

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE GHARDAIA



Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Par : LAHRECHE KHOULOUDE & MOSBAH FATIMA ZOHRA

Thème

De la ferme à la table : étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'un fromage artisanal à identité locale "El Gafs"

Soutenu publiquement le 14 / 06 / 2026, devant le jury composé de :

M. DJELLID Y.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. IDER S.	Maître de Conférences B	Univ. Ghardaïa	Examineur
M ^{lle} DJOUZA L.	Maître de Conférences A	Univ. Ghardaïa	Directeur de mémoire
M. MAHAMED A. E.	Maître de Conférences A	Univ. Ghardaïa	Co-directeur de mémoire

Année universitaire :2025/ 2026

Remerciements

Avant tout nous remercions « Allah » le tout puissant qui nous a éclairé le chemin de la réussite et nous a donné beaucoup de courage, de la volonté et de la force pour réaliser ce modeste travail.

Cette étude nous a permis d'acquérir de nouvelles compétences pratiques dans le domaine du contrôle de qualité. Elle nous a également offert l'opportunité de mettre à profit les connaissances et les compétences acquises durant cinq années de formation. Et si cette étude existe aujourd'hui, c'est grâce :

A **M^{lle} Djouza L.**, notre promotrice ;

A **M. Mahamedi A. E.**, notre co-promoteur

pour leurs accompagnement et leurs précieux conseils.

Nos remerciements vont à **M. Djellid Y.**, Maître Assistant à l'université de Ghardaïa de nous avoir honoré par la présidence de Jury d'évaluation.

Nous remercions également **M. Ider S.**, maître de conférences à l'université de Ghardaïa, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Aux ingénieurs et techniciens des laboratoires de la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre, Université de Ghardaia.

A **M^{me} Guemour**, enseignante à l'institut de formation professionnelle Mohammed Cherif Messadia – Ghardaia, qui nous a accueilli au sein de son laboratoire.

Ainsi que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي بِنِعْمَتِهِ تَتِمُّ الصَّالِحَاتُ

Louange à Allah infiniment, et grâce à Sa volonté, je suis parvenue au terme de ce long parcours, dont je dédie humblement le fruit aux êtres les plus chers à mon cœur.

À ma tendre mère, qui a été et restera la meilleure des mères, m'accompagnant sans cesse par ses prières et son affection infinie, source de ma force, de ma réussite et de mon bonheur. Qu'Allah te protège et t'accorde santé, bonheur et longue vie.

À mon cher père, qui a toujours été le meilleur des pères et une immense fierté pour moi. Je suis heureuse de t'avoir comme soutien indéfectible, comme un soleil qui ne se couche jamais et comme la source de ma réussite et de mes efforts.

Qu'Allah te garde pour moi en bonne santé et t'accorde une longue vie.

À mes chères sœurs : **NOUDJOUUD, FATIMA, YASMINE** et **HIBA**, que Dieu ne m'éloigne jamais de vous. Vous êtes les meilleures des sœurs, et qu'Il vous garde toujours auprès de moi.

À mon frère ABDELRAHIM, source de mon bonheur, qu'Allah te protège et te garde pour moi.

À ma grand-mère, qu'Allah lui accorde Son miséricorde. J'aurais tant souhaité que tu sois présente avec moi en ce jour si spécial et de voir la joie illuminer tes yeux et ton visage.

Qu'Allah illumine ta tombe et en fasse un jardin parmi les jardins du Paradis.

À toutes les personnes qui m'ont aidée et soutenue, particulièrement **BENOUDINA, YOUSSEF** ainsi qu'à **FATIMA**, qui a été bien plus qu'une amie.

Qu'Allah vous protège et vous récompense pour tout le bien.

À tous ceux qui m'ont enseignée à travers les différents cycles de mon parcours, qu'Allah vous protège et veille sur vous.

Merci à tous.

Khouloud

Dédicace

وَمَا تُوَفِّقُنِي إِلَّا بِاللَّهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ

Je tiens à dédier ce travail à :

À la mémoire de mon cher père, qu'Allah lui fasse miséricorde. À celui qui reste toujours présent dans mon cœur malgré son absence, mon père bien-aimé. J'aurais souhaité qu'il partage avec moi la joie de cette réussite.

Je lui dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance.

À mon éternel soutien, **ma chère mère** avec ses prières et ses conseils.

Compagnons de mon chemin et témoins de chaque étape de celui-ci, mon soutien, ma sœur **BASSMA**, ma source de joie et bonheur, raison de ma persévérance malgré les difficultés, mon petit frère **ABDESSALAM**.

Mes frères et sœurs SALIHA et NOURA, leurs enfants IKRAM, ABDELMALEK, INAAM, ABDELLAH, GHORFAN, SOUNDIOUS, OMAR, ANFEL, ALI, AOUEB

Mes amies KHOULOUUD, MARIA, CHAIMA, WAFAA et ZAHRA

Merci à tous

Fatima Zahra

Résumé

Le fromage traditionnel est devenu de consommation courante en raison de sa grande valeur nutritionnelle et de ses caractéristiques sensorielles uniques. Le fromage *El Gafs* fabriqué à partir de lait cru (lait de vache/ de chèvre) enrobé par les plantes de camomille, du rosier et d'alfa n'a jamais fait objet d'études préalables. D'où le but de cette étude d'évaluation à la fois de ses caractéristiques physicochimiques tel que le pH (pH-mètre), acidité (titrage), matière sèche (séchage), lipides (méthode acido-butyrométrique de Gerber), minéraux (calcination) et protéines (méthode de Kjeldhal), de la qualité microbiologique (flore totale aérobie mésophile, bactéries lactiques, lactocoques, coliformes, levures et moisissures, ainsi que la recherche de germes pathogènes) et de ces paramètres sensorielles (aspect, couleur, odeur, texture, fermeté, goût, saveur lactique et acceptation générale par une dégustation). Les résultats ont montré des différences entre les quatre variétés de fromage dans la plupart des critères étudiés. Les analyses physicochimiques ont révélé des différences significatives entre les variétés de fromage El Gafs, avec des variations de pH (3,8–5,9), acidité (8–16 °D), matière sèche (\approx 50–61 %), protéines (18–39 %), lipides (6–14 %) et minéraux (\approx 3–4 %), influencées par le type de lait et l'enrobage végétal. Les critères microbiologiques ont montré la présence d'une flore lactique abondante, ce qui caractérise les fromages traditionnels fabriqués à partir de lait cru, et ils ont également montré l'absence de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) et *Listeria monocytogenes*. L'évaluation sensorielle a montré également une meilleure acceptation générale pour le fromage de vache enrobé par la camomille. Les résultats suggèrent que le type de lait et la nature de l'enrobage végétal influencent les caractéristiques des fromages étudiés. Ces résultats contribuent à une meilleure connaissance de la qualité nutritionnelle et sanitaire de ce produit traditionnel.

