

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Spécialité/Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire
Département : Biologie
Filière : Sciences Alimentaires

Prédiction de la durée de vie d'un fromage traditionnel à pâte molle à l'aide de l'analyse des risques de Weibull

Présenté par :

Hanine ALLIOUI

Imane BOUCHEHED

Anissa LAKHAL

Devant le jury composé de :

Pr. Mabrouk CHEMMAM (Professeur)

Dr. Aissam BOUSBIA (MCA)

Dr. Yassine GUEROUI (MCA)

Président

Encadreur

Examineur

Université de Guelma

Université de Guelma

Université de Guelma

Juillet 2021

Remerciement

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

*Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah qui nous avait guidés
pour bien mener ce travail.*

*Nous tenons également à remercier **Mr CHEMMEM Mabrouk**
d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire. Nous remercions de
même **Mr GUERDUI Yassine** d'avoir accepté de faire l'honneur de juger
ce modeste travail et pour tous ses conseils et ses efforts fournis pour
nous. Et nous adressons nos plus vifs remerciements à notre encadreur
Mr BOUSBIA Aissam qui nous a bien guidé avec ses précieux conseils et
ses critiques durant toute la période du travail.*

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

ملخص

التنبؤ بالعمر الافتراضي للجبن التقليدي الطري، "بوهزة"، باستخدام تحليل مخاطر *Weibull*.

السياق: بوهزة عبارة عن جبن طري يحتوي على نسبة رطوبة عالية ودرجة حموضة أولية أقل من 5، و بالتالي، فإن مدة الحفظ محدودة حتى في حالة التبريد، الهدف هو تحديد مدة الحفظ لثلاثة أنواع من جبن بوهزة و هي: بوهزة طبيعي، بوهزة مالح و بوهزة حار باستخدام طريقة *Weibull* للمخاطر لتوضيح تأثير الوقت على مدة الحفظ. **المنهجية:** تم تقييم العديد من المتغيرات الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية وهي: ال pH، الحموضة معبر عنها ب (degré Dornic) ، المادة الجافة، المادة الجافة القابلة للذوبان، لون السطح (C^* و H^* , b^* , a^* , L^*) ، الميكروبات الهوائية المحبة للحرارة المعتدلة ، القولونيات، العقديات البرازية، البكتيريا اللبنية، السالمونيلا، الخمائر و الفطريات، تم تطبيق تحليل مخاطر *Weibull* على البيانات الحسية لتحديد مدة حفظ الجبن. تمت الإشارة إلى نهاية مدة الحفظ عندما وجد 50% من أعضاء اللجنة أن الجبن غير مقبول. **النتائج:** العمر الافتراضي لمختلف أنواع جبن بوهزة المخزنة عند $7^{\circ}C$ كان 7.67، 8.43 و 7.39 يوم على التوالي بالنسبة للجبن الطبيعي، المالح والحار. هذه النتائج تشير إلى أن التملح والتتبيل قلل بشكل طفيف من العمر الافتراضي لجبن بوهزة. **الخاتمة:** تم اعتبار الجبن الطبيعي كمجموعة تحكم، المقارنة بين الثلاثة أنواع لجبن بوهزة تمكن من استنتاج أن إضافة الملح أو البهارات المصنوعة من الفلفل ليس لها أي تأثير على إطالة العمر الافتراضي للجبن.

الكلمات المفتاحية: مخاطر *Weibull*، التحليل الحسي، بوهزة، العمر الافتراضي.

Résumé

Prédiction de la durée de vie d'un fromage traditionnel à pâte molle "Bouhezza" à l'aide de l'analyse des risques de Weibull.

Contexte : *Bouhezza* est un fromage à pâte molle qui a un taux d'humidité élevé et un pH initial inférieur à 5 par conséquent, une durée de conservation limitée même sous la réfrigération. **L'objectif** était de déterminer la durée de conservation de trois types du fromage *Bouhezza* à savoir : *Bouhezza* naturel, *Bouhezza* salé et *Bouhezza* épicé en utilisant la méthode du risque de *Weibull* afin d'illustrer l'effet du temps sur la durée de conservation. **Méthodologie :** plusieurs paramètres physico-chimiques et bactériologiques ont été évalués à savoir : le pH, l'acidité exprimée en degré Dornic, matière sèche, matière sèche soluble, la couleur de la surface (L^* , a^* , b^* , H^* et C^*), la flore mésophile aérobie totale, les coliformes, les streptocoques fécaux, la flore lactique, les salmonelles et les levures et moisissures. L'analyse des risques de *Weibull* a été appliquée aux données sensorielles pour déterminer la durée de conservation des fromages. La fin de la durée de conservation a été indiquée par le moment où 50% des panélistes ont trouvé le fromage inacceptable. **Résultats :** la durée de vie de différents types de fromage *Bouhezza* stocké à 7°C était de 8,43, 7,67 et 7,39 jours respectivement pour le fromage naturel, salé et épicé. Ces résultats indiquent que le salage et épiçage ont diminué légèrement la durée de vie des fromages *Bouhezza*. **Conclusion :** le fromage naturel était considéré comme un groupe de contrôle, la comparaison entre les trois types du fromage permet de conclure que l'ajout du sel ou les épices à base de poivron n'ont aucun impact sur l'allongement la durée de vie des fromages.

Mots clés : risques de *Weibull*, analyse sensorielle, *Bouhezza*, durée de vie.

Abstract

Prediction of the shelf life of a traditional Algerian cheese “Bouhezza” using Weibull hazard analysis.

Background: *Bouhezza* is a fermented soft-ripened cheese that has high moisture content and an initial pH of less than 5 therefore, and limited shelf life. **The objective** of this study was to determine the shelf life of three types of *Bouhezza* cheese: Natural *Bouhezza*, Salted *Bouhezza*, and Spicy *Bouhezza* using the Weibull hazard method. **Methodology:** physicochemical parameters (pH, titratable acidity dornic, dry matter, soluble dry matter, surface color (L*, a*, b*, H* and C*)) and bacteriological characteristics (total aerobic mesophilic flora, coliforms, faecal streptococci, lactic flora, salmonella and yeasts, and molds) were carried out. Moreover, sensory qualities were evaluated using a hedonic test, and the Weibull hazard model based on the storage temperature was applied to sensory data to set the shelf life of cheeses. The end of the cheese shelf life was indicated according to the overall acceptability score given by the sensory panel. Considering a 50% probability of panelists finding the product as unacceptable, the end of shelf-life for the cheese was declared. **Results:** the shelf life of different *Bouhezza* cheese types stored at 7 °C was 8.43, 7.67, and 7.39 days for natural, salty, and spicy cheese, respectively. These results indicate that salting and spicing slightly reduced the shelf life of *Bouhezza* cheeses. **Conclusion:** natural cheese was considered as a control group, the comparison between the three types of cheese allows concluding that the salt or spices addition has no impact on the cheese’s shelf life.

Keywords: Weibull hazard, sensory analysis, *Bouhezza*, shelf life.

Liste des abréviations

AFNOR	Association française de normalisation
ALC	Acides linoléiques conjugués
AW	Activité de l'eau
BCPL	Bouillon lactosé au pourpre de bromocrsol
BPL	Bonnes Pratiques du Laboratoire
CIE	Commission Internationale de l'Eclairage
CMP	Caséine- Macro- Peptide
FAO	Food and Agriculture Organization
FIL	Fédération internationale laitière
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
MRS	Gélose de Man, Rogosa et Sharpe
PCA	Plate Count Agar
SS	Milieu gélosé salmonella shigella
LNTA	Laboratoire de Nutrition et de Technologie Alimentaire
(v/v)	Volume par volume

Liste des figures

N° de figures	Titres	N° de pages
1	Principales étapes de la fabrication fromagère	6
2	La diversité des fabrications du fromage	11
3	Schéma de fabrication des principaux fromages traditionnel algérien	14
4	Fromage bouhezza	15
5	Présentation photographique des différentes étapes de la préparation de la Chekoua du fromage Bouhezza	17
6	Diagramme des étapes de préparation de lben	18
7	Echantillons de trois types de bouhezza naturel, salé et épicé	21
8	Préparation des échantillons	24
9	L'espace L* a* b* et la représentation colorimétrique de l'espace chromatique CIELAB et (A) et de l'écart de couleur ΔE^* (B)	25
10	Mesure quantitative de la couleur des fromages	26
11	Préparation de milieux de culture	30
12	Dénombrements des bactéries	34
13	Préférences des consommateurs au cours du stockage (7°C) pour 3 types des fromages Bouhezza.	36
14	Acceptabilité des différents types du fromage en fonction du temps de stockage	39
15	Fonction de survie cumulée des trois variétés du fromages	40
16	Bouhezza après 15 jours	41

Liste des tableaux

N° de tableaux	Titres	N° de pages
1	Principaux types des fromages traditionnel algérien	12
2	Analyses microbiologiques des fromages	29
3	Résultats des analyses physico-chimiques des trois types du fromage Bouhezza	32
4	Profil de la couleur des différents types du fromage bouhezza	33
5	Caractéristiques bactériologiques des différents types du fromage bouhezza	34
6	Données (acceptation / rejet) pour 50 sujets ayant goûté les différents échantillons du fromage avec différentes durées de stockage à 7 ° C	35
7	Type d'entrée des données pour la fonction analyse de répartition paramétrique	36
8	Durée de vie estimée des différents types des fromages bouhezza (BN, BS et BS) et valeurs des paramètres de distribution de Weibull μ et σ	38
9	Classement en fonction du risque de Weibull pour le fromage bouhezza naturel, salé et épicé	38
10	Test d'égalité des fonctions de survie cumulées	40

Table des matières

- ملخص.....	i
- Résumé.....	ii
- Abstract.....	iii
- Liste des abréviations.....	iv
- Liste des figures.....	v
- Liste des tableaux.....	vi
- Introduction générale.....	1

Synthèse bibliographique

- Chapitre1: Généralité sur les fromages.....	3
1. Généralité.....	3
2. Etymologie du fromage.....	3
3. Technologie des fromages.....	3
3.1. Définition du fromage.....	3
3.2. Etapes de fabrication des fromages.....	4
3.2.1. Préparation du lait.....	5
3.2.2. Coagulation du lait.....	6
3.2.2.1. La coagulation par la voie acide.....	7
3.2.2.2. La coagulation par la voie enzymatique.....	7
3.2.3 Egouttage.....	8
3.2.4 Salage.....	8
3.2.5 L'affinage.....	9
- Chapitre 2: Fromages traditionnels en Algérie.....	10
1. Classification des fromages.....	10
2. Le fromage traditionnel Algérien.....	11
3. Le fromage traditionnel Bouhezza.....	15
3.1. Terroir et l'origine du fromage Bouhezza.....	15

3.2. Fabrication du fromage bouhezza.....	16
3.2.1. Chekoua du fromage Bouhezza.....	16
3.2.2. Lben.....	17
3.3. Caractérisation du fromage bouhezza.....	18
3.3.1. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de Bouhezza.....	18
3.3.2. Caractéristiques microbiologiques de bouhezza.....	18
3.4. Conservation et consommation du fromage bouhezza.....	19
3.5. La valeur nutritionnelle du fromage bouhezza.....	19
4. Les contraintes de l'industrie du produit laitier traditionnel.....	20

Partie expérimentale

- Matériel et méthodes.....	21
1. Plan d'échantillonnage.....	21
2. Les méthodes de fabrication du fromage bouhezza.....	21
3. Caractérisation des fromages.....	22
3.1 Analyses physicochimiques.....	23
3.1.1 Potentiel hydrogène (pH).....	23
3.1.2 Acidité Dornic (°D).....	23
3.1.3 Détermination de la teneur en matière sèche dans le fromage.....	23
3.1.4 Détermination de la teneur en matière sèche soluble.....	24
3.1.5 Mesure de la couleur des fromages.....	24
3.2 Caractérisation bactériologique des fromages.....	26
3.2.1 Préparation de la solution mère.....	26
3.2.2 Dénombrement.....	27
3.2.2.1 Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT).....	27
3.2.2.2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (CT et CF).....	27
3.2.2.3 Dénombrement de streptocoques fécaux (SF).....	28
3.2.2.4 Dénombrements de la flore lactique (FL).....	28

3.2.2.5 Recherche des salmonelles (SA)	28
3.2.2.6 Recherche des staphylocoques (ST).....	28
3.2.2.7 Recherche des Pseudomonas (PS).....	29
3.2.2.8 Recherche des levures et Moisissures (LM)	29
4. Analyse sensorielle de durée de vie (shelf life analysis).....	30
- Résultats et discussion	32
1. Caractéristiques physico-chimiques	32
2. Mesure physique de la couleur de surface des fromages	32
3. Caractéristiques bactériologiques.....	33
4. Données brutes et la censure des données de la durée de vie	35
5. Calculs de probabilité de la défaillance sensorielle	36
- Conclusion	42
- Références bibliographiques	43
- Annexes.	

Introduction générale

Dans le cas où des résultats sont définis comme un temps qui s'écoule jusqu'à la survenue d'un événement particulier, nous parlons de la durée de survie. En effet, l'analyse des données de survie est l'étude qui s'intéresse à l'apparition d'un événement au fil du temps de manière aléatoire sur un individu, dit un événement d'intérêt ou un événement attendu (**Saint Pierre, 2015**).

L'analyse de survie est une branche de la statistique largement utilisée dans les études cliniques, épidémiologique, biologique, sociologique et les études de fiabilité (**Gómez and Langohr, 2004; Klein and Moeschberger, 2006; Meeker and Escobar, 2014**).

L'analyse sensorielle de la durée de vie d'un produit alimentaire (sensory shelf life analysis) permet d'évaluer la période idéale de consommation d'un produit en utilisant l'évaluation sensorielle de sujets à des temps différents.

L'évaluation sensorielle est le facteur clé pour déterminer la durée de conservation de nombreux produits alimentaires. Plusieurs aliments ont une stabilité microbiologique, comme les biscuits, où leur durée de conservation est définie par les changements de ses propriétés sensorielles. Beaucoup des aliments frais, comme le yogourt ou le fromage, après un stockage relativement prolongé ils peuvent rester sûrs microbiologiquement, mais ils peuvent être rejetés en raison de ses changements dans leurs propriétés sensorielles (**Hough et al., 2003**).

Dans plusieurs cas, les propriétés physico-chimiques ou même bactériologique d'un produit ne suffisent pas pour évaluer la qualité d'un produit en fonction de la période à laquelle il est consommé (**Klein and Moeschberger, 2006**). En effet, une évaluation sensorielle est indispensable pour un produit alimentaire donné, qui mettra en avant des périodes auxquelles le produit est optimal. Dans l'exemple d'un produit lacté, il est possible d'avoir un produit tout à fait adapté à la consommation, mais qui dans une évaluation sensorielle, sera trop acide après une certaine période ou aura un aspect moins attrayant. L'utilisation de méthodes classiquement utilisées en analyse de données de survie s'applique très bien dans ce cas qui représente l'objectif principal de ce projet de fin d'étude.

Gacula Jr and Singh (1984) ont présenté le modèle de Weibull, dérivé d'analyse de survie, dans les études de durée de conservation de aliments ; plus tard, le modèle a été appliqué dans plusieurs études (**Cardelli and Labuza, 2001; Duyvesteyn et al., 2001; Hough et al., 1999**).

Le seuil de risque de Weibull a été utilisé pour déterminer la durée de conservation de nombreux aliments tels que les viandes congelées (**Gacula Jr, 1975**), les crèmes glacées (**Wittinger and Smith, 1986**), les fromages (**Schmidt and Bouma, 1992**), le lait pasteurisé (**Duyvesteyn et al., 2001**), le café torréfié et moulu (**Cardelli and Labuza, 2001**), le yaourt (**Al-Kadamany et al., 2003**) le beurre enrichi aux extraits d'épices (**Arslan et al., 2009**). L'acceptabilité du produit a été contrôlée au seuil de risque de Weibull où la fin de la durée de conservation était le moment où 50% des consommateurs trouvaient le produit inacceptable.

La stabilité d'un produit alimentaire et sa durée de conservation dépendent de nombreux facteurs, notamment la qualité des ingrédients, la composition et la structure du produit, les conditions de traitement utilisées pendant la fabrication, les caractéristiques de l'emballage et enfin le stockage et les conditions de distribution. Cela signifie que tout produit alimentaire est soumis à l'échec après un certain temps de stockage pour diverses raisons (**Kilcast and Subramaniam, 2011**).

