République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tebessi –Tebessa-
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Appliquée
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
En : Science biologique
Option : Sécurité alimentaire et assurance qualité

Par :
M^elle^. Helaimia Douaa & M^elle^. Zairi Safa

Intitulée :

Évaluation de la qualité hygiénique d'un fromage traditionnel algérien Jben Elgafs frais

Devant le jury :

Devant le jury :

Taleb Salima	Prof	Université de Tébessa	Présidente
Senoussi Asma	MCB	Université de Tébessa	Rapporteur
Zouaoui Nassim	MCB	Université de Tébessa	Examinateur

Date de soutenance : 04 / 06 / 2025

Résumé

L'objectif de cette étude est double : d'une part, élaborer un fromage traditionnel algérien, **Jben Elgafs**, à partir de lait de vache en conditions contrôlées ; d'autre part, évaluer ses caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles à l'état frais, puis le comparer à un échantillon disponible dans le commerce.

Les résultats physico-chimiques obtenus montrent que le fromage fabriqué présente un pH de 6,13, une teneur en eau de 53 %, un extrait sec total de 46,37 % et une teneur en cendres de 2,392 %. En comparaison, le fromage commercialisé affiche un pH de 6,67, une humidité de 50,78 %, un extrait sec de 49,22 % et 2,285 % de cendres.

Sur le plan microbiologique, le produit fabriqué présente des charges microbiennes (exprimées en log UFC·g^{-1}) relativement élevées mais caractéristiques d'un produit traditionnel : flore totale aérobie mésophile (7,96), lactocoques (8,50), lactobacilles (7,87), levures (5,91) et moisissures (4,00). Le fromage commercialisé présente une flore totale aérobie mésophile de 7,20 log UFC·g^{-1}, des lactocoques à 8,60, des lactobacilles à 7,53, des levures à 5,68 et des moisissures à 4,69 log UFC·g^{-1}. Aucun des deux produits n'a révélé la présence de coliformes totaux ou fécaux, ni de germes pathogènes tels que *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* ou *Staphylococcus aureus*, témoignant ainsi d'un bon niveau d'hygiène microbiologique.

L'analyse sensorielle a mis en évidence une préférence marquée des dégustateurs pour le fromage élaboré en laboratoire, apprécié pour sa texture onctueuse, sa saveur plus développée et son odeur lactique prononcée. Ce fromage, élaboré à partir de lait de vache, présente ainsi un équilibre satisfaisant entre qualité hygiénique, composition physico-chimique et richesse organoleptique. Méconnu du grand public, **Jben Elgafs** mérite d'être valorisé en tant que produit patrimonial.

Mots clés : lait de vache, *Jben Elgafs,* Fromage traditionnel, qualité microbiologique, analyse sensorielle

Abstract

The objective of this study is twofold: on the one hand, to produce a traditional Algerian cheese, Jben Elgafs, from cow's milk under controlled conditions; on the other hand, to assess its physicochemical, microbiological, and sensory characteristics in its fresh state, and then compare it to a commercially available sample.

The obtained physicochemical results show that the produced cheese has a pH of 6.13, a moisture content of 53%, a total dry extract of 46.37%, and an ash content of 2.392%. In comparison, the commercial cheese shows a pH of 6.67, moisture content of 50.78%, dry extract of 49.22%, and ash content of 2.285%.

From a microbiological standpoint, the manufactured product presents relatively high microbial counts (expressed in log $CFU \cdot g^{-1}$), but these are typical for a traditional product: total aerobic mesophilic flora (7.96), lactococci (8.50), lactobacilli (7.87), yeasts (5.91), and molds (4.00). The commercial cheese shows total aerobic mesophilic flora of 7.20 log $CFU \cdot g^{-1}$, lactococci at 8.60, lactobacilli at 7.53, yeasts at 5.68, and molds at 4.69 log $CFU \cdot g^{-1}$. Neither of the two products revealed the presence of total or fecal coliforms, nor pathogenic microorganisms such as Salmonella spp., Escherichia coli, or Staphylococcus aureus, thus indicating a good level of microbiological hygiene.

Sensory analysis revealed a marked preference among tasters for the laboratory-produced cheese, appreciated for its creamy texture, more developed flavor, and pronounced lactic aroma. This cheese, made from cow's milk, presents a satisfactory balance between hygienic quality, physicochemical composition, and organoleptic richness. Jben Elgafs, little known to the general public, deserves to be promoted as a heritage product.

Keywords: Cow’s milk, *Jben Elgafs*, Traditional cheese, Microbiological quality, Sensory analysis.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق هدفين رئيسيين: الأول، إعداد جبن تقليدي جزائري يُعرف باسم جبن القفص انطلاقًا من حليب البقر وفي ظروف مراقبة؛ والثاني، تقييم خصائصه الفيزيائية-الكيميائية، والميكروبيولوجية، والحسية في حالته الطازجة، ثم مقارنته بعينة متوفرة في السوق.

تشير النتائج الفيزيائية-الكيميائية المحصلة إلى أن الجبن المُحضّر يمتلك درجة حموضة (pH) تبلغ 6.13، ونسبة رطوبة تصل إلى 53%، ومستخلص جاف كلي بنسبة 46.37%، ومحتوى رماد يبلغ 2.392%. بالمقارنة، أظهر الجبن التجاري درجة حموضة تبلغ 6.67، ورطوبة بنسبة 50.78%، ومستخلصًا جافًا بنسبة 49.22%، ومحتوى رماد مقداره 2.285.%

من الناحية الميكروبيولوجية، أظهر الجبن المُنتج أحمالًا ميكروبية مرتفعة نسبيًا) معبرًا عنها بوحدة($\log \mathrm{CFU \cdot g^{-1}}$ ، وهي صفات مميزة لمنتج تقليدي: الفلورا الهوائية المتوسطة (7.96)، اللاكتوكوك (8.50)، اللاكتوباسيلوس (7.87)، الخمائر (5.91)، والعفن (4.00). أما الجبن التجاري، فقد سجل فلورا هوائية متوسطة قدرها $\log \mathrm{CFU \cdot g^{-1}}$7.20 ، ولاكتوكوك عند 8.60، ولاكتوباسيلوس عند 7.53، وخمائر عند 5.68، وعفن عند 4.69 .$\log \mathrm{CFU \cdot g^{-1}}$ لم يُظهر أي من المنتجين وجود كوليفورم كلية أو برازية، ولا كائنات ممرضة مثل السالمونيلا.spp ، أو الإشريكية القولونية، أو العنقودية الذهبية، مما يدل على مستوى جيد من النظافة الميكروبيولوجية.

أظهرت التحاليل الحسية تفضيلاً واضحًا من قِبل المتذوقين للجبن المُعد في المختبر، نظرًا لقوامه الكريمي، ونكهته المتطورة، ورائحته اللبنية القوية. هذا الجبن، المحضر من حليب البقر، يُظهر توازنًا مُرضيًا بين الجودة الصحية، والتركيب الفيزيائي-الكيميائي، والغنى الحسي. ويُعد جبن القفص منتجًا غير معروف لدى عامة الناس، ويستحق أن يُثمَّن كمنتج تراثي.

الكلمات المفتاحية: حليب الأبقار، جبن القفص، جبن تقليدي، الجودة الميكروبيولوجية، التقييم الحسي.

Remercîment



Avant tout , nous remercions **Dieu** Tout-Puissant, source de sagesse, de force et, qui nous a guidés et soutenus tout au long de ce parcours.

Nous adressons nos sincères remerciements à Madame **Snoussi Asma**, notre encadrante, pour ses conseils précieux, sa disponibilité et son accompagnement constant durant la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements vont également à Madame **Taleb Salima** et Monsieur **Zouaoui Nassim**, membres du jury, pour leur participation, leurs remarques pertinentes et leur intérêt pour notre travail.

Nous exprimons aussi notre profonde gratitude au laboratoire **Fathallah** de contrôle de qualité à Tébessa pour son accueil chaleureux, les moyens mis à notre disposition, et la bienveillance de toute l'équipe.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers **parents**, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours.

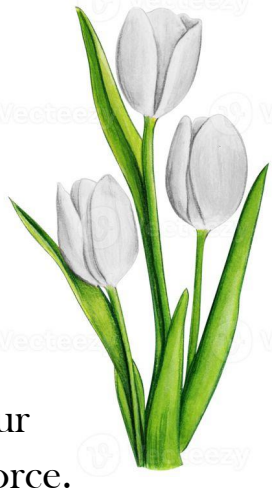
À mes frères **Ismail, Zinne Eddine, Oussama et Mohamed Amine,** qui m'ont toujours encouragée et entourée d'affection.

À mes **meilleurs amis**, pour leur présence, leur écoute et les beaux moments partagés, qui ont rendu ce chemin plus doux.

Et tout particulièrement à ma binôme **Safa**, pour sa collaboration précieuse, son soutien constant et sa belle amitié tout au long de cette aventure



Helaimia Douâa



Dédicace

À **mes parents** bien-aimés,
Pour leur amour inestimable, leur soutien inconditionnel et leur confiance en moi. Merci d'avoir toujours été mon refuge et ma force.

À mes sœurs, **Chaima et Rofaida**,
Pour leur présence constante, leur affection et leur encouragement.

À mon petit ange **Aouab,**
Source de joie, de tendresse et d'inspiration.

À toute **ma famille**,
Pour leur soutien, leurs prières et leurs mots d'encouragement.

À mes **amies fidèles**,
Celles qui ont marché avec moi dans chaque étape, partagé les moments de doute et de réussite. Merci pour votre amitié sincère.

À ma binôme **Douaa**,
Pour ta présence à mes côtés, ton soutien, ta patience, et tous les moments partagés, entre sérieux, rires et fatigue. Merci d'avoir été une véritable partenaire tout au long de ce chemin.

À mon encadrante, **Madame Snoussi Asma**,
Pour sa gentillesse, sa disponibilité et ses conseils précieux qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.



À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ce travail, je dis simplement : merci.

Zairi Safa

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Listes des Tableaux

Listes des figures

Introduction 01

Partie bibliographique

Chapitre 1 : Le lait

1.1. Définition du lait 03

1.2. Composition du lait..... 03

1.2.1. Eau..... 04

1.2.2. Glucides..... 04

1.2.3. Lipides..... 05

1.2.4. Protéines..... 05

1.2.5. Minéraux..... 05

1.2.6. Vitamines..... 05

1.3. Propriétés physico-chimiques du lait..... 06

1.3.1. L'acidité du lait..... 06

1.3.2. Densité..... 06

1.3.3. Point de congélation..... 07

1.3.4. Point d'ébullition..... 07

1.4. Microbiologie du lait..... 07

Chapitre 2 : Généralités sur les fromages

2.1. Définition de fromage..... 09

2.2. Technologie de fabrication de fromage..... 09

2.2.1. Traitement du lait..... 09

2.2.2 Coagulation..... 09

2.2.3. Salage..... 12

2.2.4. Egouttage..... 12

2.2.5. Affinage..... 13

2.3. Types de fromages traditionnels en Algérie..... 13

2.3.1. Fromage frais..... 13

2.3.2. Fromage frais Extra dur : *Klila*..... 14
2.3.3. *Adghess*..... 15
2.3.4. *Bouhezza*..... 15
2.3.5. *Aoules*..... 16
2.3.6. *Ighouane*..... 16
2.3.7. 16
Aghoughlou.....
2.3.8. Mechouna..... 16
2.3.9. *Tkammerite (Kemariya)Tkammart*..... 17
2.3.10. 17
Madghissa.....
2.4. Microflore du fromage..... 17
2.4.1. Bactéries..... 17
2.4.2. Flore fongique..... 18
2.5. Caractéristiques sensorielles du fromage..... 18
2.6 Fromage traditionnel Algérien *Jben Elgafs*..... 18
2.6.1. Définition..... 18
2.6.2. Plantes d'enrobage du fromage *Elgafs*..... 19
2.6.3. Caractéristiques aromatiques..... 21

Partie Expérimentale

Matériels et méthodes

1. Objectif de l'étude..... 22
2. Lieu de l'étude..... 22
3. Fabrication de fromage traditionnel " Elgafs "..... 23
3.1. Matières premières utilisées dans la fabrication du Jben Elgafs..... 23
3.2. Etapes de fabrication du *Jben Elgafs*..... 23
3.3 Détermination de rendement..... 25
4. Caractérisation physico-chimique du fromage..... 25
4.1. Rendement du fromage..... 25
4.2. Détermination du pH..... 25
4.3. Détermination d'extrait sec total..... 25

4.4. Détermination du taux de cendres..... 26
5. Caractérisation microbiologique du fromage..... 27
5.1 Dénombrement de *la flore totale aérobie mésophile (FTAM*) 28
5.2. Dénombrement des *Lactocoques*..... 28
5.3. Dénombrement des *Lactobacilles*..... 29
5.4. Dénombrement des *levures et moisissures*..... 29
5.5. Dénombrement des *coliformes totaux et fécaux*..... 29
5.6. Recherche de *salmonella spp*..... 30
5.7. Recherche de *Escherichia coli*..... 30
5.8. Recherche de *Staphylococcus aureus*..... 31
6. Analyse sensorielle du fromage..... 31

Résultat et discussion

1. Caractéristiques physico-chimique du fromage "Elgafs"..... 33
1.1 Rendement fromagère 33
1.2. pH..... 33
1.3. Extrait sec total..... 34
1.4. Cendres..... 34
2. Caractéristiques microbiologiques du Jben Elgafs..... 34
2.1. *Flore total aérobie mésophile (FTAM)* 35
2.2 Flore lactique..... 35
2.3. Flore fongique..... 36
2.4. *Coliformes totaux et fécaux*..... 36
2.5. Qualité hygiénique 36
4. Profil sensoriel du fromage traditionnel Elgafs 37
Conclusion générale 41
Références bibliographiques..... 43
Annexes

LISTE DES ABRIVIATIONS

FAO: Food and Agriculture Organization

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PH : Potentiel Hydrogène

D◦ : Degré Dornic

C◦ : Degré Celsius

UFC : Unité Format Colonie

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

GN : Gélose Nutritive

PCA: Plat Count Agar

VRBL: Violet Red Bile Agar

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
1	Valeur nutritionnelle moyenne de lait de vache (pour 100g)	04
2	Composition physico-chimique de deux échantillons de *Jben Elgafs* : fabriqué au laboratoire et commercialisé	33

LISTE DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
1	Fromage frais « *Jben* »	14
2	Fromage traditionnel *« Klila* »	14
3	Fromage traditionnelle *Adghess*	15
4	Fromage traditionnel « *Bouhezza* »	16
5	*Macrochloa tenacissima (Halfa*)	19
6	*Rusmarinus officinalis (Klil*)	20
7	*Artemisia campestris (Dgouft)*	20
8	Diagramme de fabrication *Jben Elgafs*	24
9	Détermination de la flore totale aérobie mésophile, lactobacilles, lactocoques, levures, moisissures dans les deux échantillons de fromages fabriqué et commercialisé.	35
10	Description moyenne de critères sensoriels des deux fromages *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire et commercialisé	37
11	Test de préférence	40

INTODUCTION

Introduction

Les fromages traditionnels constituent une composante essentielle du patrimoine national de chaque pays. Chaque variété fromagère, avec ses caractéristiques uniques, reflète la spécificité de son terroir d'origine, en intégrant les ressources locales, les savoir-faire ancestraux et les pratiques artisanales transmises de génération en génération **(Grasseni, 2011 ; Cardin et al., 2022).**

En Algérie, les méthodes traditionnelles de transformation du lait demeurent malheureusement marginalisées et bénéficient d'une reconnaissance limitée. Cette situation résulte de plusieurs facteurs, parmi lesquels on peut citer : le manque de sensibilisation au patrimoine culinaire national, l'absence de transcription de l'histoire alimentaire, la faible valorisation ou la non-transmission des pratiques traditionnelles, la dépréciation progressive des savoirs culturels, ainsi que les effets conjugués de l'exode rural et de la transformation rapide des habitudes alimentaires, tant en milieu rural qu'urbain.