Mots-clés : analyse physico-chimique, *El Gafs*, fromage traditionnel, propriétés sensorielles, qualité microbiologique

ملخص

أصبح الجبن التقليدي من الأطعمة الشائعة الاستهلاك بفضل قيمته الغذائية العالية وخصائصه الحسية الفريدة. ولم يسبق أن خضع جبن "القفص" المصنوع من الحليب الخام (حليب البقر و الماعز) والمغطى بأوراق البابونج والورد والحلفاء لأي دراسات سابقة. ومن هنا جاء الهدف من هذه الدراسة لتقييم خصائصه الفيزيوكيميائية مثل الرقم الهيدروجيني (مقياس الرقم الهيدروجيني)، الحموضة (المعايرة)، المادة الجافة (التجفيف)، الدهون (طريقة جاري)، المعادن (الحرق) والبروتينات (طريقة جالدال)، والجودة الميكروبيولوجية (البكتيريا اللبنية، المكورات اللبنية، القولونيات، الخمائر والعفن، بالإضافة إلى البحث عن الجراثيم المسببة للأمراض) والمعايير الحسية (المظهر، اللون، الرائحة، الملمس، الصلابة، الطعم، النكهة اللبنية والقبول العام من خلال التدوق). أظهرت النتائج اختلافات بين أنواع الجبن الأربعة في معظم المعايير التي تمت دراستها؛ اثبتت التحليل الفيزيوكيميائية اختلافات ملحوظة بين أصناف جبن القفص، حيث تراوحت قيم الـ pH بين (3,8-5,9)، والحموضة بين (8-16 °D)، والمادة الجافة بين (50-61%)، والبروتينات بين (18-39%)، والدهن بين (6-14%)، والمعادن بين (3-4%)، وهي فروقات مرتبطة بنوع الحليب وطبيعة التغليف النباتي. وأظهرت المعايير الميكروبيولوجية وجود بكتيريا لبنية وفيرة، وهو ما يميز الأجبان التقليدية المصنوعة من الحليب الخام، كما أظهرت عدم وجود المكورات العنقودية الذهبية، السالمونيلا، البكتيريا اللاهوائية المختزلة للكبريت، والليستيريا. كما أظهر التقييم الحسي قبولاً عاماً أفضل للجبن البقري المغطى بالبابونج. مما يشير إلى أن نوع الحليب، وربما طبيعة النباتات المستعملة في التغليف، يؤثران في خصائص الجبن المدروس. كما تسهم هذه النتائج في تحسين المعرفة بالجودة الغذائية والصحية لهذا المنتج التقليدي.

الكلمات المفتاحية: التحليل الفيزيوكيميائي، القفص، الجبن التقليدي، الخصائص الحسية، الجودة الميكروبيولوجية.

Abstract

Traditional cheese has become a staple food due to its high nutritional value and unique sensory characteristics. *El Gafs* cheese, made from raw milk (cow and goat raw milk) and coated with chamomile, rose and esparto grass, has never been the subject of previous studies. Hence the aim of this study is to evaluate both its physicochemical such as pH (pH meter), acidity (titration), dry matter (drying), lipids (Gerber acid-butyrometric method), minerals (calcination) and proteins (Kjeldahl method), microbiological quality (total mesophilic aerobic flora, lactic acid bacteria, lactococci, coliforms, yeasts and moulds, as well as testing for pathogenic bacteria) and sensory parameters (appearance, colour, odour, texture, firmness, taste, lactic flavour and overall acceptability through tasting). The results showed differences between the four cheese varieties in most of the criteria studied; Physicochemical analyses revealed significant differences among the *El Gafs* cheese varieties, with variations in pH (3.8–5.9), acidity (8–16 °D), dry matter (\approx 50–61%), proteins (18–39%), lipids (6–14%), and minerals (\approx 3–4%), influenced by the type of milk and the plant coating. The microbiological criteria revealed the presence of abundant lactic flora, which is characteristic of traditional cheeses made from raw milk, and they also showed the absence of *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., sulfite-reducing anaerobic bacteria (SRB) and *Listeria monocytogenes*. Sensory evaluation also revealed greater overall acceptance of the cow's milk cheese coated with chamomile. The results suggest that the type of milk and the nature of the plant coating influence the characteristics of the cheeses studied. These findings contribute to a better understanding of the nutritional and sanitary quality of this traditional product.