La durée de vie d'un fromage varie d'un type de pâte à l'autre. Il est recommandé de consommer les pâtes molles, les pâtes fraîches et les semi-fermes dans les deux semaines suivant l'achat. Cependant, les fromages à pâte dure peuvent se conserver encore plus longtemps, puisqu'ils contiennent très peu d'humidité (**Muir, 2011**).

L'Algérie recèle une richesse importante en matière de produit laitier de terroir, au moins dix variantes de fromages traditionnels sont actuellement recensés sous différentes nominations à savoir : « Djben » ; « Klila » ; « Bouhezza » ; « M'chouna » ; « Medghessa » ; « Takemerit » ; « Aoules » et « Igounenes » (**Benamara et al., 2016; Zitoun et al., 2011**). Dans le Nord Est Algérien, Bouhezza est un fromage populaire dans les régions rurales et pré urbaines (**Boudalia et al., 2020**), où il occupe une place socio-économique très importante, cependant, sa production commerciale a été assez limitée, probablement en raison de la méconnaissance des conditions de conservation, d'autant que Bouhezza est un fromage à pâte molle ou peu molle (**Zitoun et al., 2011**). Par conséquent, l'évaluation de la durée de vie de ce fromage aidera à améliorer la production et la commercialisation de ce produit traditionnel. C'est dans ce contexte que ce travail de Master a été proposé, dont l'objectif primordial était de déterminer la durée de conservation du fromage Bouhezza en utilisant la méthode du risque de Weibull afin d'illustrer l'effet du temps sur la durée de conservation.

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 :
Généralité sur les fromages

1. Généralité

La Fédération internationale du lait a déclaré une estimation de la production mondiale en fromage en 2015 s'élève à environ 23 millions de tonnes (**IDF, 2016**). Cette production était divisée sur six les continents et comprend le fromage fabriqué principalement à partir de lait de vache qui reste la première espèce donatrice du fromage (20,7 millions de tonnes). Le reste est composé de fromages des autres espèces (buffles, caprins et ovins) ainsi que de fromages fabriqués à l'échelle ménage et fermier qui n'apparaissent pas dans les statistiques internationales (**IDF, 2016**).

2. Etymologie du fromage

La littérature scientifique est très riche en ce qui concerne l'historique du fromage (**Kindstedt, 2018**). En effet, L'histoire du fromage est très liée à l'évolution des grandes civilisations humaines car sa fabrication permet, en premier lieu, de conserver le lait. De ce fait, cet aliment est parmi les plus anciens aliment façonné par la main de l'homme. Outre, l'histoire de la fabrication du fromage remonte au néolithique, c'est à dire 7 000 ans av. J-C. Le fromage apparaît en même temps que la domestication des animaux et à la traite des femelles de différente espèces (**Fox et al., 2004**). Les fromages de chèvre et de brebis apparaissent en premier, bien avant les fromages de vache car la domestication des bovins est de quelques milliers d'années plus tardive que celle des ovins et caprins (**Vigne, 2008, 2011**). L'invention du fromage est liée à la pratique du transport et du stockage du lait. Certains avancent aussi l'observation de lait caillé dans la caillette de veau abattus pour être consommés. Le fromage est le nom générique d'un groupe de produits alimentaires à base du lait fermenté, produits dans une large gamme de saveurs et formes à travers le monde. Bien que l'objectif principal de la fabrication du fromage soit la conservation des principaux constituants du lait, le fromage a évolué pour devenir un aliment de haute valeur culinaire et nutritionnelle (**Sandine and Elliker, 1970**). Dans la conception traditionnelle, le fromage est le résultat de la coagulation du lait cru de vache, de chèvre ou de brebis, caractérisés par un savoir-faire ancestral transmis d'une génération à l'autre jusqu'à nos jours, où nous observons qu'un certain nombre de fromages a fait la transition de l'échelle traditionnelle à l'industrielle (**Marino et al., 2012**).

3. Technologie des fromages

3.1. Définition du fromage

Le fromage est le résultat de la coagulation du lait, cette coagulation peut être naturelle ou provoquée par un ensemble d'enzymes coagulantes, connu sous le nom de présure, suivi de

l'élimination partielle du lactosérum (l'égouttage), ce qui laisse l'apparition un caillé, lequel est à l'origine du fromage (**Eck et al., 1997**).

Selon le Codex alimentarius **Alimentarius (1978)**, (**norme FAO/OMS A6**) , 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 plusieurs techniques de coagulation à savoir :

- Une 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, la teneur en protéines du fromage (caséines) qui nettement plus élevée que la teneur en protéines du mélange des matières premières.
- Par l'usage de techniques de fabrication provoquant la coagulation des protéines du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques spécifiques physico-chimique et sensorielle.

Il existe deux grandes catégories du fromage selon leur aptitude de consommation, le fromage le fromage affiné qui nécessite plus du temps lors de la fabrication, généralement 6 étapes (coagulation, caillage, égouttage, moulage, salage et affinage) et le fromage et non affiné ou frais qui nécessite peu du temps lors de la fabrication (coagulation, caillage, égouttage).

- Le fromage affiné est un fromage qui n'est pas encore prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qui doit être maintenu pendant un certain temps à une température donnée et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage.
- Le fromage affiné aux moisissures est un fromage affiné où l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse et/ou sur la surface du fromage.
- Le fromage non affiné dont le fromage frais est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication.

3.2. Etapes de fabrication des fromages

La fabrication du fromage est le résultat de l'association de deux phases majeures à savoir : la phase d'agglomération et la phase d'écoulement. L'agglomération consiste à

l'assemblage des protéines du lait et surtout la caséine qui représente la protéine la plus importante dans le lait. Cette protéine emprisonne les autres composants du lait pour former des morceaux du caillé moulé. L'écoulement consiste à la libération de la phase liquide ainsi, les éléments solubles qui ont été incorporés dans les pores (**Luquet, 1990**). Autrement dit, les principes de base de la fabrication des fromages sont les mêmes pour presque toutes les variétés de fromages. En effet, le principe fondamental de la fabrication consiste à enlever l'eau du lait afin d'augmenter la concentration de six à dix fois d'une partie des protéines, lipides, minéraux et vitamines avec l'expulsion de lactosérum (**Abbas, 2012**). Par conséquent, la préparation du fromage est essentiellement un processus de déshydratation, avec élimination de 90% de l'eau dans le lait et essentiellement toutes les protéines de lactosérum, le lactose et les sels de lait solubles (**Mehta, 2015**). Selon **Brule and Lenoir (1990)**, la transformation du lait en fromage est basée sur la succession de quatre étapes, qui sont précédées par une opération de standardisation du lait, afin d'ajuster l'acidité pour faciliter la coagulation du lait (le pH d'emprésurage). Elles sont décrites plus en détail ci-après et résumées à la figure 1.

3.2.1. Préparation du lait

D'après (**Abbas, 2012**) la préparation du lait avant la transformation en fromage consiste à :

- L'homogénéisation des globules gras : elle permet une meilleure répartition de la matière grasse au sein du caillé, ainsi elle favorise une couleur plus blanche du caillé. Elle peut toutefois accélérer les phénomènes de lipolyse, d'acidification et d'oxydation ;
- La standardisation de la composition chimique du lait en matières grasses par l'addition ou l'élimination de la matière grasse et en matières protéiques (caséinates de Na, ça protéines de sérum...);
- La correction technologique de l'état de minéralisation final du caillé : le refroidissement précoce du lait engendre des déplacements de l'équilibre du Calcium lié aux caséines vers le Calcium libre. Une correction de la teneur et de l'équilibre en ça lie/libre est établi généralement par un apport en chlorure de calcium ;
- Les traitements thermiques : ils visent à détruire la majorité de la flore banale et pathogène tout en conservant au mieux les qualités sensorielles du lait et en créant des conditions favorables aux étapes technologiques suivantes de fabrication fromagère.

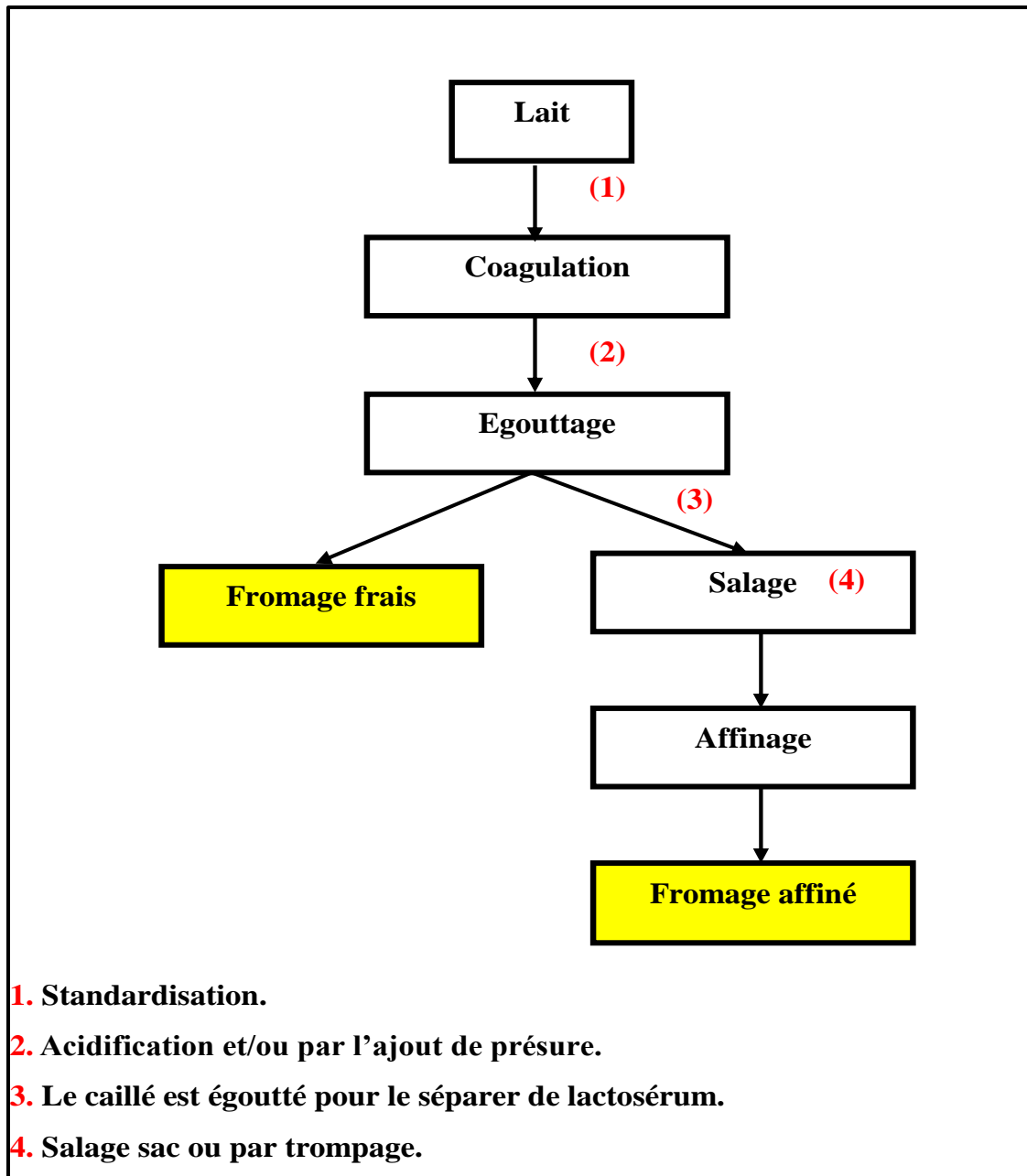


Figure 1 : Principales étapes de la fabrication fromagère (dressée par nos soins à partir de la littérature).

3.2.2 Coagulation du lait

La coagulation est l'ensemble des modifications physicochimiques des micelles de caséines sous l'action d'enzymes protéolytiques et (ou) d'acide lactique, elles entraînent la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. La coagulation du lait est obtenue par plusieurs méthodes (Lapointe-Vignola, 2002).

3.2.2.1. La coagulation par la voie acide

L'acidification du lait par l'addition d'acide ou l'ensemencement des bactéries lactiques peut conduire soit à la précipitation de caséine, soit à la formation d'un gel (**Cayot and Lorient, 1998**). Si l'acidification est rapide, par l'ajout d'un acide minéral comme l'acide sulfurique ou organique comme l'acide citrique ou lactique, cette acidification provoque une baisse rapide de pH à environ 4,6 et une floculation des micelles et la précipitation des caséines déminéralisées accompagnée par la formation du gel granuleux dispersé dans le lactosérum (**Alais and Linden, 1997; Eck and Gillis, 2006**).

Par contre l'acidification lente obtenue soit par une fermentation lactique, soit par une hydrolyse de la gluconolactone, conduit à la formation d'un gel lisse homogène qui occupe entièrement le volume initial du lait (**Brule and Lenoir, 1990**). Le gel lactique obtenu est fiable, fragile et perméable (**Veisseyer, 1979**), avec une élasticité pratiquement nulle dues au manque de structuration du réseau, les liaisons sont faibles de type hydrophobe et résistent peu au traitement mécanique (**Mahaut et al., 2000**).

3.2.2.2. La coagulation par la voie enzymatique

Diverses enzymes protéolytiques ont la capacité de coaguler le lait mais la présure est la plus utilisée. Ceci malgré le fait que les prix de la présure animale fluctuent beaucoup en raison de la variation des prix des matières premières et sont considérablement plus élevés que les autres enzymes de coagulation du lait (**Hellmuth and van den Brink, 2013**). La présure est constituée de deux enzymes, soit la chymosine, qui permet l'hydrolyse de la caséine κ , et la pepsine (**Ruettimann and Ladisch, 1987**).

La coagulation du lait par la présure est divisée en trois étapes : la phase d'hydrolyse enzymatique, la phase d'agrégation et la phase de formation du gel (**Brown and Ernstrom, 1988**). Ces phases sont décrites ci-après :

- **Phase d'hydrolyse enzymatique** : durant de cette première étape, l'enzyme vient couper le lien peptidique Phe105 -Met106 de la caséine κ et la protéine est scindée en deux peptides, le CMP et la para-k-CN. L'hydrolyse progressive de la caséine κ durant la phase primaire altère les propriétés des micelles à un point où elles deviennent susceptibles à l'agrégation, qui représente la seconde phase de la réaction (**Horne, 2006**).
- **Phase d'agrégation** : durant la seconde phase, les micelles déstabilisées peuvent se rapprocher et former des liens hydrophobes. Ce changement est facilité par la diminution des charges en surface des micelles suite à la libération du CMP. La perte

de ce segment réduit le potentiel zeta de la micelle d'environ 30 à 50 % et diminue les interactions de nature entropique (stérique), ce qui permet un rapprochement des micelles attaquées par l'enzyme et facilite l'agrégation. Cette fraction hydrophobe forme un coagulum de micelles sous forme de gel de para-caséine par floculation et agrégation (Amiot et al., 2002).

- **Phase de formation du gel** : la troisième phase conduit à la formation d'un réseau tridimensionnel continu nommé gel ou coagulum. Les agrégats augmentent d'abord de taille. Par la suite, la réticulation entre les chaînes et la fusion des particules transforment le lait en gel (Ruettimann and Ladisch, 1987), cette phase marque le début de la formation du caillé. Il existe divers types de présures non issus des sucs gastriques d'animaux. Des présures végétales, extraites de plantes comme le gaillet, l'artichaut, le charbon, les ficines, et d'autres tel que le latex extraite du figuier, la papaïne extraite du papayer et la bromélaïne extraite de l'ananas (Ramet, 1985), ou encore d'origine microbienne (la protéase de *Bacillus cereus*, de *Bacillus subtilis*, et la protéase de *Cryphonecteriaparasitica*) (Rao et al., 1998).

3.2.3 Egouttage

Cette étape est marquée par l'élimination progressive de lactosérum qui s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement corrélatif du gel. Autrement dit, l'égouttage est une étape de concentration de certains constituants du gel par un phénomène physique de rétraction (synérèse) et l'évacuation passive du lactosérum liée à la porosité et la perméabilité du gel (Walstra et al., 1985). En effet, l'égouttage consiste à l'élimination progressive du lactosérum (par synérèse) qui s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement corrélatif du gel, ce qui aboutit à la formation d'un caillé dont l'extrait est plus ou moins élevé qui correspond au fromage formé (Brule and Lenoir, 1990). Ce phénomène est expliqué par l'effet conjugué de la présure, de l'acidité et de la température, les liaisons moléculaires qui se créent entre les caséines et les minéraux provoquent une contraction du réseau qui expulse l'eau et les solutés (protéines sériques, minéraux solubles, lactose, composés azotés non protéiques). Le caillé peut subir différentes actions mécaniques qui accélèrent le phénomène (brassage, tranchage, broyage, pressage) et donnent un grain et une composition chimique de caillé final variables selon le type de procédé (Abbas, 2012).

