	14
II.3.5. Salage	14
II.3.6. Affinage	15
II.3.7. Rôle des cultures non-starter dans le fromage	15
III. Les fromages traditionnels en Algérie	17

III.1. Les produits laitiers en Algérie	17
III.2. Fromages traditionnels algériens	17
III.2.1. Jben	17
III.2.2. Mechouna (Chnina)	21
III.2.3. Ighounane	22
III.2.4. Aoules	23
III.2.5. Takammart	24
III.2.6. Bouhezza	26
III.2.7. Klila	31
III.2.8. Kemariya	35

Partie Matériel et Méthodes

1. Enquête de fabrication et de consommation des fromages traditionnels Jben et Kemariya	38
2. Étude des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des fromages traditionnels Jben et Kemariya	38
2.1. Analyses physicochimiques des fromages traditionnels : Détermination du pH	39
2.2. Analyses microbiologiques des fromages traditionnels	39
2.3. Recherche des germes indésirables dans les fromages traditionnels	39
2.3.1. La flore mésophile aérobie totale	40
2.3.2. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale	40
2.3.3. Les germes anaérobies sulfito-réducteurs	42
2.3.4. Levures et moisissures	42
2.3.5. Staphylocoques dorés	43
2.4. Isolement et culture de la flore lactique	44
2.4.1. Enrichissement	44
2.4.2. Incubation	45
2.4.3. Isolement	45
2.4.4. Purification	45
2.4.5. Conservation des souches	45
2.5. Identification des isolats	46

2.5.1. Critères morphologiques	46
2.5.2. Critères physiologiques et biochimiques	48
2.5.3. Croissance à différentes températures	48
2.5.4. Type fermentaire	48
2.5.5. Croissance dans des conditions hostiles	48
2.5.6. Croissance sur le lait bleu de Sherman (1937)	49
2.5.7. Hydrolyse de l'arginine (ADH)	49
2.5.8. Hydrolyse de l'esculine	50
2.5.9. Production d'acétoïne	50
2.5.10. Utilisation du citrate	50
2.5.11. Identification par la galerie API 50CHL	50
Partie Résultats et discussion	
1. Echantillonnage des deux types de fromage Jben et Kemariya	53
2. Résultats des analyses physicochimiques des fromages traditionnels	53
2.1. Détermination du pH	53
3. Résultats des analyses microbiologiques des fromages traditionnels	54
3.1. Recherche des germes indésirables dans les fromages traditionnels	54
3.1.1. La flore mésophile aérobie totale	54
3.1.2. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale	60
3.1.3. Les germes anaérobies sulfito-réducteurs	64
3.1.4. levures et moisissures	65
3.1.5. Staphylocoques dorés	65
4. Discussion	66
Conclusion Générale	69
Liste des références	71
Annexes	76

Liste des abréviations

% : Pourcentage
°C : Degrés Celsius
°D : Degrés Dornic
Aw : Water Activity
BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol
BHIB : Bouillon Cœur Cervelle
Da : Dalton
EST: Extrait Sec Total
FAD : Flavine Adénine Dinucléotide
FMAT : Flore Mésophile Aérobie Totale
g : gramme
g/L : gramme par litre
j : jour
K1 : Echantillon 1 du fromage de type Kemariya
K2 : Echantillon 2 du fromage de type Kemariya
Km² : Kilomètre carré
L : Litre
LAB : Lactic Acid Bacteria
M : mol
mg : milligramme
PCA : Plate Count Agar
NPP : Nombre Plus Probable
pH : Potentiel Hydrogène
PROT/EST: Taux de protéines rapporté à sec
sp : espèce
TFDE : Taux de l'eau dans le fromage dégraissé
UFC : Unité Formant Colonies
UV : Ultra Violet

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme du premier procédé de fabrication artisanal du Jben	19
Figure 2 : Diagramme du deuxième procédé de fabrication du Jben.....	20
Figure 3 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Mechouna	22
Figure 4 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Ighounane.....	23
Figure 5 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Takammert.....	25
Figure 6 : Diagramme du traitement et de la préparation de la Chekoua du fromage Bouhezza.....	27
Figure 7 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Bouhezza	29
Figure 8 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Klila.....	34
Figure 9 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Kemariya	36
Figure 10 : Les résultats de la détermination du pH des trois échantillons.....	53
Figure 11 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-1}).....	55
Figure 12 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-2}).....	55
Figure 13 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-3}).....	55
Figure 14 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-4}).....	56
Figure 15 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-1}).....	57
Figure 16 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-2}).....	57
Figure 17 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-3}).....	57
Figure 18 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-4}).....	58
Figure 19 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-1}).....	59
Figure 20 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-2}).....	59
Figure 21 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-3}).....	59
Figure 22 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-4}).....	60
Figure 23 : Les photos des résultats de la recherche des coliformes totaux dans le fromage de type Jben.....	61

Figure 24 : Les photos des résultats de la recherche des coliformes totaux dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya.....	61
Figure 25 : Les photos des résultats de la recherche des coliformes totaux dans l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya.....	62
Figure 26 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques totaux dans le fromage de type Jben.....	62
Figure 27 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques totaux dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya.....	63
Figure 28 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques totaux dans l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya.....	63
Figure 29 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques fécaux dans le fromage de type Jben.....	63
Figure 30 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques fécaux dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya.....	64
Figure 31 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques fécaux dans l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya	64
Figure 32 : Les photos de la recherche des levures et moisissures dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya.....	65
Figure 33 : Les résultats de la recherche des staphylocoques dorés des trois échantillons	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition moyenne du lait de différentes espèces animales.....	2
Tableau 2 : Composition lipidique du lait de vache et localisation dans les fractions physico-chimiques....	3
Tableau 3 : Composition moyenne et distribution des protéines du lait.....	4
Tableau 4 : Les proportions moyennes des différents constituants de la micelle de caséine.....	4
Tableau 5 : Différentes teneurs en minéraux dans le lait de vache.....	6
Tableau 6 : Exemple de quelques pratiques d'élevage ou de traite influençant les niveaux de populations des principaux groupes microbiens du lait.....	7
Tableau 7 : Principaux composés aromatiques des fromages dérivés d'acides aminés	10
Tableau 8 : Bénéfice fonctionnel des produits laitiers fermentés utilisant des bactéries lactiques.....	11
Tableau 9 : L'utilisation de <i>Lactobacillus helveticus</i> comme Starter de fromage.....	16
Tableau 10 : Résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques du fromage Jben selon Dahou et al. (2015).....	19
Tableau 11 : Composition physicochimique du fromage Bouhezza de ferme	31
Tableau 12 : Les résultats physicochimiques et microbiologiques du fromage Klila selon Benamara et al. (2016).....	33
Tableau 13 : Informations sur les fromages collectés.....	38
Tableau 14 : Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes indésirables dans les fromages traditionnels.....	39
Tableau 15 : Les milieux d'isolement et condition d'incubation des bactéries lactiques.....	45
Tableau 16 : Description des colonies du dénombrement de la FMAT de l'échantillon de type Jben étudié.....	54
Tableau 17 : Description des colonies du dénombrement de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya.....	56
Tableau 18 : Description des colonies du dénombrement de la FMAT de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya.....	58
Tableau 19 : Les résultats de la recherche des coliformes totaux des différents échantillons.....	60

Introduction

Introduction

Les produits traditionnels contribuent à garder l'identité nationale d'un pays. Parmi ces produits les fromages traditionnels occupent une place importante. Environ dix types de fromages traditionnels sont connus dans les différentes régions de l'Algérie. Le fromage est l'aliment le plus important et le plus diversifié dans les produits laitiers (**Leksir et al., 2019**).

La fabrication du fromage est le moyen le plus anciennement connu pour conserver le lait, du fait de la présence de la fermentation lactique et la réduction de l'activité de l'eau. De nos jours, il s'agit plutôt d'un aliment possédant des qualités nutritionnelles indéniables (**Aissaoui Zitoun et al., 2011**).

En Algérie, il existe plusieurs types de fromages traditionnels, les plus connus sont le Jben, le Kemariya et le Klila. Le Jben et le Kemariya sont deux types de fromage avec des caractéristiques organoleptiques très différents (**Leksir et al., 2019**).

Outre la valeur nutritionnelle, la flore lactique des fromages frais ou fermentés, ces aliments procurent des bienfaits pour la santé par leur richesse en flore lactique. En effet, les bactéries lactiques ont un rôle technologique et probiotique important (**Zhao et al., 2019**).

Dans cette étude nous avons visé la caractérisation de deux fromages traditionnels du nord-ouest algériens, soit le Jben et le Kemariya. Nous avons organisé notre manuscrit en trois parties. La synthèse bibliographique comporte plusieurs points, le premier s'intéresse aux constituants et leurs propriétés générales et à la composition microbiologique du lait. Le deuxième point présente le fromage, les différentes phases de la transformation fromagère. Le troisième point est la définition, préparation, caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des fromages traditionnels en Algérie.

La deuxième partie Matériel et méthodes décrit l'échantillonnage des fromages traditionnels effectué, les analyses physicochimiques et microbiologiques qu'on a pu faire au laboratoire d'analyse médicale de Docteur Ismat Benzeghir dans la ville de Sidi Bel Abbes. L'isolement et l'identification des bactéries lactiques des fromages traditionnels étaient prévue au laboratoire Santé et Environnement de la faculté des sciences Ain Choch – Université Hassan II de Casablanca. Cette partie n'a pas pu être réalisée à cause de la crise sanitaire liée à la pandémie Covid-19. La troisième partie, la présentation des résultats et leur discussion.

Partie Bibliographique

I. Le lait

I.1. Définition du lait

D'après le congrès international de la répression des fraudes de 1909, le lait est le produit intégral de la traite totale ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre et la brebis (**Guetouache et al., 2012**).

La valeur nutritionnelle du lait est particulièrement élevée en raison de l'équilibre des nutriments qui le composent. La composition varie selon différents facteurs liés aux animaux, les principaux étant l'individualité, l'alimentation, la race, la période de lactation, la saison et l'âge. Le lait est un système complexe constitué d'une solution vraie, d'une solution colloïdale et d'une émulsion (**Vignola, 2002**). Le tableau 1 présente la composition moyenne du lait de différentes espèces animales.

Tableau 1 : composition moyenne du lait de différentes espèces animales (Vignola, 2002)

Animaux	Eau	Matière grasse	Protéines	Glucides	Minéraux
Vache	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chamelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7

Légende : teneurs en %

I. 2. Structures et propriétés générales des constituants du lait

I.2.1. Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. Elle représente environ 88,6 % du lait (**Guetouache et al., 2014**). La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire est ce qui lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire, elles ne pourront se dissoudre. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides (**Vignola, 2002**).

Partie Bibliographique

I.2.2. Matière grasse

Les matières grasses du lait se composent principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de Béta-carotène (Tableau 2) (Vignola, 2002).

Tableau 2 : Composition lipidique du lait de vache et localisation dans les fractions physico-chimiques (Guetouache et al., 2014)

Compositions lipidiques	Proportions	Emplacement
Triglycerides	96 – 98	Globule de matière grasse
Di-glycerides	0.3-1.60	Globule de matière grasse
Mono-glycerides	0.0-0.10	Globule de matière grasse
Phospholipides	0.2-1.00	Membrane de globules gras et lactosérum
Cerebrosides	0.0-0.08	Membrane de globule gras
Steroides	0.2-0.40	Globule de matière grasse
Acide gras libre	0.1-0.40	Membrane de globules gras et lactosérum
Cholestérols esters	Traces	Membrane de globule gras
Vitamine	0.1-0.20	Globule de matière grasse

Légende : teneurs en g /100 g de matières grasses

I.2.3. Protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers. Les protéines du lait sont de grande qualité, c'est-à-dire qu'elles contiennent tous les acides aminés essentiels et les éléments que le corps humain ne peut produire (Guetouache et al., 2014).

La teneur moyenne en protéines d'un lait normal est d'environ 3,2%, ce qui représente 95% de l'azote total de ce lait. Les autres 5% sont formés par la matière azotée non protéique (urée, créatine, créatinine, acides aminés, petits peptides, ammoniac) (Vignola, 2002).

I.2.3.1. Les caséines

Les caséines constituent la fraction majeure des protéines du lait. Cette fraction est la plus déterminante en matière de technologie fromagère. Elles se trouvent sous forme de micelles. Ces micelles précipitent sous l'action de la présure ou lors d'une acidification à un pH d'environ 4,6 (Ilboudo et al., 2012).

Partie Bibliographique

Tableau 3 : Composition moyenne et distribution des protéines du lait (Guetouache et *al.*, 2014)

Protéines du lait	Moyenne absolue	Moyennes
Protéine brute	34	100
Protéine	32	94
Protéines insolubles ou caséine entière	36	82
Protéine soluble	6	18
α -lactoglobulin	2,7	45
β -lactalbumin	1,5	25
Albumine sérique	0,3	5
Globulines immunitaires	0,7	12
Peptones protéiques	0,8	13
Substances azotées non protéiques	2	6

Légende : teneurs en g /L

Une micelle de caséine est formée par l'association des caséines α_1 , α_2 , caséine β , caséine κ et des minéraux, notamment le calcium et le phosphate. La micelle contient 20000 à 150000 molécules de caséines (**Ilboudo et *al.*, 2012**). Les proportions moyennes des différents constituants de la micelle de caséine sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Les proportions moyennes des différents constituants de la micelle de caséine (Brulé et *al.*, 1997)

Paramètres	Casein α_1	Casein α_2	Casein β	Casein K
Résidus d'acides aminés (I)	199	207	209	169
Poids moléculaire (da)	23600	25200	24000	19000
Résidus de cystéine (I)	-	2	-	2
Phosphorylation de groupe	8-9	10-13	5	1-2
Carbohydrates	-	-	-	+
Sensibilité à la chymosine	+	-	+	++
Sensibilité au calcium	+	+++	+	-

I.2.4. Lactose

Le lactose est le glucide, l'hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue 40 % des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose ; en outre, certains glucides peuvent se combiner aux protéines. Ainsi, le lait contient près de 4,8% de lactose (**Guetouache et al., 2014**). Le lactose peut subir quelques transformations chimiques lors des fabrications industrielles de différents produits laitiers. Les principales sont l'hydrolyse, le brunissement non enzymatique, qui peut se faire par la réaction de Maillard, et la fermentation (**Vignola, 2002**).

I.2.5. Vitamines

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantités constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) en quantités variables dépendant de facteurs exogènes (race, alimentation, radiations solaires) (**Jeantet et al., 2008**) :

- La vitamine A ou rétinol est active dans la transmission de la lumière par la rétine de l'œil, joue un rôle dans la protection de la peau et des muqueuses et a une action sur la croissance. Elle est thermosensible et sensible aux UV ;
- La vitamine B1 ou thiamine intervient dans de nombreuses réactions du métabolisme intermédiaire et sa carence est responsable du béri-béri. C'est la plus thermosensible des vitamines ;
- La vitamine B2 ou riboflavine entre dans la composition d'un co-enzyme transporteur d'hydrogène, le FAD. Elle est très sensible à la lumière ;
- La vitamine B12 ou cobalamine : la quantité contenue dans un litre de lait couvre 100 pour 100 les besoins journaliers ;
- La vitamine D ou calciférol est la vitamine antirachitique. Elle intervient sur le métabolisme du calcium et du phosphore ;
- La vitamine E a une activité anti-oxydante.

Partie Bibliographique

I.2.6. Minéraux

Ils jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine. Ils sont souvent impliqués dans des mécanismes physiologiques (régulation nerveuse ou enzymatique, contraction musculaire) (Guetouache et al., 2014). Les principaux minéraux présents dans le lait sont donnés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Différentes teneurs en minéraux dans le lait de vache (Guetouache et al., 2014)

Minéraux	Na	Mg	P	Cl	K	Ca	Fe	Cu	Zn	I
Contenu	445	105	896	958	1500	1180	0,5	0,1	3,8	0,28

Légende : contenue en ppm

I.2.7 Enzymes

Les enzymes sont des protéines globulaires spécifiques produites par les cellules vivantes. Chaque enzyme a son point isoélectrique et est sensible à divers agents dénaturants tels que changement de pH, température, force ionique, solvant organique. Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases et les oxygénases (Guetouache et al., 2014).

I.3. Microflore du lait

I.3.1. Diversité microbienne dans le lait

Les laits et les fromages au lait cru répondent à la définition d'un écosystème (contraction de Ecological System) puisque c'est un système fonctionnel formé par un groupement ou une communauté d'organismes, en l'occurrence de microorganismes (biocénose) en constante interaction avec un environnement abiotique (biotop) dont les facteurs physiques, chimiques ou biologiques agissent sur la biocénose. La composition biochimique de la matière première lait, son évolution (pH, activité de l'eau (aw), métabolites...), les conditions environnementales de fabrication et d'affinage sont des éléments du biotope. Le fonctionnement des écosystèmes fromage dit aussi « microbiens » est la clef de voûte de la construction des différentes dimensions (sanitaire, sensorielle, santé) de la qualité des fromages au lait cru (Montel et al., 2012).

Un grand nombre de populations microbiennes (espèces), peuple les laits destinés à la transformation en fromages au lait cru car aucun traitement du lait ne réduit la biodiversité. Ainsi plus de 200 espèces microbiennes ont été décrites dans les laits. Les bactéries d'affinage

Partie Bibliographique

(*Corynebacterium*, *Microbacterium* et *Staphylococcus* non pathogène) y sont qualitativement (49 espèces) et quantitativement importantes (de l'ordre de 10³ ufc/ml de lait de vache), suivi des bactéries lactiques, (15 espèces) et des bactéries à Gram négatif (51 espèces). Les levures (37 espèces) et les moisissures (40 espèces) avec des niveaux le plus souvent inférieurs à 10² ufc/ml sont quantitativement sous dominantes. Les proportions des niveaux des différents groupes, la diversité des espèces sont éminemment variables d'un lait à l'autre, en lien avec la diversité des environnements de ferme. Par exemple, la proportion de niveaux de bactéries lactiques dans un lait de vache peut varier entre 1% et 68%. La taille du troupeau, la race et l'alimentation des animaux, le logement (litière paillée ou non) mais surtout les pratiques de traite (lavage des trayons avant la traite, post trempage, nettoyage de la machine à traire) sont des éléments qui, plus ou moins combinés, déterminent la composition et la structure des communautés microbiennes du lait. La plupart de ces facteurs en amont de la machine à traire influent de façon similaire sur la communauté microbienne des trayons (Delbés et al., 2015).

Tableau 6 : Exemple de quelques pratiques d'élevage ou de traite influençant les niveaux de populations des principaux groupes microbiens du lait (Delbés et al., 2015)

Pratiques	Effet sur la communauté microbienne des laits
Espace d'air/ animal	En ovin : augmentation de l'espace air/animal de 4,1 à 7,3m ³ /animal, diminution du niveau de bactéries aérobies mésophiles
Taille du troupeau, volume de lait	En bovin : augmentation des bactéries à Gram négatif et moisissures dans des troupeaux <2000L
Période de l'année	En bovin : variation des niveaux de populations des laits entre l'hiver et l'été; augmentation des <i>Staphylococcus</i> et <i>Lactobacillus</i> au pâturage En caprin : variation du profil microbien sur une période de lactation
Température de lavage de la machine à traire	en caprin : faible niveau de germes pour la température de lavage >55°C associée à une litière sur paille. Dominance des entérocoques quand T°<40°C en bovin : développement des bactéries Gram négatif si la température de lavage <42°C
Lactoducs	En bovin : prédominance de la flore d'intérêt si lactoduc >15 m
Nettoyage machine à traire	Faible niveau de flores si nettoyage intensif de la machine à traire. Développement des bactéries Gram négatifs si alternance journalière de produits acides et basiques
Lavage des trayons	En bovin : richesse en flores d'intérêt technologique si pratiques peu intensives (pas de lavage des trayons, pas de post trempage)

I.3.2. Flore de contamination

La flore de contamination est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels de goût ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène capable de provoquer des maladies chez les consommateurs (**Delbès et al., 2015**).

Les principales sources de contamination sont (**Pradal, 2012**) :

- De l'animal : flancs, mamelles sales, infections mammaires ;
- Du milieu ambiant : contamination de l'air ;
- Des conditions de traite : mains du trayeur, vêtements, lavettes ;
- Du matériel utilisé : canalisations de la machine à traire, tank à lait.

I.3.3. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont un groupe hétérogène de microorganismes produisant de l'acide lactique comme produit principal du métabolisme. Elles colonisent de nombreux produits alimentaires comme les produits laitiers, la viande, les végétaux et les céréales et font partie de la flore intestinale et vaginale humaine ou animale. Elles sont impliquées dans un grand nombre de fermentations spontanées de produits alimentaires, ce qui a conduit à la reconnaissance de leur statut GRAS (Generally Recognized As Safe). Actuellement, les bactéries lactiques regroupent treize genres bactériens différents : *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Carnobacterium*, *Oenococcus*, *Weissella*, *Aerococcus*, *Tetragenococcus* et *Vagococcus* (**Dortu et al., 2009**).

Les bactéries lactiques par leurs propriétés acidifiantes, aromatisantes et texturantes sont largement utilisées dans les produits dérivés du lait et leurs propriétés probiotiques sont très utiles à la santé, les lactobacilles et les bifidobactéries sont les plus importantes, grâce à leur tolérance à l'acidité de la bile, qui est un paramètre important et une bonne indication pour leur acceptabilité et pour sélectionner les souches potentielles à utiliser comme probiotiques dans la nourriture comme complément alimentaire (**Marroki et al., 2014**), en effet, elles améliorent les fonctions digestives et ont un effet très positif sur la microflore intestinale.

Les produits dérivés issu d'une fermentation lactique traditionnelle connaissent depuis quelques années un développement considérable grâce, à l'intérêt que trouvent les consommateurs sur le plan organoleptique, nutritionnel, thérapeutique, voire hygiénique en raison de leur acidité. La biodiversité de ces bactéries lactiques impliquées dans ce processus est un facteur fondamental pour la préservation de la typicité et des caractéristiques originales des produits et sans inconvénients pour les consommateurs intolérants au lactose (**Masood et al., 2011**).