Pourtant, malgré ce contexte peu favorable, l'Algérie dispose d'un potentiel considérable pour la relance de la production de lait cru et la valorisation de ses fromages traditionnels (Aïssaoui-**Zitoun et al., 2022 ; Senoussi, 2022).** Ces produits sont d'ailleurs appréciés par une frange croissante de consommateurs attachés à la naturalité, à la traçabilité et aux traditions locales dans leur alimentation **(Cardin et al., 2022).**

La connaissance, la préservation et la valorisation du patrimoine laitier algérien doivent constituer une priorité dans toute stratégie de développement durable. Il est impératif que les acteurs de l'agroalimentaire et tout particulièrement la communauté scientifique nationale s'engagent dans un travail rigoureux de recensement, de caractérisation et de valorisation des pratiques traditionnelles. Une telle démarche permettrait de les inscrire pleinement dans l'identité culturelle des populations locales et de les exploiter de manière pertinente pour le développement économique **(Aïssaoui-Zitoun, 2014).**

À ce jour, le patrimoine fromager algérien reste encore insuffisamment exploré. Une dizaine de fromages traditionnels ont été identifiés dans diverses régions du pays **(Aïssaoui-Zitoun et al., 2011)**. Parmi eux figurent notamment Bouhezza, *Medghissa* et *Mechouna* dans les Aurès, *Takemmèrite* et *Aoules* dans le Sud, ainsi qu*'Igounane* en Kabylie. Certains produits sont aujourd'hui menacés de disparition en raison de l'indisponibilité fourragère, de l'exode rural, du changement des habitudes de consommation et de la désaffection croissante pour les pratiques de fabrication artisanale. Cette situation se traduit par une raréfaction des producteurs,

une perte de savoir-faire et une irrégularité des qualités organoleptiques, rendant difficile la satisfaction des attentes des consommateurs. Il devient donc essentiel d'encourager la fabrication et la valorisation de ces fromages afin de préserver leur existence et de leur redonner une place dans l'offre alimentaire nationale.

Parmi ces fromages, le *Bouhezza* est officiellement reconnu comme fromage traditionnel du nord-est de l'Algérie, il se distingue par sa forte valeur culturelle et ses propriétés organoleptiques spécifiques, étroitement liées aux conditions environnementales et aux techniques traditionnelles de production **(Senoussi et al., 2023 ; 2024).**

Cependant, en dépit de l'intérêt scientifique croissant pour certains fromages, de nombreuses autres productions locales demeurent totalement inexplorées. C'est notamment le cas du Jben El Gafs, un fromage artisanal méconnu, originaire de la région de M'Sila, plus précisément de la ville de *Boussaâda*, pour lequel aucune étude scientifique n'a encore été publiée.

Dans ce contexte, la présente étude vise à contribuer à la valorisation du patrimoine fromager algérien à travers une caractérisation du *Jben El Gafs*. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Réaliser, au laboratoire, une fabrication expérimentale du fromage Jben El Gafs, en suivant le diagramme traditionnel de fabrication ;
- Déterminer les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques, y compris les aspects liés à la qualité hygiénique, de deux versions du fromage : l'une issue de la production artisanale locale et l'autre produite au laboratoire selon les méthodes traditionnelles ;
- Décrire les caractéristiques sensorielles de ces deux produits afin d'identifier les attributs organoleptiques distinctifs et d'évaluer leur potentiel d'acceptabilité auprès des consommateurs.

Notre étude est structurée en trois parties. La première partie présente une synthèse bibliographiques subdivisé en deux chapitres : le premier chapitre sur le lait. Le deuxième chapitre comporte une généralité sur les fromages.

La deuxième partie, la partie expérimentale mis en œuvre dans le cadre de connaître ses paramètres physico-chimiques et sa qualité hygiénique.

La dernière partie traite les résultats obtenus et discussion et nous avons conclu par une conclusion.

Partie
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Lait

1.1. Définition de lait

D'après la FAO et l'OMS Le lait est la sécrétion normale des glandes mammaires d'animaux de traite, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou extraction, et destiné à être consommé sous forme liquide ou à subir un traitement ultérieur. Sans aucune modification, destiné soit à la consommation en tant que lait liquide, soit à un traitement ultérieur.

Le lait est traditionnellement reconnu comme une excellente source de nutriments, et les protéines laitières représentent jusqu'à 20 % de l'apport moyen en protéines alimentaires. L'industrie laitière offre une large gamme de produits laitiers traditionnels de haute qualité, mais elle s'intéresse également de manière croissante au développement d'une nouvelle génération d'aliments nutraceutiques et fonctionnels à base de produits laitiers. **(Kennelly, Glimm, et Ozimek, 2000).**

1.2. Composition de lait

La constitution du lait provient d'une interaction complexe de divers facteurs, principalement définis par les espèces, les éléments environnementaux et les conditions physiologiques. D'ap rès **Ribeiro et al. (2018),** le lait de vache typique est constitué d'environ 87,3 % d'eau, 4,6 % de lactose, 3,25 % de protéines et 3,9 % de matières grasses. Les solides totaux atteignent approximativement 12,7 %. Les fluctuations dans la composition du lait peuvent être dues à des éléments comme le stade de lactation, la race animale et les méthodes de gestion **(Bondan et al., 2018).**

Tableau 1 : valeur nutritionnelle moyenne de lait de vache (pour 100g) **(Coveney et Danton-Hill, 1985 ; Grand-pierre et al, 1988).**

Nutriments	**Valeur nutritionnelle**
Eau	87.5g
Énergie	272kj/65Kcal
Protéines	3.3g
Caséines/lactalbumine	82/18
Lipide	3.8g
Glucide	4.7g
Na	50mg
K	150mg
Ca	120mg
Mg	12mg
P	95mg
Fe	0.05mg
Cu	0.02mg
Zn	0.35mg

1.2.1. Eau

L'eau constitue le milieu dans lequel tous les autres composants du lait (matières sèches totales) sont dissous ou en suspension. La teneur en eau varie de 85,4 % à 87,7 % selon les espèces de vaches. Une faible proportion de cette eau est hydratée au lactose et aux sels, tandis qu'une autre fraction est liée aux protéines. **(Chandan, 2006)**

1.2.2. Glucides

Le lactose est le glucide, ou l'hydrate de carbone, le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40% des solides totaux. D'autres glucides peuvent être présents en faible quantité, comme le glucose et le galactose qui proviendraient de l'hydrolyse du lactose ; en outre, certains

glucides peuvent se combiner aux protéines. Ainsi, le lait contient près de 4,8% de lactose **(Vignola, 2002).**

1.2.3. Lipides

La composition en graisses est généralement autour de 4,5 %, majoritairement des acides gras saturés qui sont indispensables pour l'assimilation de l'énergie et des nutriments **(Kudrina et al., 2025 ; Ortega et al., 2019).** Les graisses sont essentielles pour le goût et la consistance, et leur proportion peut fluctuer grandement selon l'alimentation **(Stokes et al., 2000).**

1.2.4. Protéines

Le lait contient de 2,6 à 5,3 % de protéines, principalement sous forme de caséine et de protéines laitières, qui fournissent tous les acides aminés essentiels pour la santé humaine **(Kudrina et al., 2025).**

Les caséines représentent une catégorie variée de protéines présentes dans le lait, composant 80 % du contenu protéique du lait bovin. La caséine est définie opérationnellement comme la portion des protéines présentes dans le lait qui se coagule lors de l'acidification du lait jusqu'à atteindre un pH de 4,6 **(Treweek, 2012)**.

La protéine de lactosérum constitue 20 % des protéines présentes dans le lait et est abondante en acides aminés essentiels et ramifiés, en peptides fonctionnels, en antioxydants ainsi qu'en i mmunoglobulines. **(Patel, 2015).**

1.2.5. Minéraux

Les minéraux représentent approximativement 0,7 % du lait, le phosphate de calcium étant crucial pour la production de fromage **(Fox et al., 2017).**

Le lait contient une importante concentration de minéraux comme le phosphore, le magnésium, le potassium, le zinc, le sodium, le chlore et bien sûr, le calcium **(Adoui et al., 2022 ; Alais, 1984)**.

1.2.6. Vitamines

Les vitamines présentes dans le lait proviennent de diverses sources. Le lait renferme naturellement toutes les vitamines : A, D, B2, B5, B9 et B12 **(Ferlay et al., 2013)**. Le les vitamines A, D et B12, qui sont indispensables pour la santé osseuse et les fonctions métaboliques **(Kourkouta et al., 2020 ; Ortega et al., 2019).**

Bien que la composition du lait soit généralement stable, des variations peuvent survenir en fonction de facteurs tels que l'alimentation, la génétique et les conditions environnementales,

ce qui peut affecter de manière significative les niveaux de lipides et de protéines **(Stokes et al., 2000).**

1.3. Propriétés physico-chimiques du lait

1.3.1. Acidité du lait

Le pH représente l'acidité du lait à un moment donné. Le pH d'un lait normal varie entre 6,6 et 6,8 ; on considère comme anormales les valeurs de pH inférieures à 6,5 et supérieures à 6,9. Le colostrum est plus acide que le lait normal du fait de sa teneur élevée en protéines, alors que le lait de fin de lactation et celui d'une vache malade ont généralement un pH plus élevé. Le pH du lait dépend principalement de la présence de caséines et d'anions phosphoriques et citriques. **(Vignola, 2002)**

1.3.2. Densité

Selon Parmar et al. (2021), la densité moyenne du lait chez les vaches jersiaises est de 1,0313 g/cm³, ce qui est supérieur à celle des Holstein Frisonnes d'élite **(1,0304 g/cm³)** et à celle de la moyenne nationale des Holstein Frisonnes **(1,0303 g/cm³).** La densité du lait est positivement liée à sa teneur en matières grasses, car des niveaux plus élevés de matières grasses conduisent à une densité plus grande.

La densité du lait diminue au fur et à mesure que la température s'élève. Par exemple, à 5 °C, la masse volumique est approximativement de 1,0334 g/cm³, et elle descend à 1,0305 g/cm³ lorsqu'elle atteint 20 °C **(Parmar et al., 2021)**. Le lien entre la température et la densité est essentiel pour effectuer des calculs exacts du poids et du volume dans le domaine de la transformation du lait.

La densité change en fonction des saisons, affichant des valeurs moyennes de 1,0304 g/cm³ au printemps, 1,0314 g/cm³ durant l'été et 1,0309 g/cm³ à l'automne **(Parmar et al., 2020).** S'est majoritairement portée sur le lait de vache, la densité du lait de chèvre fluctue entre 991,7 et 1 232,4 kg/m³, suggérant que les différences inter-espèces influencent aussi les variations de densité **(Gabas et al., 2012)**.

1.3.3. Point de congélation

Le point de congélation du lait de vache est utilisé dans l'industrie laitière comme indicateur de la qualité du lait, notamment pour détecter son adultération par ajout d'eau et pour évaluer la quantité d'eau ajoutée. Toutefois, d'autres facteurs de variation peuvent intervenir, tels que la composition chimique, l'état hygiénique, le traitement thermique, ou encore la contamination par des substances influençant le point de congélation, comme les détergents, les polluants ou les antibiotiques. Des facteurs liés à l'animal, tels que la race, le statut physiologique et la parité, ainsi que des facteurs liés à l'élevage, comme la taille du troupeau, peuvent également avoir un impact. Tous ces facteurs de variation ont été étudiés dans le lait de vache à travers de nombreuses analyses, ce qui a permis d'établir des valeurs de référence du point de congélation pour un lait de vache pur, à savoir -0,555 °C, tandis que les modifications dues à son adultération peuvent être facilement interprétées. **(Konuspayeva et al., 2023).**

1.3.4. Point d'ébullition

Le processus d'ébullition améliore la sécurité du lait cru et entraîne une augmentation exceptionnelle et significative de sa sécurité microbiologique **(Maestro et al., 2017).**
La teneur en matières grasses du lait frais variait entre 3,30 et 5,29 g%, tandis qu'elle était comprise entre 3,51 et 5,16 g% dans le lait bouilli. La teneur en extraits secs dégraissés du lait frais variait de 9,13 à 10,24 g%, contre 9,41 à 10,71 g% après ébullition. Quant au nombre de cellules somatiques, il variait entre 100 000 et 310 000 cellules/ml dans le lait cru, alors qu'il diminuait significativement après ébullition, se situant entre 50 000 et 115 000 cellules/ml **(Ostan et al., 2015).**

1.4. Microbiologie du lait

Le lait constitue un milieu idéal pour la croissance microbienne en raison de sa teneur élevée en eau, de son pH neutre et de sa composition biochimique. Ainsi, le lait cru peut contenir divers types de micro-organismes présentant des caractéristiques variées en termes de classification, de morphologie et de physiologie. Les bactéries qui prédominent parmi les micro-organismes du lait jouent un rôle essentiel dans la qualité du lait cru et des produits laitiers. Ces bactéries peuvent être altérantes ou pathogènes, avec un comportement mésophile, psychrophile ou thermophile **(Moatsou & Moschopoulou, 2014).**

Le lait contient une série de composés tels que l'eau, les lipides, les protéines, les glucides et des oligoéléments. Ses caractéristiques nutritionnelles en font un substrat favorable à la

multiplication des micro-organismes. La contamination microbienne du lait peut se produire de deux manières : endogène et exogène, variant sur les plans quantitatif et qualitatif selon les conditions d'hygiène existantes **(Menezes et al., 2014).**

Un total de 83 isolats de bactéries lactiques ont été identifiés à partir de lait cru de vache. Ces isolats appartenaient à six genres principaux : *Lactobacillus* (26,51 %), *Lactococcus* (21,69 %), *Leuconostoc* (18,07 %), *Pediococcus* (12,05 %), Streptococcus (9,64 %) et *Enterococcus* (9,64%). Parmi ces bactéries, *Lactobacillus* présentait une morphologie en bâtonnet, tandis que les autres genres étaient de forme coccique. Dans cette étude, le genre dominant isoler du lait cru était *Lactobacillus* **(26,51 %) (Wassie & Wassie, 2016).**

Selon Menezes et al. (2014), les procédés thermiques sont indispensables pour diminuer la charge microbienne et assurer la qualité et la sécurité du lait.

2. Généralités sur les fromages

2.1. Définition du fromage

Le fromage est un produit connu et élaboré par l'homme depuis des millénaires. Il et lié à la domestication des espèces laitières et à la connaissance empirique de la richesse nutritionnelle du lait, la transformation du lait en fromage répondant au besoin de conservation de cet aliment (**GILLIS et AYERBE, 2018).**

D'après le décret Len° 2007-628 du 27 avril (2007), terme « fromage » est réservé à un produit qui peut être fermenté ou non, affiné ou non, obtenu exclusivement à partir des matières laitières suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre. Ces matières peuvent être utilisées seules ou en mélange et doivent être coagulées totalement ou partiellement avant l'égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse.

2.2. Technologie de fabrication du fromage

2.2.1. Traitement du lait

Le lait cru est par Définition un lait qui n'a pas été chauffé à plus de 40°C Soumis à un traitement d'effet équivalent (ordonnance Sur les denrées alimentaires d'origine animale). Dans la Fabrication de fromage au lait cru ou au lait thermisé, le Fabricant est tenu par la loi, indépendamment du pro cédé de prétraitement utilisé, de mettre en place un système HACCP afin de garantir en tout temps la sécurité alimentaire des produits **(Jakob et Eugster, 2016).**

La Pasteurisation est destinée à détruire la flore pathogène et la Majorité de la flore non pathogène d'altération du lait. Elle est l'un Des traitements thermiques le plus adopté qui a pour Objectif de rendre le lait propre à la consommation. Il est Impérativement nécessaire d'assurer les bonnes conditions de stockage, d'acheminement et d'exposition à la vente du Lait pasteurisé à basse température **(Baazize et al., 2022).**

2.2.2. Coagulation

La coagulation du lait est une étape importante de la préparation du fromage. Il s'agit de la transformation du lait liquide en un gel, appelé aussi coagulum ou caillé qui, après un certain nombre de transformations, deviendra un fromage **(Germonville, 2003).** Lors de la coagulation du lait, un liquide d'un vert translucide qui se sépare du caillé après la coagulation du lait, durant la fabrication du fromage et de la caséine **(Woo, 2002)**.

En technologie fromagère il existe deux types de coagulations : La coagulation lactique ou coagulation acide (voie fermentaire) et La coagulation présure (voie enzymatique).