Keywords: physicochemical analysis, *El Gafs*, traditional cheese, sensory properties, microbiological quality

Liste des abréviations

BC: bovin/camomille

BR : bovin/rose

CC : caprin/camomille

CR : caprin /rose

°C : Degré Celsius

°D : Degré Dornic

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

g : gramme

h : heures

HDL : lipoprotéines de haute densité

ISO : Organisation internationale de normalisation

JORA : Journal officiel de la république algérienne

ml : millilitre

M17: Milk 17 medium

MG: Matière grasse

MM: matière minérale

MRS: de Man, Rogosa and Sharpe medium

MS: Matière sèche

NA : Norme Algérienne

PCA : Plate Count Agar

pH : Potentiel Hydrogène

RVS : Bouillon Rappapott-vassilaidis

S-S : *Salmonella-Shigella* agar

Spp : Toutes les espèces

UFC : Unité formant colonie

VRBL : Violet Red Bile Lactose Agar

Table de matière

Remerciements	i
Dédicace	ii
Dédicace	iii
Liste des abréviations	vii
Table de matière	viii
Liste des tableaux	x
Liste des figures	x
1. Introduction	1
.....	8
2 Matériel et méthodes	8
2.1 Matériel biologique	8
2.2 Analyses physico-chimiques	8
2.2.1 pH	8
2.2.2 Acidité titrable	9
2.2.3 Matière sèche.....	9
2.2.4 Matière minérale	10
2.2.5 Matière grasse	10
2.2.6 Protéines	10
2.3 Analyse microbiologique.....	11
2.3.1 Préparation de suspension mère	11
2.3.2 Préparation des dilutions	11
2.3.3 Flore totale et technologique	12
2.3.3.1 Flore aérobie mésophile	12
2.3.3.2 Bactéries lactiques.....	12
2.3.3.3 Lactocoques.....	12
2.3.3.4 Levures et moisissures	13
2.3.4 Indicateurs d'hygiène.....	13
2.3.4.1 Coliformes totaux	13
2.3.4.2 Coliformes fécaux	13
2.3.4.3 <i>E. coli</i>	13
2.3.5 Espèces pathogènes	14

2.3.5.1 <i>Staphylococcus aureus</i>	14
2.3.5.2 <i>Salmonella</i> spp.	14
2.3.5.3 <i>Listeria monocytogenes</i>	14
2.3.5.4 <i>Clostridium</i> spp.	15
2.4 Analyse organoleptique	15
2. 5. Analyses statistiques.....	16
3 Résultats & Discussion.....	17
1 Analyses physicochimiques.....	17
1.1 pH	17
1.2 Acidité titrable	18
2 Analyses microbiologiques	21
2.1 Flore totale et technologique	22
2.2 Indicateurs d'hygiène	26
2.4 <i>Espèces bactériennes pathogènes</i>	27
3 Analyses organoleptiques	28
2.1 Couleur	29
2.2 Aspect olfactif	30
2.3 Texture.....	30
2.4 Gout.....	31
2.5 Acidité perçue.....	32
2.6 Saveur lactique	32
2.7 Acceptabilité globale	33
Conclusion.....	34
Références bibliographiques	35
Références	35
Annexes.....	XXXVI

Liste des tableaux

Tableau 01: Paramètres physicochimiques des différentes variétés du fromage.	17
Tableau 02: Contrôle microbiologique des variétés du fromage.	22
Tableau 03: Résultats des analyses sensorielles des variétés du fromage.....	29

Liste des figures

Figure 1: Fromage El Gafs enrobé de la camomille et d'alfa (a,b) et de roses et d'alfa (c,d).	8
Figure 2: Evaluation sensorielle des quatre types de fromage <i>El gafs</i>	15
Figure 3 : Boîtes de Pétri pour le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile sur milieu PCA.....	22
Figure 4: Boîtes de Pétri utilisées pour le dénombrement des levures et moisissures sur milieu Sabouraud.....	24
Figure 5: Boîtes de Pétri utilisées pour le dénombrement des bactéries lactiques sur milieu MRS.....	25
Figure 6: Boîtes de Pétri utilisées pour le dénombrement des coliformes fécaux sur VRBL.....	26



Introduction

1. Introduction

L'élevage constitue un pilier stratégique de l'économie des pays et de la sécurité alimentaire. Employant environ 23 % de la population active, soit 1,6 million de personnes en Algérie (**Meklati et al., 2020**). Le patrimoine animalier est riche et diversifié, comprenant environ 26,9 millions d'ovins, 4,9 millions de caprins et 2,04 millions de bovins (**Ouchene Khelifi et al., 2021**). Malgré ce potentiel, le pays demeure l'un des principaux importateurs mondiaux de lait pour combler un déficit structurel face à une consommation annuelle de près de 140 litres par habitant (**Benidir et al., 2017**).

La production bovine est majoritairement assurée par de petites exploitations familiales localisées dans les plaines littorales et intérieures (**Eulmi et al., 2023 ; Medjahed et al., 2024**). Ces systèmes reposent largement sur des races exotiques ou croisées, telles que la Prim'Holstein et la Montbéliarde, exploitées pour leur potentiel laitier (**Benidir et al., 2017 ; Medjahed et al., 2024**). En parallèle, l'élevage caprin, bien que souvent perçu comme une activité secondaire associée aux moutons, est vital pour l'économie des zones rurales et arides (**Ouchene Khelifi et al., 2021**). Cependant, le secteur fait face à des contraintes majeures. La productivité reste faible en raison d'une gestion technique perfectible, du coût élevé des aliments concentrés et d'une forte dépendance aux aléas climatiques (**Eulmi et al., 2023**).

Le manque de formation des éleveurs et l'absence fréquente de registres d'identification animale freinent l'amélioration des performances (**Medjahed et al., 2024**). Pour renforcer la souveraineté alimentaire, les politiques publiques visent désormais à intensifier la production, notamment par le développement de cultures fourragères irriguées dans les régions du Sud (**Benidir et al., 2017**).

Les produits animaux de bonne qualité et en quantité suffisante proviennent d'animaux performants, sains et nourris avec des régimes alimentaires équilibrés (**Akintan et al., 2025**). Entre autres, le lait est l'un des produits animaux principaux des élevages laitiers, selon **Vilain (2010)**, il est caractérisé par son aspect liquide de couleur blanche produit par les cellules sécrétrices des glandes mammaires. Outre son rôle de nourrir la progéniture pendant la période d'allaitement variant selon l'espèce animale. Il sert à la consommation humaine soit cru, soit après transformation en produits dérivés. La production concerne principalement les vaches et, dans une moindre mesure, les chèvres et les brebis (**Vilain., 2010**).