I.3.2.1. Propriétés antimicrobiennes des bactéries lactiques

Elles sont principalement utilisées en tant que starter dans les produits alimentaires fermentés où elles permettent de développer certaines caractéristiques organoleptiques et d'augmenter la durée de conservation (**Elyass et al., 2017**). En effet, les bactéries lactiques produisent de nombreux métabolites aux propriétés antimicrobiennes tels que les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène, le dioxyde de carbone, la reutéline, le diacétyl et les bactériocines. Les plus importantes sont :

- **Les acides organiques**

Les acides organiques sont les produits finaux du métabolisme des glucides par les bactéries lactiques. Les acides organiques sont produits soit par les bactéries homofermentaires (elles convertissent le lactose en acide lactique seulement), soit par les bactéries hétérofermentaires (elles convertissent le lactose en acide lactique, acide acétique, éthanol et CO₂). La production d'acides organiques permet une acidification du milieu permettant de l'inhibition de la croissance des bactéries indésirables et pathogènes (**Widyastuti et al., 2014**).

- **Les bactériocines**

Les bactériocines sont des peptides antimicrobiens inhibant la croissance de bactéries altérantes ou pathogènes. Les souches les produisant peuvent donc également être utilisées dans des produits non fermentés en tant que culture protectrice. Une culture protectrice est une culture antagoniste ajoutée à un produit alimentaire pour inhiber les bactéries pathogènes et/ou altérantes et ainsi prolonger sa durée de vie en changeant ses propriétés organoleptiques le moins possible (**Dortu et Thonart, 2009**).

Partie Bibliographique

▪ Formation d'arômes

D'après des résultats d'article plusieurs bactéries lactiques comme certaines souches de *Lactobacillus plantarum* et de *Lactobacillus rhamnosus* sont capable de la production rapide de diacétyle qui est un arôme très important dans l'élaboration des fromages. Le diacétyle est considéré comme le plus important attribut pour les consommateurs, car il influence la qualité des produits laitiers (Tableau 7) (Marroki et al., 2014).

Tableau 7 : Principaux composés aromatiques des fromages dérivés d'acides aminés (Widyastuti et al., 2014)

Acides aminés	Aldéhydes	Alcools	Acides carboxyliques	Thyol
Leucine	3-Methylbutanal ou Isovaleraldehyde	3-Methylbutanol	Acid 3-Methylbutanoïque ou acid isovalérique	
Isoleucine	2-Methylbutanal	2-Methylbutanol	Acid 2-Methylbutanoïque	
Valine	2-Methylpropanal ou isobutyraldehyde	2-Methylpropanol	Acid 2-Methylpropanoïque ou acid isobutyrique	
Phénylalanine	Phénylacétaldéhyde, benzaldéhyde (-2C)	Phényléthanol	Acid Phénylacétique	
Tyrosine	OH-Phénylacétaldéhyde, OH-benzaldéhyde (-2C)	OH-Phényléthanol	Acid OH-Phénylacétique	para-cresol, phenol
Tryptophane	Indol-3-acétaldéhyde, indol-3-aldehyde	Tryptophol	Acid Indol-3-acétique	Skatole, indole
Méthionine	Méthylthiopropional, ou methional	3-Méthylthiopropanol	acid 3-Méthylthiopropionique	Méhanéthiol

1.3.4. Vertus de la microflore du lait pour la santé

Les écosystèmes des produits laitiers sont connus par leurs multiples vertus pour la santé humaine, connus sous la dénomination aliments santé ou alicaments. Chez l'homme, les bactéries lactiques jouent un rôle inhibiteur contre les bactéries pathogènes et améliorent la digestion. L'expression 'probiotique' dérive de deux mots grecs ; 'pro' et 'bios' qui signifient en faveur de la vie, ce sont des préparations microbiennes vivantes qui ont une action bénéfique sur l'hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale (Tableau 8) (Widyastuti et al., 2014).

Partie Bibliographique

Tableau 8 : Bénéfice fonctionnel des produits laitiers fermentés utilisant des bactéries lactiques et autres (Zhao et al., 2019)

Nom du produit	Origine	Ingrédients	Microorganismes	Effets bénéfiques
Caplis	Japon	Lait de vache	<i>Lactobacillus. helveticus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Sources de protéines, de matière grasse, vitamines et vitamines
Kéfir	Russie	Lait de vache, chèvre et brebis	<i>Lactobacillus sp</i> , <i>Leuconostoc sp</i> , <i>Lactococcus sp</i> . Levures	La suppression des cellules tumorales
Liban	Irak	Lait de vache	<i>Sterptococcus Thermophilus</i> , <i>Leuconostoc lactis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Kluyveromyces fragilis</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Réduction du cholestérol
Zabadi (yaourt)	Afrique du nord	Lait de vache, chèvre et brebis	<i>Lactobacillus. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactococcus. lactis subsp. cremoris</i>	Régulation de la flore intestinale et amélioration de la fonction gastro-intestinale
Lait aigre	Egypte	Lait de vache	<i>Staphylococcus. kefir</i> , <i>Staphylococcus. citrovorus</i> , <i>Lactobacillus. casei</i> , <i>Lactobacillus. plantarum</i> , <i>Lactobacillus. brevis</i> , micrococci, coliforms	Promouvoir la digestion gastro-intestinale
Ymer	Danemark	Lait de vache	<i>Lactobacillus. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i>	Inhibition de la croissance et reproduction des bactéries pathogènes dans l'intestin
Fromage	Tous les pays	Lait de vache, brebis et chèvre	<i>Lactococcus. lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus. lactis subsp. cremoris</i> , <i>Sterptococcus Thermophilus</i> , <i>Lactobacillus. helveticus</i> , <i>Lactobacillus. deLactobacillus rueckii subsp. bulgaricus</i> , levures et moisissures	Création d'un tampon contre l'environnement hautement acide

II. Les fromages

II.1. Origine des fromages

Selon Fox et McSweeney, Le mot «fromage» vient du latin «formaticus» signifiant «ce qui est fait dans une forme». La découverte du fromage fut probablement le fait du hasard, on n'en connaît pas l'origine précise, mais on sait, grâce à des découvertes archéologiques, qu'on fabriquait du fromage depuis les origines de l'élevage. Les premières traces d'élevages laitiers remontent à 10 000 ans au Moyen-Orient, les laits de brebis et de chèvre furent apparemment les premiers laits transformés, les ovins et les caprins ayant été les premiers animaux domestiqués (Leksir et al., 2019).

Les peaux de bêtes et les organes internes étant dès lors utilisés pour le stockage et le transport des denrées alimentaires, il est probable que le procédé de fabrication du fromage fût découvert accidentellement en stockant du lait dans un conteneur fabriqué à partir d'un estomac d'animal, résultant en la transformation du lait en lait caillé et petit-lait du fait de la présence naturelle des présures dans l'estomac (Aissaoui Zitoun et al., 2011).

II.2. Définition légale du fromage

Selon le CODEX STAN 283 (1978), le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait, et qui est obtenu:

- par coagulation complète ou partielle des protéines du lait, du lait écrémé, du lait partiellement écrémé, de la crème, de la crème de lactosérum ou du babeurre, seuls ou en combinaison, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation, tout en respectant le principe selon lequel la fabrication du fromage entraîne la concentration des protéines du lait (notamment de la caséine), la teneur en protéines du fromage étant par conséquent nettement plus élevée que la teneur en protéines du mélange des matières premières ci-dessus qui a servi à la fabrication du fromage et/ou
- par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation des protéines du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires à celles du produit défini à l'alinéa.

II.3. Le déroulement des différentes phases de la transformation fromagère

II.3.1. La préparation du lait

Après la traite, le lait destiné à la transformation est d'abord généralement filtré pour éliminer tout corps étranger (débris de paille ou de fourrage et de litière, mouches, poils). Il peut être ensuite (**Pradal, 2012**) :

- Soit fabriqué directement
- Soit mûri quelques heures aux alentours de 20°C, le matin et ou le soir avant emprésurage pour les fromages de type lactique ou même à des températures plus élevées pour des fromages de type présure.

II.3.2. Le pré-égouttage

- **Pour les fromages de type présure**

Le pré-égouttage qui a pour but de préparer l'égouttage en favorisant la séparation du caillé et du lactosérum, consiste à briser, directement dans un chaudron, le caillé encore immergé dans le lactosérum avant moulage en terminant le décaillage à la poche pour permettre une évacuation plus rapide de lactosérum. Ce principe est surtout utilisé pour les caillés de type présure correspondant à des pâtes pressées ou persillées qui sont généralement moulés sur toile (**Gillis et Ayerbe, 2018**).

- **Pour les fromages de type lactique**

Ce pré-égouttage qui peut notamment être réalisé pour les crottins consiste alors, non pas à découper le caillé, mais à le mettre dans des sacs de toile ou de nylon suspendus à un portique et à le laisser égoutter pendant 12 à 15 heures avant son moulage ce qui permet de mouler un caillé déjà fortement égoutté mais parfois un peu trop compacté (**Pradal, 2012**).

II.3.3. Le pressage

L'opération de pressage, qui suit la phase de moulage, n'existe pas pour les fromages lactiques et ne concerne que certains fromages de type présure c'est-à-dire les fromages à pâte pressée. Seuls les fromages de type présure à pâte pressées vont subir un pressage réalisé soit de façon manuelle, soit, ce qui est le cas le plus général, par la pose d'un poids en inox ou en matière plastique alimentaire à la surface du moule ou par simple superposition des moules les uns sur les autres (**Gillis et Ayerbe, 2018**).

II.3.4. L'égouttage

Le phénomène d'égouttage se traduit par la séparation :

- D'une part, d'un bloc pâte plus ou moins friable composé essentiellement de caséine, de matières grasses et de sels minéraux permis par le phénomène de synérèse ou rétraction du caillé dont la rapidité et l'efficacité sont liées à la teneur en calcium et en matières protéiques du lait ;
- D'autre part, d'un liquide opalescent et acide : le lactosérum qui contient, dissous dans l'eau les autres constituants du lait qui n'ont pas été retenus dans la masse du caillé c'est-à-dire le lactose, les matières azotés solubles (albumine, globuline) et une quantité plus ou moins grande de sels minéraux.

Cet égouttage va définir la teneur en eau du fromage et donc le type de pâte et par suite la qualité du futur fromage ; il sera différent selon que l'on a un caillé de type présure ou un caillé de type lactique (**Pradal, 2012**).

II.3.5. Le salage

Le salage s'effectue de différentes façons, en saupoudrant le caillé de sel, en l'immergeant dans la saumure ou encore en le frottant avec un chiffon salé.

Les rôles du salage sont multiples (**Gillis et Ayerbe**) :

- Il complète et améliore l'égouttage par une exsudation plus rapide de sérum ;
- Il oriente et sélectionne le développement de la flore d'affinage de surface en diminuant l'activité de l'eau A_w de la surface des fromages c'est-à-dire la quantité d'eau restant disponible pour le travail des microorganismes ; il permet ainsi de protéger la surface contre le *Mucor* qui le poil de chat et contre l'oïdium qui provoque la peau de crapaud en favorisant le développement de la moisissure *Penicillium*.
- Il améliore la saveur de la pâte et lui donne du goût en renforçant le pouvoir gustatif des caséines et des matières grasses et en diminuant la perception d'acidité ;
- Le sel joue également un rôle majeur dans la texture, la saveur et la qualité microbienne des fromages ;
- Il participe à la formation de la croûte pour les fromages dont le croûtage est recherché ce qui évite ainsi une dessiccation trop rapide de la pâte.

II.3.6. L'affinage

L'affinage est la dernière phase de fabrication du fromage au cours de laquelle il va développer toute sa flaveur et acquérir ses caractères définitifs au niveau de l'aspect, de la texture, du goût et de la consistance. L'affinage va provoquer la dégradation du lactose en lactates, la dégradation de la matière grasse en glycérol et acides gras qui ont un rôle très important sur l'arôme et la saveur des fromages et la dégradation des matières protéiques en des multiples composés (peptides, acides aminés, alcools et gaz) qui définiront la texture du fromage et lui donneront sa typicité (**Widyastuti et al., 2014**).

La durée d'affinage peut varier de quelques jours à quelques mois selon le type de fromage et le goût recherché par le consommateur.

Les agents d'affinage peuvent être classés dans trois catégories (**Pradal, 2012**) :

- Les enzymes naturelles du lait : elles ont un rôle limité mais tout de même non négligeable selon le type de fromage. Ce sont les lipases qui proviennent des bactéries lactiques et qui hydrolysent les triglycérides en acides gras libres ;
- Les enzymes coagulantes qui proviennent de la présure (chymosine et pepsine) ; ce sont des protéases qui hydrolysent les caséines ;
- Les enzymes d'origine microbienne qui sont composées de bactéries, qui ont un rôle dans l'acidification et la protéolyse mais aussi de levures et de moisissures qui font remonter le pH et qui ont surtout un rôle dans la texture et le goût des fromages.

II.3.7. Rôle des cultures non-starter dans le fromage

Les cultures non-starter ne sont pas responsables de la production d'acide, mais ils contribuent davantage pendant processus de maturation. Ils sont aussi responsables de la production d'arômes de différentes variétés de fromages. Il y a plusieurs étapes pour le développement des arômes des fromages, comme le catabolisme du lactose, la lipolyse qui produit des acides gras, la protéolyse ou dégradation de la caséine suivi d'un catabolisme des acides aminés.

Le fromage fait partie des produits laitiers fermentés avec une grande variété et peuvent être classés en fonction des différents critères qui incluent la contribution des souches LAB dans le processus de maturation. Les cultures starter de LAB sont responsables de la formation de la saveur du fromage. Le rôle principal des cultures starter est de produire de l'acide lors de la fabrication et contribuent également au processus de maturation (**Widyastuti et al., 2014**).

Partie Bibliographique

Les LAB non starter jouent un rôle important dans l'affinage du fromage. Les cultures non starter libèrent des enzymes qui participent à la transformation du caillé en fromage (Tableau 6) (Widyastuti et al., 2014).

Tableau 9 : L'utilisation de *Lactobacillus helveticus* comme Starter de fromage (Widyastuti et al., 2014)

Fromage	Type de Starter
Asiago	Culture naturelle de lactosérum et de lait
Canestrato Pugliese	Culture de lactosérum naturel
Emmental	Culture commerciale
Grana Padano	Culture de lactosérum naturel
Gruyère	Culture commerciale
Montasio	Culture de lactosérum naturel
Mozzarella	Culture naturelle et culture commerciale
Parmigiano Reggiano	Culture naturelle
Pecorino Romano	Culture naturelle en scotta
Pecorino Sardo	Culture naturelle de lactosérum et de lait
Pecorino Siciliano	Culture de lactosérum naturel
Provolone Italiano	Culture de lactosérum naturel
Sbrinz	Culture commerciale
Taleggio	Culture commerciale

III. Les fromages traditionnels en Algérie

III.1. Les produits laitiers en Algérie

En Algérie, la consommation des produits laitiers relève d'une longue histoire traditionnellement liée à l'activité d'élevage, les produits laitiers étant fabriqués par des processus artisanaux anciens, à partir du lait ou de mélanges de laits de différentes espèces. Il existe une variété de produits laitiers artisanaux (du terroir), leur dénomination ainsi que leur processus de fabrication différent d'une région à l'autre, ces produits diffèrent aussi par leur goût et leur consistance, selon la source du lait (vache, chèvre, brebis et chamelle). En matière de superficie, l'Algérie est le premier pays en Afrique, classé neuvième au monde, avec 2 281 741 Km² (**Meribai et al., 2017**).

En Algérie la fabrication de produits laitiers fermentés est essentiellement artisanale. Les produits laitiers traditionnels algériens ont été peu caractérisés. Ils sont semblables à certains produits laitiers largement consommés dans beaucoup de pays méditerranéens et sub-sahariens. Les laits fermentés et les fromages traditionnels, fabriqués le plus souvent par les femmes au foyer, servent à l'autoconsommation et la vente du surplus (**Leksir et al., 2019**).

Parmi les produits laitiers traditionnels nous citons les boissons fermentées traditionnelles Raib et Leben (**Mechai et al., 2014**), des dérivés laitiers gras comme le smen ou Dhan (**Boussekine et al., 2020**), el Zebda (**Benkerroum, 2013**) le Shmen (Semma) et une multitude de fromages traditionnels frais ou fermentés.

III.2. Fromages traditionnels algériens

III.2.1. Jben

III.2.1.1. Définition

Le Jben est un fromage frais, traditionnel de variété molle, connu et fabriqué dans les trois pays du Maghreb. Ce fromage frais traditionnel regroupe des produits aux caractéristiques très variées issues de pratiques de fabrication différentes. Le Jben est un produit laitier connu et consommé au Maroc et en Algérie depuis longtemps aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain. Cependant, au cours de la dernière décennie la consommation des produits laitiers traditionnels en général et du Jben en particulier, s'est accrue suite à l'installation dans les villes d'un grand nombre de laitiers traditionnels qui préparent le Jben à partir du lait cru selon les procédures artisanales (**El Marnissi et al., 2013**).

III.2.1.2. Préparation du Jben

Il existe aujourd'hui de nombreuses méthodes de préparation du Jben.

Le fromage Jben est fabriqué avec du lait cru de vache, de brebis ou de chèvre, acidifié spontanément et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine végétale issues des fleurs de cardon (*Cynara cardunculus L*), d'une plante épineuse sauvage (*Cynara humilis*) ou d'artichaut (*Cynara scolymus*), ou des graines de citrouille. La variété végétale utilisée varie d'une région à l'autre ; elle donne un goût et une texture appréciés par les gens de la région. Les fleurs entières sont mises à macérer dans le lait pour accélérer la coagulation et pour donner un certain goût au fromage. Le caillé est ensuite égoutté et salé ou pas selon la préférence (**Leksir et al., 2019**). Les différentes étapes de cette préparation sont décrites dans la figure 1.

Comme décrit par **Benkerroum et Tamime (2004)**, le Jben au Maroc, peut être artisanalement fabriqué sans coagulation du lait cru par voie enzymatique ; dans ce cas, le lait cru est seulement coagulé par acidification spontanée, puis le caillé est égoutté pendant 2 à 3 jours pour obtenir la consistance désirée. Des additifs peuvent être ajoutés après égouttage et salage (ail, persil, poivre, ...etc.). Le fromage obtenu correspond dans d'autres pays arabes au fromage nommé Jibneh Beida.

En Algérie la transformation traditionnelle du lait cru en fromage Jben est comme suit : Le lait collecté est filtré puis abandonné à lui-même dans les bidons de traite à la température ambiante se situant entre 22 et 26°C pendant 18 à 24 heures ; le Rayeb obtenu tel qu'il subit un écrémage-barattage dans une peau de chèvre ou de brebis (chekoua). Le beurre obtenu appelé Smen est retiré en une seule motte, le petit lait restant appelé Lben est chauffé légèrement jusqu'à séparation du lactosérum, la phase aqueuse (lactosérum) est séparée dans une mousseline pendant 10 à 15 heures et le coagulum obtenu représente le fromage Jben (Figure 2) (**Dahou et al., 2015**). De nos jours, le Jben est également préparé à partir du lait pasteurisé. Les caractéristiques finales d'un Jben typique sont variables et affectées par la préparation du fromage (**Benkerroum et Tamime, 2004**). Le tableau 10 présente certaines caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du Jben.