Coagulation lactique

La coagulation acide du lait due à la fermentation lactique est provoquée par une augmentation de la concentration d'acide lactique qui, à son tour, réduit le pH et favorise ainsi la coagulation des protéines **(Novaković et al., 2000).** Dans la production de fromage, la coagulation lactique influence la texture, divers facteurs affectant les caractéristiques texturales sensorielles et instrumentales du produit final **(Laithier et al., 2009).** La coagulation lactique fait référence au processus de coagulation du lait favorisé par des souches spécifiques de bactéries lactiques **(Mogna, 2006).**

Coagulation enzymatique

La coagulation enzymatique du lait est la première étape de la fabrication de la plupart des fromages. Il s'agit d'un phénomène complexe passant par l'hydrolyse de la caséine k, l'agrégation des para-CM résultantes et la formation et le vieillissement du gel enzymatique du lait **(Bauland et al., 2025).** Lors de la fabrication fromagère, l'ajout de présure enclenche la gélification du lait. La rhéologie et la structure du gel conditionnent la conduite du d'écaillage et la composition du caillé **(Bauland, 2022).**

Coagulation mixte

La coagulation mixte du lait, provoquée par l'action combinée d'un agent acidifiant et d'une enzyme protéolytique, constitue la première étape du processus de production des fromages.

Une légère modification physico-chimique du lait, en particulier l'ajustement à un pH spécifique, semble jouer un rôle crucial dans le type de fromage produit **(Vetier, 1998).**

2.2.2.1. Enzymes coagulantes le lait

Ils jouent un rôle important dans la fabrication du fromage car ils aident à convertir le lait liquide en un solide connu sous le nom de lait caillé. Ces enzymes peuvent provenir de diverses sources, y compris animale, végétale et microbienne, chacune apporte des caractéristiques uniques au processus de fabrication du fromage. La chymosine, dérivée de la présure de veau, a historiquement été l'enzyme la plus couramment utilisée, remontant à plus de 8000 ans **(Andren. 2021).**

Enzymes d'origine animale

La présure qui est une préparation enzymatique extraite de caillette de jeunes veaux nourris au lait (et sacrifiés avant sevrage) est l'agent le plus utilisé pour la coagulation du lait. Bien que cette enzyme coagulante soit encore la plus utilisée en fromagerie, sa production connaît une pénurie mondiale croissante. Cette pénurie est due essentiellement à une augmentation croissante de la production et la consommation du fromage. De nos jours son utilisation est confrontée à la contrainte majeure de sacrifice de jeunes veaux et donc d'obtention de quantité de plus en plus importante d'enzymes susceptible de répondre à des besoins sans cesse croissants **(Boudjenah-Haroun et al.,2014).**

Enzymes coagulants d'origine végétale

Les enzymes de coagulation du lait d'origine végétale, qui sont commercialisées et utilisées comme substituts valables à la présure animale. Ils suscitent un intérêt croissant dans l'industrie fromagère en raison de leur disponibilité facile et de leurs processus de purification simples. Parmi eux, les protéases sont présentes dans les tissus de diverses plantes, telles que la fleur de cardon, l'artichaut *Cynara scolymus*, les rhizomes de gingembre *(Zingiber officinale*), les tiges de *Dregea sinensis*, et les fleurs de *Citrus aurantium*. Beaucoup de ces enzymes ont été largement utilisées pour la production des types de fromages **(Nicosia et al.,2022).**

L'extraction et purification des enzymes protéolytiques contenues au niveau des fleurs, ouvrant la voie ainsi à leur usage comme nouvelle alternative aux agents coagulants de l'industrie fromagère. Les fleurs contiennent des protéases capables de coaguler le lait ayant des propriétés catalytiques similaires à la chymosine, ses bractées sont riches en composés phénoliques et enflavonoïdes **(Benali et al.,2022).**

Enzymes coagulants d'origine microbienne

Il est destiné à fournir une enzyme coagulante du lait provenant d'une bactérie et un procédé de production de fromage utilisant cette enzyme. En d'autres termes, il s'agit d'une enzyme produite par une bactérie appartenant au genre *Paenibacillus sp*. Et ayant une activité de coagulation du lait **(Yasokawa et al 2003).** Leur utilisation peut entraîner des variations de fermeté et de synérèse du lait caillé, affectant ainsi la qualité du produit final **(Dabija et Sion, 2017).**

Chymosine génétiquement modifiée

Le terme "chymosine génétiquement modifiée" fait référence aux formes recombinantes de chymosine bovine produites par des organismes altérés, tels que Lactococcus lacis **(Luerce et al.,2014).**

La chymosine est produite par la souche génétiquement modifiée Aspergillus niger DSM 29546.L'enzyme est destinée à être utilisée dans les produits laitiers fermentés et la conversion du lait en fromage, il n'y a donc aucun problème de sécurité associé aux modifications génétiques **(Silano et al., 2022).**

2.2.3. Salage

Le sel joue le rôle de conservateur et participe directement à la saveur. Il influe également sur la composition du fromage, le développement des microorganismes, l'activité des enzymes, les transformations biochimiques, l'hydratation de la caséine au cours de l'affinage et la qualité finale du fromage. Le salage du caillé peut se faire soit par la technique de saumurage, qui implique de plonger les fromages moulés dans une saumure pendant un période allant d'environ

0,5 à 8 jours, soit par salage à sec, où du sel en cristaux est incorporé aux morceaux de caillé écrasés pendant une durée comprise entre 10 et 30 minutes avant le moulage ou le pressage **(Guinee et Sutherland, 2015).** Le salage du fromage et le rôle du sel sur la biochimie, la microbiologie et la qualité sensorielle du fromage **(Guinee et al., 2007)**

2.2.4. Egouttage

La fabrication de fromages est une pratique ancienne qui permet de préserver les constituants « nobles » du lait en concentrant la matière grasse et les protéines du lait pendant l'égouttage d'un caillé enzymatique et/ou acidifié. L'une des premières étapes consiste à réduire la stabilité colloïdale des micelles de caséines (ci-après «CM »), afin d'initier la coagulation du lait. Pour déstabiliser les CM, il est possible d'ajouter un coagulant, contenant des enzymes protéolytiques, qui libère l'extrémité C-terminale de la caséine k dans la phase soluble du lait– le lactosérum. Pour un taux donné d'hydrolyse des caséines k, les « para-micelles » (para-MC) se regroupent et forment un gel colloïdal qui remplit tout le volume du lait. À un instant défini, ce gel est d'écaillé, afin de favoriser l'expulsion du lactosérum. La quantité de lactosérum à éliminer des grains de caillé dépend des caractéristiques du fromage que l'on souhaite obtenir, notamment son extrait sec **(BAULAND et al., 2025).**

2.2.5. Affinage

Durant le processus d'affinage, les saveurs et la texture caractéristiques de chaque variété se développent. On distingue généralement trois catégories de processus biochimiques se déroulant dans le fromage durant sa maturation : (1) le métabolisme du lactose résiduel, ainsi que celui du lactate et du citrate, (2) la lipolyse et le métabolisme des acides gras qui en résultent ;(3) la protéolyse de la matrice de caséine en une gamme de peptides et d'acides aminés libres, suivie du catabolisme de ces acides aminés en composés volatils aromatiques **(McSweeney, 2011).**

2.3. Types du fromage traditionnel en Algérie

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 **(Derouiche et Zidoune., 2015).** Le lait est traditionnellement transformé sous plusieurs formes afin de permettre sa conservation, notamment en produits fermentés, parmi lesquels le fromage représente depuis longtemps une fierté de la tradition culinaire **(Deruiche et al., 2022).**

2.3.1 Fromage frais : *J'ben*

Le « *Jben* » est un fromage frais algérien traditionnel fabriqué à partir de lait cru de vache, de chèvre et de brebis ou de lait de vache pasteurisé, produit à petite échelle dans certaines régions du nord-est et de l'ouest de l'Algérie pendant la récolte du lait **(TADJINE et al, 2021).** Le *Jben* est classé comme un fromage à pâte mi-molle **(BOUMEDIENE et al., 2024).**

Le fromage « *Jben* » est fabriqué à partir de lait cru de brebis ou de chèvre, acidifié spontanément et coagulé grâce à des enzymes coagulantes d'origine végétale provenant des fleurs de cardon (*Cynara cardunculus L.*), d'une plante sauvage épineuse (*Cynara humilis*), d'artichaut (*Cynara scolymus*) ou de graines de courge. Les fleurs entières sont macérées dans le lait. La plante est utilisée pour accélérer la coagulation et pour donner une saveur au fromage. La variété de plante utilisée varie d'une région à l'autre. Le « *Jben »* peut être salé puis égoutté pendant 10 jours, ou non salé et égoutté pendant moins de 4 jours, avec une moyenne de 62,

d'humidité, 16,5 % de matière grasse, 15, 8 % de protéines brutes, 4,1 % de lactose, 1,04 % d'acidité titrable et un pH de 4,1 **(Leksir et al., 2019).**

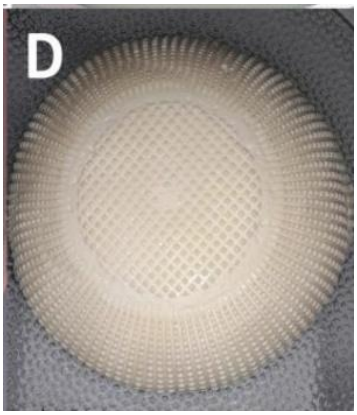


Figure 01 : Fromage frais *« Jben »* **(Bentiba,2023)**

2.3.2 Fromage *Klila*

Le *Klila* est principalement fabriqué pour une consommation domestique, en se servant de techniques de fermentation traditionnelles qui se transmettent de génération en génération. Il contient une forte charge microbienne, constituée principalement de bactéries lactiques, qui participent à sa sécurité et à ses qualité thérapeutiques **(Benlahcen et al., 2017).** Klila est un fromage frais ou très dur fabriqué par chauffage, découpage et séchage au soleil de caillé de lait de vache, de lait de brebis ou d'un mélange des deux **(Benzekri et al., 2024).**



Figure 02. Fromage traditionnel *« Klila »* **(Leksir et Chemmam ,2015)**

2.3.3. Fromage *Adghess*

Adghess est un fromage frais fréquemment fabriqué dans la région, en particulier dans les zones rurales. Ce fromage est très populaire auprès des habitants de la région d'Oum El Bouaghi ; cependant, sa préparation dépend principalement de la disponibilité de la matière première et du cheptel de chaque famille. Sa production reste moins répandue et sa pratique ne dépasse pas les zones d'origine. Sa préparation commençait par la transformation du lait cru en *Rayeb* (lait fermenté) par fermentation spontanée pendant 24 à 48 heures à température ambiante (cette température diffère selon les saisons) ; ce dernier était égoutté avant d'être chauffé à 60 °C. Du Jaune d'œuf frais et du sel étaient ajoutés simultanément **(Deruiche et al., 2023).**



Figure 03 : Fromage traditionnelle *Adghess* simultanément **(Deruiche et al., 2023).**

2.3.4. Fromage *Bouhezza*

« Bouhezza » est un fromage traditionnel algérien à pâte molle fermentée, trouvé et consommé dans le nord-est de l'Algérie. Le fromage *« Bouhezza »* a été fabriqué à la main de manière traditionnelle en utilisant du lait de trois espèces (vache, chèvre et brebis) **Boudalia et al., 2020).**

La fabrication du « *Bouhezza* » présente la particularité d'impliquer simultanément les étapes de coagulation, d'égouttage, de salage et d'affinage. Le fromage est obtenu après transformation du *« Lben*" dans une "*Djeld*", ou outre en peau, fabriquée à partir de peau de chèvre préalablement traitée avec du sel et du genévrier **(Aissaoui Zitoun et al., 2011)**



Figure 04 : Fromage traditionnel « *Bouhezza* » **(Boudalia et al.,2020)**

2.3.5. *Aoules*

Aoules ou *Ioulsân* est un fromage sec d'Algérie (région de l'Ahaggar). *Aoules* est obtenu par chauffage modéré du babeurre jusqu'à précipitation des protéines (comme le *Klila*). Le précipité est égoutté dans un panier en paille, puis le caillé est pétri en petites quantités, moulé en cylindres (2 cm d'épaisseur, 6 à 8 cm de diamètre), puis séché au soleil, moulu et stocké **(Mefleh et al., 2022).**

2.3.6. *Ighounane*

Ighounane est un fromage produit dans les hautes terres du Djurdjura en Kabylie et fabriqué à partir de colostrum (le premier lait produit par une vache après avoir mis bas). Il est préparé dans des ustensiles en terre cuite recouvert d'huile d'olive, dans lequel on verse une petite quantité d'eau salée, puis le lait est chauffé et coagulé. Coupez le caillé obtenu et égouttez-le, puis consommez-le directement **(Leksir et al., 2019).**

2.3.7. *Aghoughlou*

Aghoughlou est un fromage fabriqué en Kabylie, obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre, coagulé à l'aide du latex de figuier (Ficus carica). Le caillé obtenu est consommé frais **(Leksir et al., 2019).**

2.3.8. *Mechouna*

Chnina (également connue sous le nom de *Mechouna* ou *Michouna*) est un fromage frais et doux de la région de Tébessa en Algérie, fabriqué par fermentation inversée. Le lait frais de chèvre est mélangé avec du petit lait et du sel. Le mélange est ensuite chauffé jusqu'à ce qu'il coagule. Le caillé obtenu est égoutté pendant la nuit pour éliminer complètement le lactosérum.

Ce fromage a un pH de 5,85 et une courte durée de conservation (jusqu'à 6 jours**) (Mefleh et al., 2022**). Il est généralement fabriqué à partir de lait cru et utilise des bactéries lactiques locales telles que Lactococcus lactis et Leuconostoc mesenteroides pour améliorer la saveur et la texture **(Bendimerad et al., 2024).**

2.3.9. *Takammarite (Kemariya)*

Il s'agit d'un fromage traditionnel élaboré exclusivement à base de lait de chèvre, fabriqué par des femmes selon des méthodes artisanales dans les régions du M'zab, notamment dans les wilayas de Ghardaïa et de Naâma (au centre-nord et au nord-ouest de l'Algérie). Le Kemariya est un fromage fréquemment consommé en tant que dessert lors des périodes festives, accompagné de miel, de cacahuètes, et servi avec du thé à la menthe. La coagulation est obtenue à l'aide de présure d'origine végétale ou animale, et il peut également être fabriqué à partir de lait de vache ou de chamelle. En raison de la forte demande pour ce fromage, il est de plus en plus produit par de petites unités de transformation adoptant des procédés semi-industriels, afin d'être commercialisé à la fois dans les marchés traditionnels et dans certains supermarchés du nord de l'Algérie **(Leksir et al., 2019).**

2.3.10. *Madghissa*

Madghissa ou *Imdeghest* est un fromage transformé de la région des Chaouias (Algérie). Du *Klila* frais (un fromage dur) est utilisé comme ferment, mélangé avec du sel et du lait frais, puis chauffé jusqu'à coagulation des protéines. Après refroidissement et égouttage du lactosérum, le fromage obtenu se caractérise par un goût salé, une couleur jaune et une texture élastique **(Mefleh et al., 2022).**

2.4. Microflore du fromage

2.4.1. Bactéries

2.4.1.1. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques : Ce sont des bactéries Gram + (coques ou bacilles) produisant de l'acide lactique par fermentation des glucides simples ou oses (fermentation lactique), tolérant des pH acides, de niches écologiques anaérobies ou anaérobies facultatives et se montrant catalase négative. On distingue principalement : les *lactocoques*, les l*euconostocs*, les *pédiocoques*, les *streptocoques thermophiles*, les *lactobacilles mésophiles* et *thermophiles* et les *entérocoques*. Elles ont pour rôles essentiels d'acidifier le lait et le caillé, de participer à la formation du goût (protéolyse, production d'arômes), de la texture de fromage **(BEUVIER et FEUTRY, 2005)**

Bactéries lactiques non fermentatives

Les bactéries lactiques non fermentantes constituent une communauté microbienne complexe résultant de plusieurs conditions sélectives et de niches écologiques distinctes qui persistent pendant le processus de fabrication. **(Licitra et Carpino, 2014)**. Elle produit une variété de composés au cours de l'étape de maturation du fromage, ce qui enrichit la diversité des arômes et a un impact significatif sur les caractéristiques sensorielles du produit fini **(Guo et Liu, 2023).**

2.4.2. Flore fongiques

Les levures sont retrouvées de manière plus importante (en moyenne 100 fois plus) à la surface des fromages (à pâte molle notamment) qu'à l'intérieur. Elles interviennent dans la désacidification de la pâte en début d'affinage, permettant ainsi l'implantation ultérieure d'une flore acido-sensible comme les bactéries corynéformes, et interviennent également dans la formation du goût.