L'importance du lait réside également dans sa composition, il est source de nombreux éléments essentiels qui déterminent sa valeur nutritionnelle et sanitaire. Cette richesse nutritionnelle se manifeste notamment dans la fraction lipidique. Les lipides du lait représentent 3 à 6 % de sa masse totale. Ils sont constitués majoritairement de triglycérides (environ 98 %), accompagnés d'acides gras sous forme d'esters de glycérine (mono et di) et de glycolipides et de phospholipides. Les lipides du lait contiennent principalement des acides gras saturés, mais également des proportions variables d'acides gras mono- et polyinsaturés. Il s'agit des acides linoléiques conjugués, qui sont des isomères de l'acide linoléique C18 du groupe méthylène. L'importance des acides gras, qu'ils soient saturés ou insaturés, réside dans la réduction du taux de HDL (lipoprotéines de haute densité) responsable des maladies vasculaires et cardiaques. Il existe également une autre catégorie de graisses, à savoir les acides gras à chaîne ramifiée contenant un groupe méthyle (**Acquavia et al., 2025**).

Le lactose constitue le principal glucide du lait et représente une source importante d'énergie (**Silanikove et al., 2015**). Il est digéré et absorbé dans l'intestin grêle grâce à l'intervention de l'enzyme lactase en glucose et en galactose (**Fassio et al., 2018**). Le lait contient également une grande variété de protéines qui ont une très grande importance fonctionnelle et nutritionnelle. Les caséines représentent la plus grande partie des protéines du lait, les autres protéines étant appelées protéines de lactosérum et comprenant la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (**Nayik et al., 2024**).

En plus de ces nutriments majeurs, le lait contient également une catégorie de composés mineurs qui jouent un rôle dans ses propriétés fonctionnelles tels que des vitamines, des minéraux, des amines biogènes, des nucléotides, des polyphénols et des métabolites animaux (**Acquavia et al., 2025**). Les vitamines jouent un rôle essentiel dans la croissance, elles constituent une catégorie hétérogène de substances organiques (**Cimmino et al., 2023**). La vitamine A est responsable de la couleur jaune du lait de vache, tandis que les vitamines A, D et K sont liposolubles. Les vitamines B1, B2, B6, B12, la niacine, la biotine, l'acide pantothénique, l'acide folique et la vitamine C sont hydrosolubles (**Pathan et al., 2023**).

Quant aux minéraux, les cations présents en grande quantité sont le calcium, le potassium et le sodium, tandis que les anions sont le phosphate, le citrate et le chlorure (**Zamberlin et al., 2012**). Le lait se caractérise aussi par la présence d'amines biologiques, produites par la décarboxylation bactérienne des acides aminés correspondants, qui jouent un rôle dans la synthèse

des protéines et la multiplication de l'acide nucléique (**Benkerroum *et al.*, 2016**). Il est recommandé qu'elles soient présentes en quantités minimales, car une augmentation de leur concentration entraîne des diarrhées, c'est-à-dire une intoxication (**Durak-Dados *et al.*, 2020**). Il est également à noter que les nucléotides jouent également un rôle essentiel en améliorant la croissance, notamment les ribonucléotides présents dans le lait (**Yu *et al.*, 2002**).

En plus des composés aromatiques, à savoir les polyphénols, ces composés aromatiques sont constitués de groupes alcooliques. Ils ne sont pas seulement présents dans le lait, mais aussi dans ses dérivés (**Acquavia *et al.*, 2025**), ainsi que dans les fruits et les légumes (**Andrés-Lacueva *et al.*, 2009**). La source des polyphénols dans le lait provient de l'alimentation des animaux. Ainsi, si ces animaux se nourrissent de plantes riches en polyphénols, comme les herbes, il est possible que ceux-ci soient présents dans le lait (**Rocchetti *et al.*, 2022**). Dans certains cas, les produits laitiers sont traités avec ces composés aromatiques afin d'améliorer leurs bienfaits pour la santé (**Kumar *et al.*, 2017**). Ces caractéristiques varient selon le type de lait, ce qui permet de comparer le lait de vache, le lait de chèvre et le lait de brebis. Le lait de brebis en poudre étant le complément alimentaire le plus approprié avec des teneurs élevées en protéines, acides aminés, acides gras essentiels, vitamines et minéraux. Le lait de vache en poudre présente quant à lui la plus forte teneur en lactose, ce qui le rend difficile à digérer, tandis que le lait de chèvre est riche en glucides. Les trois types de lait présentent donc des teneurs élevées en protéines et sont faciles à digérer, ce qui indique leur grande qualité et leur capacité à répondre à la plupart des besoins nutritionnels (**Yang *et al.*, 2024**).

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO., 2026**), bien que le lait soit un aliment riche et précieux, sa durée de conservation est limitée en raison de sa sensibilité à la détérioration microbologique, car il constitue un environnement propice à la croissance des microorganismes, en particulier ceux qui causent des maladies affectant la santé des consommateurs. Le traitement du lait permet de prolonger sa durée de conservation, qui peut passer de quelques jours à plusieurs semaines, voire plusieurs mois. Il réduit également la capacité du lait à transmettre des maladies grâce à ses propriétés. Les techniques de refroidissement prolongent la durée de conservation du lait de quelques jours.

Afin de réduire la proportion de microorganismes pathogènes, la pasteurisation est la technique nécessaire. Ainsi, le traitement du lait ne se limite pas à prolonger sa durée de

conservation, mais permet également de le transformer en une gamme variée de produits laitiers à forte valeur ajoutée, tels que le *Raïb*, le *L'ben* (FAO., 2026). Ce genre de produit passe par un processus de fermentation des produits laitiers qui permet d'éviter les étapes de traitement thermique ou non thermique, qui contribuent à l'élimination des agents pathogènes (Gänzle *et al.*, 2025).