3.2.4 Salage

L'importance primordiale du salage est liée d'une part à son rôle sensoriel en donnant une saveur marquée au produit et d'autre part à son rôle technologique en complétant

l'égouttage et en limitant l'acidification et la déminéralisation. L'ajout de sel (Na Cl) permet également la sélection de la flore d'affinage (**Hardy and Scher, 1997**). Le salage se fait à l'aide de sel fin ou de gros sel par saupoudrage, immersion en saumure ou par salage direct du caillé.

3.2.5 L'affinage

L'affinage est une étape clé pour le développement des qualités spécifiques de chaque fromage. Tous les types de fromages à l'exception des fromages frais subissent une maturation biologique plus ou moins prononcée. L'affinage est une phase de digestion enzymatique des composés protéiques et lipidiques du caillé égoutté (**Romain et al., 2008**). Cette digestion est sous l'action d'enzymes de diverses origines, le caillé est fermenté, hydrolysé, transformé en une pâte d'aspect, de texture, de saveur et d'arôme complètement modifiés. Cette étape dépend de la composition et de la structure du caillé, de la durée d'affinage, de la composition de la flore interne et de surface ainsi que du contexte environnementale de la cave : aération, humidité, température, microbisme de la cave, cave contrôlée ou naturelle...) (**Herbet, 1999**). L'affinage est complexe et difficile à contrôler (**Abbas, 2012**).

Chapitre 2 :
Fromages traditionnels en Algérie

1. Classification des fromages :

Une large gamme de variétés de fromages est produite dans le monde, environ 2000 variétés dont approximativement 500 variétés de fromages sont reconnues par la Fédération internationale laitière (FIL) (IDF, 2008), suite à cette grande diversité liée aux propriétés ou aux modes de fabrication des fromages, aucune liste définitive et universelle de classification ne pourra être établie (Chambers et al., 2005). Autrement dit, la classification reste très difficile surtout pour les nouvelles variétés de fromage qui apparaissent sur le marché suite à l'évolution technologique reconnue ces dernières années.

Les systèmes de classification classiques des fromages sont basés sur l'un des critères suivants : les propriétés texturales, type de lait, méthode de coagulation, température de cuisson, composition du fromage et composition des agents de maturation (Almena-Aliste and Mietton, 2014). Cependant, peu de modèles de classification sont basés sur des approches intégrales qui montrent une image plus précise de la diversité des fromages, et de la différenciation entre les nombreuses variétés. En revanche, une évaluation internationale des systèmes de classification par famille indique également deux approches principales mais différentes, qui peuvent dans certains cas être source de confusion, l'approche « européenne » (utilisée principalement en France et en Europe du Sud) utilise les processus technologiques comme critères de classification. Tandis que la classification selon « anglo-saxon » est basée sur la texture (Almena-Aliste and Mietton, 2014), en outre, La classification proposée par Lenoir et al. (1985) montre comment la diversité des fromages français est due principalement à des différences dans trois étapes de fabrication des fromages à savoir : la coagulation, l'égouttage et la maturation, ces trois traitements définissent le type de technologie et les principales caractéristiques chimiques de chaque variété du fromage, Par exemple, le type de coagulation utilisé pour coaguler le lait façonne les caractéristiques du gel en termes de structure, de fermeté et de cohésion. Dans le cas de la coagulation par voie enzymatique, pour éliminer l'humidité du gel qui en résulte, des techniques spécifiques peuvent inclure des actions mécaniques comme la coupe et l'agitation des caillés...etc., ainsi l'application de la chaleur peut contribuer à l'évacuation de plus d'eau des caillés. Les fromages frais issus de ces étapes sont plus ou moins humides. Les niveaux d'humidité et de minéralisation affectent la taille du fromage et la durée de vie des produits. Quand la teneur en calcium est plus élevée que l'humidité, Les fromages ont de grand format et peuvent être consommée pendant plusieurs mois, voire des années.

En conclusion, avoir une classification regroupant tous les fromages selon leurs technologies de fabrication et leurs caractéristiques demeure très difficile, en tenant en compte

que certains fromages peuvent être classés dans la même catégorie alors qu'ils se diffèrent d'un point de vue sensoriel.

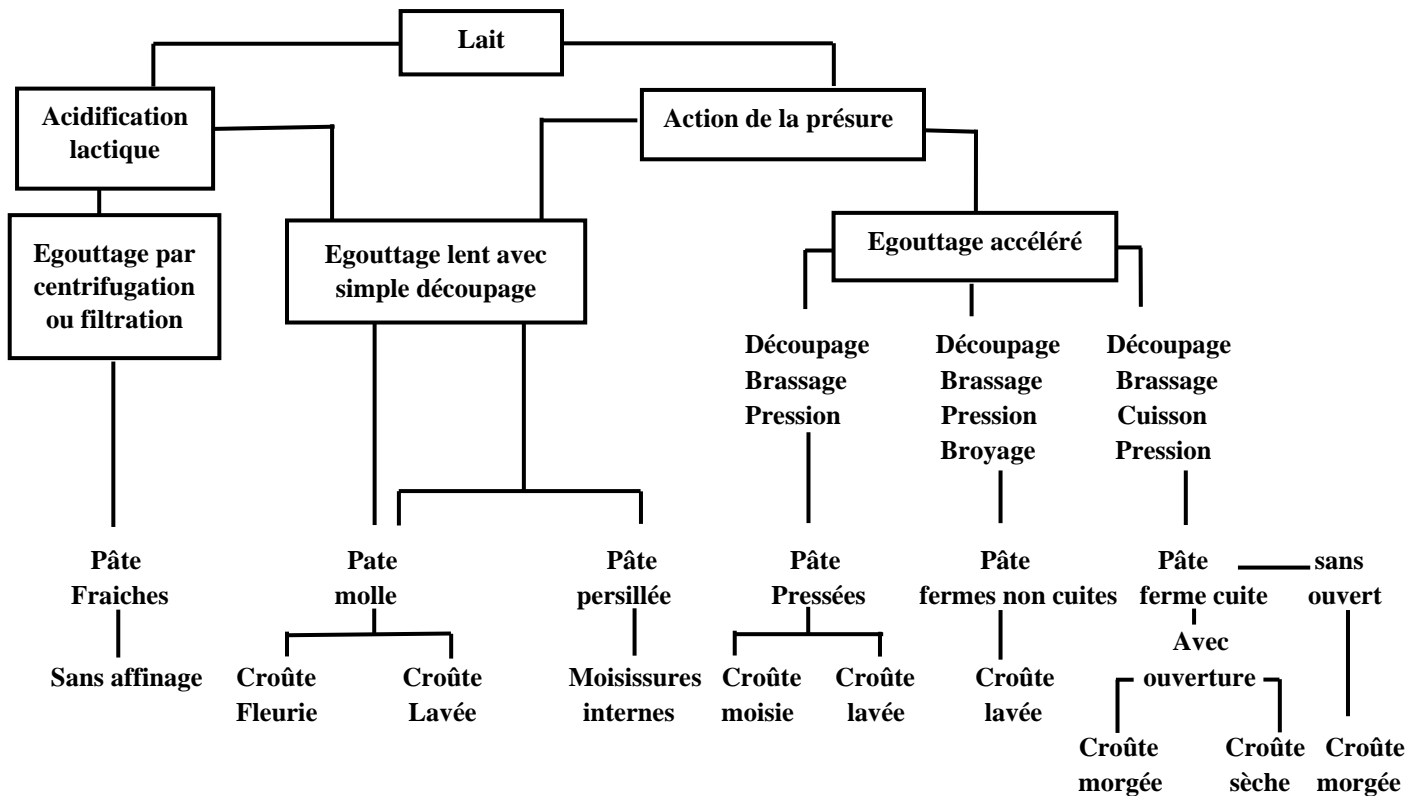


Figure 2 : La diversité des fabrications du fromage (Riahi, 2006).

2. Le fromage traditionnel Algérien

L'Algérie a une tradition bien établie sur la consommation des produits laitiers, transmise d'une génération à une autre, ce qui représente un aspect important de la culture Algérienne. Le lait abondant durant certains moments de l'année est difficile à conserver et facilement périssable, surtout dans les zones à climat très chaud. Dans n'importe quelle culture, il a été toujours traité pour augmenter la durabilité et la valeur nutritive pour une consommation domestique et au même temps de permettre la commercialisation du surplus (Bencharif, 2001). En Algérie, les fromages ont une longue histoire et sont traditionnellement fabriqués par des processus anciens à partir du lait de vache, de chèvre, de brebis ou de mélanges, plus de dix types de fromages traditionnels sont produits dans différentes régions d'Algérie mais uniquement le Djben et le Klila sont les plus connus dans l'ensemble du territoire, et parmi les moins connus, ont été identifiés les fromages tels Machona, Medegissa et Bouhezza dans la région des chaouia au nord-est d'Algérie, Takemmèrit et Aoules au sud de pays et Ighounane dans le nord centre au région de kabyle (Tableau 1) (Zitoun et al., 2011).

Tableau 1 : Principales types des fromages traditionnel algérien.

Type de fromage		Description	Auteurs
Fromages Frais	Jben	Porte de nom du Jben ou Jibneh Beida c'est-à-dire fromage blanc, elle est obtenue suite à une fermentation spontanée du lait cru de vache ou de brebis ou bien d'un mélange des laits jusqu'à coagulation et obtention du Rayeb, La collecte du lait destiné à cette préparation dure 3 à 4 jours (des grandes quantités sont utilisés), le coagulum ainsi obtenu est égoutté dans une mousseline jusqu'à atteindre la consistance désirée (pendant environ 2 à 3 jours), il est consommé largement dans les Pays du Maghreb (Algérie, Tunisie et Maroc).	(Benkerroum and Tamime, 2004)
	Klila	Klila est un fromage traditionnel, préparé à base du l'ben de vache, de brebis, de chèvre ou d'un mélange des trois, son procédé empirique de fabrication, est encore en vigueur, et caractérisé par une fermentation spontanée des flores originelles du lait, à température ambiante, après coagulation et égouttage, le produit est consommé à l'état frais.	(Meribai et al., 2017)
	Mechouna	Fromage fabriqué à base du lait et du l'ben de vache ou de chèvre ou mixe des deux.	(Meribai et al., 2017)
	Kemariya	Plus connu dans la région du « M'zab » notamment dans les wilayas de Ghardaïa et Naama, fabriqué principalement à base de lait cru de chèvre, et également par le lait de vache et de chamelle, il est coagulé par des présure animal ou végétal, kemariya fromage est consommé souvent en dessert avec du miel, des cacahuètes au cours des fêtes de fin d'année et servi avec du thé à la menthe, il est de plus en plus produit par des PME selon des processus semi industriels pour être commercialisé aussi bien sur les marchés traditionnels qu'au niveau de certaines grandes surfaces du Nord algérien.	(Leksir et al., 2019)
	Ighounane	Le colostrum (premier lait provenant de vache venant de mettre bas) est utilisé pour la fabrication de ce fromage. L'Ighounane originaire de la Kabylie est fabriqué dans des ustensiles en terre cuite enduits d'huile d'olive. Le lait est chauffé et coagulé après addition d'une petite quantité d'eau salée, le caillé obtenu se consomme après découpage à l'état frais.	(Moulay, 2015)

Chapitre 2 : Fromages traditionnel en Algérie

	Oudiouan Oulli	C'est un fromage préparé en région de Touaregs similaire au fromage blanc servi en petites portions, il est consommé à l'état frais ou séché.	(Leksir et al., 2019)
	Aoules	Fromage fabriqué par le lait de chèvre extrêmement aigre. Un fromage à pâte dure est obtenue (matière sèche représente 92%) après une coagulation intense. Le caillé est égoutté dans une paille puis séché au soleil pour donner à la fin des boules plates. Ce fromage se consomme généralement avec les dates	(Amimour, 2019)
Fromages durs	Aghoughlou	Fabriqué en Kabylie, Il est obtenu après coagulation de lait frais de vache ou de chèvre par la sève du figuier.	(Amimour, 2019)
	Takammart	Connu à la région de Houggar préparé par l'introduction d'un morceau de la caillette de jeunes chevreaux dans le lait et après quelques heures retirées le caillé est retiré à l'aide d'une louche et déposé en petits tas sur une natte, il sera ensuite pétri pour évacuer le sérum, puis déposé natte faite de tige de fenouille qui donne l'arôme, les nattes ensuite séché au soleil durant deux jours puis placé à l'ombre jusqu'au durcissement du fromage.	(Lahsaoui, 2009)
Fromage fondu	Medghissa	Fromage très répandu à la région des Chaouias, préparé par la cuisson de Klila frais ou semi séché dans le lait entier de vache, chèvre ou de brebis, sur feu doux, Medghissa est consommée comme goûter et appréciée pour son élasticité.	(Leksir, 2018)
Fromage affiné	Bouhezza	Est un fromage à pâte molle ou peu molle, fabriqué à base de différent type de lait cru (de vache, de chèvre et de brebis) ou de leur mélange, et affiné à l'aide de Chekoua (sac en peau de chèvre ou de brebis), très connu à l'est d'Algérie dans la région Chaouias,	(Zitoun, 2014), (Medjoudj et al., 2020)

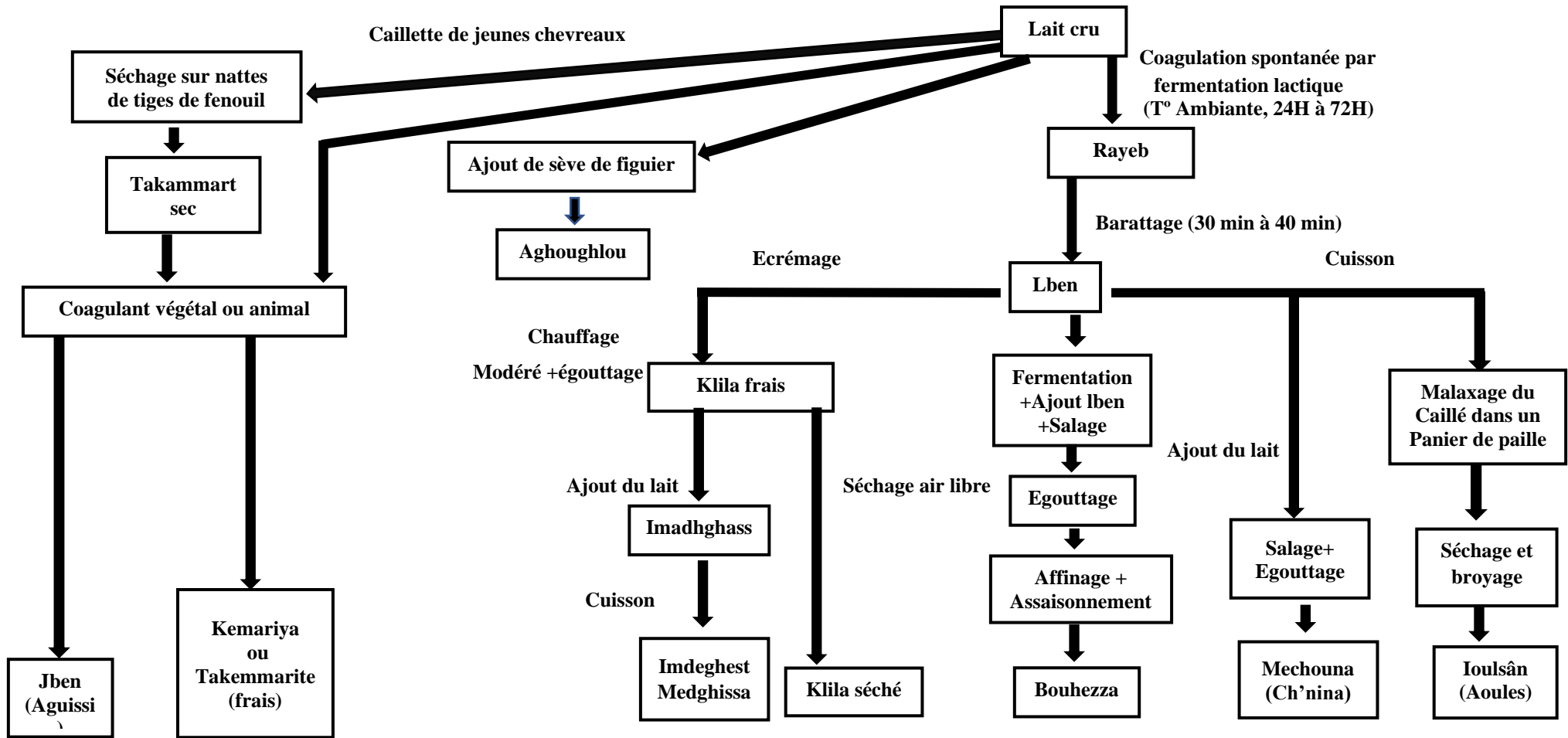


Figure 3 : Schéma de fabrication des principaux fromages traditionnel algérien (Leksir, 2018).