Moisissures : *Penicillium camemberti*, *Penicillium roqueforti*, *Mucor P. camemberti* est présent à la surface des fromages à pâte molle à croûte fleurie comme le camembert ou les fromages de Chèvre. Par leurs aptitudes biochimiques, les moisissures jouent un rôle déterminant dans la formation des caractéristiques sensorielles des fromages **(BEUVIER et FEUTRY, 2005).**

2.5. Caractéristiques sensorielles du fromage

Les fromages sont consommés pour leur valeur nutritionnelle reconnue et appréciés pour leurs qualités gustatives complexes et variées. Les caractéristiques sensorielles des fromages, qui déterminent leur qualité gustative, sont des propriétés perçues par les sens humains principalement lors de la consommation. Ces propriétés peuvent être décrites comme des caractéristiques d'apparence, de saveur et de texture **(Drake et Delahunty, 2017).**

Les caractéristiques organoleptiques du fromage se développent au fil du temps grâce à des processus enzymatiques initiés par la flore microbienne du levain (ferment). Les propionibactéries modifient les processus enzymatiques impliqués dans la maturation **(Rogov et al., 2024).**

2.6. Fromage traditionnel Algérien *Djben Elgafs*

2.6.1 Définition

Djben Elgafs appartient au groupe des fromages originaire de la région de Boussaâda, dans l'est de l'Algérie. Il est traditionnellement fabriqué avec du lait de vache, qui est ensuite affiné

et conservé dans une couche d'el *halfa* jusqu'à sa consommation. Il est caractérisé par une texture lisse et uniforme. De plus, l'autochtone des bactéries lactiques est un réservoir naturel de cultures microbiennes avec une grande diversité génétique. L'utilisation de cultures commerciales de et de lait pasteurisé dans le processus de fabrication industrielle du fromage a conduit à une diminution du caractère gustatif et de la diversité de la flore microbienne présente dans le lait **(Saidane et al.,2022).**

2.6.2. Plantes d'enrobage du fromage Elgafs

2.6.2.1 Macrochloa tenacissima (Halfa)

Macrochloa tenacissima est une graminée vivace en touffe largement répandue dans les écosystèmes arides et semi-arides du Sud et de l'Ouest du Bassin méditerranéen. La plupart des steppes du Maghreb et des régions semi-arides de l'Espagne sont dominées par l'alfa ou par des communautés végétales qui lui sont associées. Constituant un état intermédiaire de désertification, Cette plante joue un rôle écologique important : plusieurs auteurs ont soutenu que *Macrochloa. tenacissima* exerce une influence positive sur le sol, car elle stabilise la surface du sol grâce à ses racines, réduit la longueur du ruissellement et le déplacement des sédiments sur les pentes. De plus, elle forme une touffe dense qui capte les sédiments et les débris végétaux, et offre un abri permettant à d'autres espèces de se développer. Résiste à de longues périodes de sécheresse et possède la capacité écologique de croître sur des sols pauvres en nutriments **(Ben Mariem, 2017)**

Le potentiel de *Macrochloa tenacissima* à adsorber des polluants tels que les ions chrome des eaux usées a été étudié, démontrant son utilité dans l'assainissement de l'environnement **(Ladjali et al., 2019).**



Figure 05 : *Macrochloa tenacissima (Halfa*) **(Ben Mariem et Chaieb,2017).**

2.6.2.2 Romarins officinalis (Klil)

Rosmarinus officinalis, communément appelé en Algérie *« Klil »* ou « *Lazir* », possède des inflorescences et un calice couvert de très courts poils pruineux, formés de poils appliqués de manière serrée. Les inflorescences se présentent sous forme d'épis très courts, avec des bractées squamiformes de 1 à 2 mm, rapidement caduques. *R. officinalis*, un arbuste persistant poussant généralement dans la garrigue et les forêts claires, est largement répandu dans tout le bassin méditerranéen et largement cultivé **(Bekhechi et al 2024).**

Cette plante est également l'une des plus utilisées dans l'industrie alimentaire. L'activité antioxydante du romarin a été attribuée à différents diterpènes phénoliques. L'activité antimicrobienne du romarin est suggérée par la présence d'acide carnosique et d'acide rosmarinique ainsi que de certains composés de l'huile essentielle, principalement le bornéol et le camphre **(Zibetti, 2012).**



Figure 06 *: Rusmarinus officinalis (Klil*) **(fedjer et al.,2022).**

2.6.2.3 *Artemisia campestris (Dgouft)*

Artemisia campestris, communément appelée *« dgouft »*, pousse à l'état sauvage dans les régions arides et semi-arides de l'Algérie. C'est une herbe vivace, faiblement aromatique, ou un petit arbuste utilisé en médecine traditionnelle pour traiter divers troubles digestifs **(Belhattab et al 2011).**



Figure 07 : *Artemisia campestris (Dgouft)* **(Althen,2011).**

2.6.3 Caractéristiques aromatiques

Selon l'étude réalisée par **Abdellahi et El Hadj Saidou (2024),** qui ont noté que, l'analyse de fromage frais et affinés fabriqué en utilisant la présure artisanale révèle une augmentation notable du nombre de composés après l'affinage, passant de 22 à 40 composés.

Le fromage frais a été caractérise par la prédominance d'un composé phénolique (pic 21 - phénol 2,2'-méthylènebis[6-(1,1-diméthyléthyl)]) avec une aire de pic très importante (89,06%), Ceci suggère que ce composé domine largement le profil aromatique du fromage frais. Les autres composés détectés ont des aires de pics relativement faibles, indiquant leur présence en quantités mineures. Parmi eux des alcools (amylène hydrate, 2-pentanol, etc.), des cétones (2-butanone 3-méthyl), des hydrocarbures halogénés, des éthers cycliques et quelques esters terpéniques et acides gras qui commencent à se former.

Après l'affinage, le profil se complexifie considérablement avec l'apparition de nombreux nouveaux composés, le composé phénolique majeur reste mais son importance relative a diminué au profit des autres composés formés. Les esters d'acides gras deviennent plus abondants, comme l'hexadécanoic acid methyl ester (pic 27 - 2,40%) et le 9-octadécénoic acid methyl ester (pic 31 - 1,69%), apportant des notes fruitées et florales caractéristiques. L'augmentation des composés azotés hétérocycliques (pics 28, 36, 38 de 9H-carbazol 3-amine 9-éthyl) et la formation de composés soufrés comme le dicyclohexyldisulfide (pic 26-0,34%) contribuent à développer des arômes complexes, piquants et animaux.

L'augmentation des composés pendant l'affinage est due à la dégradation biochimique des matières grasses et des protéines par les enzymes microbiennes et endogènes, libérant ainsi une variété de molécules aromatiques

Partie Expérimentale

MATÉRIELS

ET

METHODE

1. Objectif de l'étude

L'objectif de la présente étude est, d'une part, de fabriquer un fromage traditionnel algérien, ***Elgafs***, à partir de lait de vache, en évaluant ses caractéristiques microbiologiques, physico-chimiques ainsi que sa qualité hygiénique à l'état frais ; et, d'autre part, de comparer ce produit au fromage ***Elgafs*** frais disponible dans le commerce.

La caractérisation du fromage ***Elgafs*** frais s'articule autour de trois volets principaux :

Analyses physico-chimiques : Elles sont réalisées sur le fromage *Elgafs* frais fabriqué en laboratoire et celui issu du commerce. Les paramètres analysés incluent le pH, l'acidité titrable, la teneur en matière sèche et la teneur en cendres.

Analyses microbiologiques et évaluation de la qualité hygiénique : La caractérisation microbiologique porte sur deux échantillons de fromage *Elgafs* (fabriqué et commercialisé). Elle comprend le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM), des coliformes totaux et fécaux, des levures et moisissures, ainsi que des bactéries lactiques (lactocoques et lactobacilles). L'évaluation de la qualité hygiénique repose sur la détection de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Salmonella* spp.

Analyse sensorielle : Elle vise à déterminer le profil sensoriel des deux échantillons de fromage *Elgafs*, à travers une évaluation descriptive basée sur les propriétés organoleptiques.

2.Lieu de l'étude

L'étude a été réalisée dans deux laboratoires : le laboratoire pédagogique de contrôle de la qualité relevant du Département de Biologie Appliquée, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Echahid Cheikh Larbi Tébessa, ainsi que le laboratoire FETHALLAH de contrôle de la qualité dans les domaines agroalimentaire, cosmétique et des détergents, situé à Tébessa.

3. Fabrication du fromage traditionnel *Elgafs*

3.1. Matières premières utilisées dans la fabrication du *Jben Elgafs*

3.1.1. Lait de vache

Le lait de vache utilisé pour la fabrication a été fourni par un crémier local situé à *Souk Ahras* (région de Tiffache). Une quantité de 10 litres a été collectée. Le lait a été transporté jusqu'au laboratoire pédagogique dans une glacière, dans le respect strict des conditions d'hygiène afin de préserver sa qualité microbiologique et physico-chimique.

3.1.2. Agent coagulant

L'agent coagulant utilisé est une présure commerciale d'origine microbienne, dérivée d'une souche sélectionnée de *Rhizomucor miehei*. Elle se présente sous forme de poudre de couleur blanc cassé à beige (Fromase® 2200 TL Granula), avec une activité coagulante ≥ 2200 UAC/g. Cette présure est conforme à la réglementation européenne en matière d'allergènes, ne contenant aucun allergène déclaré. Elle est conservée à une température de 4 °C afin de maintenir son efficacité enzymatique.

3.1.3. Plantes aromatiques traditionnelles

Trois plantes ont été utilisées pour l'enrobage du fromage dans le cadre de la fabrication traditionnelle du *Elgafs* : *Macrochloa tenacissima* (Halfa), *Rosmarinus officinalis* (romarin, localement appelé Klil), et *Artemisia campestris* (Dgouft). Ces plantes ont été fournies par la laiterie Sidi Slimane, située à Boussaâda, dans le cadre de la valorisation des produits laitiers naturels selon des pratiques traditionnelles locales.

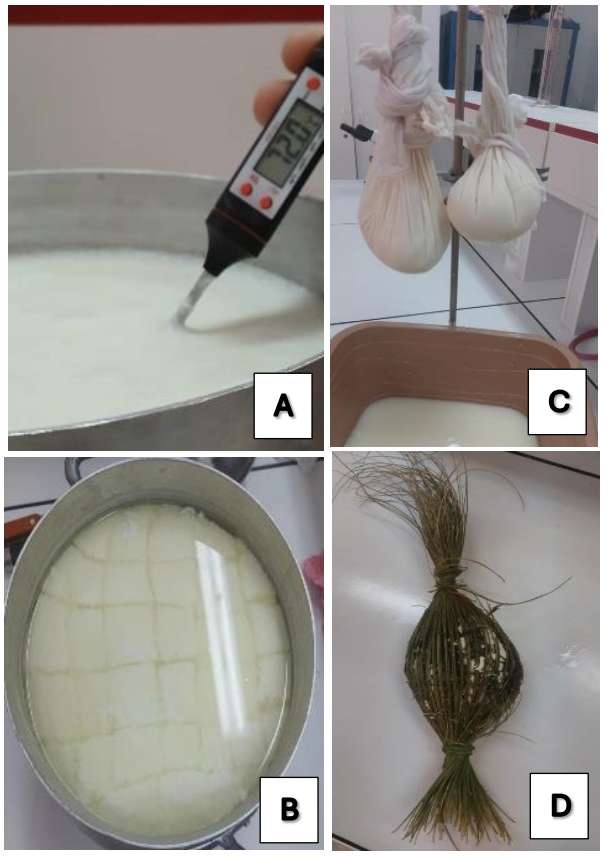
- **Echantillon de commerce**

Jben Elgafs commercialisé a été fourni par un crémier local situé à *Tebessa* . Une quantité de 10 litres a été collectée. L'échantillon a été transporté jusqu'au laboratoire pédagogique dans une glacière, dans le respect strict des conditions d'hygiène afin de préserver sa qualité microbiologique et physico-chimique.

3.2 Etapes de fabrication *Jben Elgafs*

Le fromage traditionnel *« jben Elgafs »* a été fabriqué à partir de lait de vache.

Le diagramme de production du fromage traditionnel *« jben El-Gafs »* est illustré dans la figure ci-dessous



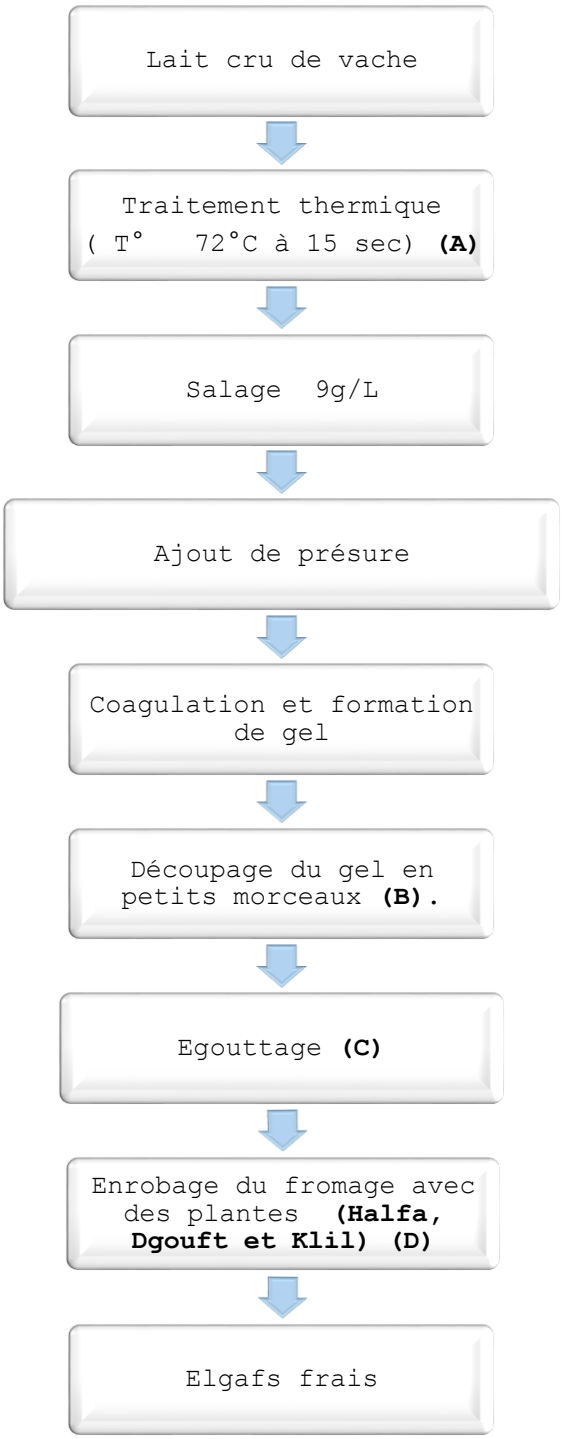


Figure 08. Diagramme de fabrication *Jben Elgafs*

4. Caractérisation physico-chimique du fromage

4.1. Détermination du rendement fromager

Le rendement fromager correspond à la quantité de fromage obtenue à partir d'un volume donné de lait, généralement exprimée en kilogrammes de fromage par 100 litres de lait **(Dahane, 2021)**. Il constitue un indicateur économique et technologique essentiel dans l'évaluation de l'efficacité de la transformation fromagère.