Les bactéries lactiques fermentent le lactose en acide lactique, entraînant l'acidification du lait. Cette étape s'accompagne de la formation de divers composés organiques, dont le plus important reste l'acide lactique (Aguirre-Garcia *et al.*, 2024). Ces réactions conduisent à la formation du « lait caillé » (*Raïb*), obtenu après l'acidification spontanée du lait à température ambiante pendant une période d'un à trois jours. Ce processus est principalement assuré par l'action des bactéries lactiques, notamment *Leuconostoc* et *Lactococcus*, naturellement présentes dans le lait cru (Leksir *et al.*, 2019).

Comparé au *Raïb*, le lait acidulé (*L'ben*) est obtenu après le barattage du *Raïb*, suivi de la séparation du beurre. Ce procédé s'effectue à température ambiante pendant une période d'un à trois jours. Traditionnellement, le lait est placé dans la « *Raoua* », un récipient en terre cuite, jusqu'à sa coagulation, puis ce *Raïb* est transvasé afin de faciliter son transfert vers le récipient de barattage. Dans d'autres régions, la « *Chekoua* », une outre en peau de chèvre préalablement traitée, fixée sur trois supports et remplie de *Raïb*, est utilisée pour l'opération de barattage (Leksir *et al.*, 2019).

L'industrie laitière mondiale traverse une phase de mutation profonde, marquée par un regain d'intérêt pour les produits authentiques et la biodiversité agroalimentaire (Bekihal *et al.*, 2025 ; Pisana *et al.*, 2025). Cette tendance favorise la redécouverte des fromages traditionnels, perçus par les consommateurs comme des vecteurs d'identité culturelle et de naturalité (Drake 2017 ; Bekihal *et al.*, 2025).

En Afrique, et plus particulièrement en Algérie, le secteur laitier joue un rôle pivot dans l'économie agricole et la sécurité alimentaire des populations rurales et périurbaines (Djouza *et al.*, 2026). La consommation de produits laitiers traditionnels s'enracine dans l'histoire du pays, étroitement liée aux systèmes d'élevage pastoral et steppique (Meribai *et al.*, 2017 ; Boumediene *et al.*, 2025). Les artisans locaux transforment depuis des siècles le lait de diverses espèces, vache, chèvre, brebis et chamelle, selon des procédés ancestraux transmis de génération en génération (Benlahcen *et al.*, 2017 ; Bendimerad *et al.*, 2024).

Le patrimoine fromager algérien se distingue par une grande diversité de produits tels que le *Klila*, le *Bouhezza*, le *Michouna* et le *Jben* (**Tadjine et al., 2020**). Chaque variété reflète une relation symbiotique entre les caractéristiques physiques d'une région et la culture de sa communauté rurale (**Saidane et al., 2021**).

Parmi ces trésors du terroir, le fromage « El Gafs » occupait une place singulière. Originaire de Boussaâda, dans le nord-est de l'Algérie, ce fromage se classe parmi ceux à pâte molle (**Saidane et al., 2021**). Selon la référence précédente, sa dénomination provient de la structure en forme de « cage » (Gafs) fabriquée à partir de tiges de la plante d'*alfa* (*Stipa tenacissima*) et de la plante d'armoise champêtre (*Artemisia campestris*) dans laquelle l'artisan dépose le coagulum pour l'égouttage et la maturation. Le procédé de fabrication est artisanal et repose sur la fermentation spontanée du lait cru, qui est ensuite chauffée à 35 °C et égoutté. Le caillé est façonné manuellement en forme ovoïde, puis enveloppé dans les tiges renfermées pour lui donner sa forme caractéristique en cage.

Malgré cette richesse technologique et culturelle, la science explore encore peu ces variantes locales, laissant de vastes zones d'ombre sur leurs propriétés intrinsèques (**Boumediene et al., 2025**).

L'absence de caractérisation scientifique rigoureuse du fromage El Gafs constitue une lacune majeure pour la valorisation de ce produit (**Saidane et al., 2021**). Bien que des études préliminaires aient abordé la dynamique microbienne et les paramètres physico-chimiques de base, le produit échappe encore à une standardisation qui garantirait sa sécurité sanitaire et sa reconnaissance commerciale à plus large échelle (**Meribai et al., 2017**). La compréhension des phénomènes de maturation responsables du développement de ses caractéristiques organoleptiques demeure incomplète (**Saidane et al., 2021**). En effet, l'affinage correspond à un ensemble de transformations biochimiques complexes, glycolyse, lipolyse et protéolyse, résultant de l'activité des enzymes natives du lait, des agents coagulants et de la microflore indigène (**Bekihal et al., 2025**).

La microflore du fromage au lait cru joue un rôle essentiel dans ce processus de maturation et dans la formation de l'arôme typique (**Davydovych et al., 2025**). Les bactéries lactiques dominent généralement cet écosystème, assurant l'acidification rapide du milieu et le développement des propriétés sensorielles par leur activité métabolique. Des travaux récents sur le

fromage El Gafs ont permis d'identifier des espèces clés telles que *Lactococcus lactis*, *Enterococcus faecalis* et *Leuconostoc mesenteroides* (Saidane *et al.*, 2022). Ces microorganismes agissent comme une barrière naturelle contre les flores d'altération et les pathogènes, tout en contribuant à la texture et au goût du produit final (Boumediene *et al.*, 2025). Néanmoins, l'influence des conditions environnementales et des pratiques de fabrication artisanales induit une grande variabilité dans la qualité du produit fini (Saidane *et al.*, 2021).

La source du lait représente un autre facteur déterminant de la qualité et de la typicité du fromage. Le lait de vache, traditionnellement utilisé pour le *Jben*, fournit une base riche en protéines et en graisses adaptée à la transformation (Medjoudj *et al.*, 2020). À l'inverse, le lait de chèvre gagne en popularité pour ses caractéristiques nutritionnelles uniques, sa digestibilité supérieure due à la petite taille de ses globules gras, et son profil aromatique distinctif souvent décrit comme « caprin » (Nafti *et al.*, 2024). La composition chimique du fromage dépend étroitement de la matière première, laquelle varie selon l'espèce, la race, l'alimentation et le stade de lactation de l'animal (Coulon *et al.*, 2004 ; Herrera *et al.*, 2025). Comparer les variétés d'El Gafs issues de ces deux sources permettrait de mieux comprendre l'impact de la spécificité de l'espèce sur le profil final du fromage (Coulon *et al.*, 2004).