3. Le fromage traditionnel Bouhezza :

Bouhezza est un fromage traditionnel Algérien (Marino et al., 2012). Il est plus répandu dans la région d'Aurès (Nord Est d'Algérie) (Zitoun et al., 2011);(Zitoun et al., 2012), et aussi plus précisément dans les régions de Oum Bouaghi, Khenchela, et dans certains régions de Batna (Lahsaoui, 2009), Bouhezza est caractérisé comme fromage fermier fermenté, à égouttage spontanée (Lahsaoui, 2009), préparé à l'origine avec du lait cru de vache, chèvre, brebis ou de leur mélange (Belbeldi, 2013), Ce fromage est fabriqué sans présure, ne subit aucun traitement thermique :et l'auto-régulation de la fabrication est basée sur le sel et l'acide produits par les microflore indigènes de lait. Ils contribuent à protéger le produit vis-à-vis de la flore de contamination et germes pathogènes, et donc garder le fromage en toute sécurité (Medjoudj et al., 2017).



Figure 4 : Fromage bouhezza (Aissaoui et al., 2006).

3.1.Terroir et l'origine du fromage Bouhezza

Etymologiquement, c'est un mot d'origine arabe " بوهزة " qui peut être subdivisé en deux mots soit « bou » qui signifie celui ou celle et, « hezza » qui se rapporte au verbe soulever. La fabrication de Bouhezza est une activité exclusivement reversée à la femme rurale, qui s'occupe de la préparation du Lben et de son utilisation pour la fabrication de fromages (Zitoun, 2014). L'étude sur le fromage Bouhezza a été initiée en 2000 au sein du Laboratoire de Nutrition et de Technologie Alimentaire (LNTA, équipe TEPA). Les premières informations publiées ont concerné le diagramme de fabrication traditionnel du fromage (Marino et al., 2012),. Créée en 2017, l'association IMSEDA pour la promotion et la protection de l'appellation Bouhezza, milite énergiquement pour la préservation de cet aliment traditionnel spécifique à la population Chaouie et le développement de sa production.

Bouhezza préparé dans la zone de Chaouia depuis longtemps (wilayas de Batna, Khenchela, Oum El Bouaghi, Tébessa et Souk Ahras) au Nord-Est de l'Algérie (**Medjoudj and Zidoune, 2018**).

3.2. Fabrication du fromage bouhezza

La fabrication de Bouhezza est caractérisée essentiellement par la préparation de la Chekoua, et du Lben (**Belbeldi, 2013**).

3.2.1. Chekoua du fromage Bouhezza

La fabrication du fromage nécessite la confection de la peau d'animaux sous forme de Chekoua (**Zitoun, 2014**), la plus utilisée est celle de la chèvre (**Belbeldi, 2013**). Elle 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 secrète et d'un contenant de la masse fromagère qui s'accumule au cours du temps (**Zitoun, 2014**).

Avant utilisation, la peau de chèvre nécessite un traitement approprié. Elle est laissée se putréfier à température ambiante environ 2 à 7 jours pour faciliter l'arrachage des poils ou de la laine. Après lavage avec l'eau, la peau est traitée principalement avec le sel et le genièvre avec possibilité d'incorporer aussi d'autres produits (tanins, romarin, semoule, orge) (**Senoussi, 2013**). Ensuite, la peau est laissée au repos pendant presque une ou deux semaines pour éliminer l'odeur de putréfaction et la rendre plus solide. Après cette étape la peau doit être retournée, puis elle sera nouée et ficelée pour lui donner la forme de Chekoua (**Saoudi, 2012**).

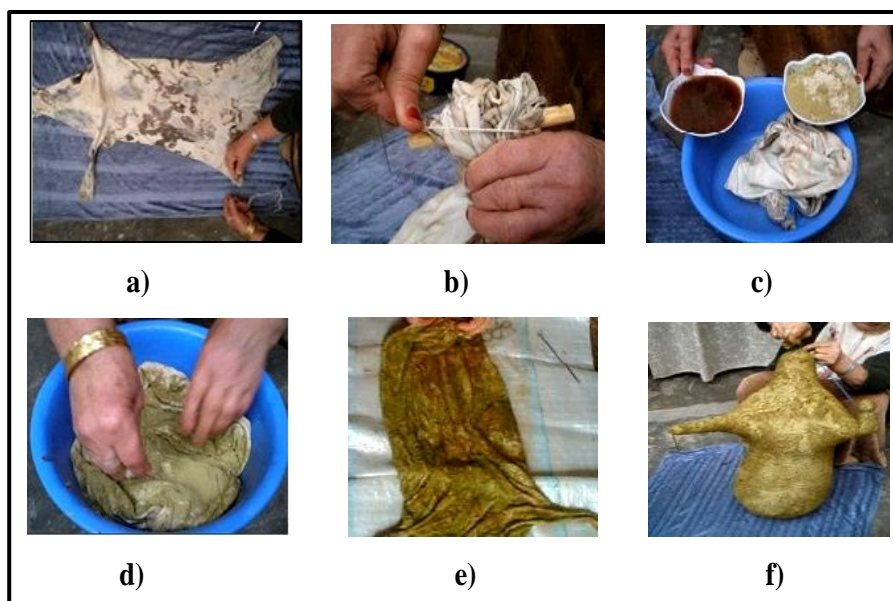


Figure 5 : Présentation photographiques des différentes étapes de la préparation de la Chekoua du fromage Bouhezza (Zitoun, 2014) : a) Peau entière de chèvre ou de brebis récupérées juste après abattage. b) Putréfaction (2 à 5 jours) à température ambiante. c) Dépilage manuel, lavage et rinçage à l'eau (enduction des deux faces de la peau avec du sel et du genièvre). d) Retournement de la peau et découpé en deux morceaux similaires. e) Ficelage et Nouaison. f) Chekoua perméable prête à l'utilisation).

3.2.2. Lben

Selon **El Marnissi et al. (2013)**, le Lben est un lait fermenté écrémé traditionnel. Sa préparation débute par la coagulation en Rayeb (pendant 24h à 72 h selon la saison), le Rayeb peut être consommé tel qu'il est ou subir un barattage et un écrémage dans une peau de chèvre ou de brebis Chekoua. L'écrémage est réalisé généralement le matin, le Chekoua est remplie à moitié de Rayeb Puis tendue par gonflement. Ensuite, la Chekoua est bien nouée et secouée vigoureusement durant une demi-heure. La formation des globules gras (beurre) est jugée par le changement du son qui se produit à l'intérieur de la Chekoua, pour aider l'agglomération des particules du beurre, l'eau est habituellement ajoutée, chaude ou froide en fonction de la température du lait. Le beurre frais est retiré manuellement en une seule motte appelé Zebda beldia ou Semnah dans autres pays le petit lait restant selon ce procédés est appelle LBEN (**Benkerroum and Tamime, 2004**).

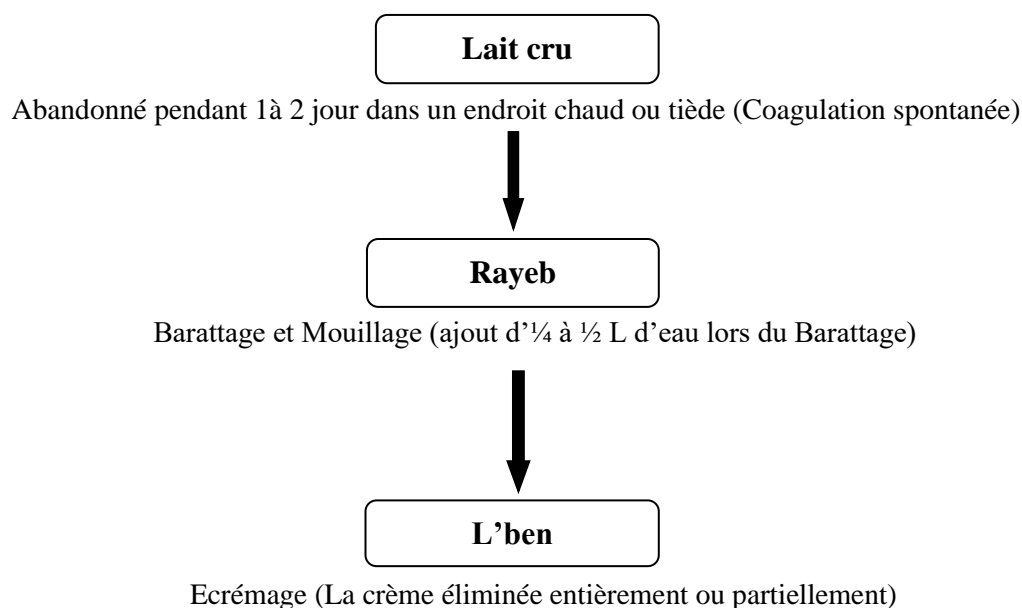


Figure 6: Diagramme des étapes de préparation de lben (Medjoudj and Zidoune, 2018).

3.3. Caractérisation du fromage bouhezza

3.3.1. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de Bouhezza :

Selon **Zitoun (2014)** ont montré que, le fromage de Bouhezza fabriqué à base du lait de vache caractériser par un teneur globale en extrait sec total (EST), matière grasse (Gras) et matière protéique ont augmenté. L'extrait sec total (EST) varie entre 23,5 et 35 g/100 g. Les fromages les plus jeunes ont les teneurs les plus faibles. De sa part, la teneur en Gras/Sec dans les échantillons augmente avec la durée d'affinage du fait de l'ajout du lait entier, les teneurs maximales enregistrées sont 35 et 39 % de Gras/Sec respectivement dans les fromages de ferme et d'expérimentation. Par ailleurs, la teneur en protéines dans la matière sèche varie entre les échantillons (43 à 56 %).

Concernant les autres caractéristiques, les résultats montrent un fromage à caractère acide qu'il soit pour le fromage de ferme ou d'expérimentation avec un pH allant de 3 à 4, une acidité lactique de 1 à 2,5 g/100 g de fromage et une salinité légère estimée à 2,2 g/100g (**Zitoun, 2014**).

Du point de vue organoleptique, Le fromage Bouhezza se caractérise par un goût peu piquant et une acidité assez prononcée et a un saveur salée est moyenne (**Zitoun, 2014**). Et également Bouhezza de chèvre paraît plus riche en composés volatiles que ceux de Bouhezza de vache (**Medjoudj and Zidoune, 2018**).

3.3.2. Caractéristiques microbiologiques de Bouhezza

Les bactéries lactiques constituent la partie majeure de la microflore de Bouhezza, Selon **Zitoun et al. (2011)**, les lactobacilles représentent des valeurs comprises entre 107 à 108 UFC.g-1

depuis la troisième semaine de fabrication. Le nombre de lactocoques varie entre 105 et 106 UFC.g-1 au cours des sept premières semaines de fabrication. Les ajouts successifs du lben pendant la fabrication enrichissent la masse fromagère en bactéries lactiques. D'autres groupes microbiens sont présents. Tel que les moisissures, les entérobactéries, la flore protéolytique et lipolytique (Senoussi, 2013).

3.4. Conservation et consommation du fromage bouhezza

- ✚ La période de fabrication de Bouhezza débute le plus souvent au printemps, au mois de Mars jusqu'au mois de Juin (période de forte lactation) (Zitoun, 2014).
- ✚ La fabrication de Bouhezza s'étale de quatre semaines à quatre mois (Medjoudj and Zidoune, 2018).
- ✚ La durée de conservation est de presque 6 à 7 mois. Bouhezza peut être conservé par déshydratation (Medjoudj and Zidoune, 2018).
- ✚ Le fromage Bouhezza peut subir différentes altérations ce qui influe sur ses qualités organoleptiques. Ces altérations résultant par l'effet de certains facteurs qui sont : le manque d'hygiène l'absence de l'aération, la putréfaction de Chekoua, l'insuffisance du sel et la présence des mouches (Medjoudj and Zidoune, 2018).
- ✚ Bouhezza est consommé directement tel qu'il est après la fin d'affinage (2 à 3 mois) chez la majorité des familles. Il peut aussi être consommé après un mois de fabrication (Medjoudj and Zidoune, 2018).

3.5. La valeur nutritionnelle du fromage bouhezza

Bouhezza apporter une portion d'acides gras de bonne qualité, parce qu'il renferme une quantité non négligeable en acides linoléiques conjugués. En plus, le ratio de l'acide linoléique (oméga 6) /l'acide α -linoléique (oméga 3) semble être équilibré (Belbeldi, 2013). la teneur en matière grasse dans le Bouhezza de ferme augmente en fonction de la durée d'affinage passant de $7,34 \pm 1,76$ à $12,57 \pm 5,15$ g/100 g du fromage frais et de $27,65 \pm 7,90$ à $39 \pm 8,07$ g/100 g dans la matière sèche (Zitoun, 2014). D'autre part, les échantillons de Bouhezza épicés par la poudre du piment rouge ont montré un contenu en β -carotène plus élevé par rapport aux autres. Le piment rouge augmente la concentration de ce pigment possédant des propriétés antioxydantes intéressantes (Belbeldi, 2013). En moyenne, 100 g de Bouhezza dans un régime, contribue dans les apports diététiques recommandés par 1,46% à 12% en acide linoléique, par 3% en acide linoléique et par 0,8-1% en acides linoléiques conjugués (ALC), par 0,5% à 3,3% en β -carotène et par 1,5% à 5% en vitamine E (Belbeldi, 2013). La teneur en protéines du

fromage Bouhezza de ferme varie entre $12,22 \pm 0,62$ % et $15,88 \pm 0,58$ g/100 g de fromage (Zitoun, 2014).

4. Les contraintes de l'industrie du produit laitier traditionnel

L'industrie laitière traditionnelle porte plusieurs difficultés tel que l'insuffisance en matière première (La production faible et saisonnière du lait) (Belhadia et al., 2014), Selon Boudalia et al. (2020) plusieurs fromages sont menacés pour divers raisons ,notamment l'indisponibilité du fourrage, l'exode rural, l'évolution des habitudes alimentaires avec pénurie des espaces pastorale (Leksir, 2018). L'industrie traditionnelle se caractérise par le manque d'expérience et le non-respect des bonnes conditions et normes d'hygiène et de la sécurité alimentaire (Leksir and Chemmam, 2015), ou le protocole de la fabrication laitière est se caractérise par l'utilisation d'usage d'instruments non stérilisés, et le travail sur des surfaces non désinfectées, avec filtration par les tissus non-stériles et le séchage des nombreux produits à l'air libre où il y a prolifération de micro-organismes (Meribai et al., 2017), qui permettra la contamination du lait par des bactéries nuisibles ou pathogènes ou par des cellules somatiques, des antibiotiques, des solutions des lavages, lors de stockage il y a aussi le problème du mal refroidissement du lait stimule la prolifération des bactéries. (Kopaczewski, 1948). Ainsi que le problème de la commercialisation des produits laitiers au niveau national et international est faible a cause de ces natures hautement périssables, la déférence entre prix du lait qui sortit de la ferme et les prix de la consommation c'est que le lait de la consommation plus chère que la ferme (Kopaczewski, 1948), et la présence du concurrence occidentale sous la dépendance de l'état dans l'industrie laitière sur la poudre de lait importées (Leksir, 2018).

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

1. Plan d'échantillonnage

La réalisation de cette étude nécessite le recours à des échantillons de fromage de bouhezza fabriqué à base du lait de vache par des petits fabricant des produits laitiers, Ces échantillons ont été commercialisés dans la région d'Oum el bouaghi. L'échantillonnage se focalise sur 3 types de fromage de bouhezza à savoir : bouhezza naturel (BN), bouhezza salé (BS) et bouhezza épicé (BE). Une quantité de 1000 g a été achetée après 2 jours de sa première mise en vente. Les échantillons sont emballés et étiquetés, en respectant les Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL), et les règles d'asepsie (désinfection des mains), puis sont transportés au laboratoire de contrôle de qualité de l'Université 8 Mai 1945-Guelma, dans une glacière (figure7).