Partie Bibliographique

Tableau 10 : Résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques du fromage Jben selon Dahou et al. (2015)

Origine du fromage	KHABAZA NAAMA	TOUADJER NAAMA	FORTASSA NAAMA
Type du fromage	Jben de brebis	Jben de vache	Jben de chèvre
Gras /sec : G/S %	25	18	24
Le pH	4,57	4,62	4,81
Eau (g/100g)	72	66	58
Matière sèche (g/100g)	28	34	42
Matière grasse (g/100g)	7	6	10
UFC/g	10 ⁸	2x10 ⁶	5x10 ⁶
Espèces apparentées	<i>Enterococcus</i> 50 % <i>Lactococcus</i> 35 % <i>Pediococcus</i> 15 %	<i>Enterococcus</i> 70 % <i>Lactococcus</i> 30 %	<i>Lactobacillus</i> 60 % <i>Lactococcus</i> 25 % <i>Leuconostoc</i> 10 % <i>Pediococcus</i> 5 %

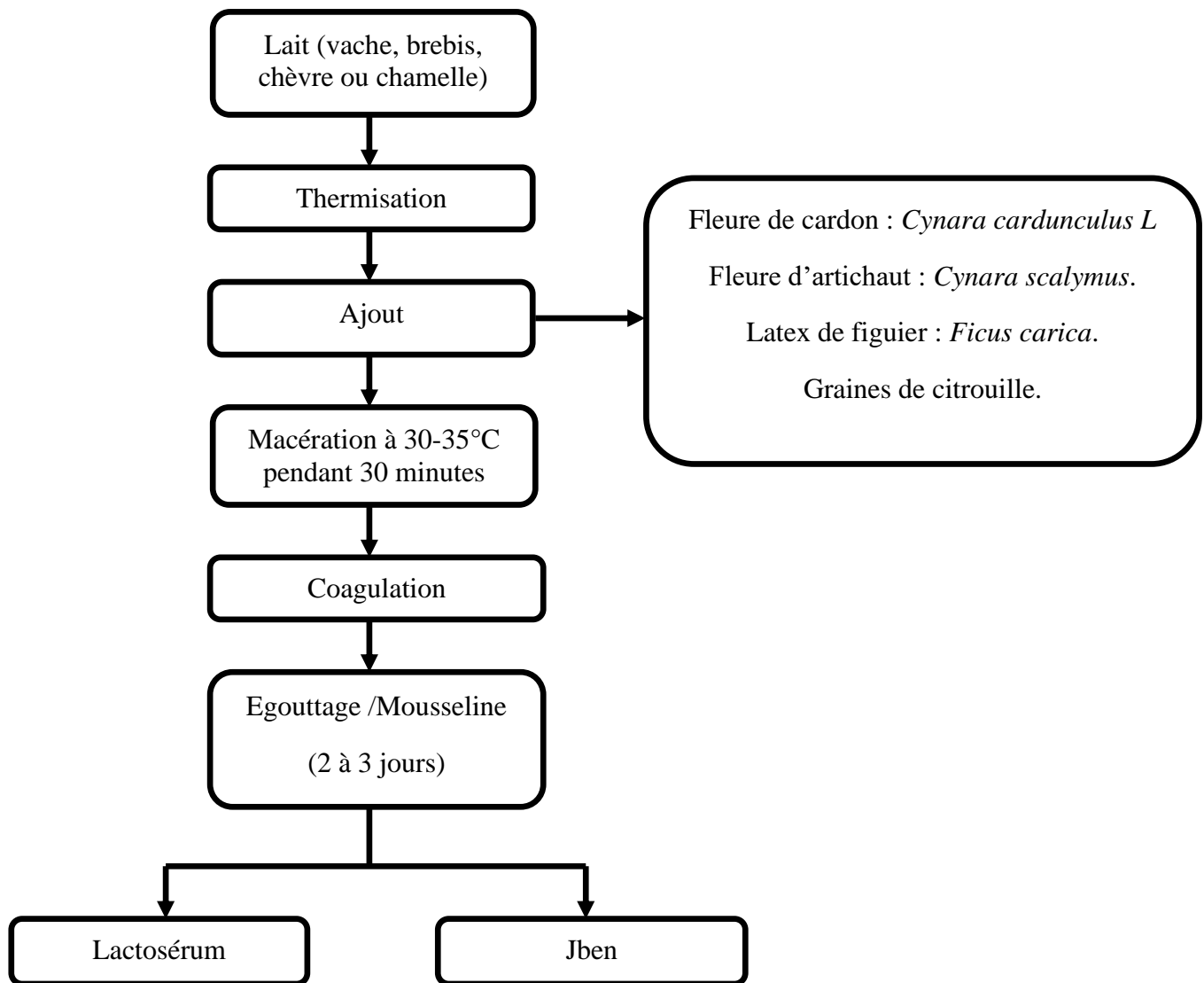


Figure 1 : Diagramme du premier procédé de fabrication artisanal du Jben (Leksir et al., 2019)

Partie Bibliographique

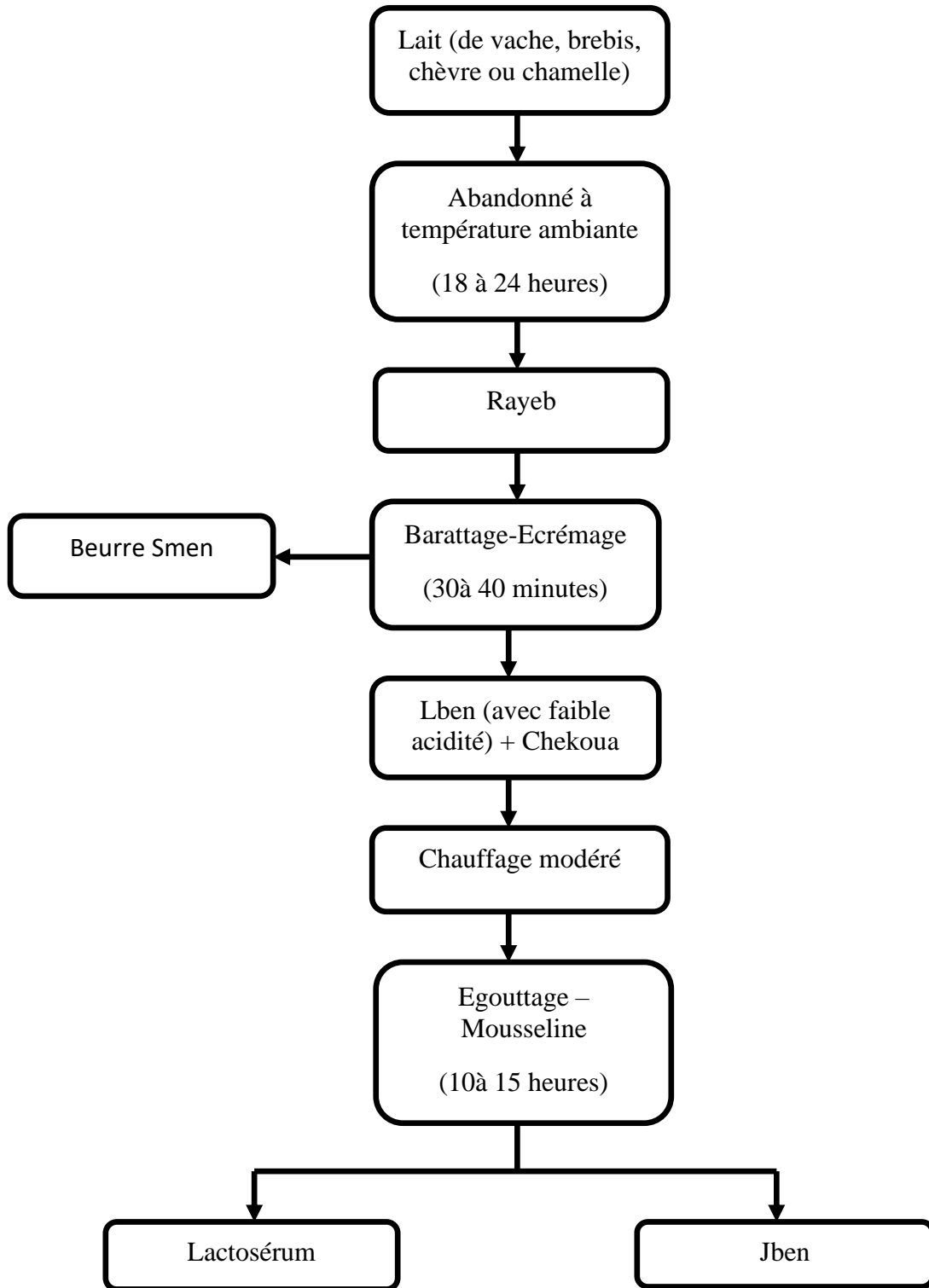


Figure 2 : Diagramme du deuxième procédé de fabrication du Jben (Benkerroum et Tamime, 2004)

III.2.2. Mechouna (Chnina)

Le Mechouna est un fromage à l'origine préparé avec du lait de chèvre, mais actuellement le lait de vache est fréquemment utilisé. Il peut être considéré comme un fromage frais à pâte molle. Le procédé commence par un traitement thermique du lait jusqu'à ébullition, ensuite on ajoute une quantité de Lben salé, égale à la moitié de celle du lait. L'ensemble est chauffé une deuxième fois jusqu'à coagulation et séparation du caillé du lactosérum. Le caillé est séparé du lactosérum par filtration à travers une passoire, puis mis dans une mousseline et suspendu pour égouttage jusqu'à élimination totale du lactosérum. Pour s'assurer que l'égouttage est complet, cette opération est suivie par un pressage. Le fromage est récupéré et gardé dans des récipients en verre au frais, sa conservation ne doit pas dépasser 6 jours (Figure 3) (Leksir *et al.*, 2019).

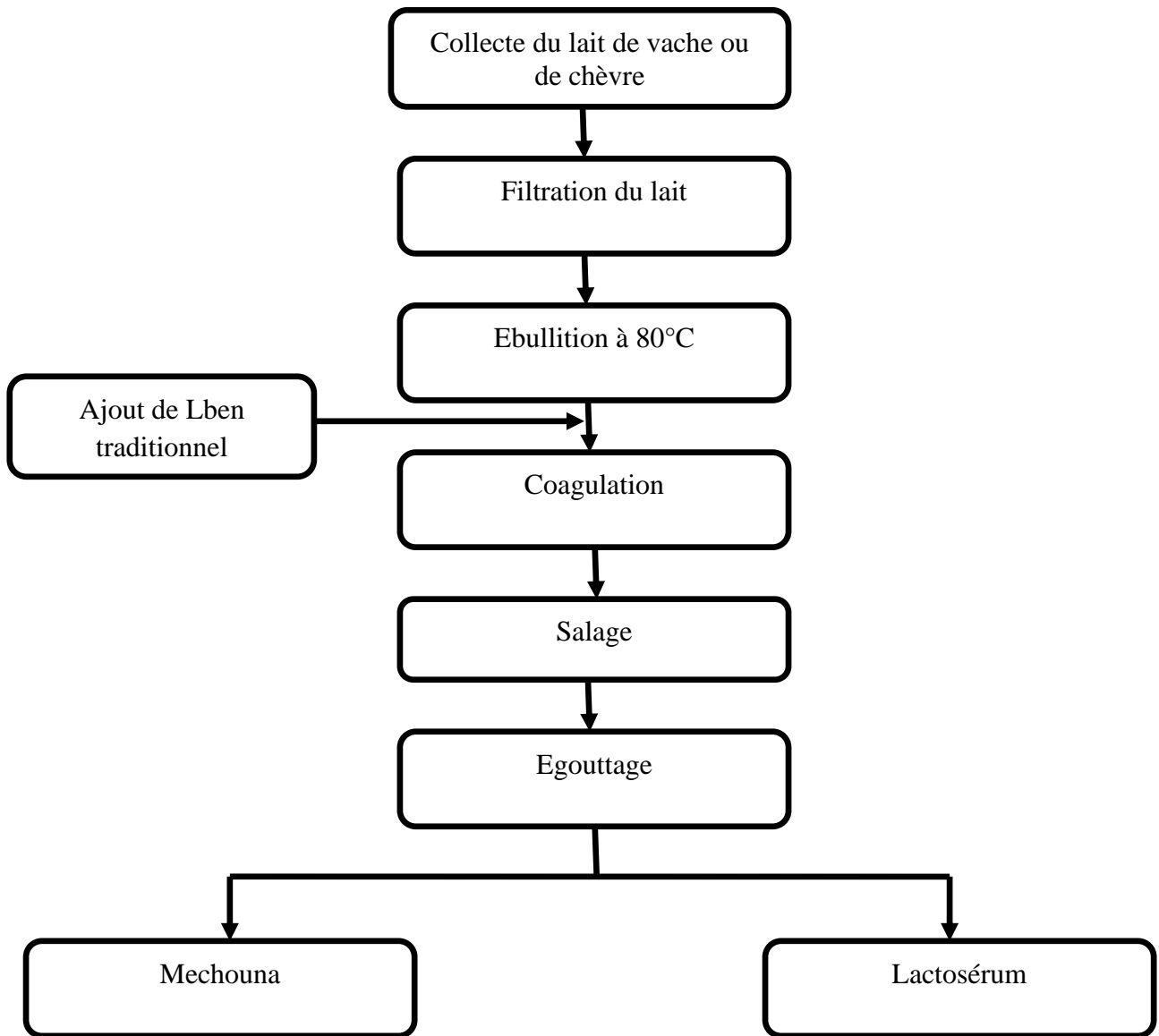


Figure 3 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Mechouna (Leksir et *al.*, 2019)

III.2.3. Ighounane

C'est un fromage fabriqué en Kabylie, dans les hauteurs du Djurdjura, 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 (Leksir et *al.*, 2019).

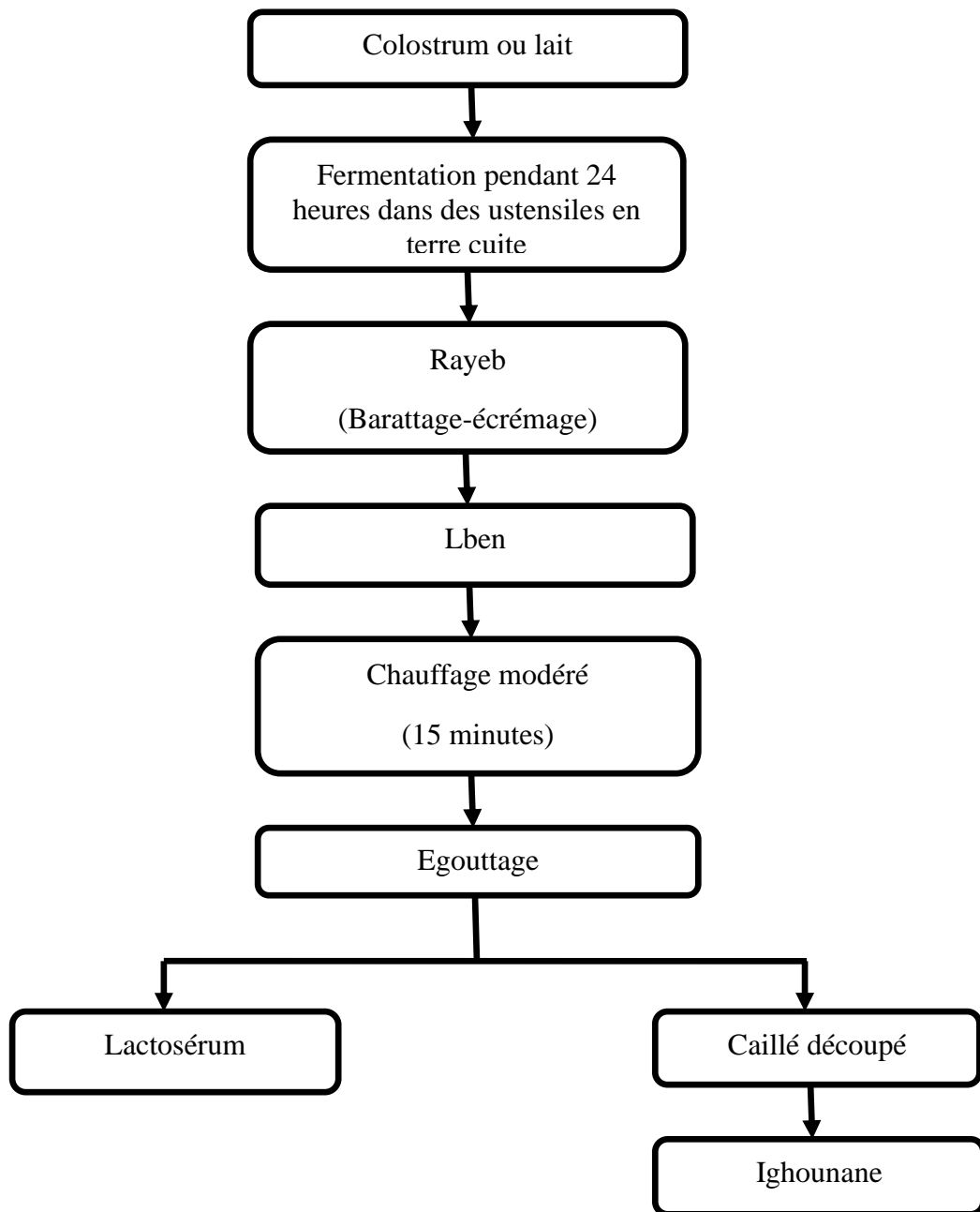


Figure 4 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Ighounane (Leksir et *al.*, 2019)

III.2.4. Aoules

L'Aoules, ou Ioulsân, est un fromage traditionnel algérien de la région du Hoggar (Tamanrasset), préparé par les Touaregs ou Ihaggarren. C'est un fromage sec typique (87% à 92% de matière sèche), obtenu par le chauffage modéré du Lben écrémé issu de lait de chèvre coagulé spontanément.

Partie Bibliographique

Le chauffage est fait dans un récipient en argile jusqu'à la précipitation des caséines. Le précipité est étendu dans un panier de paille et le caillé est malaxé en petite quantité pour donner la forme de petites galettes (2 cm d'épaisseur, 6 à 8 cm de diamètre). Le fromage est ensuite séché au soleil, broyé et peut être mélangé avec de la pâte de dattes ou avec les boissons (**Benkerroum, 2013**).

III.2.5. Takammart

Littéralement 'Fromage' en langue Tamasheq (Touaregs), le Takemmart est un autre fromage de la région désertique du Hoggar, il est produit par l'introduction d'un morceau de caillette de jeunes chevreaux dans le lait. Le caillé obtenu est retiré à l'aide d'une louche et déposé et pétri en galettes sur des nattes à base de tiges de fenouil lui conférant un goût anisé. Les nattes sont, par la suite, exposées au soleil pendant deux jours puis placées à l'ombre jusqu'au durcissement du fromage (Figure 5) (**Leksir et al., 2019**).

Partie Bibliographique

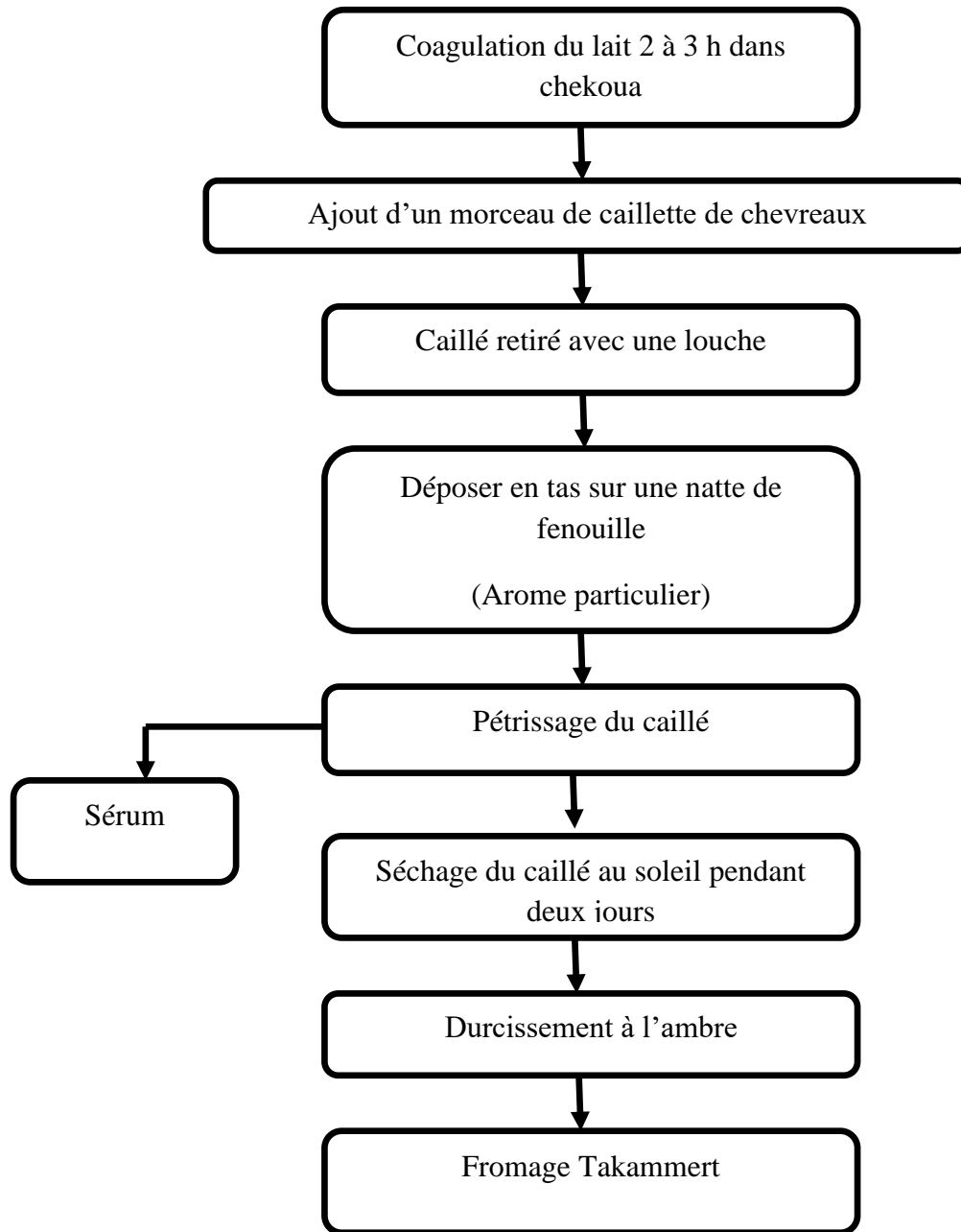


Figure 5 : Diagramme du procédé de fabrication du Fromage Takammert (Leksir et *al.*, 2019)

III.2.6. Bouhezza

III.2.6.1. Définition

C'est un fromage affiné traditionnel, à pâte molle, des régions de l'Est algérien (Oum el Bouaghi, Khenchela, Batna etc....) jadis réputées par une pratique importante de l'élevage extensif des caprins et des ovins.

En effet, à l'origine, le Bouhezza était le produit de la transformation du lait de chèvre et de brebis, toutefois la tendance actuelle semble s'orienter vers l'utilisation du lait de vache.

Le fromage est obtenu après transformation du Lben dans une outre (Chekoua) fabriquée à partir de peau de chèvre préalablement traitée avec du sel et du genièvre. L'égouttage, le salage et l'affinage du Bouhezza sont réalisés simultanément dans l'outre pendant une durée de 2 à 3 mois. Au cours de la période d'affinage, du Lben et du lait sont rajoutés au contenu de l'outre. Au stade de la consommation le fromage est pétri avec incorporation de poudre de piment rouge, ce qui lui donne un gout particulier (Aissaoui Zitoun et al., 2014).

III.2.6.2. Fabrication de la Chekoua du fromage Bouhezza

La fabrication du fromage nécessite la confection de la peau d'animaux sous forme de Chekoua. La Chekoua de Bouhezza se présente comme un sac souple et humide, ayant la couleur de la peau de l'animal 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 (Figure 6) (Aissaoui Zitoun et al., 2014).