L'innovation dans la fabrication des fromages artisanaux, par le recouvrement par des plantes comme la camomille (*Matricaria chamomilla* L.) et les roses, offre des perspectives intéressantes pour la diversification des saveurs. L'aromatisation des fromages de chèvre et de vache par des plantes locales améliore significativement les attributs sensoriels et l'appréciation globale par les consommateurs (Nafti *et al.*, 2024). Les huiles essentielles et les composés phénoliques présents dans ces fleurs peuvent également influencer la charge microbienne par leurs propriétés antimicrobiennes potentielles (Nafti *et al.*, 2024). Cependant, l'effet spécifique d'un recouvrement de camomille ou de roses sur les paramètres de qualité d'un fromage à pâte molle comme El Gafs n'a jamais fait l'objet d'une étude systématique.

L'évaluation sensorielle constitue l'ultime étape pour valider la qualité d'un fromage et sa capacité à séduire le marché (Herrera *et al.*, 2025). Les caractéristiques d'apparence, de saveur et de texture résultent d'interactions complexes perçues par les sens humains lors de la consommation (Drake *et al.*, 2017). Pour un produit comme El Gafs, dont la texture doit être douce et homogène, la perception du consommateur est primordiale pour définir les standards de qualité (Saidane *et*

al., 2022). Les préférences des dégustateurs sont souvent influencées par la familiarité avec le produit, mais aussi par l'attrait pour des profils aromatiques innovants et complexes (**Pisana *et al.*, 2025**).

Dans ce contexte, la présente recherche se propose de combler l'absence de données scientifiques sur le fromage traditionnel algérien *El Gafs*. Elle s'articule autour de trois objectifs fondamentaux. Premièrement, l'étude des paramètres de qualité microbiologique et physico-chimique de différents types de fromages, en se concentrant particulièrement sur l'effet de l'enrobage par la camomille et les roses. Deuxièmement, l'identification des caractéristiques organoleptiques spécifiques des variétés produites à partir de lait de vache et de lait de chèvre, afin de déterminer l'influence de l'espèce sur la typicité du produit. Enfin, la détermination par des tests de dégustation, quel type de fromage obtient la préférence des consommateurs, fournissant ainsi des données précieuses pour la valorisation et la promotion de ce produit du terroir algérien.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, le travail a été organisé en quatre parties principales. Après l'introduction générale, la partie matériel et méthodes détaillera le protocole expérimental, l'échantillonnage et les analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles réalisées. L'ensemble des données obtenues est présenté dans la partie résultats. Ces résultats seront analysés et interprétés dans la partie discussion en les confrontant à la littérature scientifique. Enfin une conclusion générale qui synthétisera les principaux acquis de cette étude et proposera des perspectives.



**Matériel &
Méthodes**

2 Matériel et méthodes

2.1 Matériel biologique

Le fromage traditionnel frais objet de cette étude a été collecté de la région de Boussaâda (sud-est d'Alger). Quatre types ont été obtenu (2 à base du lait bovin recouverts par la plante de la camomille (*Matricaria chamomilla* L.) et les pétales des roses avec de l'alfa (*Stipa tenacissima*) à l'extérieur, et 2 types à base du lait caprin enrobés par les mêmes plantes avec de l'alfa toujours à l'extérieur). Le transport a été dans une glacière à une température de 4 °C afin de préserver leurs caractéristiques, puis stockés dans des conditions appropriées jusqu'au moment de l'analyse.

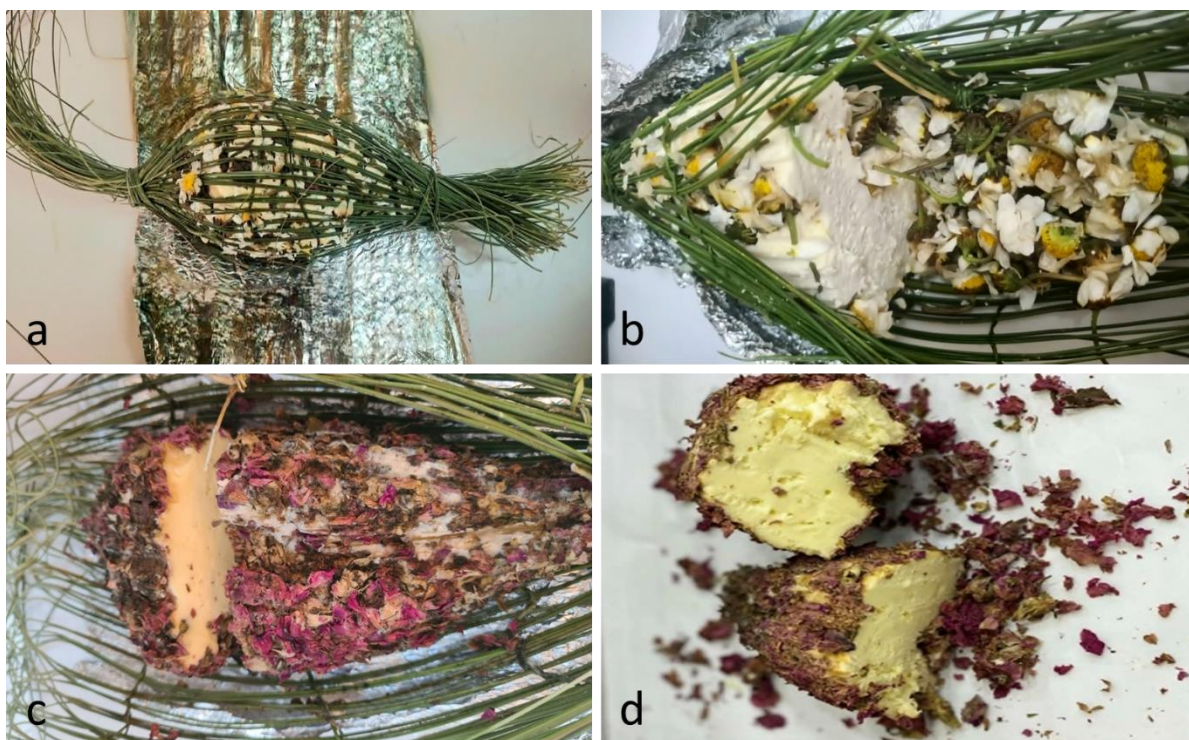


Figure 1: Fromage El Gafs enrobé de la camomille et d'alfa (a,b) et de roses et d'alfa (c,d).