Figure 7 : Echantillons de trois types de bouhezza naturel, salé et épicé

2. Les méthodes de fabrication du fromage bouhezza

D'après une enquête réalisée sur le fromage Bouhezza, plusieurs méthodes ont été constatées selon le procédé utilisé dans la préparation du bouhezza notamment le procédé utilisé lors de la transformation du Lben en fromage. La première méthode elle utilise la « Chekoua » ou « Djeld » qui est sous forme d'un sac fabriqué à base du cuir de chèvre ou de brebis. En général la peau de brebis (5 à 20 L) est plus grande que celle de chèvre (5 à 15 L), c'est la méthode la plus ancienne et la plus lente, la fabrication du fromage dure environ 70 jours avec ajout progressif du lait qui se transforme en caillé, le fromage obtenu a un goût plus riche et de bonne texture. La seconde méthode elle utilise une citerne en bois qui sert à baratté le lait caillé, le fromage obtenu est aussi riche car le bois donne au fromage une saveur spéciale et une bonne

qualité organoleptique. La troisième méthode utilise des citernes en inox avec moteur pour barater le lait caillé. Actuellement, c'est la méthode la plus utilisée pour la préparation du Bouhezza surtout par les petits fabriquant des produits laitiers. D'après nos enquêtes, la durée de conservation du fromage bouhezza est très courte selon la troisième méthode (21 jours au maximum), cependant, la durée de conservation du bouhezza fabriqué par la chekoua peut être étalée jusqu'à 3 mois. Les étapes majeures de la fabrication du bouhezza sont décrites ci-après :

➤ **Fermentation** : le lait cru est laissé à lui-même, à la température ambiante, jusqu'à sa coagulation spontanée. Celle-ci demande 24 à 72 heures suivant la température et la saison. Ce lait caillé par fermentation naturelle est nommé Rayeb (ou raïb).

➤ **Barattage** : c'est une étape primordiale pour la fabrication du Lben, où le Rayeb doit être baratté pendant 30 à 40 min. L'ajout de l'eau tiède (environ 10% (v/v)) permet de ramener la température au niveau adéquat pour rassembler les grains de beurre. Après extraction partielle du beurre traditionnel pour obtenir un liquide épais, le babeurre nommé Lben.

➤ **Ecrémage** : le barattage est suivi par l'écémage qui consiste à récupérer la crème ou bien le beurre qui est riche en matière grasse, et on laisse le liquide à l'intérieure du récipient pour coagulation.

➤ **Coagulation et égouttage** : le Lben est laissé pour la coagulation, la période de coagulation dépend du climat et de la température ambiante, en hiver la coagulation peut aller jusqu'à 15 jours. Cependant, en été elle dure de 3 à 4 jours. Le coagulum se sépare du lactosérum par floculation du caillé, la matière coagulée qui est le fromage est récupérée, ainsi le lactosérum est éliminé, la matière récupérée est entassée dans des sacs qui sert à égoutter et essorer le fromage, cette étape d'égouttage spontané dure de 1 à 8 jour.

Une fois le fromage est affiné le lait cru est ajouté à raison de (150 ml /5 L) pour ajuster l'acidité et la salinité du produit fini. Ainsi, Dans la fabrication du fromage Bouhezza le salage peut se réaliser en masse, directement dans le Lben ou dans le fromage. La quantité ajoutée à la matière première est très variable, elle varie de 20 à 125 g/L. Durant cette étude, trois séries de fabrication de fromage Bouhezza ont été réalisés : bouhezza naturel (BN), bouhezza salé (BS) et bouhezza épicé (BE).

3. Caractérisation des fromages

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont réalisées selon les méthodes publiées dans le Journal Officiel de la République Algérienne (**JORA, 2004**).

3.1 Analyses physicochimiques

Plusieurs analyses physicochimiques ont été réalisées dont le but était de rechercher la teneur en matière sèche, le pH et l'acidité titrable afin d'évaluer la quantité d'acide lactique contenue dans le fromage et son degré de fermentation. Ainsi, la mesure de la couleur est importante pour classer les matières premières, apprendre comment les processus technologiques affectent l'échantillon, évaluer la qualité du produit final et surveiller les changements dans le produit pendant la période de stockage. Au vu de tout ceci, il semble donc important de pouvoir obtenir une mesure rapide, fiable et objective de plusieurs paramètres.

3.1.1 Potentiel hydrogène (pH)

La mesure est réalisée à l'aide d'un pH mètre de type AD1030 (figure 8). Avant d'entreprendre les mesures, l'électrode du pH mètre doit être rincée à l'eau distillée et séchée avec du papier absorbant. L'opération débute par l'étalonnage de l'appareil à l'aide de deux solutions de pH connues (4,00 et 7,00). Ensuite, une électrode de mesure est introduite dans un bécher contenant une prise d'essai de fromage en suspension pour qu'enfin, le pH soit directement lu sur le cadran de l'appareil (figure 8).

3.1.2 Acidité Dornic (°D)

L'acidité titrable est exprimée en degré Dornic par un gramme de fromage. Le principe consiste à déterminer l'acidité de l'échantillon en le titrant avec de l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine jusqu'au virage du blanc en rose (figure 8). Un volume de 10 ml de solution mère a été prélevé dans un bécher, puis 2 gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées. Le titrage s'effectue avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) 1/9N, cette solution est dite solution Dornic, dont 1 ml correspond à 0,01 gramme d'acide lactique (AFNOR, 1980). Ensuite, l'acidité est exprimée en degré Dornic, c'est-à-dire en décigramme d'acide lactique par litre d'échantillon. Cette mesure est faite avec trois répétitions indépendantes, afin de déterminer les moyennes des trois valeurs obtenues comme résultat final.

$$^{\circ}\text{D} = \text{Vi} \cdot 10$$

Vi : est le volume en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium nécessaire à neutraliser l'échantillon.

3.1.3 Détermination de la teneur en matière sèche dans le fromage

La matière sèche de fromage est la masse exprimée en pourcentage pondéral restant après dessiccation du fromage. Elle est exprimée par la masse en gramme de la matière sèche du fromage entier. Le principe repose sur la dessiccation d'un poids d'essai connu à 105 °C dans

une étuve jusqu'à une masse pratiquement constante après 5 heures (AFNOR, 1980). Les résultats sont exprimés en pourcentage par unité de masse.

$$MS (\%) = \frac{P_i}{P_i - P_f} \times 100$$

P_i : poids initial de prise d'essai avant introduction dans l'étuve.

P_f : poids après introduction dans l'étuve.



A



B



C



D

Figure 8 : Préparation des échantillons : A) solution du fromage en suspension ; B) échantillons du fromage ; C) titrage d'acidité ; D) pH mètre

3.1.4 Détermination de la teneur en matière sèche soluble

La matière sèche soluble exprimée en degré Brix (°Brix) a été dosée par un réfractomètre du type Bellinghame + Stanley. Toutes les analyses ont été effectuées en triple.

3.1.5 Mesure de la couleur des fromages

La couleur est une grandeur sensorielle complexe, que l'on décompose, pour être quantifiée, en trois grandeurs simples : luminance ou clarté, chrominance ou teinte et saturation (Barthelemy and Clement, 1998). La teinte est liée à la longueur d'onde réelle sur le spectre

visible ; elle est le terme utilisé pour classer les couleurs dans la roue des couleurs. La luminance est déterminée par le pourcentage de lumière réfléchié par l'objet coloré ; elle peut varier du sombre au clair et être mesurée indépendamment de la teinte. La saturation mesure l'indice de pureté d'une couleur ; elle est indépendante des deux précédentes. La colorimétrie permet de mesurer la couleur objectivement. L'espace couleur $L^*a^*b^*$ (appelé aussi CIELAB), défini par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) en 1976, est actuellement l'un des plus utilisés pour mesurer la couleur des objets dans pratiquement tous les domaines. C'est un espace à trois dimensions où la combinaison L^* indique la luminance qui va de 0 (noir) à 100% (blanc), la composante a^* représente la gamme de l'axe rouge-vert et la composante b^* représente la gamme de l'axe jaune bleu (Figure 9).

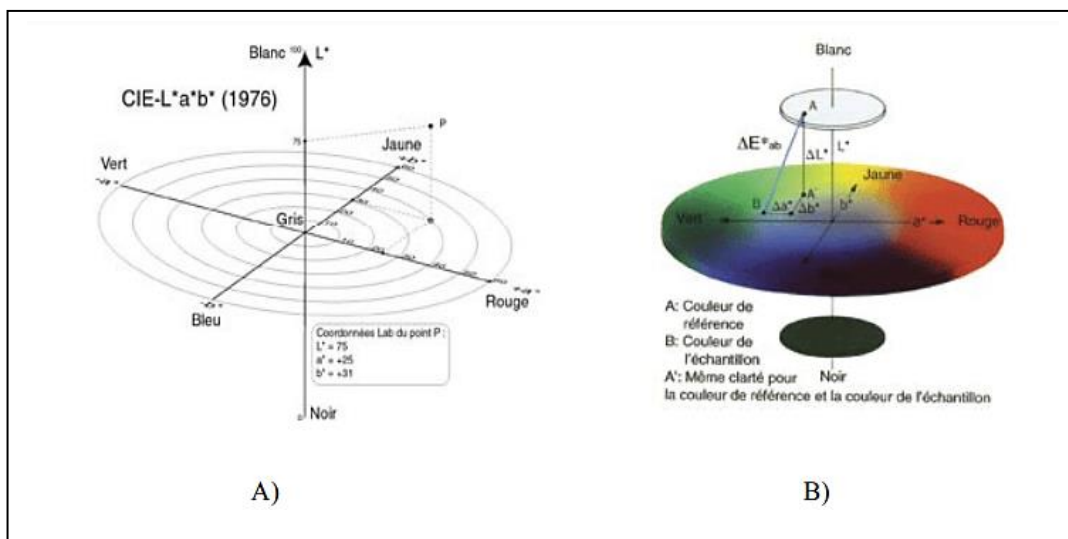


Figure 9 : l'espace $L^* a^* b^*$ et la représentation colorimétrique de l'espace chromatique CIELAB et (A) et de l'écart de couleur ΔE^* (B). (Chrisment et al., 1994)

Les paramètres $L^*a^*b^*H^*C^*$ des fromages ont été mesurés à l'aide d'un spectrorimètre portable de type CR-410 (Konica Minolta). Les mesures ont été effectués sur 3 points différents de la surface d'un échantillon préalablement homogénéisé (figure 10) en utilisant les valeurs de la Commission internationale sur l'éclairage (McLaren, 1976).

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

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

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

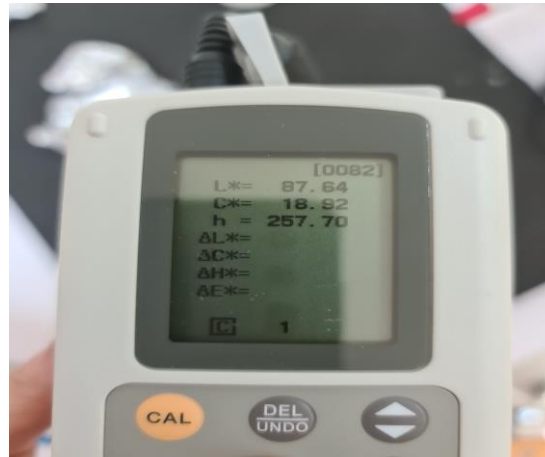


Figure 10 : Mesure quantitative de la couleur des fromages

3.2 Caractérisation bactériologique des fromages

La préparation des échantillons du fromage et les dilutions en vue de l'examen microbiologique ont été réalisées selon les normes de la fédération internationale de laiterie (FIL, 1991).

Les échantillons des trois types du fromage ont subi un dénombrement trois jours après sa première mise en vente de :

- La flore mésophile aérobie totale (FMAT) ;
- Coliformes totaux (CT) ;
- Coliformes fécaux (CF) ;
- Streptocoques fécaux (SF) ;
- La flore lactique (FL) ;
- Salmonelles (SA) ;
- *Staphylococcus sp.* (ST) ;
- *Pseudomonas sp.* (PS) ;
- Levures et Moisissures (LM)

3.2.1 Préparation de la solution mère

Une masse de 10 g de fromage a été pesée à l'aide d'une balance de précision dans des conditions aseptique, en suite cette masse a été mise dans 90 ml d'eau physiologique stérile pour obtenir une solution homogène après agitation. Avant l'ensemencement des milieux, plusieurs dilutions en cascades de la solution ont été effectuées de 10^{-1} jusqu'à 10^{-3} .

3.2.2 Dénombrement

3.2.2.1 Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT)

La flore mésophile aérobie totale (FMAT) est un indicateur sanitaire très recherché afin d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit. Pour se faire, un volume de 1 ml des dilutions (10^{-2} , 10^{-3}) ont été pipeté et versé dans une boîte de Pétri, puis un ensemencement en masse a été effectué à l'aide de l'extrait de levure et le glucose (Plate Count Agar PCA) qui favorisent la croissance des bactéries aérobies. Pour chaque dilution trois boîtes de pétri ont été ensemencées. L'incubation s'effectue à 37°C pendant 72h (tableau 2). Après incubation il y aura formation de colonies. Chaque colonie est considérée comme le résultat du développement d'une unité formant colonie (UFC).

Toutes les boîtes ayant un nombre compris entre 10 à 300 colonies sont dénombrées (JORA, 2004), et les résultats sont exprimés en unités formant colonies par ml de lait (UFC ml⁻¹). Le comptage est effectué selon la formule adaptée par FIL (1991).

$$N = \frac{\sum C}{(n1 + 0,1n2)d}$$

N : Nombre d'UFC/ml

$\sum C$: Somme totale des colonies comptées dans toutes les boîtes retenues

n1 : nombre de boîtes retenues qui comptent entre 10 à 300 colonies à la première dilution.

n2 : nombre de boîtes retenues qui comptent entre 10 à 300 colonies à la deuxième dilution.

d : le facteur de dilution correspondant à la première dilution.

3.2.2.2 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (CT et CF)

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Ainsi, les coliformes totaux sont des indicateurs de contamination d'origine fécale et d'une mauvaise qualité hygiénique du produit issu de l'élevage. Un bon produit et bien protégé ne devrait pas contenir de coliformes, mais leur présence ne constitue pas un risque immédiat pour la santé. Ces germes sont mis en évidence sur un milieu liquide de BCPL contenant une cloche de Durham. Un ensemencement en chaque série de 3 tubes BCPL avec 0.1ml, 1ml, 10ml de dilutions 10^3 , respectivement pour la première, deuxième et troisième série de trois tube (tableau 2). L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les coliformes ont la particularité de fermenter le lactose avec dégagement du gaz. Le développement des coliformes totaux acidifie le milieu qui se traduit par un virage de l'indicateur coloré. En outre, une production de gaz apparaît dans les cloches renversées. Les coliformes fécaux se distinguent des coliformes totaux par leur température de prolifération qui est de 44° C pendant 24 heures (Pettransxiene and Lapiéd, 1981). Les colonies apparaissent en couleur rouge foncé, et de diamètre de 0,5 mm,

témoignant de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes de Kovacs, Les colonies sont comptées et ramenées aux nombres de germes par ml en tenant compte de la dilution.

3.2.2.3 Dénombrement de streptocoques fécaux (SF)

L'ensemencement s'est effectué en chaque série de trois tubes du milieu Rothe contenant 0.1ml, 1ml, 10ml de dilutions 10^{-3} respectivement pour la première, deuxième et troisième série de trois tubes. Une première incubation s'effectue à 37°C pendant 24 à 48 heures. Le tube est positif s'il y a formation de trouble blanchâtre. Ensuite, les tubes présentant un trouble sur le milieu de Roth sont repiqués à l'anse bouclée dans les tubes de milieu d'Eva-litesky. L'incubation se fait à 37° pendant 24 h à 48 heures. La présence des streptocoques fécaux lorsque le milieu de confirmation a un trouble avec dépôt violet (tableau 2).