Partie Bibliographique

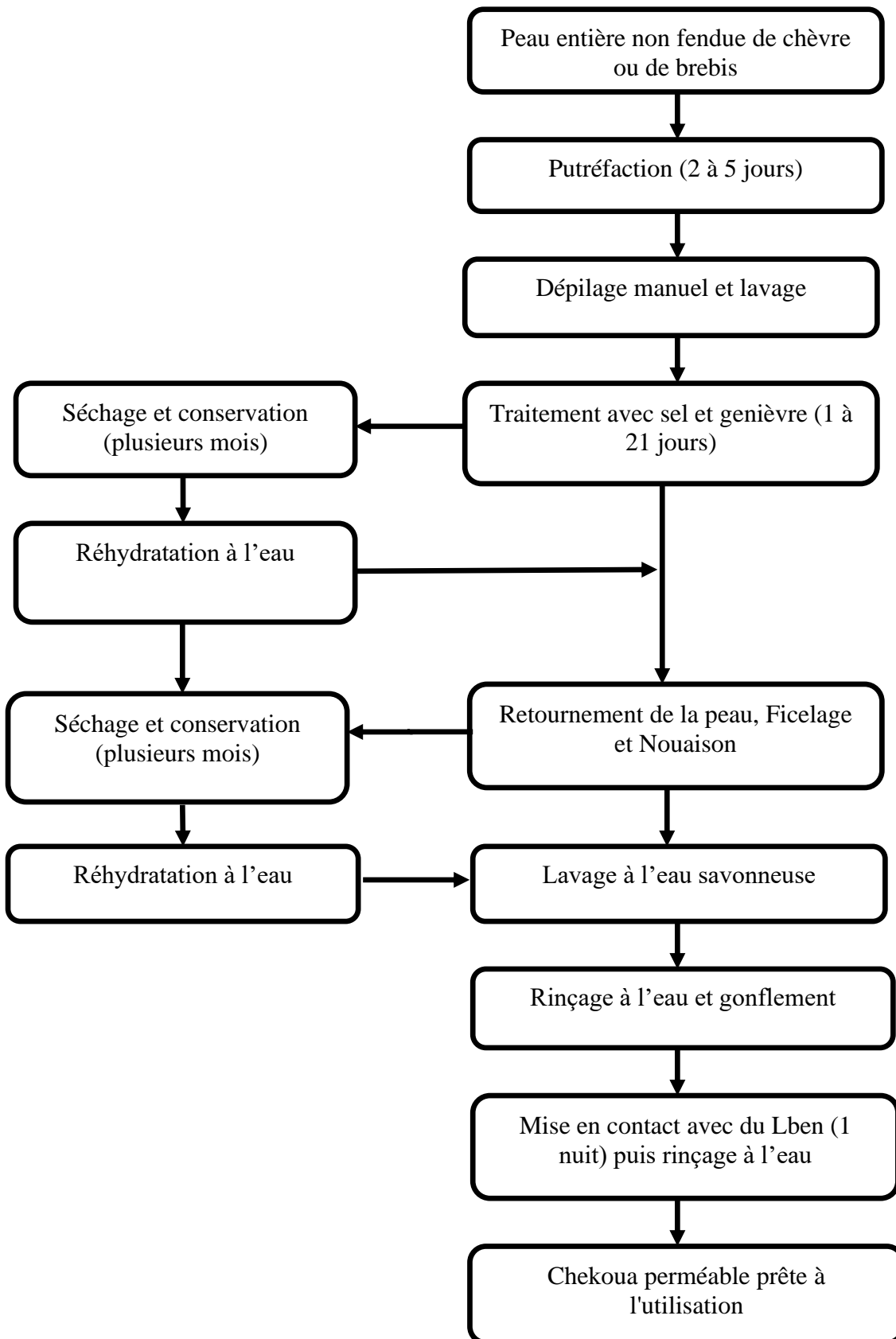


Figure 6 : Diagramme du traitement et de la préparation de la Chekoua du fromage Bouhezza (Aissaoui Zitoun et *al.*, 2011)

III.2.6.3. Préparation de Bouhezza

La fabrication traditionnelle du fromage Bouhezza n'obéit pas aux règles générales de la fromagerie où les étapes de coagulation, salage, égouttage et affinage sont des étapes successives. Le procès de Bouhezza assure la réalisation de ces différentes étapes simultanément et continuellement sur plusieurs semaines voire des mois. Il débute habituellement en mars/avril, partant d'une quantité initiale de Lben, compléter durant toute la période de fabrication par des ajouts de Lben et à la fin de lait cru, à condition que le Lben utilisée soit peu gras et peu acide. La durée de fabrication de Bouhezza est comprise entre 2 à 9 mois, elle est en fonction de l'abondance laitière et de la taille de Chekoua (**Leksir et al., 2019**).

Le fromage Bouhezza est fabriqué avec le lait de vache, de chèvre, ou de brebis avec la possibilité de faire des mélanges de lait. Le salage se fait en masse et il est apprécié durant la fabrication par dégustation. La Chekoua, dans laquelle le Lben et le sel sont ajoutés régulièrement est suspendue dans un endroit aéré et à l'ombre. La face externe de la peau est nettoyée par raclage et rinçage avec l'eau. Une fois le fromage est affiné un ajout de lait cru est réalisé pour ajuster l'acidité et la salinité du fromage. A la fin, le fromage est épicé avec la poudre de piment rouge piquant qui est mélangée avec une quantité du lait cru lors du dernier ajout et bien homogénéisé. L'addition de H'rissa, poivron noir, vinaigre, et colorants (généralement le rouge) est aussi possible. Le fromage est le plus souvent conservé dans la Chekoua (Figure 7) (**Aissaoui Zitoun et al., 2014**).

Partie Bibliographique

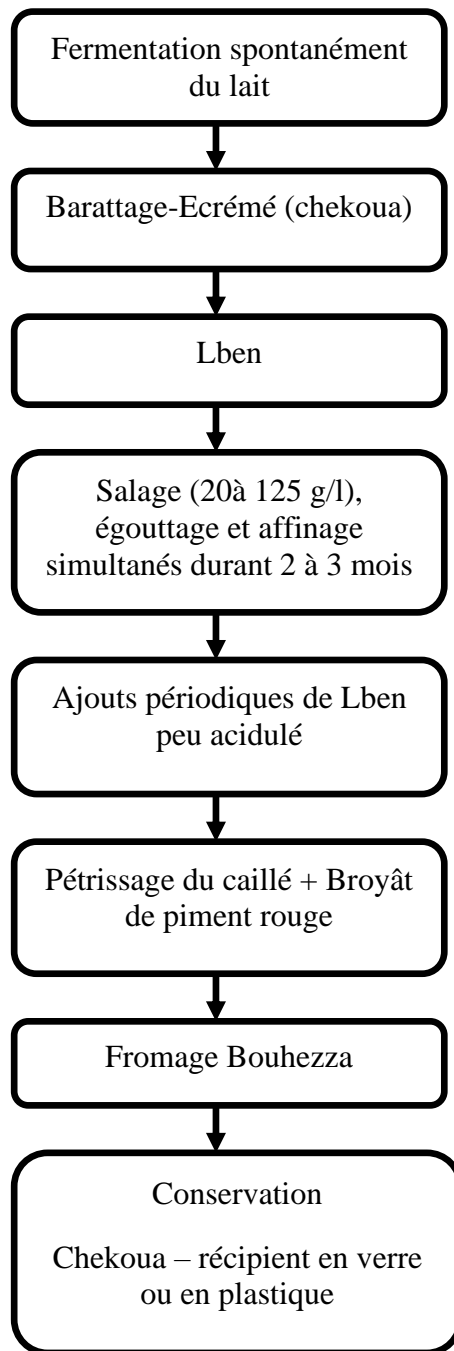


Figure 7 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Bouhezza (Aissaoui Zitoun et *al.*, 2014)

III.2.6.4 Caractéristiques microbiologiques du fromage Bouhezza

Bouhezza est un fromage typiquement fabriqué à partir de lait cru nonensemencé. Il assure cependant le développement d'une microflore très diversifiée et en bon nombre. Ceci se confirme par sa charge importante en flore mésophile totale qui varie en moyenne entre 8,45 et 4,72 log ufc/g. La charge la plus faible est celle de Bouhezza le plus affiné (150 j).

Selon **Aissaoui Zitoun et al. (2014)** la microflore du fromage de ferme Bouhezza est formée essentiellement de bactéries lactiques : les streptocoques lactiques mésophiles (4,9 et 7,52 log ufc/g) et les lactobacilles mésophiles (5,48 et 7,75 log ufc/g). D'après les résultats de plusieurs auteurs, ces bactéries constituent la principale flore du fromage Bouhezza. En effet, les bactéries lactiques constituent la principale flore dans les fromages artisanaux. Les levures et moisissures sont présentes avec une charge plus faible (4 à 5 log ufc/g). Au regard des phénomènes de maturation et surtout de dégradation de matières azotées, l'ensemble de ces groupes jouent un rôle majeur. Ces différentes flores sont dotées d'activités protéolytique et lipolytique.

Généralement le fromage Bouhezza ne contient pas de bactéries pathogènes. Dans les fromages de fermes comme Bouhezza, les coliformes totaux sont de l'ordre de 2 log ufc/g. Cependant, les charges des coliformes fécaux sont plus faibles, <1 log ufc/g. Cette absence de pathogène est probablement due à l'interaction des différentes flores dans le fromage vivant en symbiose et en complémentarité entre eux et à la présence d'antibactériens.

III.2.6.5. Caractéristiques physico-chimiques du fromage Bouhezza

Les teneurs en matière sèche et matière grasse sont les principaux paramètres utilisés dans la classification des fromages. Voici un exemple de résultats de teneur en matière sèche, en matière grasse et en protéines du fromage Bouhezza (Tableau 11).

Partie Bibliographique

Tableau 11 : Composition physicochimique du fromage Bouhezza de ferme (Aissaoui Zitoun et *al.*, 2014)

	Durée d'affinage				
	30 j	40 j	60 j	75 j	90 et plus
EST	23,38 ± 2,12	26,32 ± 5,06	29,18 ± 8,32	31,31 ± 7,53	31,26 ± 6,05
MG/EST	31,34 ± 6,34	27,65 ± 7,90	30,86 ± 5,50	34,13 ± 8,01	39,06 ± 8,07
PROT/EST	53,02 ± 9,89	46,44 ± 12,40	54,45 ± 6,98	43,51 ± 14,30	47,07 ± 7,50
TEFD	82,70 ± 1,87	79,42 ± 4,78	77,59 ± 8,23	76,66 ± 7,88	78,53 ± 2,39

Légende : n : nombre d'échantillon de Bouhezza de ferme, EST : Extrait Sec Total, MG : Matière Grasse, PROT/EST : Taux de protéines rapporté à sec, TEFD : Taux de l'eau dans le fromage dégraissé.

Le pH du fromage Bouhezza quel que soit l'origine ou l'âge d'affinage se situe entre 3 et 4. Aussi, la teneur en acide lactique est entre $4,15 \pm 1,58$ g/100 g et $6,29 \pm 1,51$ g/100 g de l'EST des fromages Bouhezza.

Ces caractéristiques de la pâte du fromage Bouhezza reflètent le caractère acide du fromage, favorisant une sélection des microorganismes à l'intérieure de la pâte, le bas pH des fromages acides empêche le développement des bactéries pathogènes. La teneur en sel du Bouhezza est de 6 à 7 g/100 g de la matière sèche.

III.2.7. Klila

III.2.7.1. Définition et préparation du fromage Klila

Le fromage Klila fut longtemps l'une des rares manières ancestrales pour conserver le lait. Dans les zones rurales, le lait est abondant pendant les périodes de forte lactation. Faute de moyens de conservation, il est difficile de garder l'excès de cette denrée rapidement périssable ; une grande partie de la production est donc transformée en fromage. Au printemps, qui correspond à la période de lactation élevée et d'abondance de lait, le lait est collecté dans des vases à traite et conservé dans des vases à cailler « Rawaba » (Leksir et *al.*, 2019).

Le Rayeb est ensuite baraté par les femmes dans des outres en peau de chèvres ou de brebis appelées 'Chekoua'. Le Rayeb est baratté en ajoutant un peu d'eau froide qui fige le beurre, c'est tout un art de saisir le beurre, la femme engage son bras entier à l'intérieur de l'outre, posée par terre, elle exerce une série de pressions de bas en haut qui ont pour effet de faire remonter les caillots de beurre en suspension jusqu'à l'orifice où elle les saisit. Le lait caillé écrémé donne le Lben (Meribai et *al.*, 2017).

Le fromage Klila est obtenu par un chauffage relativement modéré du Lben jusqu'à la prise de caillé et la séparation d'un lactosérum clair 'El mis' de couleur jaune verdâtre. Le caillé est égoutté spontanément, le fromage obtenu est consommé à l'état frais ou après séchage. Le fromage maigre est étendu à sécher au soleil ou sur les bandes de toitures des tentes. Le fromage sec est conservé dans des outres sèches en peau de mouton ou de chèvre dites 'Mezwed', concassée il sert de condiment dans la cuisine des nomades qui le consomme durant leurs longs voyages en la laissant fondre sous la langue (Figure 8) (**Benlahcen et al., 2017**).

III.2.7.2. Caractéristiques physicochimiques du fromage Klila

Selon les résultats de **Leksir et al (2019)** les résultats de la teneur en matière sèche du fromage Klila donnent des taux variant entre 90,87 et 93,03%. Les résultats de l'humidité donnent des taux variant entre 6,97 et 9,13.

Les valeurs de pH pour le fromage Klila varient entre 4,35 et 4,99. Et en ce qui concerne l'acidité titrable, les valeurs varient entre 24,3°D et 54°D. Les bactéries lactiques fermentent le lactose et acidifient le lait du fait de la production massive d'acide lactique. La croissance des bactéries lactiques dans le lait, puis le caillé, entraîne la consommation du lactose et l'excrétion de l'acide lactique conduisant à l'abaissement du pH. Cette fonction acidifiante des bactéries lactiques est déterminante dans le processus d'élaboration des fromages.

III.2.7.3. Caractéristiques microbiologiques du fromage Klila

Selon les résultats de **Benamara et al (2016)**, les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques du fromage Klila sont données dans le tableau 12.

Partie Bibliographique

Tableau 12 : Les résultats physicochimiques et microbiologiques du fromage Klila selon Benamara et al (2016)

Caractéristiques	Klila à base de lait de brebis	Klila à base de lait de chèvre	Klila à base de lait de vache
Le compte total	5.19	6.48	5.24
Levures et moisissures	> 5.7	> 5.7	> 5.7
<i>Bacillus</i>	< 0.30	< 0.30	2.05
<i>Bacillus cereus</i>	< 0.70	< 0.70	3.63
Bactéries butyriques (<i>Clostridium</i>)	1.00	2.30	2.60
<i>Lactobacillus</i>	5.43	3.69	6.15
<i>Enterococcus</i>	4.41	3.43	3.44
Le pH	4.25	4.46	4.40
Aw	0.368	0.467	0.320
Matière sèche	94.51	94.97	93.18
Acide lactique	0.694	1.008	1.210
Matière grasse	29.33	20.33	25.33
Matière grasse sur extrait sec	31.03	21.41	27.18

Légende : Les données sont exprimées en log (UFC) / g (populations bactériennes), g / 100 g de fromage (matière sèche, acide lactique, matière grasse) et% (matière grasse sur matière sèche).

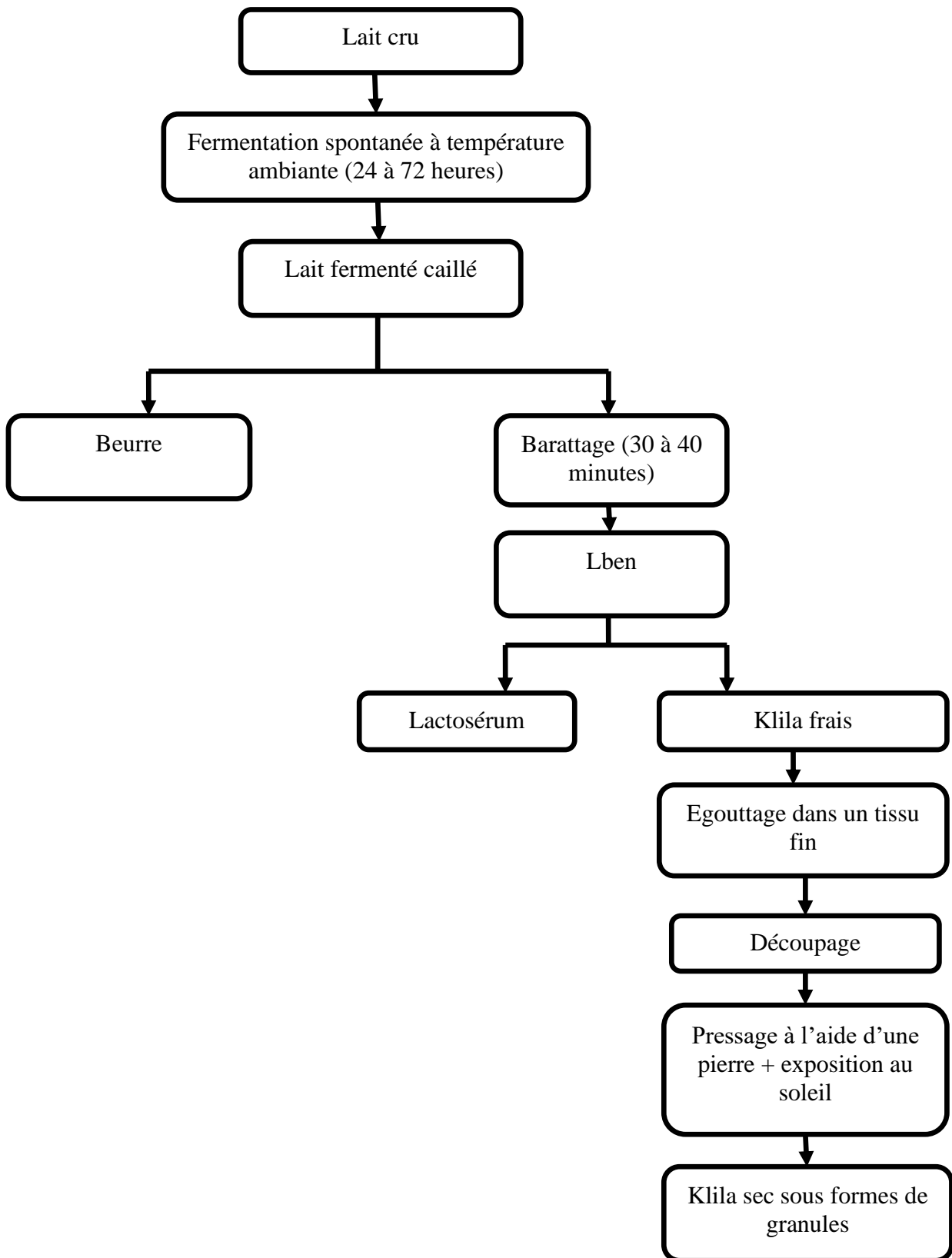


Figure 8 : Procédé de fabrication du fromage Klila (Leksir et *al.*, 2019)

III.2.8. Kemariya

III.2.8.1. Définition

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 (Berbère), est fabriqué selon des procédés traditionnels dans les régions du Mzab, notamment dans la wilaya de Ghardaia (**Leksir et al., 2019**) (Figure 9).

III.2.8.2. Préparation du fromage Kemariya

Le lait cru (de vache, de brebis ou de chamelle) est mis à chauffer dans un récipient, puis un morceau de caillette de poulet est mis dans le lait pendant son chauffage modéré. Puis le lait est abandonné dans un endroit sec et chaud pendant 3 heures. Après ces trois heures, on obtient le fromage Kemariya (**Leksir et al., 2019**).

III.2.8.3. Préparation de la caillette de poulet

La caillette de poulet est ligaturée et récupérée le plus rapidement possible après l'abattage. La caillette est rincée à l'eau puis saupoudrée avec du sel. Elle est attachée à un fil propre et accrochée en exposition au soleil loin de l'humidité pour accélérer le séchage. La durée de séchage est de 2 semaines pendant les saisons chaudes mais peut durer jusqu'à 1 à 2 mois pendant les saisons froides.

III.2.8.4. Préparation de la caillette de veaux, chevreaux, et d'agneaux

La caillette des chevreaux, des veaux et d'agneaux est ligaturée et récupérée rapidement après l'abattage. Les caillettes doivent provenir d'animaux très jeunes et bénéficiant d'une alimentation lactée. Il est préférable de ne pas laver la caillette, l'animal doit donc être indemne de maladies contagieuses, Par la suite, les deux extrémités sont bouchées et la caillette est séchée à l'air libre pendant des périodes variantes de 15 jours à 1 mois selon la saison. La caillette séchée est découpée en morceaux puis conservée pendant 6 mois.

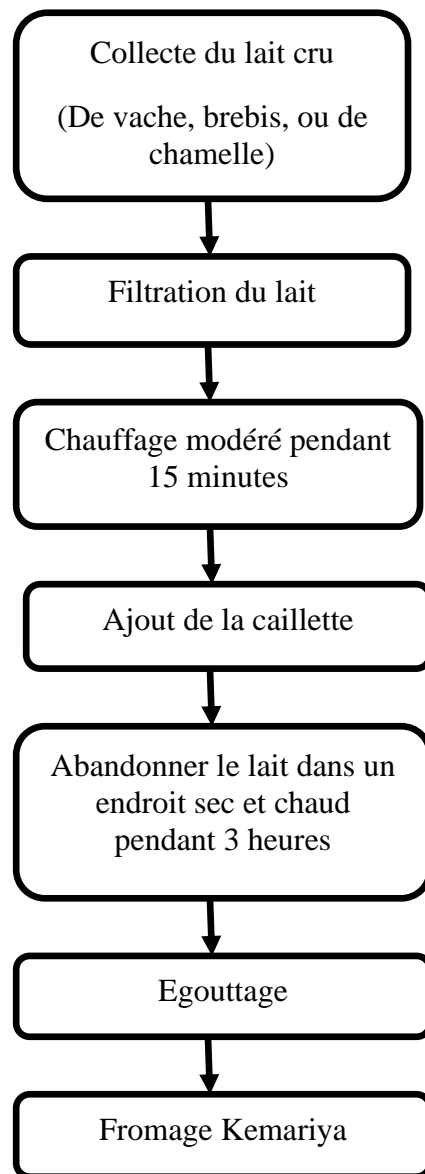


Figure 9 : Diagramme du procédé de fabrication du fromage Kemariya (Leksir et *al.*, 2019)

Partie

Matériel et Méthodes

1. Enquête de fabrication et de consommation des fromages traditionnels Jben et Kemariya

Nous avons collecté les informations sur la fabrication artisanale du Jben et de Kemariya de deux régions rurales : le fromage Kemariya provient de la région Marhoum qui est une commune de la wilaya de Sidi Bel Abbes en Algérie, situé à environ 110 km au sud-est de Sidi Bel Abbes ; Le fromage Jben provient de Mécheria, commune d'Algérie situé dans la wilaya de Naàma dans le nord-ouest algérien.