2.2 Analyses physico-chimiques

Six paramètres ont été évalués pour chaque type de fromage en triplicata.

2.2.1 pH

Le pH du fromage a été déterminé selon une méthode adaptée de la norme ISO 11869. Une prise de 10 g d'échantillon est pesée à l'aide d'une balance analytique, puis transférée dans un

bécher contenant 90 ml d'eau distillée. Après homogénéisation, le pH du mélange est déterminé à l'aide d'un pH-mètre.

2.2.2 Acidité titrable

Conformément à la norme ISO 11869. Une masse de 10 g de fromage est pesée à l'aide d'une balance analytique, puis mise en suspension dans 50 ml d'eau distillée tiède. Le mélange obtenu est homogénéisé à l'aide d'un agitateur, puis filtré sur papier filtre afin d'obtenir un filtrat limpide. Un volume de 25 ml de ce filtrat est prélevé et introduit dans un flacon Erlenmeyer. Quelques gouttes de phénolphthaléine (1 %) sont ensuite ajoutées en tant qu'indicateur. Le titrage est réalisé à l'aide d'une solution de NaOH (0,1 N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante, traduisant le point final de la réaction. Le titrage est réalisé à l'aide d'une burette graduée.

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'acide lactique dans 100 g de fromage (1 ml NaOH correspond à 0.0090 g d'acide lactique et 1 ° = 0.1 g d'acide lactique). La formule utilisée est la suivante :

$$\% \text{ acide lactique} = \frac{V \times N \times 0.09 \times 100}{m}$$

V = volume de NaOH utilisé lors du titrage (en ml), N = normalité de la solution de NaOH (ici 0,1 N), 0,09 = facteur de conversion (car 1 ml de NaOH 0,1 N correspond à 0,009 g d'acide lactique, et multiplié par 100 pour exprimer en pourcentage), m = masse de l'échantillon de fromage titré (en g).

2.2.3 Matière sèche

Tout d'abord, la capsule d'étuvage vide est pesée à l'aide d'une balance analytique. Ensuite, une prise de 5 g de fromage y est introduite, puis l'ensemble fait l'objet d'une seconde pesée. La capsule est par la suite placée dans une étuve réglée à une température comprise entre 101 et 105 °C pendant une durée de 3 heures. À l'issue de l'étuvage, elle est transférée dans un dessiccateur afin d'être refroidie à température ambiante. Enfin, une pesée finale est réalisée. La méthode a été réalisée conformément à la norme ISO 5534:2004 (ISO, 2004).

Le résultat est calculé selon la formule : $MS = (P3-P1) / (P2-P1) \times 100$

Matériel & Méthodes

Avec P1 : le poids de capsule vide ; P2 : le poids de la capsule +poids de fromage avant étuvage ; P3 : le poids de la capsule plus celui du fromage après étuvage.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche.

2.2.4 Matière minérale

Tout d'abord, un creuset vide et sec est pesé à l'aide d'une balance analytique. Ensuite, environ 5 g de fromage y sont introduits, et une seconde pesée est réalisée. Le creuset est ensuite placé dans un four à moufle réglé à 500 °C pendant 5 heures, jusqu'à l'obtention de cendres blanches ou gris clair. À l'issue de l'incinération, le creuset est transféré dans un dessiccateur afin d'être refroidi, puis une pesée finale est effectuée (ISO 936:1998, NA 15042 ; ISO, 1998; Institut Algérien de Normalisation, 2015)

Le résultat est calculé selon la formule : $MM (\%) = ((P3 - P1) / (P2 - P1)) \times 100$

Avec P1 : le poids de capsule vide ; P2 : le poids de la capsule +poids de fromage avant incinération ; P3 : le poids de la capsule plus celui du fromage après incinération et dessiccation.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière minérale.

2.2.5 Matière grasse

Tout d'abord, une quantité de 3 g de fromage broyé est introduite dans un butyromètre. Ensuite, 16 ml d'acide sulfurique à une concentration de 65% sont ajoutés, et le mélange est délicatement agité jusqu'à dissolution complète du fromage. Puis, quelques gouttes d'alcool isoamylique sont incorporées, et le butyromètre est fermé puis remué doucement. Après cette préparation, le dispositif est soumis à une centrifugation pendant 5 minutes. Enfin, une fois la centrifugation terminée, le butyromètre est placé dans un bain-marie à 65 °C pendant 5 minutes, et la lecture est effectuée directement sur l'échelle graduée (ISO 3433:2008, NA 3433).

2.2.6 Protéines

La teneur en azote total du fromage a été déterminée par la méthode de Kjeldahl. Après broyage homogène de l'échantillon et séchage à l'aide d'un incubateur pendant 3h, une prise d'essai de 1 g est introduite dans un tube Kjeldahl, 15 ml d'acide sulfurique concentré sont ajoutés, ainsi qu'un (1g) de catalyseur(K₂SO₄ 4g+ CuSO₄). Le mélange est soumis à une digestion dans un bloc de minéralisation à 420 °C jusqu'à obtention d'une solution claire de couleur vert pâle ou bleuâtre.