3.2.2.4 Dénombrements de la flore lactique (FL)

Le milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des lactobacilles est la gélose de (MRS). Pour se faire un volume de 1 ml des dilutions (10^{-2} , 10^{-3}) ont été pipeté et versé dans des boites pétri, puis le milieu MRS a été ajouté en surfusion, pour chaque dilution trois boites de pétri ont été utilisées. L'incubation s'effectue à 37°C en anaérobiose pendant 24 à 48 heures (tableau 2).

3.2.2.5 Recherche des salmonelles (SA)

Un pré-enrichissement sur milieu SFB est effectué où, une quantité de 1 ml des chacune dilutions (10^{-2} , 10^{-3}) ont été introduite dans boites de Pétri vides, puis environ 15 ml de bouillon SFB a été ajouté pour deux heures de temps. Un ensemencement en surface d'un milieu gélosé salmonella shigella (SS) est réalisé, coulé dans une boite de pétri. Les tubes sont incubés à 37 °C pendant 24 h. ensuite, l'isolement sur milieu gélose pour (gélose SS) est effectué où une colonie est prélevée puis ensemencée en stries sur la surface de la gélose SS. Les salmonelles apparaissent incolores et transparentes avec des colonies de petite taille, soit un diamètre de 2 à 4 mm Les résultats sont exprimés par la présence ou l'absence de germe (tableau 2).

3.2.2.6 Recherche des staphylocoques (ST)

Un ensemencement en surface à partir des colonies de milieu Chapman. L'incubation s'effectue à 37°C pendant 48h (tableau 2).

3.2.2.7 Recherche des Pseudomonas (PS)

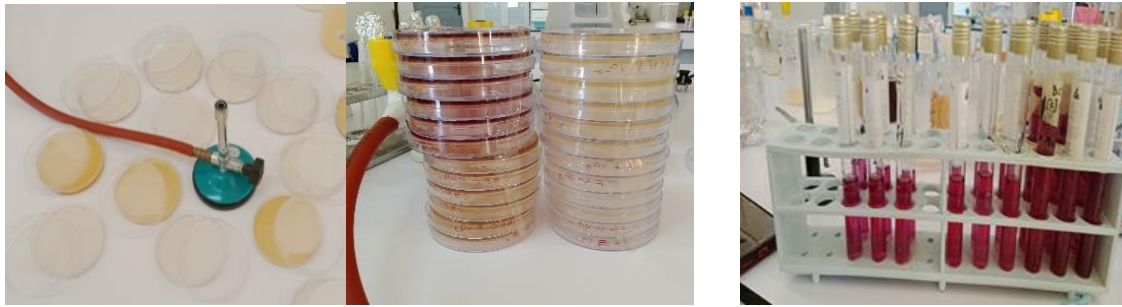
Le milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des Pseudomonas est la gélose Cétrimide avec une incubation à 37°C pendant une durée de 24 à 48h.

3.2.2.8 Recherche des levures et Moisissures (LM)

Le milieu Sabouraud a été utilisé lors de l'ensemencement qui se fait en surface par étalement de 1ml de chaque dilution à la surface de la boîte de pétrie contenant, l'incubation est réalisée à 37°C pendant 24 heures (tableau 2).

Tableau 2 : Analyses microbiologiques des fromages.

Colonies	Milieu		Dilution	Mode opératoire	Température /durée incubation
	Test présumptif	Test confirmatif			
Coliformes (CT, CF)	BCPL	Shubert	SM (10^{-1}) \downarrow S (10^{-2}) \downarrow S (10^{-3})		37°C /24H à 48H
Streptococcus (ST, SF)	Roth	Evalitsky			
Flore mésophile aérobie totale (FMAT)	PCA				
Pseudomoas aeruginosa	Cétrimide				
Lactobacillus	MRS				
Staphylocoque	Chapman				
Salmonella	SS				
Levures et moisissures	Sabouraud				



(1)

(2)

Figure 11 : Préparation des milieux de culture :1) Milieux de Sabouraud, SS, Cétrimide, , PCA. 2) Milieux de BCPL.

4. Analyse sensorielle de durée de vie (shelf life analysis)

L'analyse sensorielle de la durée de vie d'un produit (sensorial shelf life analysis) permet d'évaluer la période idéale de consommation d'un produit en utilisant l'évaluation sensorielle de sujets à des temps différents. La durée de conservation optimale a été évaluée par des panélistes non formés selon le modèle d'analyse des risques de Weibull (**Cardelli and Labuza, 2001**). Pour se faire, l'évaluation journalière de la qualité des fromages a été effectuée par 50 sujets naïfs, à des moments différents durant une période de 15 jours. Les fromages ont été testés 15 fois sur une période de 15 jours. Les sujets ont répondu à la question « aimez-vous ce produit ? » par oui ou non à chaque fois. Dans les données, les réponses des sujets sont codées de la façon suivante : 0 quand la réponse est négative et 1 quand elle est positive. Si un sujet accepte le produit conservé jusqu'à la fin de la période d'évaluation, son verdict est censuré à droite (**Hough, 2010**). La durée de quinze jours a été retenue suite à nos enquêtes réalisés auprès des commerçants et des fabricants des fromages traditionnels à pâte molle.

Le critère de la fin de la durée de conservation a été défini comme le temps pour une probabilité de 50 % de dégustateurs non formés pour classer des échantillons comme étant inacceptable. Cette probabilité correspond à un cumul de danger de 69,3. Le facteur de forme (β) a été déterminé comme 1/pente (**Gacula Jr and Singh, 1984**).

$$\beta = \frac{1}{\text{pente}}$$

La distribution de Weibull n'est pas asymétrique pour $2 < \beta < 4$, ce qui conduit à de meilleures estimations de la durée de conservation. Lorsque le test est prolongé au-delà de la durée de conservation, la plupart des échantillons sont décalage jugé inacceptable, et β se situe

en dehors de l'optimum intervalle. Dans ces situations, les données ont été retracées jusqu'à un risque cumulé de 100.

La Méthodes d'ajustement de la loi de probabilité est basée sur la méthode du maximum de vraisemblance (MVS), les paramètres de la loi sont estimés en maximisant la vraisemblance de l'échantillon. Cette méthode, plus complexe, présente l'avantage d'être rigoureuse pour toutes les lois, et de permettre d'obtenir des écart-types approximatifs pour les estimateurs des paramètres. La méthode du maximum de vraisemblance est proposée pour la loi de Weibull (**Meeker and Escobar, 2014**).

Résultats et discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques physicochimiques (moyenne \pm écart type) des différents types du fromage : fromage naturel, fromage salé et fromage épicé, sont présentées dans le tableau 3.

D'après les résultats obtenus, le fromage est caractérisé par un pH bas que ce soit le type du fromage. L'acidité moyenne était plus élevée dans le fromage salé soit une moyenne de 3,72. Il faut également noter que cette acidité est aussi remarquable dans les autres types du fromage soit une valeur de l'ordre de 4,09 et 4,04, respectivement dans le fromage naturel et épicé. L'étude de l'acidité exprimée en degré Dornic montre la même tendance que celle du pH, ce qui confirme l'acidification du fromage bouhezza, que ce soit son type. Cette acidité est due à la présence de la flore lactique dans le lait, engendrée par le taux élevé des bactéries lactiques qui ont acidifié le fromage.

Les résultats relatifs à la teneur en matière sèches, nous permettent d'observer que la teneur moyenne initiale, était de l'ordre de : 24,80 ; 25,20 et 28,20 % respectivement dans le fromage naturel, salé et épicé. Cette différence, serait due à la variation en extrait sec de la matière première du lait. Il pourrait être dû aussi aux conditions de fabrication du fromage essentiellement la vitesse de l'égouttage. En parallèle, la teneur en matière sèches solubles était la plus faible soit une valeur de 11,31 °Brix dans le bouhezza salé. Ceci est dû probablement à l'ajout du lait cru afin de corriger la salinité durant la fabrication.

Tableau 3 : Résultats des analyses physico-chimiques des trois types du fromage Bouhezza

	N	BN	BS	BE
pH	10	4,09 \pm 0,15	3,72 \pm 0,40	4,04 \pm 0,12
AD (°D)	10	35,90 \pm 1,79	40,4 \pm 0,7	38,40 \pm 1,58
MS (%)	10	24,80 \pm 1,14	25,2 \pm 1,23	28,20 \pm 1,03
MSS (°Brix)	10	11,81 \pm 0,75	11,31 \pm 0,36	12,80 \pm 0,56

AD : Acidité dornic ; MS : Matières sèches ; MS : matières sèches ; MSS : matières sèches solubles

2. Mesure physique de la couleur de surface des fromages

La détermination la couleur de surface des fromages permet de s'affranchir des biais liés aux différences de perception et d'interprétation de la couleur de chaque individu. Dix mesures sont effectuées par fromage, ce qui permet d'obtenir une valeur moyenne pour chacun des paramètres étudiés (Tableau 4). Pour l'indice de clarté, les résultats étaient très proches entre les trois variétés des fromages avec une très légère augmentation pour le fromage naturel. Par contre l'indice de jaune était supérieur dans le fromage naturel en comparaison avec les autres de type du fromage. Plus C* est élevée, plus la couleur est intense (foncée) c'est le cas du

fromage épicé avec une couleur qui tend vers le rouge avec une valeur moyenne positive d'a* de l'ordre de 5,60.

Tableau 4 : profil de la couleur des différents types du fromage bouhezza.

Expression des résultats		L*	a*	b*	H*	C*
	Coordonnées Colorimétriques	Clarté	Composante rouge/vert	Composante jaune/bleu	Angle de teinte	Chroma
	Unité	/	/	/	°	/
	Intervalle	Clarté, (0 : noir -100 : incolore)	> 0 rouge < 0 verte	> 0 jaune < 0 bleu	/	0 à 360°
	N	10	10	10	10	10
BN	10	98,94 ± 1,21	- 10,46 ± 0,11	31,81 ± 0,10	255,44 ± 0,22	33,22 ± 0,14
BS	10	97,63 ± 3,91	-3,50 ± 0,27	15,40 ± 0,59	102,57 ± 0,47	16,09 ± 0,63
BE	10	97,57 ± 0,08	5,60 ± 0,27	21,18 ± 0,02	72,45 ± 0,21	34,44 ± 0,21

3. Caractéristiques bactériologiques

Les résultats obtenus (Tableau 5) montrent que le fromage bouhezza naturel, salé et épicé contient une flore totale assez proche par rapport aux normes nationales. Les germes dénombrés sont considérés comme des indicateurs de la qualité globale du fromage et des pratiques hygiéniques lors de la fabrication et l'entreposage.

Le dénombrement de la flore totale du fromage a révélé une charge moyenne de $1,909 \times 10^3$ UFC/g pour le fromage naturel et $5,663 \times 10^3$ et 6×10^3 UFC/g respectivement dans le fromage salé et épicé. En effet, le fromage épicé et salé présente une flore plus importante, cette flore élevée peut être expliquée d'une part par la différence de charge dans les fromages épicés/salé ou non, et d'autre part par le lait et épices ajoutés qui peuvent ramener une charge microbienne supplémentaire au fromage Bouhezza.

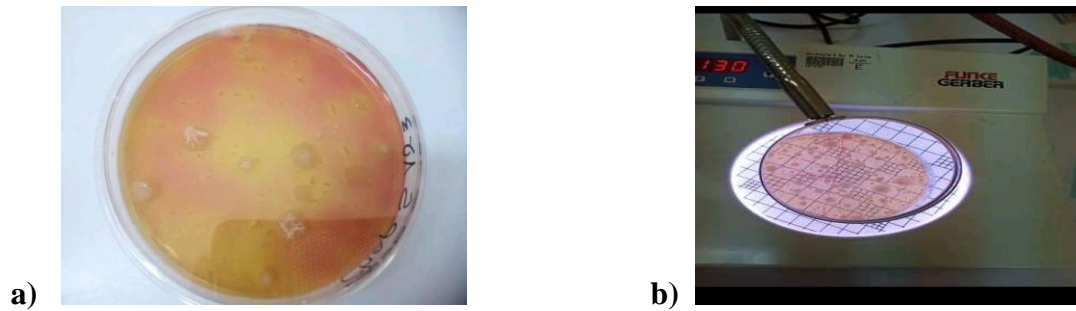


Figure 12 : Dénombrements des bactéries ; a) Dénombrement macroscopique de levure et moisissure (Bouhezza salé), b) Dénombrement des bactéries staphylococcus fécaux par le compteur de colonies (Bouhezza épice).

Tableau 5 : Caractéristiques bactériologiques des différents types du fromage bouhezza.

Flore (UFC/g)	Type du fromage	N	Moyenne	Norme	Références
FMAT	BN	6	1909	/	/
	BS	6	5663	/	/
	BE	6	6000	/	/
CT	BN	6	1600	10 ²	(JORA, 1998)
	BS	6	200	10 ²	(JORA, 1998)
	BE	6	1150	10 ²	(JORA, 1998)
CF	BN	6	0	1	(JORA, 1998)
	BS	6	0	1	(JORA, 1998)
	BE	6	0	1	(JORA, 1998)
SF	BN	6	30	10 ²	(JORA, 1998)
	BS	6	110	10 ²	(JORA, 1998)
	BE	6	150	10 ²	(JORA, 1998)
FL	BN	6	636	/	/
	BS	6	6181	/	/
	BE	6	5000	/	/
SA	BN	6	0	Absence	(JORA, 1998)
	BS	6	182	Absence	(JORA, 1998)
	BE	6	1000	Absence	(JORA, 1998)
ST	BN	6	909	/	/
	BS	6	6909	/	/
	BE	6	1000	/	/
PS	BN	6	0	/	/
	BS	6	0	/	/
	BE	6	0	/	/
LM	BN	6	90	/	/
	BS	6	182	/	/
	BE	6	1000	/	/

FMAT : flore mésophile aérobie totale ; CT : coliformes totaux ; CF : coliformes fécaux ; SF : streptocoques fécaux ; FL : flore lactique ; SA : salmonelles ; ST : Staphylococcus ; PS : Pseudomonas sp., LM : Levures et Moisissures

4. Données brutes et la censure des données de la durée de vie

Le tableau 6 présente les données pour 50 sujets pour illustrer l'interprétation donnée De chaque sujet. Ainsi, durant les cinq premiers jours de conservation, tous les sujets ont accepté les échantillons quel que soit le type du fromage. C'est à partir du 6^{ème} jour que le nombre acceptation diminue au fils de temps de stockage. A une semaine de stockage 50 % des consommateurs ont commencé a rejeté le fromage « BN ». avec un pourcentage de rejeté de 48 et 64% respectivement pour le fromage salé « BS » et épicé « BE ». La figure 13 montre également une baisse considérable du nombre des sujets à la fin de la durée du stockage, et seulement quelques sujets apprécient toujours le produit.

Tableau 6 : Données (acceptation / rejet) pour 50 sujets ayant goûté les différents échantillons de fromages avec différentes durées de stockage à 7 ° C.

Durée	BN		BS		BE	
	NB	%	NB	%	NB	%
1	50	100	50	100	50	100
2	50	100	50	100	50	100
3	50	100	50	100	50	100
4	50	100	50	100	50	100
5	50	100	50	100	50	100
6	32	64	27	54	24	48
7	25	50	21	42	17	34
8	22	44	20	40	14	28
9	16	32	13	26	12	24
10	13	26	6	12	9	18
11	9	18	3	6	4	8
12	7	14	3	6	2	4
13	3	6	3	6	2	4
14	3	6	2	4	2	4
15	3	6	2	4	2	4

NB : nombre de cas positif (acceptation) ; BN : bouhezza naturel ; BS : bouhezza salé ; BE : bouhezza épicé

Cependant les résultats obtenus dans le tableau 6, ne sont pas fiables. Toutefois, la durée où le consommateur exprime son aversion vis-à-vis du produit est inconnue si elle intervient après la durée de l'essai fixée à 15 jours. Les études de durée de conservation en science alimentaire sont conçues avec des durées d'observations planifiées x_1, x_2, \dots, x_n , au cours desquelles un panel de dégustateurs juge si un échantillon d'aliment est acceptable. Cette conception ne génère que des observations censurées (Klein and Moeschberger, 2003), car le temps de défaillance réel d'un aliment n'est pas directement observé En effet, la durée de vie

de cet aliment est censurée à droite. Le moment exact de défaillance sensorielle de chaque échantillon a été connu dans la majorité des cas. Cependant, quelques échantillons sont toujours acceptables lorsque le panel arrête les tests de dégustation au bout de 15 jours. Ces échantillons sont censurés à droite au bout de 15 jours (Tableau 7). Les défaillances sensorielles les plus signalées des fromages Bouhezza au cours du stockage sont beaucoup plus liés au développement du rancissement et l'apparition des tâches rouge orange, bleu et parfois jaune.