2. Étude des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des fromages traditionnels Jben et Kemariya

Les fromages Jben et Kemariya sont conservés généralement par les familles algériennes dans des bocaux en verre. Les échantillons ont été transportés à partir des lieux d'achat dans une glacière réfrigérée. Les échantillons ont été conservés dans des flacons en verre préalablement stérilisés. Ils ont été étiquetés et conservés par la suite dans des boîtes stériles dans un réfrigérateur jusqu'à leur utilisation.

Les analyses physicochimiques et microbiologiques des fromages étudiés Jben et Kemariya ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses médicales de Docteur Ismat Benzeghir dans la ville de Sidi Bel Abbes durant l'année 2020. L'origine des échantillons collectés pour cette étude sont décrits dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Informations sur les fromages collectés

Echantillons	Origine	Saison	Matière première	Texture	Poids
Jben	Willaya de Naàma (Commune Mécheria)	Hiver	Lait de chamelle	Matière molle	500 g
Kemariya 1	Sidi Bel Abbes (Commune Marhoum)	Hiver	Lait de vache	Matière molle	150 g
Kemariya 2	Sidi Bel Abbes (Commune Marhoum)	Hiver	Lait de brebis	Matière molle	500 g

Matériel et Méthodes

2.1. Analyses physicochimiques des fromages traditionnels : Détermination du pH

Dix grammes de l'échantillon ont été homogénéisés avec 20 ml d'eau distillé. Le pH a été déterminé en utilisant un pH-mètre numérique où l'électrode a été insérée directement dans le produit. Quatre essais ont été réalisés pour chaque échantillon.

2.2. Analyses microbiologiques des fromages traditionnels

On effectue des dilutions décimales pour chaque échantillon à l'aide d'eau physiologique stérile. Elles doivent être effectuées dans des conditions aseptiques et minutieuses. Les dilutions suivent des séries logarithmiques dont les termes sont en progression géométriques : 0,1 ; 0,01 ; 0,001 ; ect. Pour chaque dilution 1 ml de la solution mère ou de la dilution précédente est mélangé à 9 ml d'eau physiologique. Une forte agitation au vortex est nécessaire pour préparer chaque dilution.

2.3. Recherche des germes indésirables dans les fromages traditionnels

Les milieux de culture sélectifs ainsi que les conditions d'incubation sont donnés par le Tableau 14.

Tableau 14 : Milieux sélectifs et conditions d'incubation pour la recherche des germes indésirables dans les fromages traditionnels

Germes recherchés	Milieux de culture	Température d'incubation	Temps d'incubation
FMAT	Gélose PCA	30°C	72 heures
Entérobactéries	Bouillon BCPL + cloche de Durham	Coliformes totaux 37°C	24 à 48 heures
	Eau peptonée exempte d'indole + réactif de Kovacs	Coliformes fécaux 45°C	24 heures
Streptocoques fécaux	Bouillon Rothe	37°C	24 à 48 heures
	Bouillon Eva Litsky	37°C	24 heures
Staphylocoques	Bouillon BHIB	37°C	24 heures
	Gélose Chapman	37°C	24 heures
Germes sulfito-réducteurs	Gélose Viande Foie Alun de fer Sulfite de sodium	37°C	24 à 48 heures
Levures et moisissures	Gélose Sabouraud au Chloramphénicol	30°C	5 jours

Matériel et Méthodes

Légende : gélose PCA : Plate Count Agar, Bouillon BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol, Bouillon BHIB : Bouillon Cœur Cervelle.

2.3.1. La flore mésophile aérobie totale

La flore mésophile est l'ensemble de germes capables de se multiplier en aérobiose avec une croissance optimale à 30°C. L'importance de l'étude de la flore totale est de déterminer la qualité hygiénique qui caractérise le risque pour la santé du consommateur, la qualité commerciale qui caractérise l'existence ou le risque d'altération, et l'étude spécifique de la flore totale apporte des informations sur la salubrité du produit. Le dénombrement est réalisé sur gélose PCA.

Le milieu est ensemencé en surface avec 0,1 millilitre de dilutions décimales. Après incubation à 30°C pendant 72 heures on compte les colonies formées. Les colonies de FTAM se présentent sous forme lenticulaire, seules les boîtes ayant un UFC compris entre 30 et 300 seront prises en compte.

2.3.2. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

▪ Coliformes totaux et fécaux

Les bactéries coliformes existent dans les matières fécales mais peuvent également se développer dans certains milieux naturels (sols, eau, végétation) et alimentaires. Les bactéries coliformes qui peuplent l'intestin peuvent être identifiées par leur tolérance à une température de 44-45 °C, la présence de ces coliformes thermo-tolérants est une preuve indiscutable d'une contamination par matières fécales.

Le contrôle régulier des aliments se fait par colimétrie, cette dernière est l'ensemble des méthodes permettant la recherche et le dénombrement des coliformes, qui indique une contamination.

Dans notre étude nous avons utilisé le Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol réparti à raison de 10 ml par tube muni d'une cloche de Durham. La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux ;
- Le test de confirmation : appelé test de Mac Kenzie, réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

Matériel et Méthodes

Le gaz éventuellement présent dans les cloches de Durham au moment de l'ensemencement est chassé, le milieu et l'inoculum sont bien mélangés avant l'incubation. L'ensemble des tubes ainsi préparés est incubé à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Lors du dénombrement des coliformes totaux, les tubes du bouillon BCPL trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à la fois dans un tube de BCPL muni d'une cloche de Durham et un tube d'eau peptonée, exempte d'indole. Les tubes sont refermés et incubés à 44 °C pendant 24 à 48 heures. A la lecture on considère comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux
 - Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). La lecture finale est effectuée selon les prescriptions de la table de Mac Grady.
 - Formation d'anneau rouge à la surface des tubes d'eau peptonée après addition de 2 à 3 gouttes de réactifs de Kovacs témoignant de la production d'indole par *Escherichia coli*, suite à la dégradation du tryptophane grâce à la tryptophanase.
- **Streptocoques fécaux**

Conformément à la norme NF T 90-411, le principe se résume à la recherche et au dénombrement des streptocoques du groupe D en milieu liquide. Alors que des tubes primaires contiennent déjà une certaine quantité d'azide de sodium (milieu de Rothe), le repiquage des tubes positifs se fait sur un milieu nettement inhibiteur avec une concentration plus élevée en azide de sodium et de cristaux violets (milieu Litsky), ne laissant se développer que les streptocoques.

Test présomptif : recherche et dénombrement des streptocoques totaux.

On prépare séries de tubes contenant chacun 9 ml de milieu Rothe (simple concentration). Dans la première série de tubes nous rajoutons 1 ml de la solution mère (10⁰). On réalise la même opération avec les autres séries en ajoutant aux 2 premiers 1 ml de la dilution 10 puissance moins 1 et aux 2 autres 1 ml de la dilution 10 puissance moins 2, l'opération se répète jusqu'à 10 puissance moins 4.

On homogénéise par agitation du contenu des tubes de façon à ce que les bactéries et la concentration en inhibiteurs soient identiques en tout point. L'ensemble des tubes ainsi préparés sont incubés à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Les tubes présentant un trouble bactérien sont considérés comme positifs.

Test confirmatif : identification des streptocoques de groupe sérologique D.

Après agitation des tubes positifs on prélève 2 à 3 gouttes de chaque tube positif, et on les repique dans un tube contenant du milieu Litsky, on incube à 37°C pendant 24 à 48 heures.

On note le nombre de tubes positifs et on exprime le nombre le plus probable de germes dans les échantillons selon la table Mac Grady.

2.3.3. Les germes anaérobies sulfito-réducteurs

Le milieu viande foie est un milieu de culture. Il est principalement utilisé en tube profond pour la détermination du type respiratoire des microorganismes, mais aussi pour la culture de germes anaérobies stricts tels que les Clostridium.

2.3.3.1. Principe

Après la destruction des formes végétatives par un chauffage à 80°C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, additionné de sulfite de sodium et de sel de fer.

Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito-réducteurs se traduit par un halo noir des colonies.

2.3.3.2. Mode opératoire

Les colonies sont identifiées sur milieu gélosé VF solide additionnée à 1 ml de sulfite de sodium à 10% et 4 gouttes d'alun de fer 5%.

Un chauffage de la dilution mère est réalisé à 80°C pendant 10 minutes : il permet de sélectionner les formes sporulées. Plusieurs tubes contenant 15 ml de milieu en surfusion reçoivent respectivement 1 ml de suspension.

2.3.3.3. Incubation

L'incubation dure 24 à 48 heures à 37°C. Les colonies noires sont identifiées.

2.3.4. Levures et moisissures

A partir des dilutions décimales, 10^{-1} à 10^{-4} , un volume de 0,1 ml est porté aseptiquement dans une boîte de Pétri contenant de la gélose Sabouraud au chloramphénicol. Les gouttes sont étalées à l'aide d'un râteau stérile, puis incubées à 25°C pendant 5 jours.

2.3.5. Staphylocoques dorés

2.3.5.1. Principe

Le milieu Chapman est un milieu classique, il permet d'une part l'isolement sélectif des staphylocoques sur la base de leur tolérance à de fortes teneurs de NaCl, et d'autre part à la différenciation de souche *Staphylococcus aureus*, par la mise en évidence de la dégradation du mannitol.

2.3.5.2 Mode opératoire

Enrichissement : Le Bouillon Cœur Cerveille est un milieu riche utilisé pour la culture des germes exigeants. Son utilisation est recommandée pour le dénombrement de *Staphylococcus aureus* dans les aliments. On met 1 gramme de fromage broyé dans 9 ml de bouillon BHIB. Incubation à 37°C pendant 72 heures.

Isolement : on ensemence à partir du bouillon d'enrichissement la gélose Chapman. L'inoculum est posé sur la surface du milieu de culture préalablement coulé et refroidi, suivit d'un étalement selon la méthode des trois cadrans.

2.3.5.3. Incubation

Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 heures.

2.3.5.4. Lecture

La présence des staphylocoques se manifeste par l'apparition de colonies dorées accompagnées de changement de couleur autour de celles-ci. Les autres espèces de *Staphylococcus* donnent des colonies généralement plus petites, rosées et n'entraînant pas de virage du milieu.

Le milieu Chapman permet la sélection des staphylocoques et orientation pour l'identification de *Staphylococcus aureus*, mais il ne s'agit que d'un test de présomption et une confirmation par des tests plus spécifiques (coagulase, catalase, galerie API STAPH) reste obligatoire.

2.3.5.5. Identification par la galerie (API Staph)

API Staph est un système standardisé pour l'identification des genres *Staphylococcus*, *Micrococcus*, comprenant 20 tests biochimiques classiques de différencier les espèces de *Staphylococcus*. Les caractères déterminés par cette galerie sont : Attaque de différents sucres ou polyalcools ; Recherche de nitrate réductase, de phosphatase, d'arginine dihydrolase et d'uréase.

L'usage de cette galerie s'effectue de la manière suivante :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- Un inoculum bactérien d'opacité égale à 0,5 de McF est préparé avec l'eau physiologique stérile à partir d'une culture pure de 18 heures sur gélose au sang. À l'aide d'une pipette, remplir l'eau physiologiqueensemencée dans les tubes de la galerie à l'exception des cupules sans pour autant dépasser le niveau des tubes.
- Créer une anaérobiose dans les tests ADH et URE, en remplissant leurs cupules d'huile de paraffine ensuite renfermer la boîte d'incubation et incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- La lecture peut s'effectuer directement par rapport aux résultats du tableau d'identification, ou bien après transformation de ces résultats en code chiffré dont la signification est donnée par un inde numérique (API web). Ce chiffre est donné l'usage du catalogue analytique ou du logiciel d'identification.

2.4. Isolement et culture de la flore lactique

2.4.1. Enrichissement

Dans un premier tube à essai contenant 9 ml de MRS liquide stérile, on met 1 g de fromage broyé légèrement.

Dans un deuxième tube à essai contenant 9 ml de M17 liquide stérile, on met 1 g de fromage broyé légèrement.

Dans un troisième tube à essai contenant 9 ml de milieu Elliker liquide stérile, on met 1 g de fromage broyé légèrement.

2.4.2. Incubation

Les tubes sont incubés à 37°C pendant 72 heures.

2.4.3. Isolement

A partir des milieux d'enrichissement, on ensemence les milieux de culture spécifiques selon la méthode des trois cadrans. Le tableau 15 présente les milieux et condition d'incubation des bactéries lactiques.

Tableau 15 : Les milieux d'isolement et condition d'incubation des bactéries lactiques

Milieux d'enrichissement	Milieux d'isolement	Bactéries recherchées	T°C - Durée	Incubation
Bouillon MRS	Gélose MRS	Lactobacilles	37°C pendant 24-72 heures	Anaérobiose
Bouillon M17	Gélose M17	Streptocoques lactiques	45°C pendant 24-72 heures	Aérobiose
Bouillon Elliker	Gélose Elliker	Lactocoques	30°C pendant 48-72 heures	Aérobiose

2.4.4. Purification

La purification des souches isolées est réalisée par repiquages successifs alternant sur milieux sélectifs MRS solide (par la méthode des stries), et l'incubation à 37°C. La pureté des souches est révélée par des colonies homogènes ayant le même aspect extérieur (couleur, taille et forme). Ces colonies pures sont retenues pour la suite de l'étude.

2.4.5. Conservation des souches

Après purification, les souches sont conservées par deux méthodes :

- **Conservation de courte durée**

La conservation à court terme des souches pures est effectuée sur milieu solide MRS incliné. Après croissance à la température optimale, les cultures sont maintenues à 4°C et le renouvellement des souches se fait par repiquage toutes les 4 semaines.

▪ Conservation de longue durée

Les cellules des isolats purifiés sont congelées à -20°C dans un milieu contenant 70% de lait écrémé (enrichi par 0,05 pour cent d'extrait de levure) et 30 pour cent de glycérol après la centrifugation à 3000 tr par min pendant 10 minutes. La culture peut être conservée plusieurs mois. Avant toutes utilisations des souches, une culture congelée était réactivée et repiquée sur son milieu pendant deux nuits successives.

2.5. Identification des isolats

2.5.1. Critères morphologiques

2.5.1.1. Caractérisation macroscopique

L'examen macroscopique est porté sur l'observation visuelle de la culture des isolats sur milieu solide ; pour caractériser la taille, la forme, la viscosité, le contour, les reliefs, l'opacité, et la couleur des colonies.

2.5.1.2. Caractérisation microscopique

La coloration de Gram est qualifiée de coloration différentielle car elle permet dès le début de l'examen bactériologique, de cataloguer les bactéries en deux groupes distincts basés sur des propriétés de coloration : les Gram positifs et les Gram négatifs. Cette coloration s'effectue en suivant le protocole suivant :

Étalement : L'étalement doit se faire en couche mince et régulière avec une pipette Pasteur, sur une lame propre dégraissée.

Dessication : Laisser sécher à l'air libre, ou rapprocher la lame à 15-20 cm au dessus de la flamme du bec Bunsen. Le frottis doit devenir terne mais ne doit pas brunir, ni brûler.

Fixation : L'étape de fixation qui suit, consiste à tuer les bactéries, à rendre les membranes plus perméables, à fixer les structures sans les altérer et à faire adhérer le frottis à la lame. Passer trois fois rapidement dans la flamme la face de la lame opposée à l'étalement, sans trop insister sous peine de carboniser le frottis ; le frottis est prêt à subir une coloration.

Coloration de Gram

Coloration primaire : couvrir la lame de violet de gentiane et laisser agir 1 minute. Jeter l'excès de colorant ;

Mordantage : couvrir la lame de lugol et laisser agir 1 minute ;

Décoloration : on soumet alors le frottis coloré à une étape de décoloration en le traitant avec l'éthanol 95% durant 30 secondes ;

Arrêter la différenciation par un lavage doux et abondant à l'eau distillée ;

Coloration secondaire : recolorer les germes décolorés par un différenciateur, en faisant agir sur la préparation un colorant de contraste, la fushsine pendant 1 minute ;

Laver à l'eau distillée et sécher la lame au-dessus de la flemme ;

Observer à l'objectif à immersion

Les bactéries qui ont gardé leur première coloration sont violettes, et sont dites Gram positives.

Celles qui ont été décolorées par l'alcool se présentent roses, elles sont appelées Gram négatives.

2.5.2. Critères physiologiques et biochimiques

2.5.2.1. Test de la catalase

Le test catalase sert à démontrer si la bactérie possède l'enzyme catalase servant à décomposer le peroxyde d'hydrogène.

L'activité catalytique consiste à prélever une colonie sur gélose MRS ou M17 et la dissocier dans une goutte d'eau oxygénée (H_2O_2) à 10 volumes ; l'apparition de bulles révèle le dégagement d'oxygène.

2.5.2.2. Test oxydase

Le test oxydase permet de mettre en évidence la présence de l'enzyme capable d'oxyder le substrat utilisé et ne signifie pas la présence d'une oxydase particulière. Le substrat utilisé est l'oxalate de diméthyl-paraphénylène-diamine sous forme d'un disque du papier filtre.

Matériel et Méthodes

On prélève une colonie de la souche à étudier à l'aide d'une anse stérile et on l'étale sur le disque d'oxydase préalablement imbibé avec une goutte d'eau distillée stérile. La présence de l'oxydase se manifeste par une coloration violette après 30 secondes et la bactérie est jugée oxydase positive.

2.5.3. Croissance à différentes températures

Ce test est important car il permet de distinguer les bactéries lactiques mésophiles des bactéries lactiques thermophiles. L'aptitude à la culture est testée à :

- 37°C et 45°C (lactobacilles) sur milieu MRS
- 45°C (streptocoques lactiques) sur milieu M17

La croissance est appréciée par l'apparition de trouble.

2.5.4. Type fermentaire

Ce test permet d'apprécier le type de métabolisme par le lequel le substrat carboné est transformé. Ce test permet de classer les bactéries en hétérofermentaire ou homofermentaire. Il est effectué dans un milieu dépourvu de citrate pour éviter la formation de CO₂ liée à ce métabolisme particulier.

On ensemence un tube de 10 ml de bouillon MRS, dans le milieu on introduit une cloche de Durham, le CO₂ dégagé par les bactéries hétérofermentaires s'accumule dans la cloche après l'incubation à 30°C pendant 24 à 48 heures.

On ensemence un tube de 10 ml de bouillon M17, on introduit aussi une cloche de Durham, qui permet d'apprécier la production de gaz. L'incubation s'effectue à 42°C pendant 24 heures.

2.5.5. Croissance dans des conditions hostiles

2.5.5.1. Culture sur milieu hyper-salé

La croissance des souches est testée à différentes concentration de chlorure de sodium (NaCl). Ensemencées sur des bouillons hyper-salés à 4% et à 6.5% de NaCl, en les incubant à 30°C pendant 48 H. Ce test permet de séparer entre : Streptococcus, Lactococcus, Enterococcus. La présence du trouble indique la croissance des bactéries lactique en comparaison avec un tube témoin non ensemencé.

2.5.5.2. Test de croissance à un milieu hyperalcalin

Le test est réalisé sur un bouillon ajusté à un pH = 9,6. Après ensemencement du milieu avec une culture jeune et incubé à 30°C pour les souches mésophiles et à 45°C pour les souches thermophiles pendant 24 à 72h. Après incubation, l'observation d'un trouble signifie que la bactérie résiste au milieu hyperalcalin (pH = 9,6).

2.5.5.3. Test de thermo-résistance

La thermo-résistance est réalisée pour les cocci, un chauffage du milieu à une température de 60°C pendant 30 minutes est réalisé en utilisant le milieu M17 liquide. Le chauffage est réalisé dans un bain marie. L'incubation se fait à 42°C pendant 24 heures.

2.5.6. Croissance sur le lait bleu de Sherman (1937)

Tester le développement en présence 1 pour cent et 3 pour cent de bleu de méthylène. Du lait écrémé additionné de 0,1 et ou 0,3 de bleu de méthylène, est ensemencé et incubé durant une période de 24 à 48 heures à 30°C. *Lactococcus lactis* est capable de pousser en présence de 0,3 pour cent de bleu de méthylène. Ce test nous permet de différencier entre les lactocoques qui poussent en présence de 0,3% de bleu de méthylène, les entérocoques qui poussent en présence de 0,1% et non à 0,3% et les streptocoques thermophiles qui sont très sensible au colorant. La réaction positive se traduit par la réduction de par la réduction de bleu de méthylène qui vire de bleu (forme oxydé) vers transparent (forme réduite).

2.5.7. Hydrolyse de l'arginine (ADH)

Une culture de 24h est ensemencée dans le milieu Moeller à l'arginine et sur un autre sans l'arginine (serviront de contrôle). Puis l'ajout d'une couche de l'huile de vaseline stérile (1ml) pour favoriser les conditions d'anaérobiose. La lecture s'effectue après 2 à 6 jours à 30°C.

L'arginine décarboxylase est mis en évidence par le changement de la couleur du milieu du violet vers le jaune au bout de quelques heures (8-10 h) qui s'explique par l'acidification du milieu par les bactéries lactiques en utilisant le glucose comme source de carbone et d'énergie, puis un virage vers le violet (après 24 h) qu'est due à la formation d'ammoniaque (ré-alcalinisation du milieu). Le tube témoin vire au jaune et garde la couleur.

2.5.8. Hydrolyse de l'esculine

Ce test concerne la recherche de l'enzyme esculine hydrolase. Cette enzyme hydrolyse l'esculine (un hétéroside) en glucose et esculétine. L'esculétine donne en présence de citrate ferrique une coloration noire due à la formation d'esculine ferrique. Inoculer le milieu à partir d'une culture de 24 heures. Après une incubation à 30°C pendant 24 à 48 heures, une réaction positive se traduit par un noircissement du milieu dû aux sels ferriques soluble et l'esculétine. Pour les bactéries négatives, le milieu reste inchangé mais il ya croissance.

2.5.9. Production d'acétoïne

Le milieu utilisé est le bouillon Clark et Lubs préalablement inoculé avec des souches bactériennes et incubé à une température adéquate (généralement 30°C) pendant 24h. L'acétoïne est mis en évidence par la réaction de Voges Proskauer (VP), en ajoutant 10 gouttes de réactif VP1 et le même volume de réactif VP2. Les tubes sont inclinés pour permettre une bonne oxygénation. La réaction positive se traduit par l'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu, après quelques minutes.