Le rendement (R) a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\boldsymbol{R = mc/ml \times 100}$$

Où ***mc*** et ***ml*** désignent respectivement les masses du caillé et la masse du lait. R est le rendement en pourcentage (**Aboudou et al., 2021).**

4.2. Détermination du pH

Le suivi du pH au cours de la fabrication fromagère est essentiel pour garantir la production d'acide lactique en quantités adéquates. Ce paramètre influence directement la texture, la saveur, la stabilité microbiologique du produit final et sa conformité aux normes de qualité **(Atasoy, 2008).**

La mesure du pH repose sur la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre. La valeur est obtenue par lecture directe sur l'appareil après immersion de l'électrode dans l'échantillon homogénéisé. Un échantillon de 10 g de fromage (*Jben*) a été prélevé et mélangé avec 90 mL d'eau distillée stérile. Le mélange est homogénéisé, puis laissé au repos pendant une heure à température ambiante. L'électrode du pH-mètre est ensuite plongée dans la solution, et la valeur du pH est lue directement sur l'écran de l'appareil **(Mwamini et al., 2019).**

La valeur du pH est exprimée en unités pH et lue directement à partir de l'affichage numérique du pH-mètre.

4.3 Détermination de l'extrait sec total

Principe

Conformément au **Journal Officiel (2014),** la matière sèche est déterminée par dessiccation de l'échantillon à une température de 102 °C jusqu'à obtention d'une masse constante. Cette méthode permet d'évaluer la proportion de solides totaux dans le fromage, essentielle pour caractériser ses propriétés physico-chimiques.

Mode opératoire

1. Peser avec précision des capsules en aluminium propres, puis procéder à leur tarage afin d'obtenir la masse initiale de la capsule vide (P1).
2. Prélever environ 5 g de fromage, les placer dans chaque capsule tarée et noter la masse combinée capsule + fromage avant séchage (P2).
3. Déposer les capsules dans un étuve préchauffée à 102-103 °C.
4. Maintenir le séchage jusqu'à ce que la masse devienne constante, c'est-à-dire que deux pesées successives à intervalles d'une heure montrent une différence inférieure à 0,01 g.
5. Après refroidissement dans un dessiccateur, peser de nouveau chaque capsule avec son contenu (P3).

Expression des résultats

La teneur en matière sèche (%) est calculée selon la formule :

$$\text{EST} = \frac{\boldsymbol{P3-P1}}{\boldsymbol{P2-P1}} \times 100$$

Où :

P1 : masse de la capsule vide (g)

P2 : masse capsule + fromage avant séchage (g)

P3 : masse capsule + fromage après séchage (g)

4.4 Détermination du taux de cendres

Principe

La teneur en cendres correspond à la fraction minérale du produit, représentant les résidus inorganiques obtenus après incinération complète de la matière organique. Cette analyse permet d'évaluer la richesse en éléments minéraux du fromage, notamment en calcium, phosphore, potassium, etc. L'incinération est réalisée à haute température (environ 550 °C) jusqu'à obtention d'un résidu floconneux blanc à grisâtre, exempt de matière organique **(JORADP, 2013 ; AOAC, 2000).**

Mode opératoire

1. Tarer un creuset propre et sec afin d'obtenir sa masse vide (M_0).
2. Y introduire environ 5 g de fromage, puis enregistrer la masse totale (M_1).
3. Placer les creusets dans un four à moufle préchauffé à 525

4. Maintenir l'incinération pendant 3 heures afin d'assurer la combustion complète des matières organiques.
5. Après extinction du four, laisser la température redescendre à au moins 250 °C avant d'ouvrir la porte afin d'éviter toute perturbation due aux courants d'air pouvant entraîner la perte des cendres.
6. À l'aide de pinces, transférer soigneusement les creusets dans un dessiccateur contenant une plaque en porcelaine. Couvrir les creusets et laisser refroidir à température ambiante.
7. Peser les creusets refroidis afin de déterminer la masse finale (M_2).

Expression des résultats

La teneur en cendres (%) est calculée selon la formule suivante :

$$\textbf{Cendre \%} = \frac{M2 - M1}{M2 - M0} \times 100$$

Où :

- M0 : masse du creuset vide (g)
- M1 : masse du creuset + fromage avant incinération (g)
- M2 : masse du creuset + résidu minéral (cendres) après incinération (g)

5. Caractérisation microbiologique du fromage

Dénombrement des principales flores microbiennes

Les microorganismes recherchés dans les échantillons de fromage traditionnel « Elgafs » incluent :

- La flore totale aérobie mésophile (FTAM),
- Les bactéries lactiques (lactobacilles et lactocoques),
- Les levures et moisissures,
- Les coliformes totaux et fécaux
- *Escherichia coli*,
- *Staphylococcus aureus*,
- *Salmonella* spp.

Ces microorganismes représentent des indicateurs pertinents de qualité microbiologique et hygiène sanitaire du fromage

Préparation de la solution mère

Pour l'analyse microbiologique, la solution mère est obtenue en homogénéisant 10 g de fromage « *Elgafs* » dans 90 mL d'eau peptonée tamponnée stérile (à 0,1 %), dans un erlenmeyer stérile. Ce mélange est agité à l'aide d'un agitateur pendant 1 à 2 minutes afin d'assurer une extraction homogène de la charge microbienne.

Préparation des dilutions décimales

À partir de la solution mère (dilution 10^{-1}), une série de dilutions décimales est réalisée dans des tubes contenant 9 mL d'eau peptonée stérile, jusqu'à une dilution de 10^{-7} si nécessaire, en fonction de la charge microbienne anticipée dans l'échantillon (**Cuq، 2016).**

5.1 Dénombrement de la *flore totale aérobie mésophile* (FTAM)

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) constitue un indicateur fondamental de la qualité microbiologique globale des produits laitiers. Il permet d'évaluer la charge microbienne résultant des pratiques de production, de manipulation et de stockage. Une forte densité microbienne peut refléter un manque d'hygiène, une contamination post traitement ou un début de dégradation du produit **(Guiraud, 2003 ; Jay et al., 2005).**

Le dénombrement a été réalisé conformément à la norme **ISO 4833-1 :2013 (AFNOR, 2013),** en utilisant la gélose PCA (Plate Count Agar, Oxoid CM0325). L'ensemencement a été effectué en surface, suivi d'une incubation des boîtes de Pétri à 30 °C pendant 72 heures. À l'issue de l'incubation, toutes les colonies visibles, indépendamment de leur morphologie, ont été comptabilisées comme unités formant colonies (UFC) par gramme de **produit (JORADP n° 1207, 2004)**. Cette méthode permet d'estimer la population globale de bactéries mésophiles aérobies présentes dans les échantillons analysés.

5.2 Dénombrement des Lactocoques

Les bactéries lactiques, en particulier les *Lactococcus spp.*, jouent un rôle déterminant dans la fabrication des produits laitiers fermentés, notamment les fromages. Elles sont responsables de l'acidification du lait, ce qui favorise la coagulation, améliore la texture, et inhibe le développement des bactéries indésirables. Leur présence et leur concentration sont donc des indicateurs importants de la qualité microbiologique et technologique du produit **(Kimoto-Nira et al., 2007 ; Leroy & De Vuyst, 2004)**. Le dénombrement des lactocoques a été réalisé sur le milieu M17 (Oxoid, CM0785), selon la norme **ISO 15214**. Une quantité de 0,1 mL de

dilution décimale a été ensemencée en surface dans des boîtes de Pétri contenant le milieu M17, suivie d'une incubation à 37 °C pendant 24 heures. Les colonies typiques apparaissent avec un diamètre de 1 à 2 mm, selon leur concentration.

5.3 Dénombrement des Lactobacilles

Les lactobacilles, appartenant au genre *Lactobacillus*, sont également essentiels dans la fermentation du lait, notamment en raison de leur aptitude à produire des acides organiques, des composés aromatiques, et des substances antimicrobiennes (**Widyastuti et al., 2021**). Ils contribuent significativement à la maturation du fromage et à sa stabilité microbiologique. Leur dénombrement a été effectué sur le milieu MRS (Man, Rogosa and Sharpe), en suivant la même norme ISO 15214. 0,1 mL de chaque dilution a été ensemencée en surface dans des boîtes de Pétri contenant le milieu MRS, puis incubée à 37 °C en anaérobiose pendant 24 heures. Les colonies de lactobacilles apparaissent typiquement sous forme de petites colonies blanches, parfois bombées, avec un centre brunâtre ou lenticulaire selon les souches observées **(Dahou, 2016).**

5.4 Dénombrement des levures et moisissures

Les levures et moisissures jouent un rôle ambivalent en fromagerie : certaines espèces sont bénéfiques pour le développement des arômes et la maturation du fromage, tandis que d'autres sont responsables d'altérations organoleptiques et sanitaires, en particulier dans les produits frais ou mal conservés **(Fleet, 1990 ; Bintsis, 2018).** Le dénombrement de ces microorganismes a été réalisé selon la norme **ISO 6611 :2004 (norme algérienne NA 5911)** en utilisant le milieu Sabouraud additionné de chloramphénicol, qui inhibe la croissance bactérienne tout en favorisant le développement des champignons. L'ensemencement a été effectué en surface avec 0,1 mL de dilution, et les boîtes de Pétri ont été incubées à 25 °C pendant 5 jours, sans être retournées afin d'éviter la dispersion des spores. La lecture consiste à différencier visuellement et à dénombrer séparément les colonies de levures, généralement lisses et brillantes, et celles de moisissures, d'aspect filamenteux et duveteux **(Camille, 2014 ; Garnier et al., 2017).**

5.5 Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont un groupe de bactéries appartenant à la famille des Enterobacteriaceae, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 37 °C en 24 à 48 heures. Le dénombrement des coliformes totaux constitue un indicateur général de contamination environnementale, tandis que les coliformes thermotolérants (ou fécaux) sont davantage

associés à une contamination d'origine fécale **(Guiraud, 2003).** Le dénombrement a été réalisé selon la méthode décrite par ISO 4832 :2006, en utilisant le milieu VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar). Les échantillons ont été incubés à 37 °C pendant 24 à 48 heures pour les coliformes totaux, et à 44–44,5 °C pour les coliformes fécaux. Les colonies typiques se présentent sous forme de colonies rouge foncé d'environ 0,5 mm de diamètre **(El Kolli et al., 2016).**

5.6 Recherche de *Salmonella*

La recherche de *Salmonella* dans le fromage a été réalisée selon la méthode ISO 6579, sur un échantillon de 25 g. Cette bactérie, transmise principalement par voie alimentaire, est l'une des principales causes de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) et d'hospitalisations **(Noël et al., 2022).** L'analyse comprend plusieurs étapes : un pré-enrichissement dans de l'eau peptonée pour favoriser la récupération des bactéries, suivi d'un enrichissement dans un bouillon au sélénite et à la cystéine pour accroître sélectivement la population de *Salmonella*. Ensuite, un ensemencement est effectué sur gélose SS, et les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 48 heures **(Guiraud, 2003).** La présence de colonies incolores ou jaunâtres, avec ou sans centre noir, est un indicateur de *Salmonella*.

5.7 Recherche *d'Escherichia Coli*

La détection et le dénombrement d'*Escherichia coli* dans les produits laitiers, notamment le fromage, constituent un indicateur essentiel de la qualité hygiénique et de la sécurité microbiologique. La présence de cette bactérie reflète une contamination fécale directe ou indirecte, elle reste un critère de référence pour l'évaluation des bonnes pratiques d'hygiène **(Cuq, 2016).**

L'analyse a été effectuée conformément à la norme **ISO 4832**, qui décrit la méthode de dénombrement des coliformes lactoses-positifs, dont *Escherichia coli*, par ensemencement en surface sur un milieu sélectif : le VRBL (*Violet Red Bile Lactose* Agar). 0,1 ml de chaque dilution est ensuite déposée en surface du milieu VRBL, puis étalée de manière homogène.

Les boîtes sont incubées à 44 °C pendant 24 à 48 heures. Cette température élevée est sélective pour les bactéries thermotolérantes telles que *E. coli*, limitant la croissance d'autres coliformes. Après incubation, les colonies caractéristiques d'*Escherichia coli* apparaissent sous forme de colonies rouges, généralement entourées d'un halo de précipitation biliaire, résultant de la fermentation du lactose et de la précipitation des sels biliaires **(Guiraud, 2003).**

5.8 Recherche de *staphylococcus aureus*

La présence de staphylocoques dans les aliments représente un risque important pour la santé publique, en particulier lorsque certaines souches de *Staphylococcus aureus* produisent des entérotoxines thermostables. L'ingestion de ces toxines peut entraîner des toxi-infections alimentaires (TIA) parfois sévères **(Senoussi et al., 2013).**

Le dénombrement de *Staphylococcus aureus* a été réalisé conformément à la norme **ISO 6888-1 (UNI EN ISO 6888-1, 2004)**, en utilisant le milieu gélosé de Baird-Parker, qui est sélectif pour les staphylocoques à coagulase positive. 0,1 mL de la dilution est ensemencée en surface du milieu. Les boîtes sont ensuite incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Les colonies typiques de *Staphylococcus aureus* apparaissent de couleur gris foncé à noire, souvent entourées d'un halo clair dû à la précipitation de la fibrine, indiquant une activité coagulase positive.

6. Analyse sensorielle du fromage

Cette analyse a pour but principale de décrire le profil sensoriel globale du fromage traditionnel *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire et pouvoir le comparer avec *jben Elgafs* commercialisé à l'aide d'un jury de dégustation. Il s'agit d'identifier les caractéristiques organoleptiques des fromages fabriqués et de voir leurs degrés d'acceptabilité par les consommateurs.

L'analyse sensorielle a été réalisée dans le laboratoire pédagogique de la faculté des sciences exactes et science de la nature et de la vie.
Le panel est constitué de 30 sujets non entrainés (étudiants), recrutés selon leur motivation et leur disponibilité pour participer au test.
Les deux types de fromages frais ont été préparés, codifiés pour ne pas influencer les réponses sensorielles des dégustateurs.
Cette analyse décrit les caractéristiques sensorielles du fromage soit l'aspect et la texture, l'odeur, l'arôme, l'arrière-goût et la persistance du goût du fromage. En premier lieu une détermination des familles ou descripteurs sensoriels du fromage a été établie avec des sujets non entrainés ainsi qu'un questionnaire type (Voir bulletin d'analyse Annexe n°03). Ensuite, des analyses sensorielles proprement dite ont été réalisés avec ce jury.

Détermination des descripteurs sensoriels

Une liste des descripteurs a été établi par le groupe de sujets dans le but de couvrir les caractéristiques sensorielles du fromage. Le principe consiste à présenter au sujet un échantillon du fromage *Jben* qu'il va renifler plusieurs fois pour détecter les odeurs reconnus puis discussion. Ensuite, l'étudiant déguste les deux échantillons du fromage et note progressivement les familles ou les descripteurs d'arômes détectés. Les descripteurs donnés par l'ensemble des membres du jury sont retenus pour l'analyse sensorielle. Les descripteurs choisis ont été regroupés dans des catégories sensorielles (Aspect et texture- Odeurs et aromes- Gout- consistance de la pâte)

Évaluation sensorielle du fromage

La première étape consiste à une description des principales caractéristiques sensorielles du fromage puis à leur donner une note (échelle constituée de 9 notes) qui correspond à l'intensité de la sensation perçue pour chacun des attributs sensoriels. L'analyse consiste à présenter à un dégustateur deux échantillons du fromage *Jben* codifié *(A et B)* (10 g de chaque échantillon). Puis au final chaque membre du jury est invité à motionner le fromage préféré.

Il faut recommander aux dégustateurs d'éviter l'utilisation de produits à odeur prononcée, comme les savons et les parfums et d'éviter de manger, de boire ou de fumer avant de participer aux essais.

Résultat

Et

Discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques

Les résultats de l'analyse physico-chimique du *Jben Elgafs* fabriqué artisanalement et de l'échantillon commercialisé sont synthétisés dans le tableau 2. Les paramètres évalués comprennent le pH, la teneur en humidité, l'extrait sec total et la teneur en cendres.