Tableau 7 : Type d'entrée des données pour la fonction analyse de répartition paramétrique

BN		BS		BE	
NDS	C	NDS	C	NDS	C
47	3	48	2	48	2

NDS : nombre de défaillance sensorielle ; C : donnée censurée

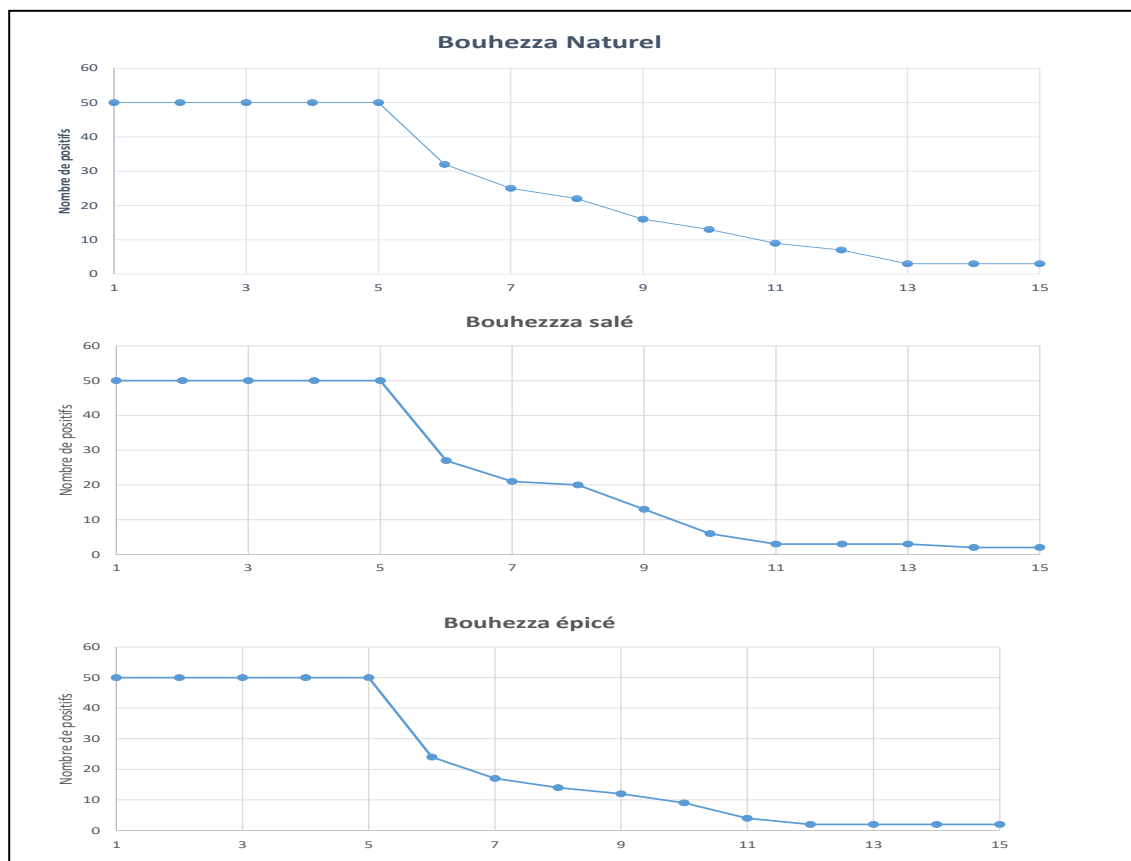


Figure 13 : préférences des consommateurs au cours du stockage (7°C) pour 3 types des fromages Bouhezza.

5. Calculs de probabilité de la défaillance sensorielle

L'ajustement de la loi de Weibull par l'estimateur maximum de vraisemblance (EMV) à partir du logiciel MINITAB 17 nous a permis d'obtenir les paramètres du Modèle. Ainsi, Les tests d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov et du Khi-deux avec un niveau de signification de

$\alpha = 5\%$ ont été effectués pour la validation de ces résultats. Pour les trois types de fromage Dans les deux cas, nous constatons que la P-Value reste largement supérieure au niveau de signification, ce qui signifie que nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 , les échantillons suivent une loi de Weibull.

Une valeur qui pourrait être intéressante pour définir la durée de conservation est le temps moyen jusqu'à l'échec ou à la défaillance sensorielle, qui peut être obtenu à partir de l'estimation des paramètres de modèles de Weibull tels que définis dans l'équation de distribution de Weibull :

$$E(t) = 8,43 \text{ j } (7,84-9,07) \dots\dots\dots(\text{BN}) ;$$

$$E(t) = 7.67 \text{ j } (7,23-8,13) \dots\dots\dots(\text{BS}) ;$$

$$E(t) = 7,39 \text{ j } (6,98 \text{ à } 7,82) \dots\dots\dots(\text{BE}).$$

Les autres paramètres de distribution de Weibull (μ et δ) pour les probabilités de rejet du produit en fonction du temps de stockage sont illustrés dans le tableau 8, 9 et la figure 14. selon **Gacula Jr (2013)** La durée de vie de des produits alimentaires est généralement déterminée à 50% de la probabilité de rejet des produit . En utilisant ce critère, la durée de survie de différents types de fromage Bouhezza est de 8,43, 7,67 et 7,39 jours respectivement pour le fromage naturel, salé et épicé. D'après la figure 14, nous pouvons constater que les écarts entre les différents modèles sont faibles, nous notons que le taux d'acceptabilité décroît au cours du temps, traduisant l'état de vieillesse de fromage ou encore sa période de défaillance organoleptique.

Cependant, la durée de vie était légèrement allongée dans le fromage naturel soit une durée moyenne de 8,43 jours avec un intervalle de confiance de 95% pour une limite de variation allant de 7,84 à 9,07 jours, il est en outre, observé une diminution de la durée de vie des fromages épicé. Ces résultats indiquent que le salage et épiçage ont diminué légèrement la durée de vie des fromages bouhezza. La baisse plus rapide de l'acceptabilité du fromage épicé en comparaison avec les autres types (figure 14) ne se traduit pas par une mauvaise flaveur ; Par contre, la majorité des dégustateurs ont constaté un changement au niveau de la couleur. Il y a certainement encore production d' α tocophérol et de β carotène souvent détectée dans la fraction lipidique du fromage Bouhezza. Une nette différence dans la teneur en β carotène a été soulevée entre les bouhezza épicés avec le piment rouge piquant et ceux non épicés. En effet, le piment rouge est assez riche en β carotène (**Ozgur et al., 2011**).

Tableau 8 : Durée de vie estimée des différents types des fromages bouhezza (BN, BS et BS) et valeurs des paramètres de distribution de Weibull μ et σ .

Type du fromage	Paramètres	Distribution de weibull	
		μ (IC 95%)	δ (IC 95%)
BN		8,43 (7,84-9,07)	1,9 (1,85-2,15)
BS		7,67 (7,23 à 8,13)	1,47 (1,41 à 1,53)
BE		7,39 (6,98 à 7,82)	1,32 (0,01 à 1,28)

IC : intervalle de confiance ; durée de survie calculée avec une probabilité de 50% de rejet par les consommateurs

Tableau 9 : Classement en fonction du risque de Weibull pour le fromage bouhezza naturel, salé et épicé.

BN				BS				BE			
D	NR	PS	PCDS	D	NR	PS	PCDS	D	NR	PS	PCDS
6	50	0,66	0,34	6	50	0,54	0,46	6	50	0,48	0,52
7	32	0,51	0,49	7	27	0,42	0,58	7	24	0,34	0,66
8	25	0,45	0,55	8	21	0,4	0,60	8	17	0,28	0,72
9	22	0,33	0,67	9	20	0,26	0,74	9	14	0,24	0,76
10	16	0,26	0,74	10	13	0,12	0,88	10	12	0,18	0,82
11	13	0,18	0,82	11	6	0,06	0,94	-	-	-	-
12	9	0,14	0,86	14	3	0,04	0,96	-	-	-	-
13	7	0,06	0,94	-	-	-	-	-	-	-	-
15	3	0,04	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-

D : durée ; NR : Nombre à risque, PS : Probabilité de survie ; PCDS : Probabilité cumulative de défaillance sensorielle

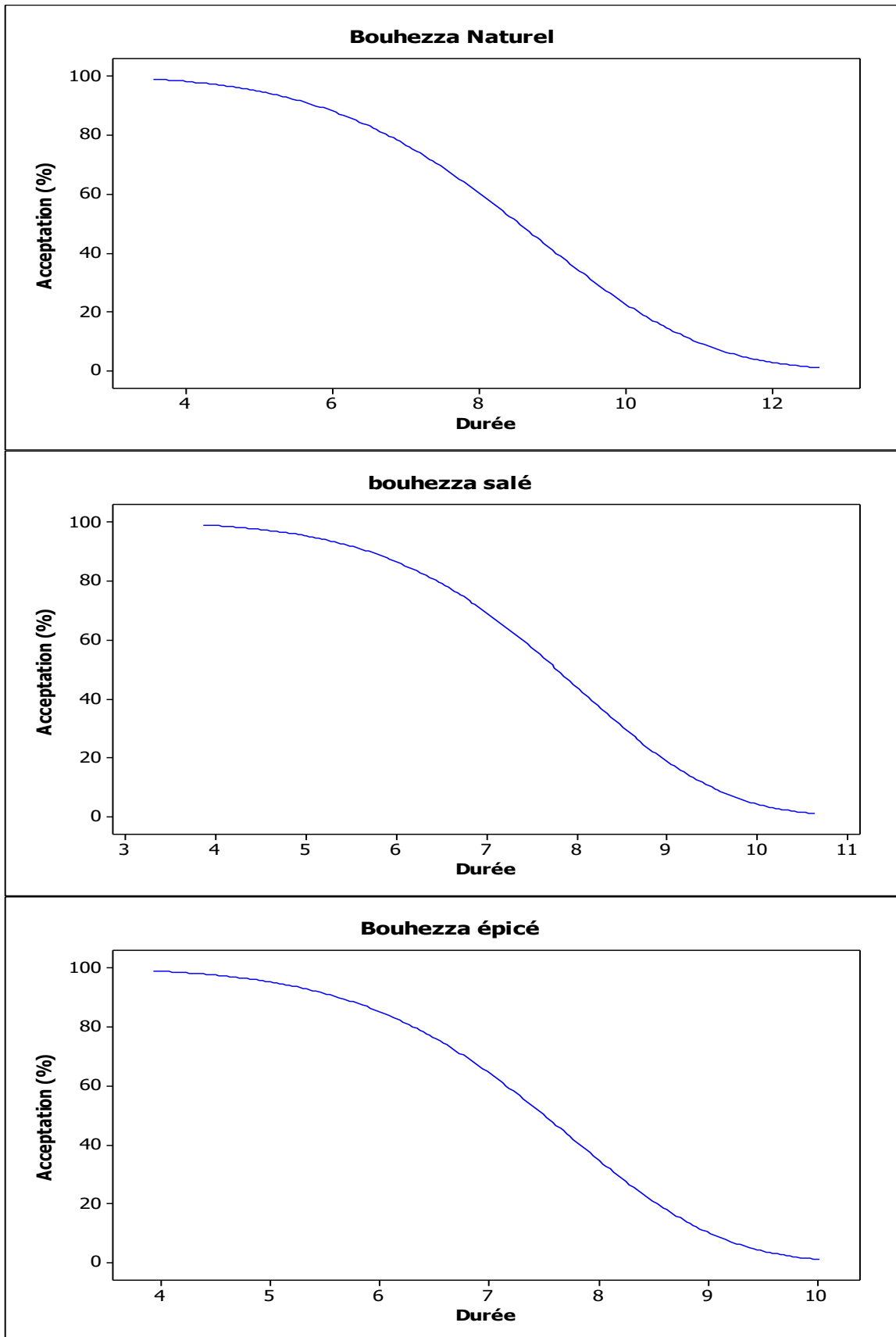


Figure 14 : Acceptabilité des différents types du fromage en fonction du temps de stockage

Les résultats de la comparaison entre les différents types de fromages peuvent être affichés et comprennent une série de tests ; log-rank, Wilcoxon, Tarone-Ware (Tableau 10). De ces résultats on peut conclure que la différence entre la durée de survie est non significative ($p > 0,05$).

Tableau 10 : Test d'égalité des fonctions de survie cumulées

Statistique	Valeur observée	Valeur critique	p-value	alpha
Log-rank	2,585	5,991	0,275	0,050
Wilcoxon	3,838	5,991	0,147	0,050
Tarone-Ware	3,622	5,991	0,163	0,050

De plus, le fromage naturel est considéré comme un groupe de contrôle, la comparaison entre les trois courbes de survie permet de conclure que l'ajout du sel ou épice à base de poivron n'a aucun impact sur le temps de survie des fromages (Figure 15). Néanmoins, le sel joue un rôle essentiel dans l'amélioration des propriétés organoleptiques et la durée de conservation des fromages.

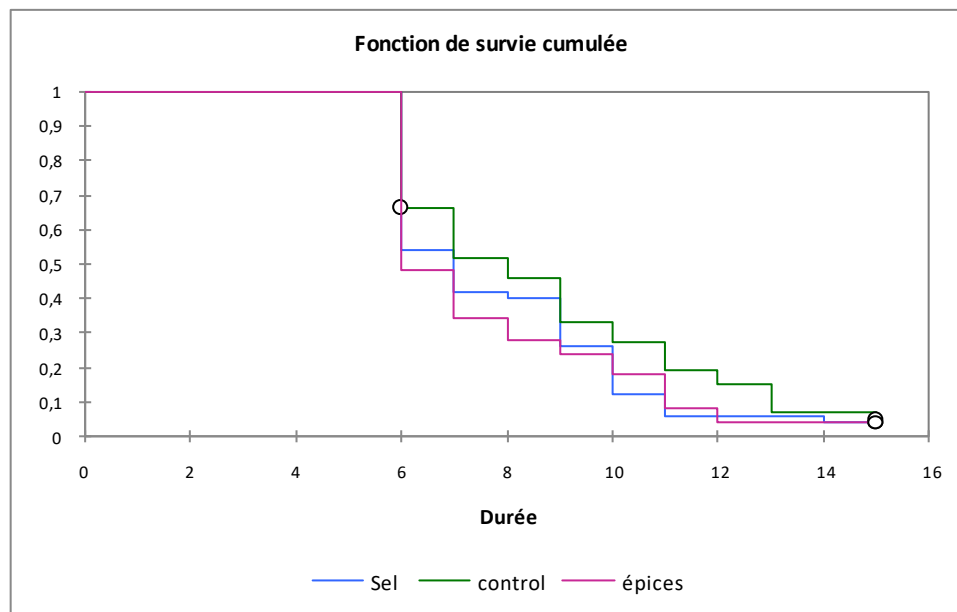


Figure 15 : Fonction de survie cumulée des trois variétés de fromages.

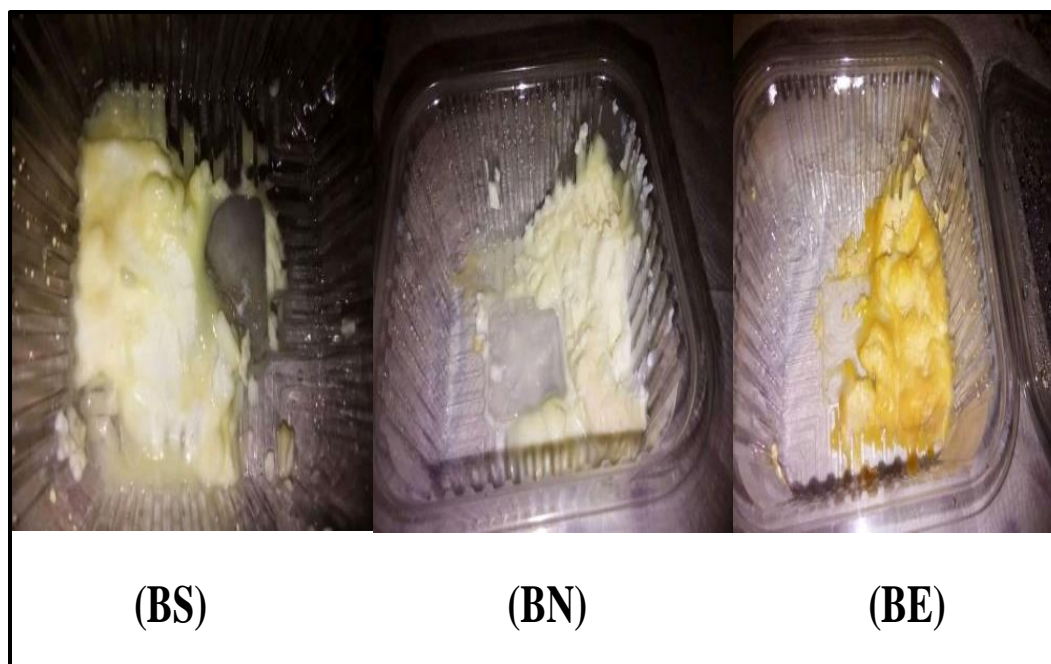


Figure 16 : Bouhezza après 15 jours (début d'altération).