2.5.10. Utilisation du citrate

La fermentation du citrate est recherchée sur milieu de Kempler et McKay (LMK) qui estensemencé par striation puis incubé pendant 48 heures à 30°C. La capacité de fermenter le citrate par les souches testées est révélée par l'obtention de colonies bleues (Citrate positif). Les colonies incapables de fermenter le citrate restent blanches (Citrate négatif).

2.5.11. Identification par la galerie API 50CHL

Les galeries API50CHL permettent une identification des bactéries lactiques au niveau de l'espèce et même parfois de la sous espèce sur la base de la fermentation de 49 sucres différents.

La galerie API 50CHL est constituée de 50 microtubes permettant l'étude de la fermentation de substrat, appartenant à la famille des hydrates de carbone et dérivés (hétérosides, polyalcools, acides uroniques).

Préparation des galeries

Chaque galerie est constituée de 5 bandes comprenant chacune 10 tubes numérotés.

- Préparer une boîte d'incubation (fond et couvercle)
- Inscrire la référence de la souche sur la languette latérale de la boîte
- Répartir environ 10 ml d'eau distillée ou déminéralisée dans les alvéoles du fond pour créer une atmosphère humide
- Sortir les bandes de leur emballage, séparer en deux les bandes 0-19 et 20-39 et les déposer dans le fond de la boîte d'incubation
- Compléter la galerie avec la bande 40-49

Préparation de l'inoculum

- Cultiver les bactéries sur un milieu adapté à sa croissance
- Après 24 h d'incubation, la culture est récupérée par centrifugation à 3100 tr par minute pendant 10 minutes, le culot est rincé 2 fois à l'eau physiologique stérile
- Préparer l'inoculum dans le milieu de l'API 50CHL.

Inoculation des galeries

Répartir la suspension bactérienne à l'aide d'une pipette stérile dans les 50 tubes de la galerie en se conformant aux précautions suivantes :

- Incliner légèrement vers l'avant la boîte d'incubation
- Eviter la formation de bulles en posant la pointe de la pipette sur le côté de la cupule
- Lorsque le tube doit être inoculé, les cupules sont remplies avec de l'huile de paraffine stérile
- Incuber les galeries à la température optimum de croissance de bactéries étudiées

Durant la période d'incubation, la fermentation des sucres est indiquée par une couleur jaune exceptée pour l'esculine (brun foncé). Les résultats sont lus à 24 heures et vérifiés après 48 heures d'incubation.

Partie

Résultats et discussion

1. Echantillonnage des deux types de fromage Jben et Kemariya

Deux fromages issus du nord-ouest algérien (Sidi Bel Abbès et Naàma), soit le Jben (un échantillon) et Kemariya (deux échantillons) ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique et microbiologique dans cette étude.

Les échantillons ont été transportés dans une glacière réfrigérée. Les échantillons ont été conservés dans des flacons en verre préalablement stérilisés. Ils ont été étiquetés et conservés par la suite dans des boîtes stériles dans un réfrigérateur jusqu'à leur utilisation.

Les analyses physicochimiques et microbiologiques des fromages étudiés Jben et Kemariya ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses médicales de Docteur Ismat Benzeghir dans la ville de Sidi Bel Abbès.

2. Résultats des analyses physicochimiques des fromages traditionnels

2.1. Détermination du pH

Le pH acide de ces fromages est lié à la technologie de ce produit et s'explique par l'activité acidifiante des bactéries lactiques. La figure 10 représente les résultats de la détermination du pH. L'échantillon de fromage de type Jben est le plus acide avec un pH de 4,1. Les deux échantillons de fromage de type Kemariya présentent des pH proches avec des valeurs de 4,6 et 4,9.

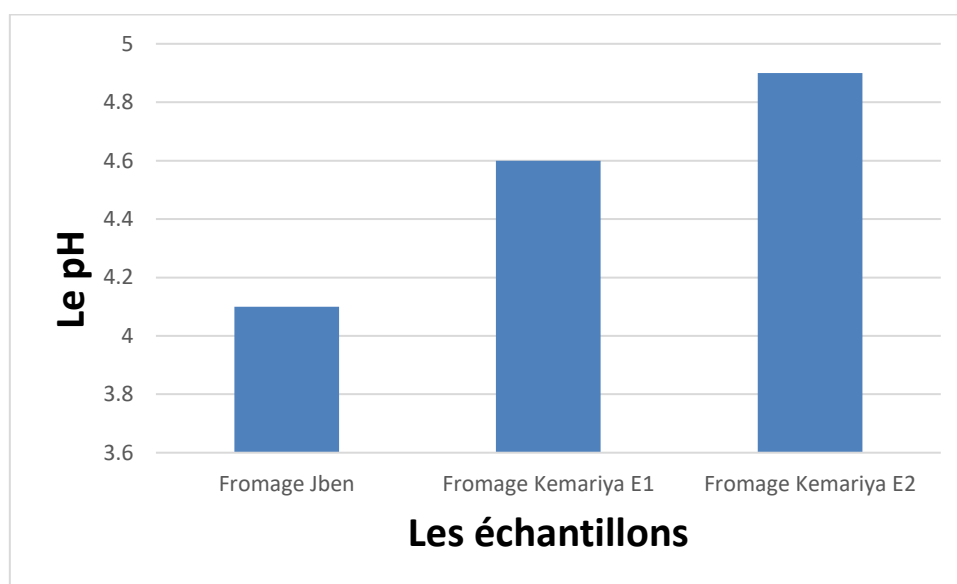


Figure 10 : Les résultats de la détermination du pH des trois échantillons

3. Résultats des analyses microbiologiques des fromages traditionnels

3.1. Recherche des germes indésirables dans les fromages traditionnels

3.1.1. La flore mésophile aérobie totale

3.1.1.1. Le fromage Jben

Les aspects des colonies sur milieu PCA obtenues de l'ensemencement des dilutions décimales et de la solution mère préparés à partir de l'échantillon du Jben sont décrits dans le tableau 16. Nous avons noté une diversité de colonies reflétant une diversité microbienne de ce type de fromage (Figure 11, 12, 13, 14). Nous avons obtenu des colonies de tailles variables (petites, moyennes), de couleur blanche, et de forme circulaire, fusiforme et punctiforme. Seules les boîtes ayant un UFC compris entre 30 et 300 sont prises en compte. Le résultat du dénombrement a montré que les boîtes sont non dénombrables parce que le nombre d'UFC dépasse les 300, donc non interprétables.

Tableau 16 : Description des colonies du dénombrement de FMAT de l'échantillon de type Jben étudié

Dilution	Taille	Forme	Bord	Élévation	Aspect	Opacité	Couleur
10 ⁻¹	<1mm 2 mm 3 mm	Circulaire Fusiforme Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opaques Transparente	Blanche
10 ⁻²	<1mm 2 mm 3 mm	Circulaire Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opaques Transparente	Blanche
10 ⁻³	<1mm 2 mm 4 mm	Circulaire Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opaques Transparente	Blanche
10 ⁻⁴	1 mm 2 mm	Circulaire Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opaques	Blanche

Résultats et discussion

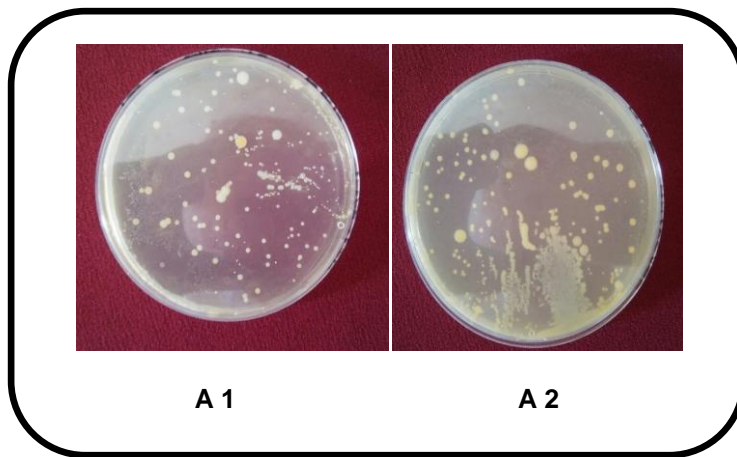


Figure 11 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-1})

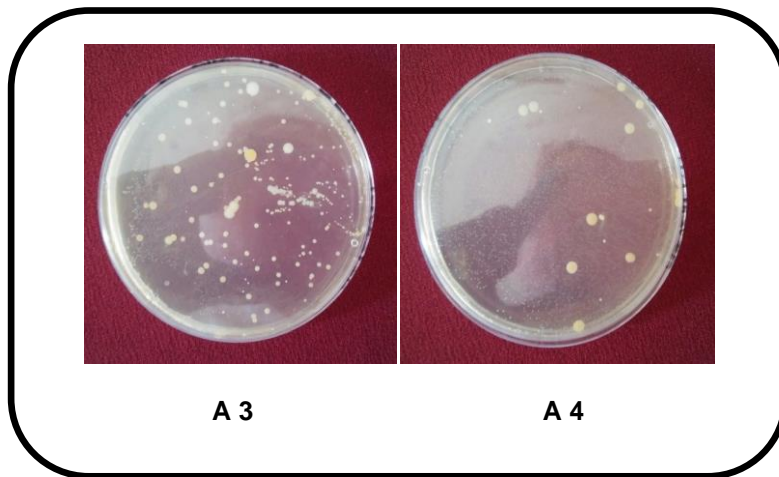


Figure 12 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-2})

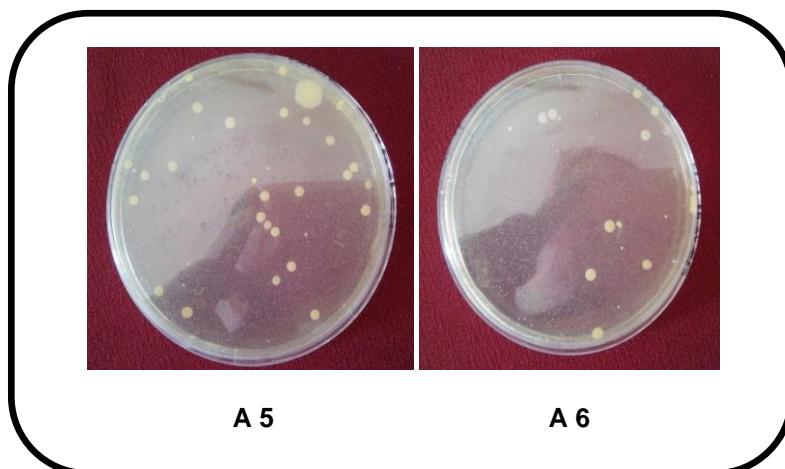


Figure 13 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-3})

Résultats et discussion

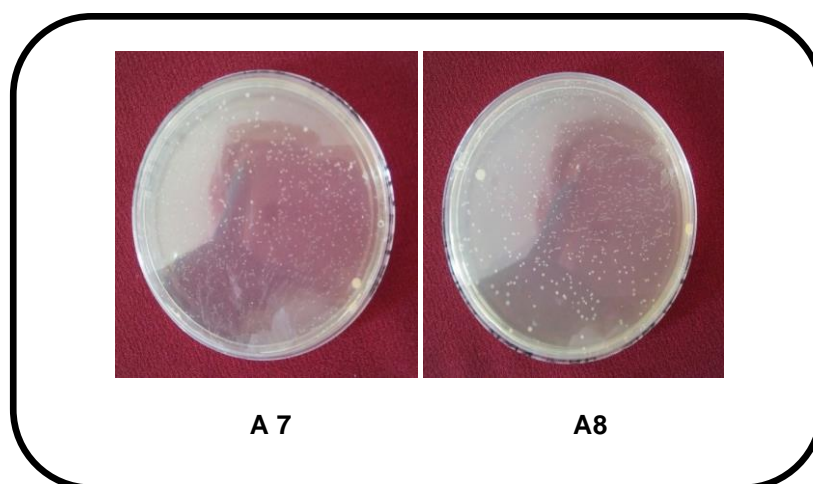


Figure 14 : Les photos des résultats de la FMAT du fromage de type Jben (Dilution 10^{-4})

3.1.1.2 Fromage Kemariya

Les aspects des colonies sur milieu PCA obtenues de l'ensemencement des dilutions décimales et de la solution mère préparés à partir de l'échantillon 1 (E1) du fromage de type Kemariya sont décrits dans le tableau 17. Nous avons noté une diversité de colonies reflétant une diversité microbienne de ce type de fromage (Figure 15, 16, 17, 18). Nous avons obtenu une gamme de colonies de tailles variables (petites, moyennes), de couleurs variables (blanches, jaunes), et de forme fusiforme, punctiforme, circulaire et irrégulière. Le résultat du dénombrement a montré que les boîtes sont non dénombrables parce que le nombre d'UFC dépasse les 300, donc non interprétables.

Tableau 17 : Description des colonies du dénombrement de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya

Dilution	Taille	Forme	Bord	Élévation	Aspect de la surface	Opacité	Couleur
10^{-1}	<1mm 2 mm 3 mm 4 mm	Circulaire Fusifforme Punctiforme Irrégulière	Régulier Ondulé	Elevée	Lisse	Opaque Transparente	Blanche Jaune
10^{-2}	<1mm 2 mm 3 mm	Circulaire Punctiforme Irrégulière	Régulier Ondulé	Elevée	Lisse	Opaque Transparente	Blanche Jaune
10^{-3}	<1mm 2 mm 4 mm	Circulaire Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opaque Transparente	Blanche
10^{-4}	1 mm 5 mm	Circulaire Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opagues	Blanche

Résultats et discussion

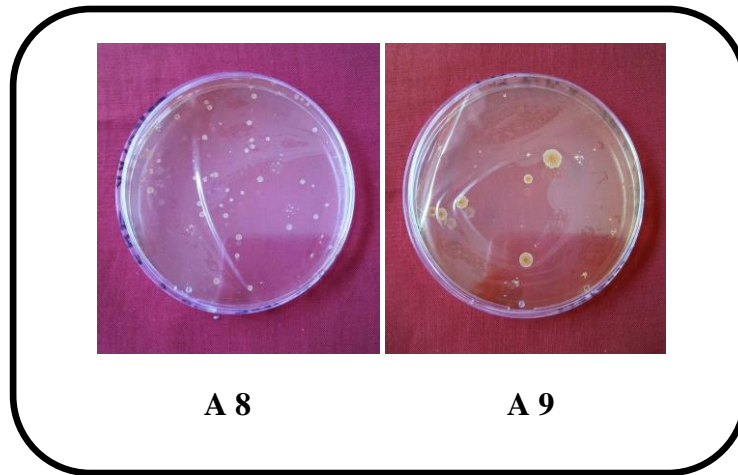


Figure 15 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-1})

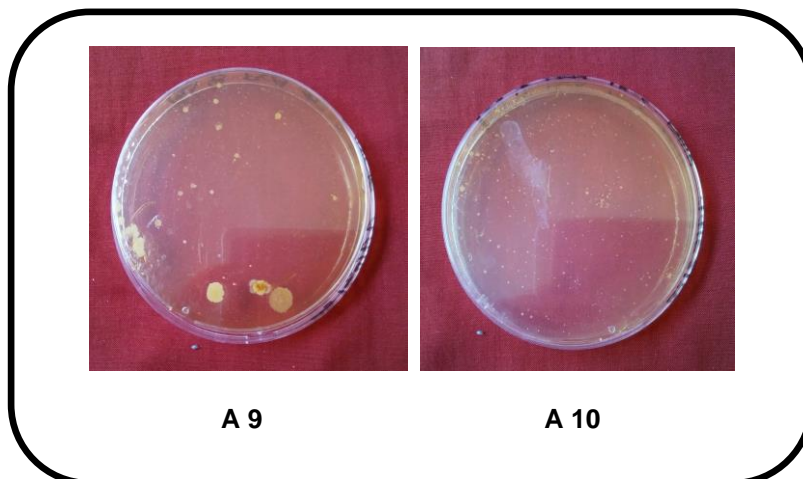


Figure 16 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-2})

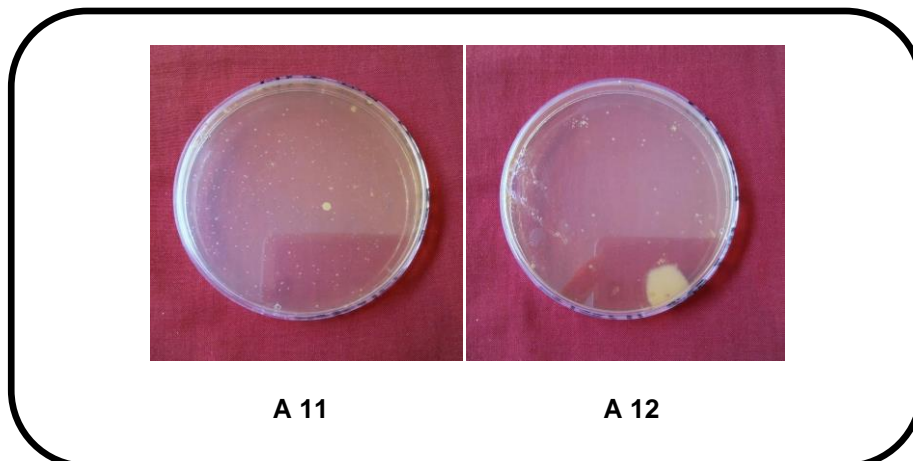


Figure 17 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-3})

Résultats et discussion

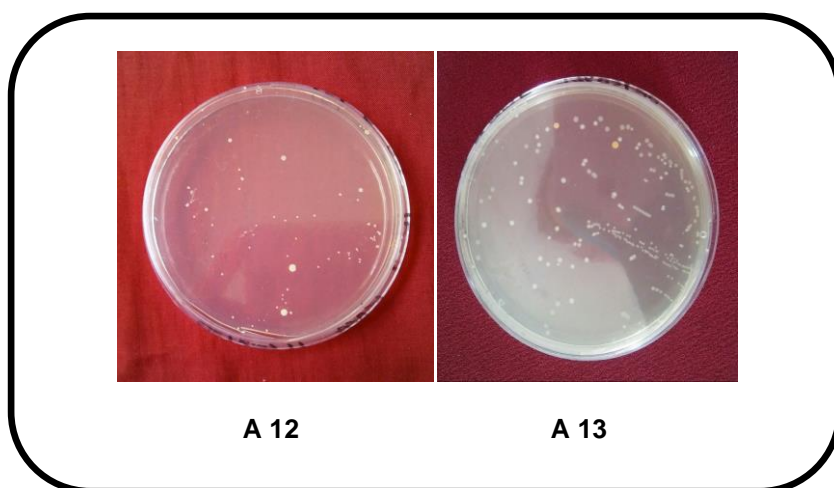


Figure 18 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-4})

Les aspects des colonies sur milieu PCA obtenues de l'ensemencement des dilutions décimales et de la solution mère préparés à partir de l'échantillon 2 (E2) du fromage de type Kemariya sont décrits dans le tableau 18. Nous avons noté une diversité de colonies reflétant une diversité microbienne de ce type de fromage (Figure 19, 20, 21, 22). Nous avons obtenu une gamme de colonies de tailles variables (petites, moyennes), de couleurs variables (blanches, jaunes), et de forme fusiforme, punctiforme, circulaire et irrégulière. Le résultat du dénombrement a montré que les boîtes sont non dénombrables parce que le nombre d'UFC dépasse les 300, donc non interprétables.