Tableau 2. Composition physico-chimique de deux échantillons de *Jben Elgafs* : fabriqué au laboratoire et commercialisé

Paramètres	Fromage Fabriqué	Fromage Commercialisé
pH	**6,13**	**6,67**
Teneur en eau	**53%**	**50,78%**
Extrait sec	**46,37%**	**49,22%**
Les cendre	**2,392%**	**2,285%**

1.1.Rendement du fromage

Le rendement fromager correspond à la quantité de fromage obtenue à partir d'un volume donné de lait. Lors de cet essai, un rendement de 9,71 % a été obtenu, soit 1 kg de fromage pour 10 litres de lait. Ce rendement est inférieur à celui rapporté par **Habila et Guerroudj (2022)** dans leur étude sur *Jben Elgafs***,** qui a été de 24%. D'après la littérature, le rendement fromager est influencé par un ensemble de paramètres liés à la composition du lait, aux conditions de fabrication, à la coagulation, ainsi qu'aux pratiques d'égouttage et de pressage **(Walstra et al., 2006 ; Fox et al., 2017).**

1.2 pH

Le pH du *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire a été de 6,13, tandis que celui du *Jben Elgafs* commercialisé a été de 6,67. Bien que ces valeurs soient relativement proches, le fromage fabriqué présente une acidité légèrement plus élevée. Ces deux valeurs restent néanmoins conformes à la norme algérienne **NA 1612 (JORA),** qui spécifie que le pH des fromages frais se situe entre 6,0 et 6,7. Des études antérieures ont rapporté des valeurs similaires. **Abdellahi et El Hadj Saidou (2024)** dans leur étude sur *Jben Elgafs* ont observé un pH moyen de 6,3,

tandis que **Habila et Guerroudj (2022),** ont mesuré des valeurs comprises entre 5,4 et 5,8, indiquant une plus forte acidification

La variation du pH peut être attribuée à la flore microbienne du lait cru, aux souches lactiques utilisées et aux conditions de conservation, éléments qui influencent directement l'acidification du produit **(Fox et al., 2017).**

1.3 Extrait sec totale et humidité

L'analyse de l'extrait sec total révèle des valeurs de 46,37 % pour *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire et de 49,22 % pour *Jben Elgafs* commercialisé. Bien que ces valeurs soient relativement modérées, elles traduisent une efficacité d'égouttage acceptable, mais inférieure à celle observée par **Habila et Guerroudj (2022),** qui ont rapporté des valeurs plus élevées (61–68 %), suggérant un égouttage plus prononcé ou une durée de drainage prolongée.

En revanche, les valeurs obtenues sont supérieures à celles rapportées par **Abdellahi et El Hadj Saidou (2024),** dont les échantillons ont présenté un extrait sec moyen de 43,83 %. Ces différences peuvent résulter de la variation dans la durée de coagulation, de l'intensité du pressage ou de la température ambiante durant l'affinage, des paramètres connus pour influencer l'humidité résiduelle **(Walstra et al., 2006).**

Concernant la teneur en eau, le fromage fabriqué contient 53 % d'humidité, contre 50,78 % pour le fromage commercialisé. Ces taux, proches mais significatifs, indiquent que le fromage fabriqué pourrait être légèrement moins égoutté, ce qui peut avoir un impact sur sa texture, sa conservation et son rendement.

1.4. Teneur en cendres

La teneur en cendres du fromage fabriqué est de 2,392 %, tandis que celle du fromage commercialisé est légèrement inférieure, à 2,285 %. Ces valeurs sont inférieures à celle rapportée par Boumediene et al. (2024), qui a été de 3,2 % dans Jben traditionnel fabriqué à base de lait de vache. Une teneur plus élevée en cendres peut refléter une plus grande concentration en minéraux, potentiellement liée à la composition du lait ou aux conditions de fabrication.

2. Caractéristiques microbiologiques du *Jben Elgafs*

Les différentes flores microbiennes sont illustrées dans la **Figure 9**, qui présente les charges en flore totale mésophile, lactobacilles, lactocoques, levures et moisissures dans les deux types de fromages. (Voir Annexe n°05).

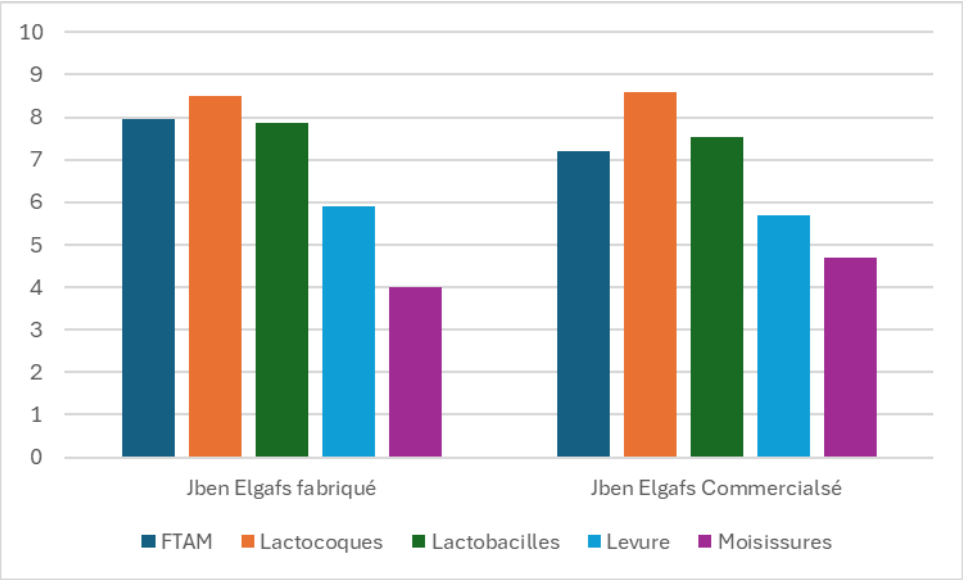


Figure 09. Détermination de la flore totale aérobie mésophile, lactobacilles, lactocoques, levures, moisissures dans les deux échantillons de *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire et *Jben Elgafs* commercialisé (Log UFC g^{-1}).

2.1. Flore totale aérobie mésophile (FTAM)

La charge en FTAM est plus élevée dans *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire 7,96 Log UFCg^{-1} que dans *Jben Elgafs* commercialisé 7,20 Log UFC g^{-1} En comparaison avec les données rapportées par **Habila et Garroudj (2023),** qui indiquaient une FTAM de 6,60 Log UFC g^{-1} ,les deux types de fromages présentent une charge microbienne plus importante. Cette différence pourrait être liée aux conditions de fabrication, à la qualité du lait utilisé ou au temps de conservation.

2.2. Flore lactique

Le fromage commercialisé présente une teneur plus élevée en lactocoques 8,60 Log UFC g^{-1} que le fromage fabriqué 8,50 Log UFC g^{-1} Ces valeurs sont supérieures à celles observées par **Habila et Garroudj (2023)**, qui rapportaient une concentration de 8 Log UFC g^{-1} .

Concernant les lactobacilles, le fromage fabriqué présente une charge plus importante 7,87 Log UFC g^{-1} que le fromage commercialisé 7,53 Log UFC g^{-1} . Toutefois, ces valeurs demeurent inférieures à celles rapportées par **Habila et Garroudj**, qui ont observé une charge de 8,30 Log UFC g^{-1} .

2.3. Flore fongique

La teneur en levures est plus élevée dans le fromage fabriqué est 5,91 Log UFC g^{-1} que dans le fromage commercialisé est 5,68 Log UFC g^{-1} ,Contrairement aux levures, la charge en moisissures est plus élevée dans le fromage commercialisé est 4,69 Log UFC g^{-1} que dans *Jben Elgafs* fabriqué est de 4 Log UFC g^{-1} .

En comparaison avec l'étude de **Habila et Garroudj (2023),** Les charges fongiques (levures et moisissures) mesurées dans les deux types de fromages restent supérieur à celles rapportées dans l'étude, où la flore fongique atteignait 5 Log UFC g^{-1}.

2.4. Coliformes totaux et fécaux

Selon les résultats obtenus, aucune contamination par les coliformes totaux et fécaux n'a été détectée dans notre fromage. Cette absence témoigne d'une bonne hygiène lors des étapes de production, notamment au niveau de la traite, de la transformation et de l'affinage. En comparaison, **Habila et Gerroudj (2023)** ont rapporté des charges microbiennes relativement élevées dans des échantillons similaires, avec des taux de coliformes totaux atteignant $5{,}60 Log\ UFC\, g^{-1}$, et des coliformes fécaux à 4,47 Log UFC g^{-1}.

2.5 Qualité hygiénique

Dans nos résultats, aucune présence de Salmonella ni de Staphylococcus aureus n'a été détectée. Ces observations sont en accord avec celles rapportées dans l'étude de référence, où l'absence de ces bactéries pathogènes a également été constatée. Cela témoigne d'un bon niveau d'hygiène microbiologique et de la maîtrise des conditions de fabrication."

Ce résultat a permis de confirmer l'absence des bactéries pathogène dans les deux échantillons de fromages ; l'absence de Staphylococcus aureus, l'absence de *Echerichia coli* et l'absence de salmonella. Ces observations sont en accord avec celles rapportées dans l'étude de **Habila et Gerroudj (2023)**, où l'absence de staphylocoque et l'absence de salmonella. Cela témoigne d'un bon niveau d'hygiène microbiologique et de la maîtrise des conditions de fabrication. Cette absence est un indicateur positif, confirmant que les deux échantillons sont sains et conformes aux normes en vigueur.

3. Profile sensoriel du fromage traditionnel *"Elgafs"*

La figure 14 présente un diagramme comparant les moyennes des descripteurs sensoriels attribués aux deux échantillons de fromage : (*Jben* fabriqué au niveau de laboratoire, en vert) et Jben commercialisé, en violet). L'analyse sensorielle repose sur plusieurs paramètres classés selon leur intensité perçue par les dégustateurs.

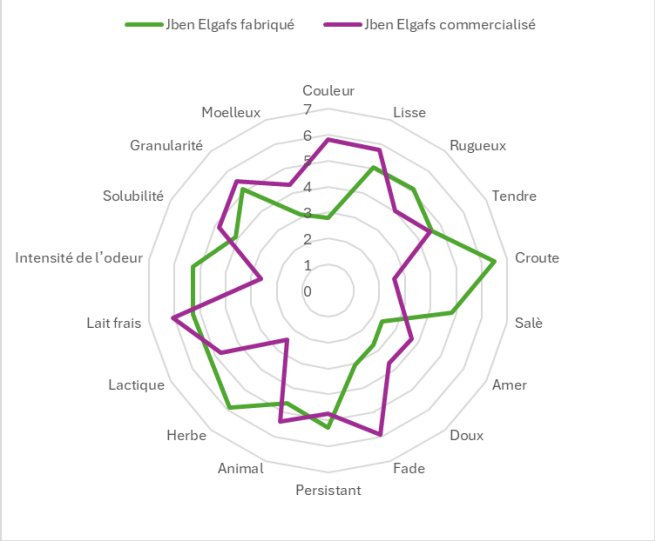


Figure 10. Profil sensoriel des deux fromages *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire et commercialisé

1.Texture extérieure

Le diagramme montre que *Jben Elgafs* commercialisé distingue par un couleur à tendance jaunâtre, une texture plus lisse et moins rugueuse et presque absence de la croûte.
Jben Elgafs fabriqué présent une couleur blanc crème, une texture moins lisse que celle du Jben commercialisé, une surface plus rugueuse et la présence d'une croûte bien développée.
Les deux fromages présentent un aspect globalement similaire en termes de tendreté.

En comparaison avec **Habila et Gerroudj (2023)** dans leur étude sur *Jben Elgafs*, dans notre étude, le fromage présente une texture modérément lisse (5,06 ± 1,98), tandis que celui est plus lisse (6,67 ± 1,90).
En revanche, la croûte fleurie est plus développée dans notre fromage (6,50 ± 2,56 contre 5,03±3,04).

Concernant la couleur, elle est décrite dans leur étude comme jaune (90 %), ce qui. De notre côté, la couleur a reçu une note relativement faible (2,80 ± 1,74), ce qui pourrait indiquer une variabilité entre les échantillons

En comparaison avec **Bentiba (2023),** qui est rapporté que *jben* traditionnel présente une croute moyennement lisse, homogène et de couleur blanc crème. Concernant la texture a été jugé plus ferme et plus dure.

2.Goût

Jben Elgafs fabriqué est plus salé que celui commercialisé, tandis que ce dernier présente une amertume plus marquée, un goût plus doux et nettement plus fade que *jben elgafs* fabriqué, ce qui pourrait être attribué à sa faible teneur en sel. Dont la persistance en bouche, *Jben Elgafs* fabriqué est légèrement plus prononcée.

On comparaison avec **Habila et Gerroudj (2023),** notre fromage présente une note salée modérée (4,83 ± 2,64), assez proche de celle observée chez **Habila et Gerroudj** (4,43 ± 2,22), ce qui reflète une salaison équilibrée dans les deux cas.
L'amertume est moins prononcée dans notre étude (2,40 ± 2,52 contre 3,00 ± 2,41), ce qui peut être perçu positivement d'un point de vue sensoriel.

Le travail réalisé par **Bentiba (2023),** a démontré que *jben* traditionnel se caractérise par un goût intense et une saveur douce moyenne.

3.Odeur et arome

Jben Elgafs fabriqué distingue par une odeur herbacée plus marquée que celle observée dans *Jben ELgafs* commercialisé, en raison de l'ajout de romarin utilisé comme agent aromatisant naturel. De plus, l'intensité globale de l'odeur du *Jben Elgafs* fabriqué et significativement plus forte.

En revanche, *Jben Elgafs* commercialisé présente une odeur de lait frais plus prononcée, accompagnée de notes animales plus intenses que celles perçues dans *Jben Elgafs* fabriqué. Concernant l'odeur lactique, les deux fromages présents des intensités similaires.

On comparaison avec **Habila et Gerroudj (2023),** les deux études mettent en évidence une odeur herbacée bien marquée (5,90 ± 2,55) dans notre étude contre (6,53 ± 2,06) chez Habila et Gerroudj, ce qui confirme la présence d'enrobage, tant dans notre produit que dans les résultats rapportés par l'étude.

L'arôme lactique est présent dans les deux cas, avec une intensité légèrement plus faible chez nous (5,23 ± 2,92 contre 5,80 ± 2,23).

On comparaison avec **Bentiba (2023),** qui est rapporté que *jben* traditionnel qui a été caractérisé par odeur lactique intense, l'odeur animal est perçue d'intensité moyenne. La présence d'odeur d'herbe a été détectée avec une intensité faible, en raison d'absence d'enrobage avec des plantes aromatiques. En revanche *Jben Elgafs* enrobé de plantes et présente une odeur herbacée plus intense.

4. Consistance

Consistance, comprenant la solubilité, la granularité et le moelleux, révèle des différences subtiles mais notables entre les deux échantillons de fromage.

Jben Elgafs commercialisé présente une solubilité légèrement supérieure à celle du *Jben Elgafs* fabriqué. Les deux fromages affichent une granularité comparable, suggérant une taille des particules et une homogénéité de la pâte relativement similaires. Cela indique que les procédés de coagulation et d'égouttage ont probablement été maîtrisés de façon équivalente dans les deux cas. Jben Elgafs commercialisé se distingue par un moelleux supérieur, traduisant une texture plus souple et fondante.

Le travail réalisé par **Bentiba (2023),** a démontré que *jben* traditionnel est faiblement moelleux, ce caractère est inférieur à celui observé dans le *jben Elgafs*. Une texture granuleuse est presque similaire dans le *Jben Elgafs* et *Jben* traditionel. La solubilité présente des valeurs faibles, contrairement à celle observé dans notre *Jben* fabriqué.

3.1 Résultat du test de préférence

Le test de préférence a permis de conclure que le produit accepté par les consommateurs.
D'après ce test, nous avons demandé aux 30 dégustateurs de choisir l'échantillon de *Jben Elgafs* préféré, les résultats sont décrits dans la figure au-dessous

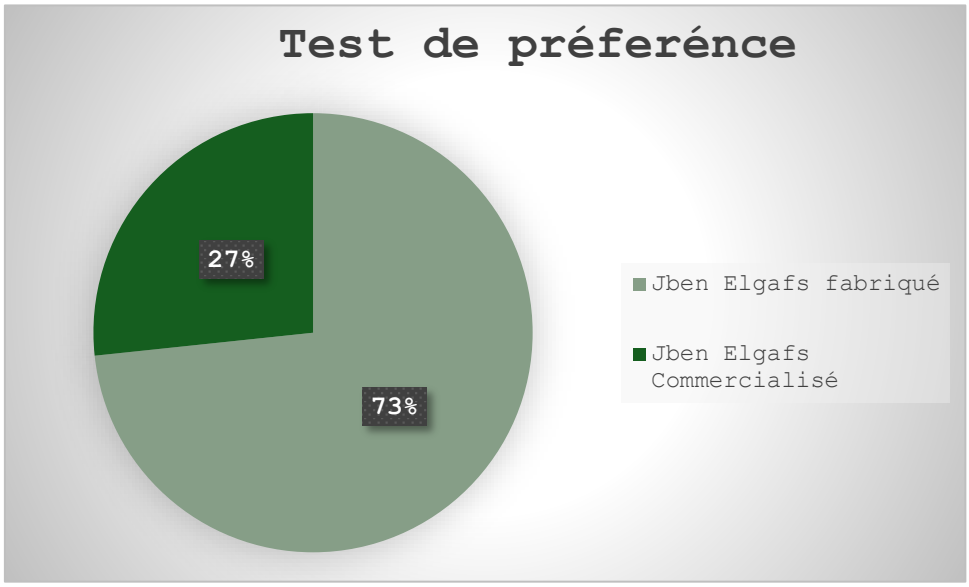


Figure 15. Test de préférence

Selon les résultats illustrés dans la figure 15, nous remarquons que 73% du dégustateurs ont préféré notre fromage. Tandis que, 27% du dégustateurs ont opté le fromage commercialisé. Nous pouvons conclure que notre *Jben* fabriqué dans le cadre de cette étude présente les meilleures caractéristiques sensoriels et une meilleure acceptabilité auprès des dégustateurs.