Conclusion

Les résultats de cette étude ont démontré que la méthode de l'analyse du risque du *Weibull* peut être considérée comme un modèle fiable pour prédire la durée de conservation du fromage *Bouhezza* à patte môle. La durée de survie de différents types de fromage *Bouhezza* est de 8,43, 7,67 et 7,39 jours respectivement pour le fromage naturel, salé et épicé. Il a été constaté que les écarts entre les différents modèles sont faibles, nous notons que le taux d'acceptabilité décroît au cours du temps, traduisant l'état de vieillesse de fromage ou encore sa période de défaillance organoleptique. La durée de vie était légèrement allongée dans le fromage naturel, il est en outre, observé une diminution de la durée de vie des fromages épicé. Ces résultats indiquent que le salage et épiçage ont diminué légèrement la durée de vie des fromages *bouhezza*.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abbas, K. (2012). Effet de traitements thermiques sur les propriétés fonctionnelles de fromages traditionnels: le cas des pâtes persillées.
- AFNOR (1980). Détermination de la matière sèche. NF VO4 207, In AFNOR (Ed.). (A. F. d. Normalisation, ed.), France
- Aissaoui, O., Zitoun, M., and Zidoune, N. (2006). Le fromage traditionnel algérien «Bouhezza». *Séminaire d'animation régional. Technologie douce et procédés de séparation au service de la qualité et de l'innocuité des aliments. INSAT-Tunis, Tunisie*, 118-124.
- Al-Kadamany, E., Khattar, M., Haddad, T., and Toufeili, I. (2003). Estimation of shelf-life of concentrated yogurt by monitoring selected microbiological and physicochemical changes during storage. *LWT-Food Science and Technology* **36**, 407-414.
- Alais, C., and Linden, G. (1997). Abrégé de biochimie alimentaire. 4^{ème} Edition Masson. Paris,(119-123).
- Alimentarius, C. (1978). Codex general standard for cheese.CODEX STAN 283.
- Almena-Aliste, M., and Mietton, B. (2014). Cheese Classification, Characterization, and Categorization: A Global Perspective. In "Cheese and Microbes", pp. 39-71. American Society of Microbiology.
- Amimour, M. (2019). Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (J'ben). Thèse de Doctorat, Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis, Algérie.
- Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., and Simpson, R. (2002). Chapitre 1: Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait; Vignola C, editor. *Science et Technologie du lait; transformation du lait. C. L. Vignola, ed. Presses Internationales Polytechniques, Montréal, Québec*, 1-73.2002.
- Arslan, D., SERT, D., Ayar, A., and ÖZCAN, M. M. (2009). Shelf life determination of Yayik butter fortified with spice extracts. *International journal of dairy technology* **62**, 189-194.
- Barthelemy, J., and Clement, J. (1998). "Evaluation sensorielle: Manuel méthodologique," TEC-DOC Lavoisier.
- Belbeldi, A. (2013). Contribution à la caractérisation du fromage Bouhezza: Contenu lipidique et vitamines. *Memoire de Diplôme en Sciences Alimentaires, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Alger*.
- Belhadia, M., Yakhlef, H., Bourbouze, A., and Djermoun, A. (2014). Production et mise sur le marché du lait en Algérie, entre formel et informel: stratégies des éleveurs du périmètre irrigué du Haut-Cheliff. *New Medit* **13**, 41-50.
- Benamara, R., Gemelas, L., Ibri, K., Moussa-Boudjemaa, B., and Demarigny, Y. (2016). Sensory, microbiological and physico-chemical characterization of Klila, a traditional cheese made in the south-west of Algeria. *African Journal of Microbiology Research* **10**, 1728-1738.
- Bencharif, A. (2001). Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: état des lieux et problématiques. *Options Méditerranéennes, Ser B* **32**, 44.
- Benkerroum, N., and Tamime, A. (2004). Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (lben, jben and smen) to small industrial scale. *Food Microbiology* **21**, 399-413.
- Boudalia, S., Boudebbouz, A., Gueroui, Y., Bousbia, A., Benada, M., Leksir, C., Boukaabene, Z., Saihi, A., Touaimia, H., and Ait-Kaddour, A. (2020). Characterization of traditional Algerian cheese "Bouhezza" prepared with raw cow, goat and sheep milks. *Food Science and Technology* **40**, 528-537.
- Brown, R., and Ernstrom, C. (1988). Milk-clotting enzymes and cheese chemistry. I. Milk-clotting enzymes.
- Brule, G., and Lenoir, J. (1990). Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage. *Le fromage. Ed. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris*, 1-21.
- Cardelli, C., and Labuza, T. P. (2001). Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. *LWT-Food Science and Technology* **34**, 273-278.
- Cayot, P., and Lorient, O. (1998). "Structure et techno-fonction des protéines du lait. ."
- Chambers, D. H., Chambers IV, E., and Johnson, D. (2005). Flavor description and classification of selected natural cheeses.

Références bibliographiques

- Chrisment, A., Durchon, P., Lanthony, P., and Tavernier, I. (1994). Communiquer par la couleur- Mesurer, Reproduire, Observer, Vivre la couleur. *Paris, 3C Conseil*.
- Duyvesteyn, W., Shimoni, E., and Labuza, T. (2001). Determination of the end of shelf-life for milk using Weibull hazard method. *LWT-Food Science and Technology* **34**, 143-148.
- Eck, A., Gillis, J., Hermier, J., Lenoir, J., and Weber, F. (1997). Le Fromage 3^{eme} Edition. *Editions Tec et Docs, Paris*.
- Eck, A., and Gillis, J. C. (2006). "Le fromage: de la science à l'assurance-qualité," Tec & Doc-Lavoisier.
- El Marnissi, B., Belkhou, R., and Bennani, L. (2013). Caractérisation microbiologique et physicochimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels Marocains (Lben et Jben). *Les technologies de laboratoire* **8**, 100-109.
- FIL (1991). Fromage : détermination de la qualité bactériologique *Bruxelles: Federation Internationale de Laiterie* **1**.
- Fox, P. F., McSweeney, P. L., Cogan, T. M., and Guinee, T. P. (2004). "Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1: General Aspects," Elsevier.
- Gacula Jr, M. (1975). The design of experiments for shelf life study. *Journal of Food Science* **40**, 399-403.
- Gacula Jr, M., and Singh, J. (1984). Response surface designs and analysis. *Statistical methods in food and consumer research*, 214-273.
- Gacula Jr, M. C. (2013). "Statistical methods in food and consumer research," Elsevier.
- Gómez, G., and Langohr, K. (2004). Análisis de supervivencia. *Barcelona, España*.
- Hardy, J., and Scher, J. (1997). Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage. *Le fromage*, 479-492.
- Hellmuth, K., and van den Brink, J. (2013). Microbial production of enzymes used in food applications. *In "Microbial Production of Food Ingredients, Enzymes and Nutraceuticals"*, pp. 262-287. Elsevier.
- Herbet, S. (1999). Caractérisation de la structure moléculaire et microscopique de fromages à pâte molle. Analyse multivariée des données structurales en relation avec la texture, Université de Nantes.
- Horne, D. S. (2006). Casein micelle structure: models and muddles. *Current opinion in colloid & interface science* **11**, 148-153.
- Hough, G. (2010). "Sensory shelf life estimation of food products," Crc Press.
- Hough, G., Langohr, K., Gómez, G., and Curia, A. (2003). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. *Journal of Food Science* **68**, 359-362.
- Hough, G., Puglieso, M. L., Sanchez, R., and da Silva, O. M. (1999). Sensory and microbiological shelf-life of a commercial Ricotta cheese. *Journal of Dairy Science* **82**, 454-459.
- IDF (2008). "Advances in Analytical Technologies," International Dairy Federation.
- IDF (2016). "The World Dairy Situation, 2016."
- JORA (1998). Criteres microbiologiques relatifs a certaines denrees alimentaires. *Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire N°35 du 27 mai 1998*.
- JORA (2004). Microbiologie *Journal Officiel De La République Algérienne Démocratique Et Populaire. N°43 du 04 juillet 2004*.
- Kilcast, D., and Subramaniam, P. (2011). "Food and beverage stability and shelf life," Elsevier.
- Kindstedt, P. S. (2018). The History of Cheese. *Global Cheesemaking Technology*, 3.
- Klein, J. P., and Moeschberger, M. L. (2003). "Survival analysis: techniques for censored and truncated data," Springer.
- Klein, J. P., and Moeschberger, M. L. (2006). "Survival analysis: techniques for censored and truncated data," Springer Science & Business Media.
- Kopaczewski, W. (1948). Étude physico-chimique du lait. *Le Lait* **28**, 466-505.
- Lahsaoui, S. (2009). Etude de procédé de fabrication d'un fromage traditionnel (klila). *Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'Ingénieur (Université El Hadj Lakhdar, Batna)*, 17.
- Lapointe-Vignola, C. (2002). "Science et technologie du lait: transformation du lait," Presses inter Polytechnique.

Références bibliographiques

- Leksir, C. (2018). Caractérisation, fabrication et consommation du dérivé laitier traditionnel 'Klila' dans l'Est Algérien. Doctorat, Université 8 mai 1945 de Guelma.
- Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., and Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods* **6**, 1-14.
- Leksir, C., and Chemmam, M. (2015). Contribution à la caractérisation du klida, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development* **27**.
- Lenoir, J., Lamberet, G., Schmidt, J., and Tourneur, C. (1985). La maîtrise du bioréacteur fromage. *Biofutur*, 13 p.
- Luquet, F. M. (1990). "Laits et produits laitiers: Tome 2, Les produits laitiers, Transformation et technologies," Technique et documentation-Lavoisier.
- Mahaut, M., Jeantet, R., and Brulé, G. (2000). "Initiation à la technologie fromagère," Editions Tec & Doc.
- Marino, V. M., Belbeldi, A., La Terra, S., Manenti, M., Licitra, G., and Carpino, S. (2012). A survey of fat-soluble antioxidants, linolenic acid and conjugated linoleic acid content of traditional Algerian Bouhezza cheese. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **10**, 186-190.
- McLaren, K. (1976). XIII—The development of the CIE 1976 ($L^* a^* b^*$) uniform colour space and colour-difference formula. *Journal of the Society of Dyers and Colourists* **92**, 338-341.
- Medjoudj, H., Aouar, L., Derouiche, M., Choiset, Y., Haertlé, T., Chobert, J.-M., Zidoune, M. N., and Hayaloglu, A. A. (2020). Physicochemical, microbiological characterization and proteolysis of Algerian traditional Bouhezza cheese prepared from goat's raw milk. *Analytical Letters* **53**, 905-921.
- Medjoudj, H., Zidoune, M., and Hayaloglu, A. A. (2017). Proteolysis and volatile profile in the Algerian traditional Bouhezza Cheese made using raw goat's milk. *International Journal of Food Properties* **20**, 1876–1893.
- Medjoudj, H., and Zidoune, M. N. (2018). Contribution à l'étude pour la caractérisation du fromage traditionnel «Bouhezza» au lait de chèvre, UNIVERSITE FRERES MENTOURI CONSTANTINE1.
- Meeker, W. Q., and Escobar, L. A. (2014). "Statistical methods for reliability data," John Wiley & Sons.
- Mehta, B. M. (2015). Chemical composition of milk and milk products. *Handbook of food chemistry*, 511-553.
- Meribai, A., Jenidi, R., Hammouche, Y., and Bensoltane, A. (2017). Physico-chemical characterization and microbiological quality evaluation of klila, an artisanal hard dried cheese from Algerian's arid areas: Preliminary study Caractérisation physicochimique et qualité microbiologique du klila: un fromage traditionnel sec des régions arides d'Algérie. *Journal of New Sciences* **40**, 2169-2174.
- Moulay, M. (2015). Contribution à l'étude et la caractérisation des lactocoques indigènes isolés du lait cru de chèvre et les produits laitiers Algérien Thèse de Doctorat, Université de Oran
- Muir, D. D. (2011). 27 - The stability and shelf life of milk and milk products. In "Food and Beverage Stability and Shelf Life" (D. Kilcast and P. Subramaniam, eds.), pp. 755-778. Woodhead Publishing.
- Ozgur, M., Ozcan, T., Akpinar-Bayazit, A., and Yilmaz-Ersan, L. (2011). Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers. *African Journal of Agricultural Research* **6**, 5638-5644.
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G., Welti-Chanes, J., and Swanson, B. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science* **64**, 42-45.
- Petransxiene, D., and Lapied, L. (1981). "La qualité bactériologique du lait et des produits laitiers," Technique & Documentation.
- Ramet, J. (1985). "La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen," Organisation des nations unies pour L'Alimentation et L'Agriculture.
- Rao, M. B., Tanksale, A. M., Ghatge, M. S., and Deshpande, V. V. (1998). Molecular and biotechnological aspects of microbial proteases. *Microbiology and molecular biology reviews* **62**, 597-635.

Références bibliographiques

- Riahi, M. H. (2006). Modélisation de phénomènes microbiologiques, biochimiques et physico-chimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croûte lavée. doctorato, INAPG (AgroParisTech).
- Romain, J., Thomas, C., Michel, M., Pierre, S., and Gérard, B. (2008). "Les produits laitiers (2e ed.)," Lavoisier.
- Ruettimann, K., and Ladisch, M. (1987). Casein micelles: structure, properties and enzymatic coagulation. *Enzyme and Microbial Technology* **9**, 578-589.
- Saint Pierre, P. (2015). Introduction à l'analyse des durées de survie. *Université Pierre et Marie Curie, France*.
- Sandine, W. E., and Elliker, P. R. (1970). Microbially induced flavors and fermented foods. Flavor in fermented dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **18**, 557-562.
- Saoudi, Z. (2012). Caractérisation microbiologique et de la protéolyse du fromage traditionnel Algérien 'Bouhezza' de ferme. Mémoire de magister, INATAA, Université Mentouri Constantine, Algérie.
- Schmidt, K., and Bouma, J. (1992). Estimating shelf-life of cottage cheese using hazard analysis. *Journal of Dairy Science* **75**, 2922-2927.
- Senoussi, A. (2013). Caractérisation microbiologique de la peau de chèvre utilisée dans la fabrication du fromage traditionnel Algérien «Bouhezza». Mémoire de magister, INATAA, Université Mentouri Constantine Algérie
- Veisseyer, R. (1979). "Technologie du lait," 3ème édition/Ed.
- Vigne, J.-D. (2008). Zooarchaeological aspects of the Neolithic diet transition in the Near East and Europe, and their putative relationships with the Neolithic demographic transition. In "The Neolithic demographic transition and its consequences", pp. 179-205. Springer.
- Vigne, J.-D. (2011). The origins of animal domestication and husbandry: a major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes rendus biologies* **334**, 171-181.
- Walstra, P., Van Dijk, H., and Geurts, T. (1985). The syneresis of curd. 1. General considerations and literature review. *Netherlands Milk and Dairy Journal* **39**, 209-246.
- Wittinger, S., and Smith, D. E. (1986). Effect of sweeteners and stabilizers on selected sensory attributes and shelf life of ice cream. *Journal of Food Science* **51**, 1463-1466.
- Zitoun, O. A. (2014). Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien «Bouhezza». Doctorat, Université constantine 1, Algérie.
- Zitoun, O. A., Benatallah, L., Ghennam, E., and Zidoune, M. N. (2011). Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened bouhezza cheese. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **9**, 96-100.
- Zitoun, O. A., Pediliggieri, C., Benatallah, L., Lortal, S., Licitra, G., Zidoune, M. N., and Carpino, S. (2012). Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and ripened in goatskin bags. *Journal of Food, Agriculture and Environment* **10**, 289-295.

Annexes