Tableau 18 : Description des colonies du dénombrement de la FMAT de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya

Dilution	Taille	Forme	Bord	Élévation	Aspect de la surface	Opacité	Couleur
10^{-1}	<1mm 2 mm 3 mm 4 mm	Circulaire Fusiforme Punctiforme Irrégulière	Régulier Ondulé	Elevée	Lisse	Opaque Transparente	Blanche Jaune
10^{-2}	<1mm 2 mm 3 mm	Circulaire Punctiforme Irrégulière	Régulier Ondulé	Elevée	Lisse	Opaque Transparente	Blanche Jaune
10^{-3}	<1mm 2 mm 4 mm	Circulaire Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opaque Transparente	Blanche Jaune
10^{-4}	1 mm 5 mm	Circulaire Punctiforme	Régulier	Elevée	Lisse	Opaque	Blanche Jaune

Résultats et discussion

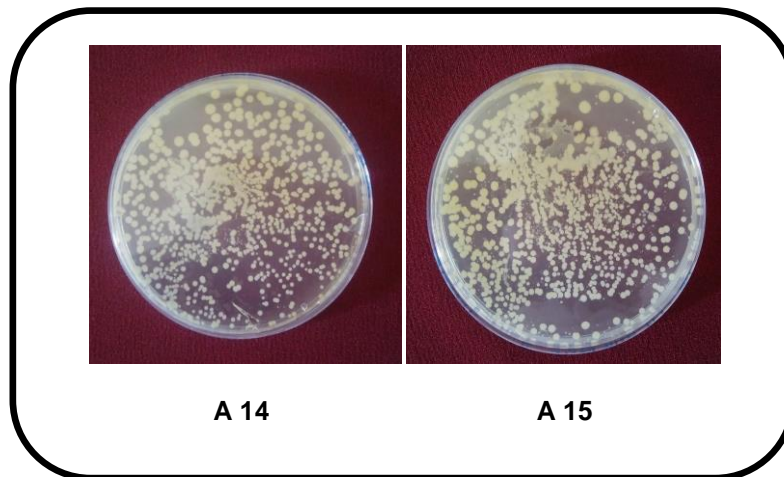


Figure 19 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-1})

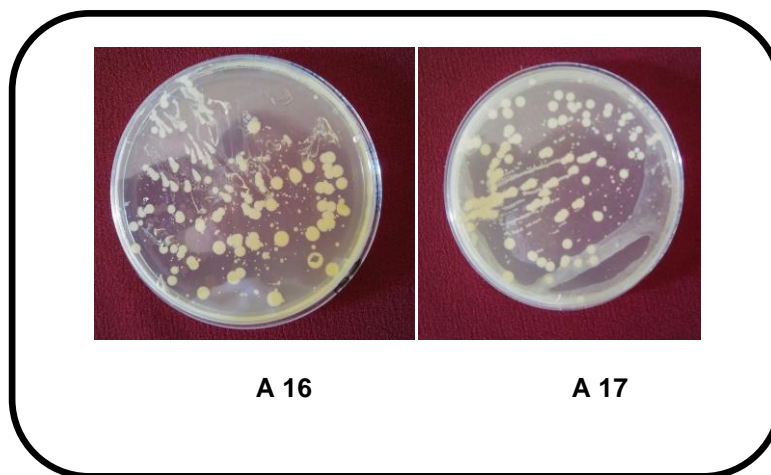


Figure 20 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-2})

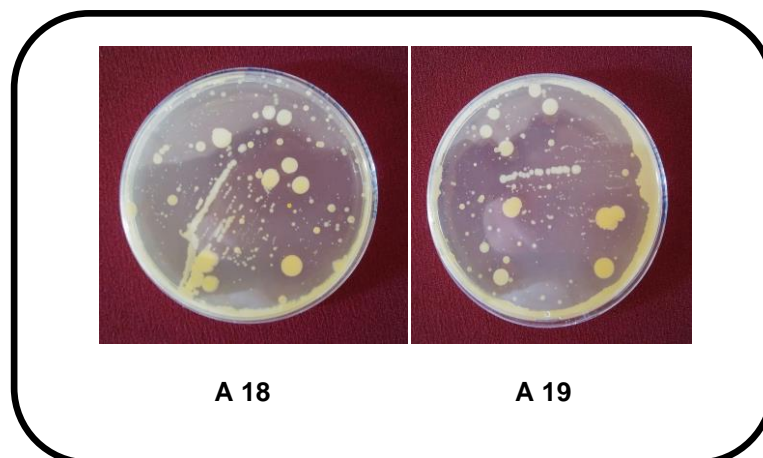


Figure 21 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-3})

Résultats et discussion

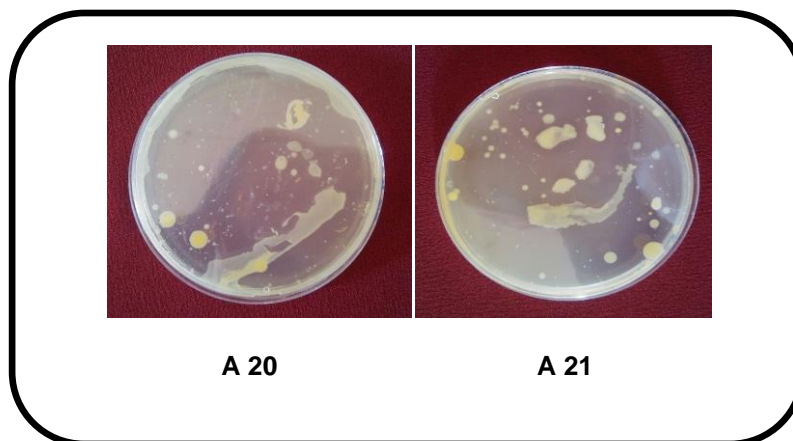


Figure 22 : Les photos des résultats de la FMAT de l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya (Dilution 10^{-4})

3.1.2. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

- Coliformes totaux et fécaux

Nous avons noté le virage de couleur au jaune et la présence d'un trouble blanchâtre. Ce trouble est dû à la fermentation (Figures 23, 24,25).

L'absence des coliformes fécaux dans les trois fromages peut être expliquée par les bonnes mesures d'hygiène lors de la préparation des différents fromages (Tableau 19).

Tableaux 19 : Les résultats de la recherche des coliformes totaux des différents échantillons

Les dilutions	Fromage Jben	Fromage Kemariya (E1)	Fromage Kemariya (E2)
10^{-1}	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux
10^{-2}	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux
10^{-3}	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux
10^{-4}	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux
10^{-5}	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux	Virage de couleur au jaune Pas de dégagement gazeux

Résultats et discussion

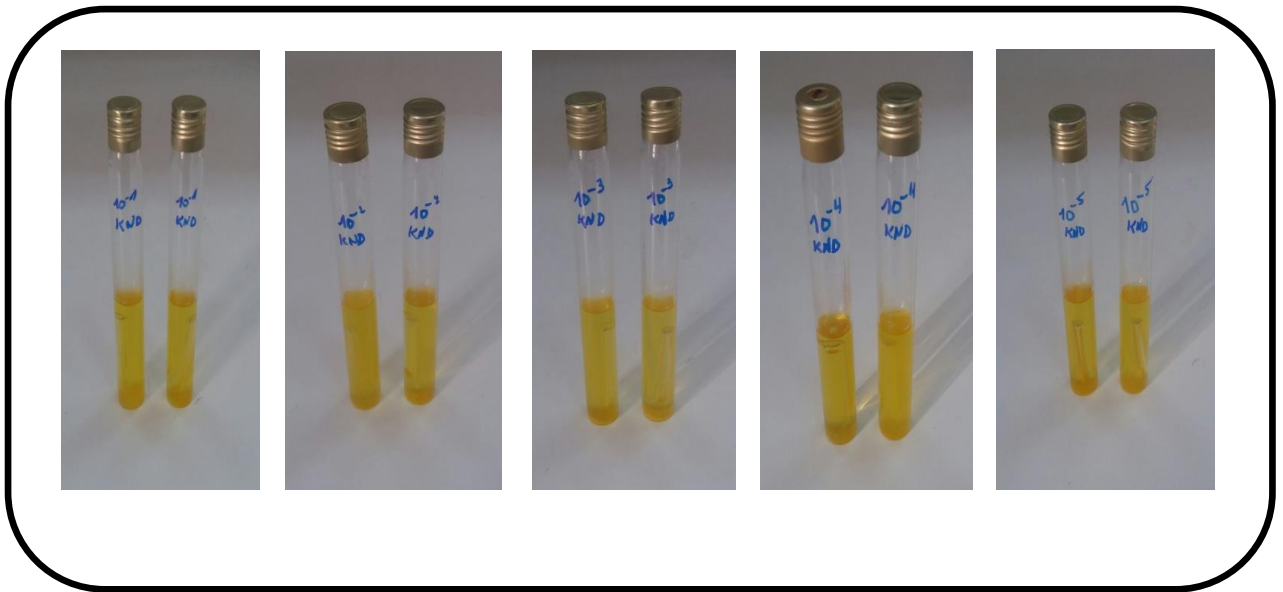


Figure 23 : Les photos des résultats de la recherche des coliformes totaux dans le fromage de type Jben

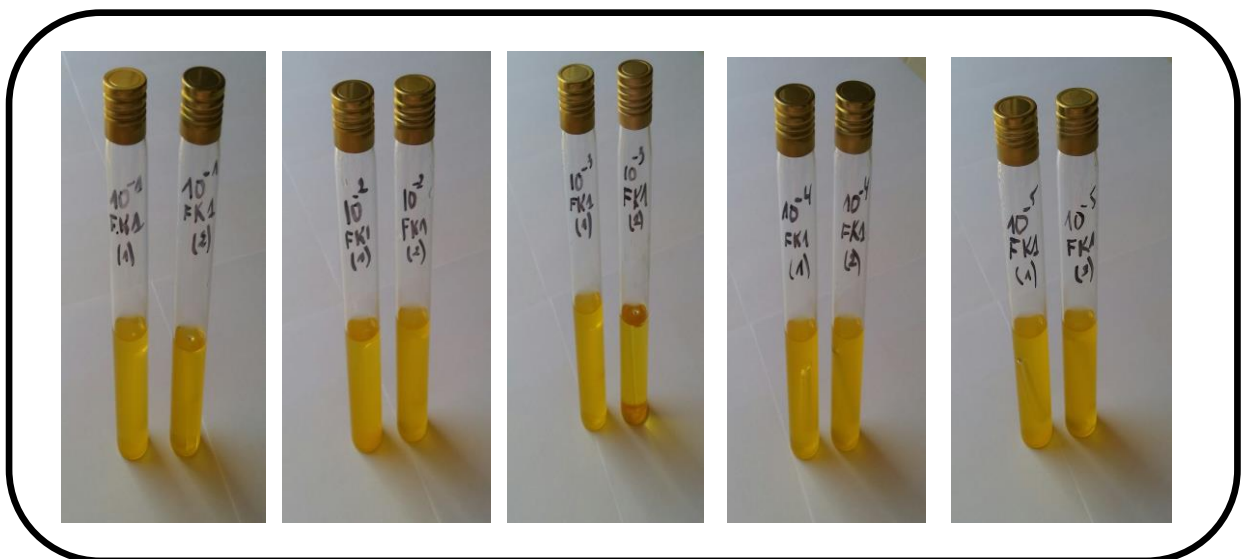


Figure 24 : Les photos des résultats de la recherche des coliformes totaux dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya

Résultats et discussion

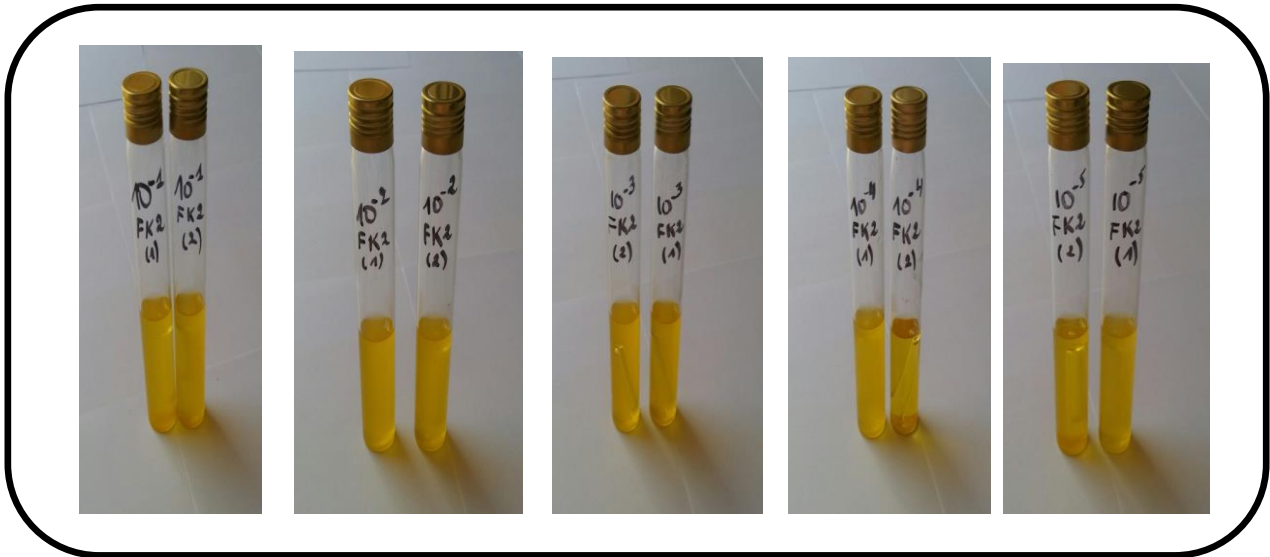


Figure 25 : Les photos des résultats de la recherche des coliformes totaux dans l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya

2.1.2.1 Recherche des streptocoques fécaux

Par le test de la recherche des streptocoques fécaux nous avons noté, la présence d'un trouble dans la totalité des tubes Rothe ensemencés dans le test présomptif (Figure 26, 27, 28). Les tubes positifs ont fait l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky pour réaliser un test de confirmation. Ces derniers étaient négatifs pour tous les trois fromages analysés (Figure 29, 30, 31).



Figure 26 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques totaux dans le fromage de type Jben

Résultats et discussion

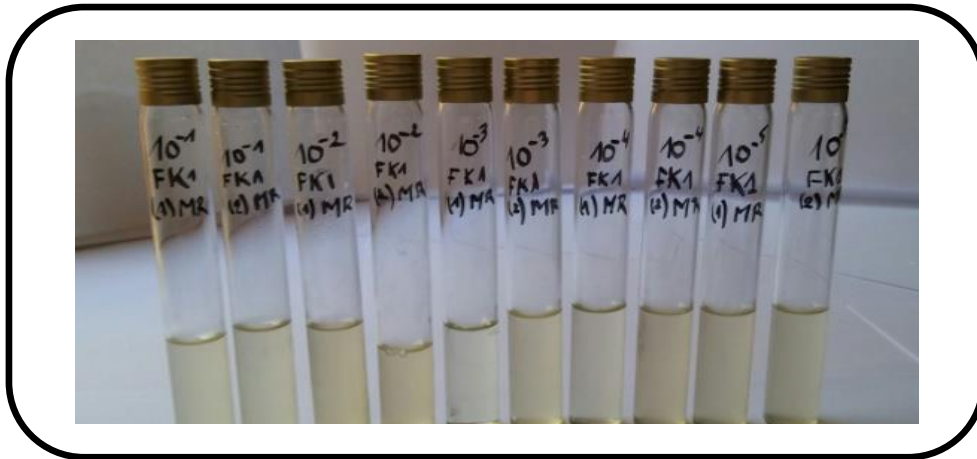


Figure 27 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques totaux dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya

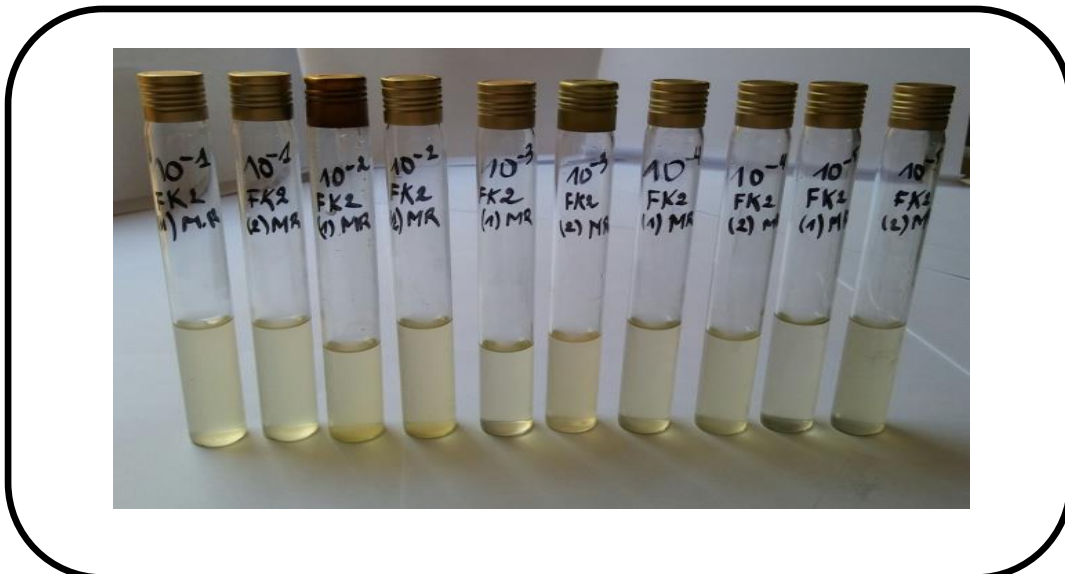


Figure 28 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques totaux dans l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya

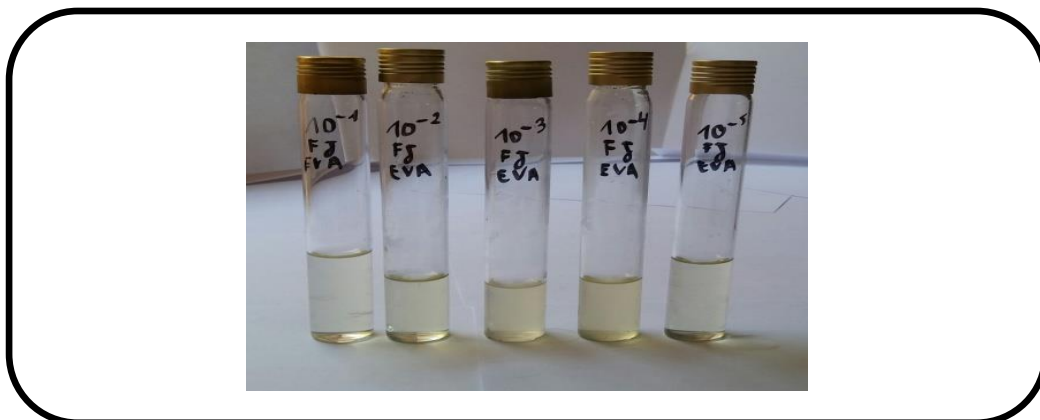


Figure 29 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques fécaux dans le fromage de type Jben

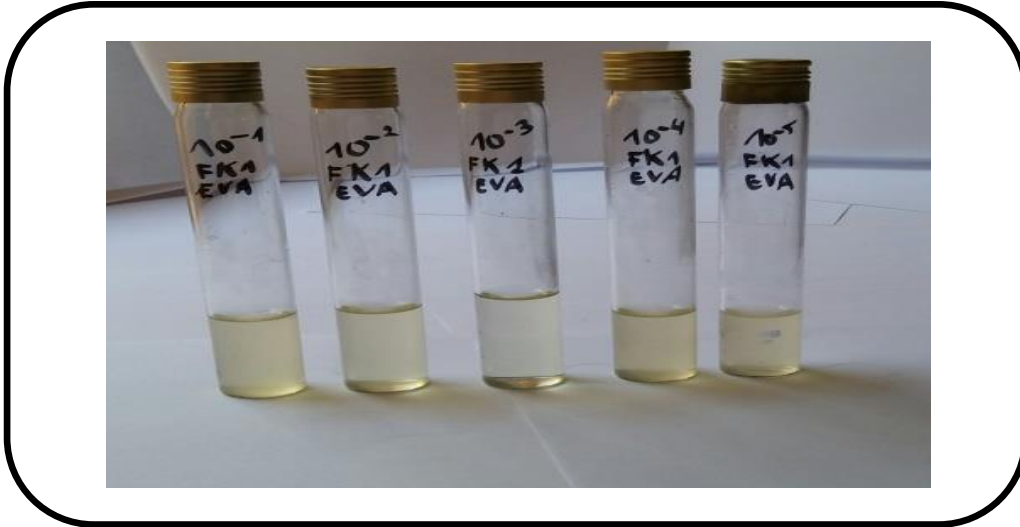


Figure 30 : Les photos des résultats de la recherche des streptocoques fécaux dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya

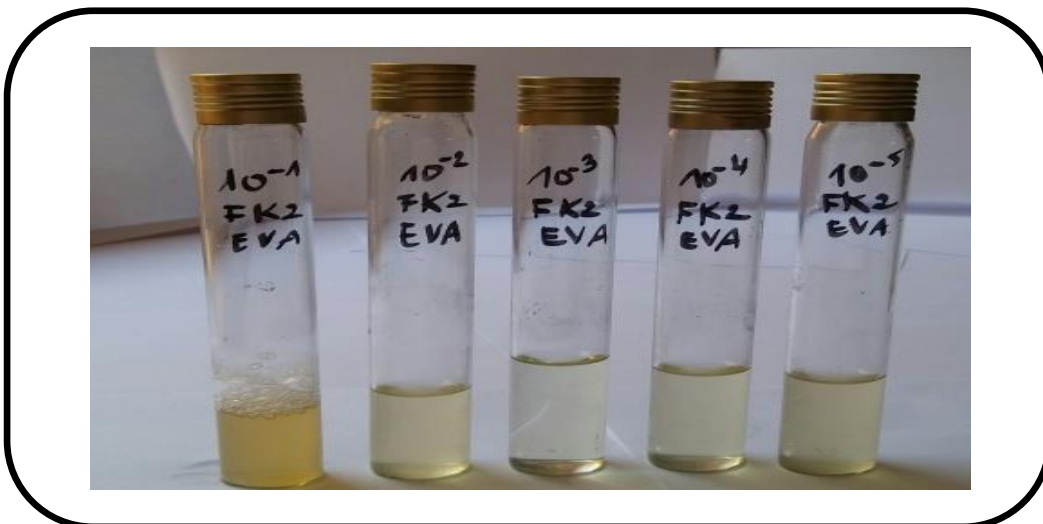


Figure 31: Les photos des résultats de la recherche des streptocoques fécaux dans l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya

3.1.3. Les germes anaérobies sulfito-réducteurs

Par la recherche des microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs, nous avons constaté que les échantillons analysés de fromages de type Jben et Kemariya ne présentent pas la présence de ces microorganismes pathogènes, du fait de l'absence de colonies noires dans les tubes.

Résultats et discussion

3.1.4. Levures et moisissures

L'ensemble des résultats de recherche des levures et des moisissures sur les différents fromages traditionnels analysés ont été soit non dénombrables pour raison de la quantité insignifiante des colonies retrouvées sur milieu Sabouraud - Chloramphénicol (Nombre de colonies inférieur à 30) soit une absence totale de colonies des levures et moisissures sur les boîtes. La figure 31 montre les deux résultats positifs de la recherche de levures dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya de la première dilution 10^{-1} .

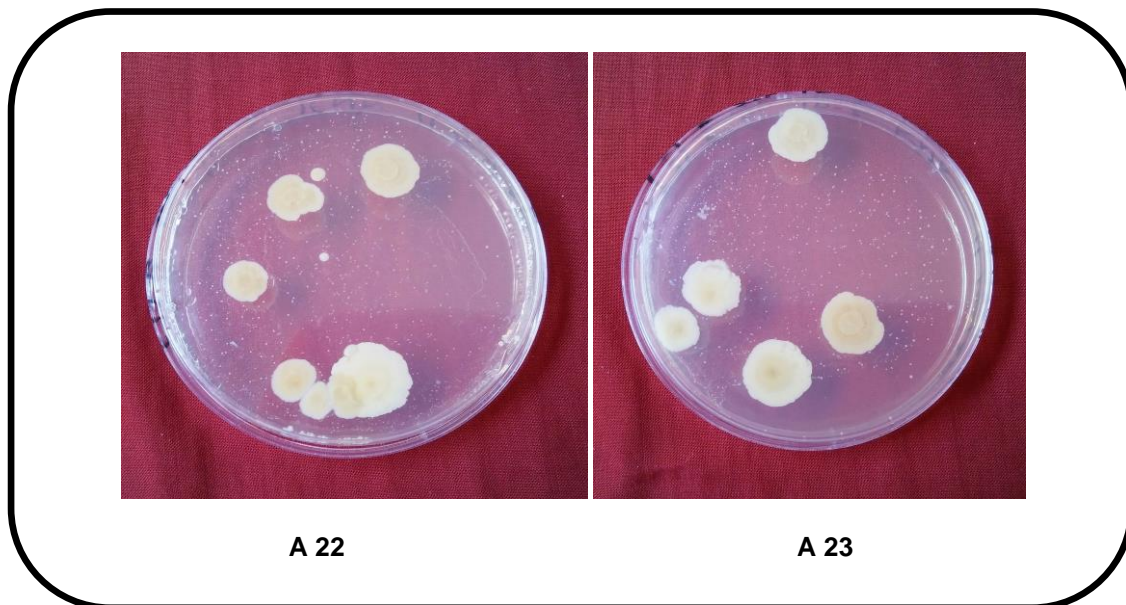


Figure 32 : Les photos de la recherche des levures et moisissures dans l'échantillon 1 du fromage de type Kemariya

3.1.5. Staphylocoques dorés

La recherche des staphylocoques dorés a montré leur présence dans le Jben et l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya. Les staphylocoques dorés peuvent provenir d'animaux atteints de mammites, d'une blessure ou d'une contamination par une personne malade. La multiplication a lieu dès le stockage du lait (refroidissement après la traite inexistant ou trop lent) et au cours de fabrication du fromage.