Conclusion Générale

Conclusion

Cette étude a permis la fabrication expérimentale et la caractérisation approfondie du fromage traditionnel algérien ***Jben Elgafs***, élaboré à partir de lait de vache. L'approche intégrée, combinant des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles, a permis d'évaluer de manière rigoureuse la qualité du produit à l'état frais et de le comparer avec un échantillon de fromage commercialisé.

Les résultats physico-chimiques du *Jben Elgafs* frais révèlent un pH légèrement acide, une teneur en eau relativement élevée, un extrait sec modéré ainsi qu'une proportion de cendres appréciable. En comparaison, le fromage commercialisé présente une acidité légèrement inférieure, une humidité un peu plus faible, un extrait sec un peu plus élevé et une teneur en cendres légèrement inférieure. Ces différences suggèrent une variabilité liée aux conditions de fabrication artisanales, influençant potentiellement les qualités organoleptiques et la stabilité du produit.

Sur le plan microbiologique, les deux échantillons se distinguent par une abondance en bactéries lactiques bénéfiques, en particulier les *Lactocoques* et les *Lactobacilles*, et par l'absence totale de germes pathogènes tels que *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, témoignant ainsi d'une bonne maîtrise de l'hygiène lors de la fabrication.

Les analyses sensorielles ont mis en évidence une nette préférence des dégustateurs pour le fromage élaboré en laboratoire, perçu comme plus savoureux, plus onctueux et présentant une odeur lactique plus marquée que le produit commercial. Ces observations confirment la richesse sensorielle du fromage traditionnel et soulignent l'intérêt de préserver et valoriser ce savoir-faire local.

En conclusion, ce travail contribue à la reconnaissance scientifique d'un produit traditionnel du patrimoine fromager algérien et met en lumière son potentiel de valorisation artisanale dans une perspective de développement territorial durable. Il constitue une base solide pour des actions de préservation, de promotion et d'innovation autour des fromages de terroir.

Afin de renforcer la caractérisation de *Jben Elgafs* et d'explorer son potentiel technologique, les perspectives suivantes sont envisagées :

- La détermination précise de la teneur en matière grasse, en vue d'une classification du fromage

- Le suivi de la protéolyse et de la lipolyse au cours de l'affinage pour comprendre les mécanismes de développement de la texture et de l'arôme ;
- L'expérimentation avec d'autres laits (chèvre, brebis) afin de créer des variantes artisanales diversifiées ;
- L'étude de l'évolution des caractéristiques aromatiques et organoleptiques au fil de l'affinage, en lien avec le profil biochimique du fromage.

Références Bibliographiques

A

Abdellahi Oumar Ba, & El Hadj Saidou Nourou Oumar Kelly. (2024). Suivi de l'évolution des caractérisations physico-chimiques et du profil aromatique du fromage traditionnel Algérien Djben El gafs, frais et affiné [Mémoire de Master, Université Frères Mentouri - Constantine 1], Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaire-Constantine 1.

Aboudou, K., Alidou, C., Vodouhe-Egueh, S., Gougbe-Semako, A., Sagbohan, G. T., & Soumanou, M. (2021). Aptitude technologique de deux coagulants (Calotropaïne et Papaïne) à la production du fromage peuhl produit au Bénin. *Afrique SCIENCE*, *19*(6), 122-132.

Adoui, F., Boudefa, M., Bouguemra, B., & Boughellout, H. (2022). Formulation de préparations fromagères à tartiner à base de cheddar et d'emmental.

AFNOR (2013). ***ISO 4833-1:2013*** *– Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique.* Association Française de Normalisation.

Aissaoui Zitoun, O. (2014). *Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel algérien «Bouhezza* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATA-A), Université Constantine 1-Algérie. P160).

Aissaoui Zitoun, O., Benatallah, L., Ghennam, E.-H., & Zidoune, M. N. (2011). Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened Bouhezza cheese. Journal of Food Agriculture and Environment, 9, 96-100.

Aissaoui-Zitoun, O., Benyahia-Krid, F.A., Saoudi, Z., Senoussi, A., Boullouf, A., Mansouri, S., Lazzouni, I., Zidoune, M.N. (2022). *Bouhezza* goat skin bag cheese: traditional cheesemaking and microbial quality. Alger. J. Nutr. Food Sci. 2 (3), 9–13. https://fac.umc.edu.dz/inataa/revue/files/ajnfs0203002.pdf.

Alais, C. (1984). Science du lait – Principes des techniques laitières (4e éd.). SEPAIC.

Althen, C. (2011). Artemisia campestris var. borealis. Burke Herbarium Image Collection.

Andrén, A. (2021). Milk-Clotting Enzymes (pp. 349–362). Springer, Cham.

AOAC International. (2019). Official Methods of Analysis of AOAC International (21st ed.).

Atasoy, A. F. (2008). Evaluation of pH change kinetics during different stages of kashar cheese production from bovine, ovine and caprine milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, *32*(3), 416–428.

B

Baazize-ammi, D., Kebbal, S., Gharbi, I., Dechicha, A. S., Hadj Omar, Z., Hezil, N., & Guetarni, D. (2022). Effet de la pasteurisation sur la qualité microbiologique du lait commercialisé dans la région de Blida (Algérie). Nutrition & Santé, 11(2), 112-117.

Bauland, J. (2022). Contribution des intéractions intra et inter micellesde caséines à l'organisation des gels laitiers : Importance des équilibres salins entre la phase colloïdale et la phase aqueuse (Doctoral dissertation, Rennes, Agrocampus Ouest).

BAULAND[1], J., ROUSTEL, S., & FAIVELEY, M. (2025). Du lait, égouttage du caillé et rendement fromager. Lait et produits laitiers : Quelques défis pour l'industrie laitière, 143.

Bekhechi, A., Malti, C. E. W., Babali, B., Bouafia, M., Bekhechi, C., Casanova, J., … & Tomi, F. (2024). Chemical Variability and Anti-Inflammatory Activity of Rosmarinus officinalis L. Leaf Essential Oil from Algerian Sahara. Chemistry & Biodiversity, 21(4), e202302077.

Belhattab, R., Boudjouref, M., Barroso, J. G., Pedro, L. P., & Figueirido, A. C. (2011). Essential oil composition from Artemisia campestris grown in Algeria. Advances in Environmental Biology, 5(2), 429-432.

Ben Mariem, H. (2017). Climate change impacts on the distribution of stipa tenacissima l. ecosystems in north african arid zone – a case study in tunisia. Applied Ecology and Environmental Research, 15(3), 67–82.

Ben Mariem, H., & Chaieb, M. (2017). Climate change impacts on the distribution of stipa tenacissima l. Ecosystems in north african arid zone--a case study in tunisia. *Applied ecology & environmental research*, *15*(

Benali, A., Haremarugira, S., Bitar, A., El Maadoudi, E. H., Kabbour, M. R., & Noutfia, Y. (2022). Composition en antioxydants et activité coagulante des artichauts sauvage et cultivé au Maroc (Cynara cardunculus L.). *African and Mediterranean Agricultural Journal-Al Awamia*, (134), 200-216.

Bendimerad, N., Boumediene, K., Khiri, Z., Didouh, N., Anntar, A. C., Benamar, I., ... & Boudjemaa, B. M. (2024). Crafting Algerian "Jben": a traditional soft cheese enhanced by locally derived starters. *Food Science and Technology*, *44*.

Benlahcen, K., Mahamedi, A. E., Djellid, Y., Sadeki, I. F., & Kihal, M. (2017). Microbiological Characterization of Algerian Traditional Cheese

Bentiba, G. (2023). Essai de fabrication d'un fromage traditionnel frais type *Jben* en utilisant la pepsine de poulet [[Mémoire de Master, Université Université de Chahid Chikh Larbi Tébessa].

Benzekri, I., Cheriguene, A., Chougrani, F., & Dahou, A. (2024). Contribution to the valorization of Klila, a traditional cheese from central Algeria.

BEUVIER, E., & FEUTRY, F. (2005). Quelques bases sur la microbiologie du lait et du fromage…. *Unité de Recherches en Technologie et Analyses laitiéres*.

Bintsis, T. (2018). *Microbial dynamics during the production of traditional fermented dairy products*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), 81–86.

Bondan, C., Folchini, J. A., Noro, M., Quadros, D. L., Machado, K. M., & Diaz Gonzalez, F. H. (2018). Milk composition of Holstein cows: a retrospective study. Ciencia Rural, 48(12), 15. https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20180123

Boudalia, S., Boudebbouz, A., Gueroui, Y., Bousbia, A., Benada, M., Leksir, C., … & Chemmam, M. (2020). Characterization of traditional Algerian cheese "Bouhezza" prepared with raw cow, goat and sheep milks. Food Science and Technology, 40, 528-537.

Boudjenah-Haroun Saliha., Souid Wafa., Balla Asma, Senoussi Chahra., Almi Dalila., Si Ahmed Saliha et Mati Abderrahmane. (2014). Utilisation des enzymes coagulantes extraites de dromadaire pour la coagulation du lait bovin. *Livestock Research for Rural Development*, *26*, 3.

Boumediene, K., Bendimerad, N., Khiri, Z., Benamar, I., Cherif Anntar, A., & Moussa-Boudjemaa, B. (2024). Characterization of Jben: Microbiological and

Physicochemical Analysis of Traditional Raw Cow's Milk Cheese with Dried Lamb Rennet from Ain Sefra, Algeria. Journal of Dairying, Foods & Home Sciences.

C

Camille, C. (2014). *Guide pratique de microbiologie alimentaire*. Éditions Lavoisier.

Cardin, M., Cardazzo, B., Mounier, J., Novelli, E., Coton, M., Coton, E., 2022. Authenticity and typicity of traditional cheeses: a review on geographical origin authentication methods. Foods 11 (21), 3379. https://doi.org/10.3390/ foods11213379.

Chandan, R. C. (Ed.). (2006). Manufacturing yogurt and fermented milk. Blackwell Publishing.

Cuq, J.-L. (2016). Microbiologie alimentaire : contrôle microbiologique des aliments. Polytech Montpellier, Université Montpellier 2.

D

Dabija, A., & Sion, I. (2017). Aspects concerning coagulation enzymes and different inducing parameters for milk curdling process. 11(4).

Dahane, A. (2021). Revue Algérienne des Sciences. *Revue Algérienne des Sciences A*, *6*, 34-39.

Dahou, N. (2016). *Étude des bactéries lactiques isolées de lait cru de vache : identification, évaluation de l'activité antimicrobienne et aptitude technologique*. Thèse de doctorat, Université de Constantine 1.

Derouiche, M., & Zidoune, M. (2015). Caractérisation d'un fromage traditionnel, le Michouna de la région de Tébessa, Algérie. Livestock Research for Rural Development, 27(11), 229.

Drake, M. A., & Delahunty, C. M. (2017). *Sensory Character of Cheese and Its Evaluation* (Vol. 1, pp. 517–545). Academic Press.

E

El Kolli, M., Atia, N., & Hadji, B. (2016). Effet de l'aromatisation d'une variété de fromage (Amir) par l'Anis vert : Pimpinella anisum. Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes, 9(2), 15–27

F

Fedjer, Z., Mazari, A., & Blama, A. (2022). Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de Souk-Ahras Cas du romarin à Taoura et du figuier de Barbarie à Sidi-Fredj. *Recherche Agronomique*, *20*(1), 43-60.

Ferlay, A., Graulet, B., & Chilliard, Y. (2013). Maîtrise par l'alimentation des teneurs en acides gras et en composés vitaminiques du lait de vache. INRAE Productions Animales, 26(2), 177-192

Fleet, G.H. (1990). *Yeasts in dairy products*. *Journal of Applied Bacteriology*, 68(3), 199–211.

Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2017). Fundamentals of Cheese Science (2nd ed.). Springer.

France. (2007). Décret n° 2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères. Journal officiel de la République française.

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

G

Gabas, A. L., Cabral, R. A. F., Oliveira, C. A. F. de, & Telis-Romero, J. (2012). Density and rheological parameters of goat milk. Food Science and Technology International, 32(2), 381–385. https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000033.

Garnier, L., Valence, F., & Mounier, J. (2017). Diversity and control of spoilage fungi in dairy products: An update. Microorganisms, 5(3), 42.

Germonville, A. (2003). Caractérisation des agents coagulants

Gillis, J. C., & Ayerbe, A. (2018). Le fromage. Tec & doc.

Grasseni, C., 2011. Re-inventing food: alpine cheese in the age of global heritage. Anthropol. Food 8, 6819. https://doi.org/10.4000/aof.6819.

Guinee, T. P., & Sutherland, B. J. (2015). Salting of Cheese.

Guinee, T. P., O'Kennedy, B. T., Kilcast, D., & Angus, F. (2007). Reducing salt in cheese and dairy spreads (pp. 316–357). Woodhead Publishing Ltd.

Guiraud, J.-P. (2003). *Microbiologie alimentaire.* Dunod, Paris. (Ce manuel de référence en microbiologie alimentaire détaille les méthodes de dénombrement et l'interprétation des flores microbiennes dans les aliments.)

H

Habila et Garroudj (2023). Caractérisation de Djben Elgafs au cours de fabrication et affinage. [Mémoire de Master, Université Frères Mentouri - Constantine 1],], Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaire-Constantine 1.

I

ISO 15214 (1998). Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria – Colony-count technique at 30 °C. ISO.

ISO 6611 :2004 / NA 5911. Lait et produits laitiers – Dénombrement des moisissures et levures – Technique par comptage des colonies à 25 °C.

J

Jakob, E., & Eugster, E. (2016). Sécurité alimentaire du fromage : procédés de traitement du lait de fromagerie. Recherche Agronomique Suisse, 7, 476-483.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). Springer Science Business Media. (Ouvrage reconnu à l'international pour l'étude des altérations microbiennes et des indicateurs de qualité des denrées alimentaires.)

Joffin, Christiane, et Jean-Noël Joffin. Microbiologie alimentaire. 6e éd, SCÉRÉN-CRDP Aquitaine, 2010.

JORADP (2004). *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire – Arrêté interministériel fixant les conditions d'hygiène applicables aux denrées alimentaires*, n° 1207 du 25 décembre 2004.

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. (2013, 7 juillet). Arrêté du 6 juin 2012 rendant obligatoire la méthode de dosage du taux de cendres par incinération dans les céréales, légumineuses et produits dérivés (n° 35, p. 17-18).

Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, n° 25 du 8 avril 2014, Arrêté du 5 Safar 1435 correspondant au 8 décembre 2013, rendant obligatoire la méthode de détermination de la teneur totale en matière sèche des fromages et des fromages fondus.

K

Kennelly, J. J., Glimm, D. R., & Ozimek, L. (2000). Milk composition in the cow. Faculty of Extension, University of Alberta.

Kimoto-Nira, H., et al. (2007). *Anti-inflammatory effects of lactic acid bacteria on human intestinal epithelial cells*. *J. Dairy Sci.*, 90(6), 2626–2630.

Konuspayeva, G., Al-Gedan, M. M., Alruwaj, F., & Faye, B. (2023). Some variation factors of freezing point in camel milk. Animals, 13(10), 1657. https://doi.org/10.3390/ani13101657

Kourkouta, L., Koukourikos, K., Tsaloglidou, A., Kourkouta, M., & Papathanasiou, I. V. (2020). Milk nutritional composition and its role in human health. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 9(1), 8–13. https://doi.org/10.17265/2328-2150/2021.01.002

Kudrina, M., Kogevnikova, I., & Khudyakova, N. (2025). Nutritional value of cow's milk. Bulletin of KSAU, (12), 229–236. https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-12-229-236

L

L. Guo and B. Liu, in Handbook of Cheese Chemistry, ed. M. H. Tunick, The Royal Society of Chemistry, 2023, ch. 3, pp. 48-61.

Ladjali, S., Amokrane, S., El hadj, M., & Nibou, D. (2019). Adsorption of Cr (VI) on Stipa tenacissima L (Alfa): Characteristics, kinetics and thermodynamic studies. Separation Science and Technology, 54(6), 876–887.

Laithier, C., Chatelin, Y. M., Doutart, E., Barrucand, P., Duchesne, C., Morge, S., Barral, J. G., Cuvillier, D., Minard, L., & Leroux, Y. (2009). Évaluation et maîtrise de la texture des fromages frais de chèvre à coagulation lactique. Rencontres Recherches Ruminants, 16, 143-150.

Leksir, C., & Chemmam, M. (2015). Contribution à la caractérisation du klida, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, *27*(5).

Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. Journal of Ethnic Foods, 6(7).

Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). *Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry*. *Trends Food Sci. Technol.*, 15(2), 67–78.

Licitra, G., & Carpino, S. (2014). The Microfloras and Sensory Profiles of Selected Protected Designation of Origin Italian Cheeses. Microbiology Spectrum, 2(1), 151–165.

Lucey, J. A. (2003). "Formation and physical properties of milk protein gels." *Journal of Dairy Science*, 86(2), 305-315.

Luerce, T. D., Azevedo, M. S. P., LeBlanc, J. G., Azevedo, V., Miyoshi, A., & Pontes, D. S. (2014). Recombinant Lactococcus lactis fails to secrete bovine chymosine. Bioengineered Bugs, 5(6).

M

Maestro, D., Pašalić, A., Jusupović, F., & Šljivo, E. (2017). On raw milk – Food safety aspects. International Journal of Sanitary Engineering Research, 47, 20–24.

Mayo, B., Rodríguez, J. M., Vázquez, L., & Flórez, A. B. (2021). Microbial Interactions within the Cheese Ecosystem and Their Application to Improve Quality and Safety. Foods, 10(3), 602.

McSweeney, P. L. H. (2011). Biochemistry of Cheese Ripening (pp. 667–674).

Mefleh, M., Darwish, A. M. G., Mudgil, P., Maqsood, S., & Boukid, F. (2022). Traditional Fermented Dairy Products in Southern Mediterranean Countries: From Tradition to Innovation. Fermentation, 8(12), 743.

Menezes, M. F. C., Simeoni, C. P., & Etchepare, M. A. (2014). Microbiota e conservação do leite. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 18(5), 76–89.

Deruiche M., Fadhila, A., Lamia, E., & Hacène, M. (2023). Characterization of the traditional cheese Adghess produced from cow's milk. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, *23*(8), 24406-24422.

Moatsou, G., & Moschopoulou, E. (2014). Microbiology of raw milk. In Dairy microbiology and biochemistry (1st ed., pp. 1–38). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780429076497

Mogna, G. (2006). Process to improve milk coagulation by means of strains of lactic bacteria, new strains and their use in said process.

Muhame, A., Mugampoza, E., Wacoo, P. A., & Byakika, S. (2024). Identification and characterization of dominant microflora isolated from selected ripened cheese varieties produced in Uganda.

Mwamini, B., Zola, S., Jean, W., Munamire, B., & Matabaro, C. (2019). Analyse des pratiques d'hygiène et de fabrication et évaluation de la qualité du Mashanza dans 12 unités de production au Sud-Kivu

N

Nicosia, F. D., Puglisi, I., Pino, A., Baglieri, A., La Cava, R., Caggia, C., ... & Randazzo, C. L. (2022). An easy and cheap kiwi-based preparation as vegetable milk coagulant: preliminary study at the laboratory scale. *Foods*, *11*(15), 2255.

Noël, V., Moury, F., Morel, V., Oudart, C., Tésolin, B., Yvon, C., ... & Moury, F. (2022). Le réseau Salmonella, un dispositif de surveillance des salmonelles de la fourche à la fourchette : Bilan des données de sérotypage 2019. *HAL Open Sci*, *93*, 12.

Novaković, P., Petrak, T., Kordić, J., & Slačanac, V. (2000). Application of mathematical models in milk coagulation process during lactic acid fermentation: I. Relation between enzymatic and acidic milk coagulation. Acta Alimentaria, 29(3), 241–254.

O

Ortega-Anaya, J., Marciniak, A., & Jiménez-Flores, R. (2021). Milk fat globule membrane phospholipids modify adhesion of Lactobacillus to mucus-producing Caco-2/Goblet cells by altering the cell envelope. Food Research International, 148, 110604.

Ostan, M., Crețescu, I., Ploscar, V., Cazacu, M., & Rada, O.-A. (2015). Studies regarding the effect of boiling on cow milk quality with analysis of some physico-chemical characteristics and the somatic cell count. Research Journal of Agricultural Science, 47(4), 132–139. http://www.rjas.ro/download/paper_version.paper_file.b116cd9b70f13b2a.4f7374616e2e706466.pdf

P

Parmar, P., Lopez-Villalobos, N., Tobin, J. T., Murphy, E. G., Buckley, F., McDonagh, A., O'Mahony, J. A., Crowley, S. V., Kelly, A. L., & Shalloo, L. (2021). The effects of cow genetic group on the density of raw whole milk. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 59(1). https://doi.org/10.15212/IJAFR-2020-0115

Parmar, P., Lopez-Villalobos, N., Tobin, J. T., Murphy, E. G., McDonagh, A., Crowley, S. V., Kelly, A. L., & Shalloo, L. (2020). The Effect of Compositional Changes Due to Seasonal Variation on Milk Density and the Determination of Season-Based Density Conversion Factors for Use in the Dairy Industry. Foods, 9(8), 1004. https://doi.org/10.3390/FOODS9081004

Patel, S. (2015). Emerging trends in nutraceutical applications of whey protein and its derivatives. Journal of Food Science and Technology, 52(11), 6847–6858.

Programme Mixte FAO/OMS. (2014) sur les normes alimentaires comité du codex sur les additifs alimentaires Quarante-sixième session Hong Kong, Chine.

O

Quevedo de Lima, C., Becker, J., Steinbach, J., de Cássia da Fonseca Burgardt, V., Machado-Lunkes, A., Marchi, J. F., Picinin de Castro Cislaghi, F., & Mitterer-Daltoé, M. (2022). Understanding the sensory profile of cheese ripeness description by trained and untrained assessors. Food Science and Technology, 42.

R

Ribeiro, D. C., Tavares, W. L. F., Leite, M. O., Cerqueira, M. M. O. P., Lima, J. S., Ferreira, L. F., Feijó, F. A. C., Haddad, J. P. A., & Fonseca, L. M. (2018). Adulterants interference on Fourier Transform Infrared analysis of raw milk. Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinaria E Zootecnia, 70(5), 1649–1654. https://doi.org/10.1590/1678-4162-9739

Rogov G. N., Mordvinova V. A., Smirnova T. S., Delitskaya I. N. Propionic Acid Bacteria and Sensory Profile of Cheeses // Cheese- and buttermaking. 2024. No. 2. Pp. 60-63.

S

Saidane, Z., Dahou, A. A., & Homrani, A. (2022). Technological potential of indigenous lactic isolates of an Algerian artisanal cheese: J'ben Elgafs. Acta Manilana, 70, 57–67.

Senoussi, A. (2022). Etude du lien entre le terroir et les caractéristiques du fromage traditionnel Algérien *Bouhezza*. Doctoral thesis, Univ. Constantine 1, Algeria. http:// depot.umc.edu.dz/handle/123456789/13415

Senoussi, A., Aissaoui-Zitoun, O., Chenchouni, H., Senoussi, S., Saoudi, Z., Pediliggieri, C., & Carpino, S. (2024). Microbial screening of animal skin bags used in traditional cheesemaking. *International Journal of Food Microbiology*, *411*, 110549.

Senoussi, A., Rapisarda, T., Schadt, I., Chenchouni, H., Saoudi, Z., Senoussi, S., et al. (2022). Formation and dynamics of aroma compounds during manufacturing-ripening of *Bouhezza* goat cheese. Int. Dairy J. 129, 105349 https://doi.org/10.1016/j. Idairyj.2022.105349.

Senoussi, A., Zidoune, M. N., & Benatallah Benchikh El Feggoun, L. (2013). Caractérisation microbiologique de la peau de chèvre utilisée dans la fabrication du fromage traditionnel Algérien « Bouhezza» (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).

Silano, V., Barat Baviera, J. M., Bolognesi, C., Cocconcelli, P. S., Crebelli, R., Gott, D. M., Grob, K., Lambré, C., Lampi, E., Mengelers, M. J. B., Mortensen, A., Rivière, G., Steffensen, I.-L., Tlustos, C., Van Loveren, H., Vernis, L., Zorn, H., Aguilera, J., Andryszkiewicz, M., … Chesson, A. (2022). Safety evaluation of the food enzyme chymosin from the genetically modified Aspergillus niger strain DSM 29546. EFSA Journal, 20(8).

Stokes, M. R., & Pollard, G. V. (2000). Environmental and genetic factors influencing milk composition. Journal of Dairy Science, 83(6), 1262–1270. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74979-8

T

Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Gueroui, Y., Symeon, G., Mebirouk Boudechiche, L., Tadjine, A., & Chemmam, M. (2021). Milk heat treatment affects microbial characteristics of cows' and goats' "Jben" traditional fresh cheeses.

Treweek, T. M. (2012). Milk Proteins: From Expression to Food. In: Advanced Dairy Chemistry. Springer.

V

Vetier, N. (1998). Contribution à l'étude structurale et rhéologique de la coagulation du lait par action conjuguée d'un agent acidifiant et d'une enzyme protéolytique (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine)

Vignola, C. L. (Éd.). (2002). Science et technologie du lait : Transformation du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec inc. École Polytechnique de Montréal. ISBN 2-553-01029X.

W

Wassie, M., & Wassie, T. (2016). Isolation and identification of lactic acid bacteria from raw cow milk. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences, 3(8), 44–49.

Widyastuti, Y., et al. (2021). *The role of lactic acid bacteria in milk fermentation*. *Food Nutr. Sci.*, 12(1), 1–14.

Woo, A. (2002). La grande diversité du lactosérum. Agriculture et Agro-Alimentaire Canada, 3-13.

Walstra P, Walstra P, Wouters JTM and Geurts TJ (2006). *Dairy Science and Technology*. 2nd ed., Florida: CRC Press. 782.

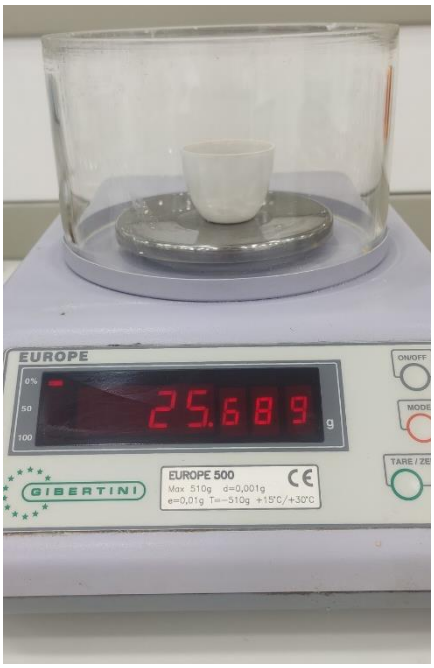
Yasokawa, D., Sawada, H., Ryoji, N., Makoto, K., Nagashima, K., Shuhei, M., & Miyashita, H. (2003). Milk-coagulating enzyme originating in bacterium and process for producing cheese using the same.

Z

Zibetti, A. W. (2012). Desenvolvimento de um processo de separação de compostos bioativos de Rosmarínus officinalis.

Annexe

Annexe 01 : Appareils utilisées pour la caractérisation du fromage



Balance de précision



pH mettre



Four à moufle



Étuve



Dessiccateur

Annexe 02. Détermination de différents paramètres physico-chimique



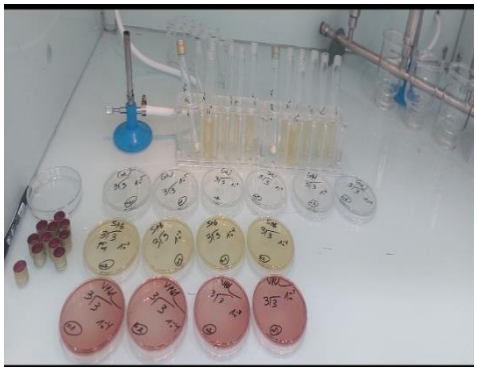
Fromage après incinération (cendres)



fromage après étuvage

(L'extrait sec totale)

Annexe 03. Dénombrement des germes



Annexe 03. Bulletin d'analyse sensoriel

FICHE DE DÉGUSTATION

Dans le cadre de l'étude, une dégustation a été réalisée afin d'observer les caractéristiques organoleptiques et de comparer les deux fromages sur le plan sensoriel.

Produit : Fromage traditionnel "djben Elgfas**"**

Date dégustation :

Nom de dégustateur :

Critère	**Fromage 1**	**Fromage 2**
Texture extérieure		
Couleur		
Lisse		
Rugueux		
Tendre		
Croûte		
Goût		
Salé		
Amer		
Doux		
Fade		
Persistant (durée + intensité)		
Odeur / Arôme		
Animale		
Herbe		
Lactique		
Lait frais		
Intensité de l'odeur		
Consistance		
Solubilité		
Granularité		
Moelleux		

Lequel de ces deux fromages préférez-vous ?

Fromage 1 ◯ **Fomage 2** ◯

Annex 04 : Résultat de l'analyse sensoriel

Critères	**Jben Elgafs Fabriqué**	**Jben Elgafs Commercialisé**
Couleur	**2,80±1,74**	**5,83±1,48**
Lisse	**5,06±1,98**	**5,76±2,64**
Rugueux	**5,10±2,17**	**4±2,27**
Tendre	**4,60±2,31**	**4,53±1,99**
Croute	**6,50±2,56**	**2,6±2,37**
Sale	**4,83±2,64**	**2,86±2,19**
Amer	**2,4±2,52**	**3,7±3,49**
Doux	**2,73±2,71**	**3,63±3,16**
Fade	**3,03±2,22**	**5,9±2,75**
Persistant	**5,26±2,24**	**4,73±2,06**
Animale	**4,6±3,24**	**5,36±2,88**
Herbe	**5,9±2,55**	**2,46±1,77**
Lactique	**5,23±2,92**	**4,76±2,69**
Lait frais	**5,26±2,50**	**6,06±2,49**
Intensité de l'odeur	**5,26±2,74**	**5±2,62**
Solubilité	**4,1±2,21**	**4,83 ±2,11**
Granularité	**5,1±2,61**	**5,5±3,03**
Moelleux	**3,13±2,40**	**4,33±2,97**

Annexe 05. Caractéristiques microbiologiques du *Jben Elgafs* fabriqué au laboratoire et commercialisé (UFC/g)

Paramètre	Elgafs Fabriqué	*Elgafs* Commercialisé
FTAM	**$9{,}2\times 10^{7}$**	**$1{,}6\times 10^{7}$**
Lactocoques	**$3{,}2\times 10^{8}$**	**4×10^{8}**
Lactobacilles	**$7{,}5\times 10^{7}$**	**$3{,}4\times 10^{7}$**
Levures	**$8{,}3\times 10^{5}$**	**$4{,}8\times 10^{5}$**
Moisissures	**1×10^{4}**	**5×10^{4}**
Coliformes totaux et fécaux	**Absence**	**Absence**
Salmonella. spp	**Absence**	**Absence**
Escherichia coli	**Absence**	**Absence**
Staphylococcus aureus	**Absence**	**Absence**