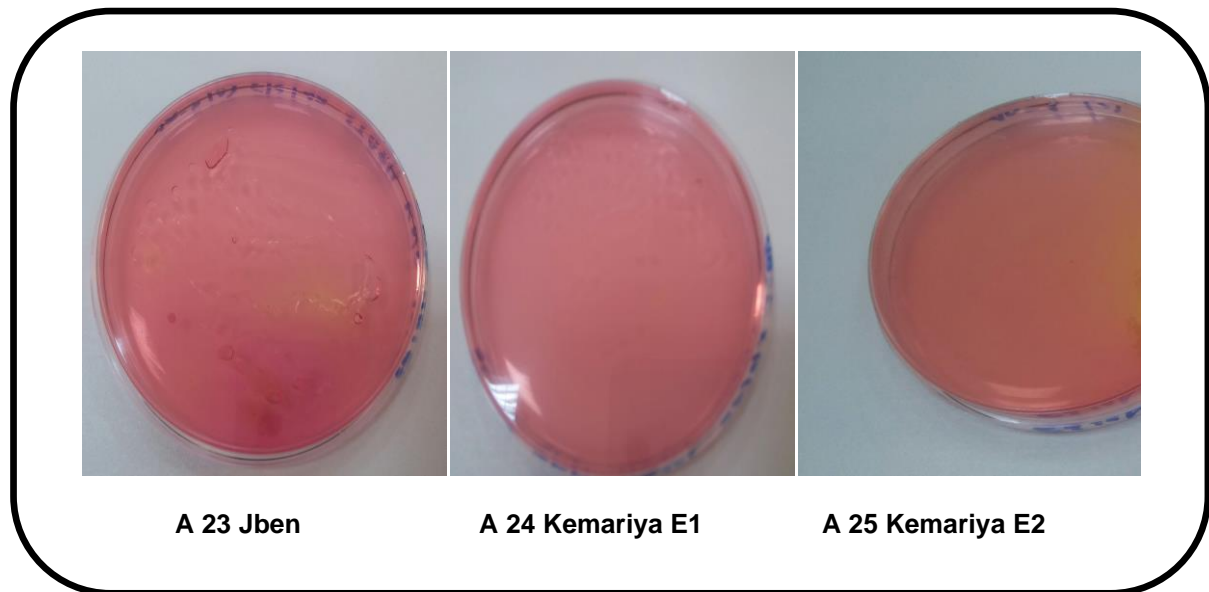


Figure 33 : Les résultats de la recherche des staphylocoques dorés des trois échantillons

4. Discussion

Concernant le pH, la valeur trouvée pour le fromage Jben est de 4,1. **El Marnissi et al. (2013)** ont donné une valeur de pH moyenne de 4,3. Les résultats de **Benyagoub et al. (2016)** donnent une moyenne de pH de 5,51. Nos résultats sont compatibles avec ceux obtenus par **El Marnissi et al. (2013)**.

Concernant le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale, le résultat est que l'UFC dépasse le nombre de 300, donc c'est un résultat non interprétable. Selon **Benyagoub et al. (2016)**, le dénombrement de la flore mésophile totale du fromage Jben a révélé une moyenne estimée à $2,88 \times 10^6$ ufc/g.

Selon nos résultats, il ya absence de coliformes totaux et fécaux, par contre les résultats du dénombrement des coliformes totaux par **Benyagoub et al. (2016)** montrent que les niveaux de ces contaminants sont importants dans les échantillons de Jben, qui contiennent en moyenne de $1,4 \times 10^4$ ufc/g. Après la réalisation du test confirmatif, le Jben est exempt de coliformes fécaux.

La recherche de germes anaérobies sulfito-réducteurs a révélé l'absence de ces dernier dans le fromage Jben, selon les résultats de **Benyagoub et al. (2016)** ont révélés la présence de ces germes.

Résultats et discussion

L'ensemble des résultats de recherche des levures et des moisissures sur le fromage Jben analysé ont été soit non dénombrables pour raison de la quantité insignifiante des colonies retrouvées sur milieu Sabouraud – Chloramphénicol, soit une absence totale de colonies des levures et moisissures sur les boîtes. Selon les résultats de **El Marnissi et al. (2013)** la flore fongique est moyennement présente dans le Jben avec une valeur de $1,3 \times 10^5$ ufc/ml pour les levures et 5,4 ufc/ml pour les moisissures. Bien que les levures dans le Jben ne soulèvent pas d'inquiétude pour la sécurité alimentaire, leur nombre élevé peut causer une altération organoleptique du produit, tels que l'aspect visqueux et décoloration avec une forte odeur d'alcool. Néanmoins, à des niveaux modérés, les levures peuvent contribuer à la saveur du produit.

Le fromage Jben a révélé la présence de staphylocoques dorés. Les résultats de **Benyagoub et al. (2016)**, ont montré leurs présences dans un échantillon de Jben.

L'obtention du Jben de mauvaise qualité hygiénique est probablement le résultat de l'utilisation de lait cru contaminé ou le non respect des règles et des mesures d'hygiène des locaux, du matériel et des manipulateurs (**Benyagoub et al., 2016**).

Conclusion

Conclusion

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances relatives à la fabrication de fromages traditionnels d'Algérie. Deux fromages issus du nord-ouest algérien (Sidi Bel Abbes et Naàma), soit le Jben (un échantillon) et Kemariya (deux échantillons) ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique et microbiologique dans cette étude. La transformation du lait en fromages Jben et Kemariya nécessite l'ajout d'un coagulant végétal ou animal.

La détermination du pH nous a permis d'estimer le degré d'acidité de ces fromages. Les bactéries lactiques fermentent le lactose du fait de la production massive d'acide lactique, conduisant l'abaissement du pH.

Concernant les analyses microbiologiques des trois échantillons de fromage, ont révélé une diversité microbienne et une qualité très satisfaisante justifiée par l'absence de germes anaérobies sulfite-réducteurs, des coliformes et streptocoques fécaux. La recherche des staphylocoques dorés a révélée leur présence dans l'échantillon de Jben et l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya. Par la recherche de la flore mésophile totale, nous avons obtenu une gamme de colonies de taille variable (petites, moyennes), de couleurs différentes (blanches et jaunes) et de forme circulaire, punctiformes et irrégulière, montrant une diversité microbiologique. Toutes les boîtes de pétri de la recherche de la FMAT des différents fromages sont indénombrable. L'ensemble des résultats de recherche des levures et des moisissures sur les différents fromages analysés ont été soit non dénombrables pour raison de la quantité insignifiante, soit une absence totale de colonies des levures et moisissures sur les boîtes.

Ce travail mérite d'être complété par l'isolement et l'identification des bactéries lactiques des fromages Jben et Kemariya et éventuellement faire la recherche des substances antimicrobiennes produites par ce groupe de microorganismes.

Références bibliographiques

A

Aissaoui Zitoun O., Benatallah L., Ghennam E., Zidoune M.N., 2011. Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened Bouhezza cheese. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2: p. 96-100.

B

Benlahcen K., Mehamedi A., Djellid Y., Sadeki I.F., Kihal M., 2017. Microbiological Characterization of Algerian Traditional Cheese 'Klila'. *Journal of Purity, Utility Reaction and Environment*, 1: p. 1-9.

Benamara R.N., Gemelas L., Ibri K., Moussa Boudjemaa B., Demarigny Y., 2016. Sensory, Microbiological and Physicochemical Characterization of Klila, a Traditional Cheese made in the South-West of Algeria. *African Journal of Microbiology Research*, 41: p. 1728-1738.

Boussekine R., Merabti R., Barkat M., Becila F., Belhoula N., Mounier J., Bekhouche F., 2020. Traditional Fermented Butter Smen/Dhan: Current Knowledge, Production and Consumption in Algeria. *Journal of Food Research*, 4: p.71-82.

Benkerroum N., Tamime A.Y., 2004. Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Lben, Jben and Smen) to small industrial scale. *Food Microbiol*, 21: p. 399-413.

Benkerroum N., 2013. Traditional Fermented Foods of North African Countries: Technology and Food Safety Challenges with Regard to Microbiological Risks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12: p. 54-89.

Benyagoub E., Guessas B., Ayat M., Sanebaoui B., 2016. Physicochemical and Bacteriological properties of some Algerian Traditional Dairy Products 'Klila and Jben' Marketed in Southwest of Algeria and their impact on consumers Health. *International Journal of Advanced Research*, 12: p. 760-768.

Références bibliographiques

Brulé G., Lenoir J., Reneuf F., 1997. Les micelles de Caséine et la coagulation du lait. Dans le fromage : de la science à d'assurance qualité, Edition Tec et Doc-Lavoisier, Paris, France, 89p.

D

Dahou A., Homrani A., Bensaleh F., Medjahed M., 2015. La microflore lactique d'un fromage traditionnel Algérien 'type J'ben' : connaissance des écosystèmes microbiens laitiers locaux et de leurs rôles dans la fabrication des fromages. *Afrique Science*, 6: p. 1-13.

Delbés C., Monnet C., Irlinger F., 2015. Des communautés microbiennes au service de la qualité des fromages : Diversité et dynamique adaptative et fonctionnelle des populations endogènes etensemencées. *Innovations Agronomiques*, 44 : p. 69-86.

Dortu C., Thonart P., 2009. Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 1: p. 143-154.

E

El Marnissi B., Belkhou R., El Ouali lalami A., Bennani L., 2013. Caractérisation microbiologique et physicochimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels Marocains (Lben et Jben). *Les technologies de laboratoire*, 33: p. 100-111.

Elyass M.E., Shigidi M.T., Attitalla H.I., Mahdi A.A., 2017. Characterization and Optimization of Bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* Isolated from Fermented Beef (Shermout). *Open Journal of Applied Sciences*, 7: p. 83-97.

G

Gillis J., et Ayerbe A., 2018. Le fromage. 4 ème édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris, France, 983p.

Références bibliographiques

Guetouache M., Guessas B., Medjekal S., 2014. Composition and Nutritional Value of raw milk. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, 10: p. 115-122.

I

Iboudou A.J., Savadogo A., Seydi M.G., Traore A.S., 2012. Place de la matière azotée dans le mécanisme de la coagulation présure du lait. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, 6 : p. 6075-6087.

J

Jeanet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G., 2008. 2 ème édition, Edition Tec et Doc-Lavoisier, Pris, France, 201p.

L

Leksir C., Boudalia S., Moujahed N., Chemmam M., 2019. Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 7: p. 1-14.

M

Marroki A., Bousmaha Marroki L., 2014. Lactobacilli isolated from Algerian goat's milk as adjunct culture in dairy products. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 57:p. 410-420.

Masood M.I., Qadir M.I., Shirazi J.H., Khan I.U., 2011. Beneficial effects of Lactic Acid Bacteria on human beings. *Critical Reviews in Microbiology*,1: p. 91-98.

Mechai A., Debabza M., Kirane D., 2014. Screening of technological and Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Algerian traditional fermented milk products. *International Food Research Journal*, 6: p. 2451-2457.

Références bibliographiques

Meribai A., Chibane N., Bensoltane A., 2017. Physicochemical Characterization and Microbiological Quality Assessment of ‘Klila’ : A Traditional Dried Hard Cheese, Made from Small Ruminant’s Milk (Goat and Ewe) Collected in Bibans Areas (High Lands) North East of Algeria. *International Academy of Science Engineering and Technology*, 3: p. 15-24.

Meribai A., Jenidi R., Hammouche Y., Bensoltane A., 2017. Caractérisation physicochimique et qualité microbiologique du Klila : un fromage traditionnel sec des régions arides d’Algérie : Etude préliminaire. *Journal of New Sciences*, 4: p. 2169-2174.

Montel M.C., Bouton Y., Parguel P., 2012. Ecosystèmes des laits et des fromages au lait cru – Enjeux pour leur maîtrise. **Renc.Rech.Ruminants**, 19 :p. 233-240.

P

Pradal M., 2012. La transformation fromagère caprine fermière. 1 ère édition, Edition Tec et Doc-Lavoisier, Paris, France, 289p.

V

Vignola C., 2002. Science et technologie du lait. Presses international polytechnique, Québec, Canada, 628.

W

Widyastuti Y., Rohmatussolihat., Febrisiantosa A., 2014. The Role of Lactic Acid Bacteria in Milk Fermentation. *Food and Nutrition Sciences* , 5: p. 435-442.

Z

Zhao W., Liu Y., Latta M., Ma W., Wu Z., Chen P., 2019. Probiotics database : a potential source of fermented foods. *International Journal of Food Properties*, 1: p. 198-217.

Annexes

• **Matériel utilisé**

Boîtes de pétri
Tubes à essai
Balance électrique
Agitateur magnétique
Portoir
Anse de platine
Pipette Pasteur
Gants stériles
Le pH mètre
Cloches de Durham

• **Réactifs**

Alun de fer
Sulfite de sodium
Réactif de Kovacs
Alcool

• **Colorants**

Violet de gentiane au cristal
Lugol
Fuschine

• **Diluants**

Eau physiologique

- Chlorure de sodium9g
- Eau distillée1000 ml

Le pH=7,0 ± 0,1

• **Géloses**

Gélose PCA

- Tryptone 5,0g
- Extrait de levure 2,5g
- Glucose 1,0g
- Agar agar bactériologique 12,0g
- Eau distillée 1000 ml

Le pH=7,0 ± 0,2

Annexes

Milieu Chapman

- Peptone	10,0g
- Extrait de viande de bœuf	1,0g
- Chlorure de sodium	75,0g
- Mannitol	10,0g
- Rouge de phénol	0,025g
- Agar agar	15,0g
- Eau distillé	1000 ml

Le pH= 7,4 ± 0,2

Gélose Sabouraud au chloramphénicol

- Peptone de caséine	5,0g
- Peptone de viande	5,0g
- Glucose monohydraté	40,0g
- Chloramphénicol	0,5g
- Agar agar	15,0g
- Eau distillée	1000 ml

Le pH= 5,6 ± 0,2

Gélose MRS

- Polypeptone	10,0g
- Extrait de viande	10,0g
- Extrait autolytique de levure	5,0g
- Glucose	20,0g
- Tween 80	1,08g
- Phosphate dipotassique	2,0g
- Acétate de sodium	5,0g
- Citrate d'ammonium	2,0g
- Sulfate de magnésium	0,2g
- Sulfate de manganèse	0,05g
- Agar agar	15,0g
- Eau distillée	1000 ml

Annexes

Le pH=5,7 ± 0,1

Gélose M17

- Tryptone	5,0g
- Peptone de soja	5,0g
- Infusion de viande	5,0g
- Extrait de levure	2,5g
- Glycérohydrogénophosphate de sodium	19,0g
- Lactose	5,0g
- Acide asorbique	0,5g
- Sulfate de magnésium	0,25g
- Agar agar	11,0g
- Eau distillée	1000 ml

Le pH= 6,2 ± 0,2

Milieu VF

- Base viande foie	30,0g
- Glucose	2,0g
- Agar agar	6,0g
- Eau distillée	1000 ml

Le pH= 7,1 ± 0,1

Gélose Elliker

- Tryptone	10,0g
- Gélatine	2,5g
- Extrait autolytique de levure	5,0g
- Saccharose	100,0g
- Glucose	5,0g
- Citrate de sodium	1,0g
- Azide de sodium	75,0g
- Agar agar	15,0g
- Eau distillée	1000 ml

Annexes

Le pH= 6,9 ± 0,2

Bouillons

Eau peptonée tamponée

- Peptone10,0g
- Chlorure de sodium5,0g
- Hydrogéno-orthophosphate disodique Dodécahydraté9,0g
- Dihydrogéno-orthophosphate de potassium1,5g
- Eau distillé1000 ml

Le pH=7,0 ± 0,1

Milieu Rothe

- Tryptone15g
- Glucose7,50g
- Chlorure de sodium..... 7,5 g
- Extrait de bœuf 4,5 g
- Azide de sodium0,2 g
- Eau distillée1000 ml

Le pH = 7,2 ± 0,2

Milieu EVA Litsky (bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium)

- Tryptone20 g
- Glucose5g
- Chlorure de sodium5g
- Phosphate dipotasique5g
- Phosphate monopotasique2,7g
- Azohydrate de sodium0,3g
- Eau distillée1000 ml
- Solution à 0,01 g d'éthyle violet dans 100 ml d'H₂O5 ml

Le pH= 7,2 ± 0,2

Annexes

Bouillon BCPL

- Peptone5,0g
- Extrait de viande bœuf3,0g
- Lactose10,0g
- Pourpre de bromocétrol25,0g
- Agar agar15,0g
- Eau distillée1000 ml

Le pH= 6,8 ± 0,2

Bouillon BHIB

- Extrait de cœur5,0g
- Extrait de cervelle12,5g
- Peptone10,0g
- Glucose2,0g
- Chlorure de sodium5,0g
- Phosphate disodique2,5g
- Eau distillé1000 ml

Le pH= 7,4 ± 0,2

Bouillon Elliker lactosé

- Tryptone20,0g
- Extrait de levure5,0g
- Gélatine2,5g
- NaCl4,0g
- Acétate de sodium1,5g
- Glucose5,0g
- Lactose10,0g
- Acide ascorbique0,5g
- Eau distillée1000 ml

Le pH= 7,0

Bouillon MRS

- Peptone10,0g
- Extrait de viande10,0g
- Extrait de levure5,0g
- Glucose20,0g
- Polysorbate 801,0g
- Citrate d'ammonium2,0g
- Acétate de sodium5,0g
- Sulfate de magnésium0,1g
- Sulfate de manganèse0,5g
- Phosphate disodique2,0g
- Eau distillée1000 ml

Le pH= $6,2 \pm 0,2$

Résumé

L'Algérie se distingue par plusieurs variétés de fromages traditionnels parmi eux, le Jben, et le Kemariya qui ont fait l'objet de notre étude.

Une analyse physicochimique (détermination du pH) et des analyses microbiologiques (recherche des *Staphylococcus aureus*, des germes sulfito-réducteurs, levures, moisissures, coliformes et streptocoques fécaux) ont été réalisées sur les trois fromages pris dans deux régions rurales, Marhoum (commune de la Wilaya de Sidi Bel Abbes) et Mécheria (Commune de la Wilaya de Naàma). Les résultats de la détermination du pH ont montré que ces trois fromages sont acides, le fromage Jben a un pH de 4,1, le fromage Kemariya 1 a un pH de 4,6, et le fromage Kemariya 2 a un pH de 4,9. L'étude microbiologique a révélé l'absence de germes anaérobies sulfito-réducteurs, coliformes et streptocoques fécaux sur les trois échantillons de fromages. La recherche des *Staphylococcus aureus* a révélée leur présence dans l'échantillon de Jben et de l'échantillon 2 du fromage de type Kemariya. Par la recherche de la flore mésophile totale, nous avons obtenu une gamme de colonies de taille variable, de couleurs différentes et de différentes formes, montrant une diversité microbiologique. Toutes les boîtes de pétri de la recherche de la FMAT des différents fromages sont indénombrable. L'ensemble des résultats de recherche des levures et des moisissures sur les différents fromages analysés ont été soit non dénombrables pour raison de la quantité insignifiante, soit une absence totale de colonies des levures et moisissures sur les boîtes. L'isolement et l'identification des bactéries lactiques des fromages traditionnels étaient prévue. Cette partie n'a pas pu être réalisée à cause de la crise sanitaire liée à la pandémie Covid-19.

Mots clés : Jben, Kemariya, Fromages traditionnels, Analyses physicochimiques, Analyses microbiologiques.

Abstract

Algeria is distinguished by several varieties of traditional cheeses among them, the Jben, and the Kemariya which were the subject of our study. Physicochemical analysis (determination of pH) and microbiological analyzes (search for *Staphylococcus aureus*, sulfite-reducing germs, yeasts, molds, coliforms and faecal streptococci) were performed on the three cheeses taken in two rural regions, Marhoum (municipality of the Wilaya of Sidi Bel Abbes) and Mécheria (Municipality of the Wilaya of Naâma). The results of the pH determination showed that these three cheeses are acidic, Jben cheese has a pH of 4.1, Kemariya 1 cheese has a pH of 4.6, and Kemariya 2 cheese has a pH of 4.9. The microbiological study revealed the absence of sulfite-reducing anaerobic bacteria, coliforms and faecal streptococci on the three cheese samples. Research for *Staphylococcus aureus* has revealed their presence in the sample from Jben and sample 2 from Kemariya – type cheese. By searching for the total mesophilic flora, we obtained a range of colonies of varying size, different colors and different shapes, showing microbiological diversity. All the Petri dishes in the research of the FMAT of different cheeses are uncountable. All the results tests for yeasts and molds on the different cheeses analyzed were either not countable due to the insignificant quantity, i.e. a total absence of colonies yeasts and molds on the boxes. Isolation and identification of lactic acid bacteria traditional cheeses were provided. This part could not be completed due to the health crisis linked to the Covid-19 pandemic.

Keywords: Jben, Kemariya, Traditional cheeses, Physicochemical analyzes, Analyzes microbiological.