Matériel & Méthodes

Après refroidissement, environ 50 ml d'eau distillée sont ajoutés, puis l'ensemble est transféré dans un appareil de distillation. À ce mélange, 50 ml de soude (NaOH à 40 %) sont incorporés afin de rendre le milieu alcalin. L'ammoniac libéré est recueilli dans un erlenmeyer contenant 25 ml d'acide borique ($\approx 4\%$) et quelques gouttes d'indicateur. Enfin, la solution est titrée par une solution d'acide chlorhydrique (HCl à 0,1 N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante, indiquant le point final de la réaction. Cette méthode est réalisée conformément à l'ISO 8968-1:2014, correspondante à la norme algérienne NA 174 relative à la détermination de l'azote Kjeldahl dans les produits laitiers. (ISO, 2014; NA, 2015).

Calcul d'azote

$$N\% = \frac{(Ve - Vb) \times N \times 14 \times 100}{m \times 1000}$$

Où Ve : volume HCL échantillon (ml) ; Vb : volume HCL blanc ; N : normalité HCL ; m : masse échantillon (g)

Protéines pour les produits laitiers :

Protéines en matière sèche (%) = $N \times 6.38$

Le facteur 6.38 de conversion azote-protéines pour le lait

Afin d'exprimer les résultats en matière fraîche, il faut corriger avec la teneur en MS du fromage : **Protéines (MF) (%) : (Prot (MS) X MS (%)) / 100**

2.3 Analyse microbiologique

Par rapport au contrôle microbiologique, 11 groupes et espèces ont été visées soit pour le dénombrement et la détection (présence / absence)

2.3.1 Préparation de suspension mère

Une quantité de 10 g de fromage est introduite dans 90 ml d'eau peptonée stérile (dilution 10^{-1})

2.3.2 Préparation des dilutions

À partir de la dilution 10^{-1} , un volume de 1 ml est transféré dans 9 ml d'eau physiologique stérile afin d'obtenir une dilution de 10^{-2} , et ainsi de suite.

Les analyses microbiologiques ont été réalisées conformément aux normes ISO. Les protocoles suivants ont été utilisés pour le dénombrement des bactéries aérobies mésophiles et la recherche des coliformes, d'*Escherichia coli*, de *Staphylococcus aureus*, de *Salmonella* et de *Listeria monocytogenes*, les normes ISO 4833, ISO 4832, ISO 16649, ISO 6888, ISO 6579 et ISO 11290.

2.3.3 Flore totale et technologique

2.3.3.1 Flore aérobie mésophile

Après désinfection de la surface de travail à l'alcool et établissement d'une zone stérile à l'aide d'un bec Bunsen, et selon une charge attendue, 1 ml de la dilution 10^{-4} est transféré dans une boîte de Petri. Le milieu de culture PCA est ensuite ajouté, en homogénéisant par rotation douce, puis laissé à solidifier à température ambiante. Une seconde couche mince de milieu est versée et laissée à solidifier de la même manière. La même procédure est appliquée pour les dilutions 10^{-5} et 10^{-6} . Les boîtes ainsi préparées sont incubées à 30 °C pendant 72 heures. La lecture s'effectue principalement à 72 heures.

2.3.3.2 Bactéries lactiques

À l'aide d'une micropipette, 1 ml des dilutions 10^{-5} et 10^{-6} a été prélevé et déposé dans une boîte de Petri. Environ 20 ml de milieu MRS, maintenu à 45 °C, ont ensuite été ajoutés. Le mélange a été homogénéisé par des mouvements en forme de huit afin d'assurer une répartition uniforme de l'inoculum. Les boîtes ont ensuite été incubées en conditions anaérobies, à 30 °C, pendant une durée de 48 à 72 heures. La première lecture s'effectue souvent à 48 heures si les colonies sont déjà bien visibles et dénombrables ; et la finale à 72h pour permettre le développement des colonies plus lentes.

2.3.3.3 Lactocoques

L'ensemencement a été effectué en masse à partir des dilutions 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-5} dans le milieu M17. Les boîtes ont ensuite été incubées à 30 °C pendant une durée de 48 heures. La lecture s'effectue à 24 heures si les colonies sont bien développées si non à 48 h pour la lecture finale.

2.3.3.4 Levures et moisissures

Après avoir versé le milieu Sabouraud dans une boîte de Petri et l'avoir laissé sécher, 0,1 ml provenant des dilutions 10^{-4} et 10^{-5} ont été prélevées à l'aide d'une pipette Pasteur et déposées à la surface du milieu. Un témoin a été également préparé. Les boîtes de Petri ont ensuite été incubées à 25 °C pendant une durée de 5 jours. La lecture s'effectue toutes les 24 heures.

2.3.4 Indicateurs d'hygiène

2.3.4.1 Coliformes totaux

Un ensemencement en masse a été réalisé à l'aide d'une micropipette : 1 ml des dilutions 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-5} ont été prélevés et déposés dans des boîtes de Petri stériles. Environ 20 ml de milieu VRBL ont ensuite été ajoutés, maintenus à une température adéquate pour le coulage. Le mélange a été homogénéisé par des mouvements en forme de huit afin d'assurer une répartition uniforme de l'inoculum. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37 °C pendant une durée de 24 à 48 heures. La première lecture s'effectue à 24 heures.

2.3.4.2 Coliformes fécaux

Une quantité de 1 ml des dilutions 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-5} a été prélevée dans des boîtes de Pétri, puis le milieu MacConkey y a été ajouté. Après avoir effectué un mouvement en huit pour homogénéiser, les boîtes ont été laissées à sécher puis incubées à 44 °C pendant 24 à 48 heures. La première lecture s'effectue à 24 heures.

2.3.4.3 *E. coli*

Après avoir déposé un volume de 0,1 ml des dilutions 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} un volume de milieu MacConkey est ajoutée. L'ensemencement est homogénéisé par un mouvement en forme de huit afin d'assurer une répartition uniforme. Les boîtes sont ensuite laissées à sécher, puis incubées à 44 °C pendant 24 heures.

La confirmation a été réalisée après l'apparition des colonies : une colonie a été transférée à l'aide d'une anse de platine dans un tube contenant de l'eau peptonée, et incubée pendant 18 à 24 heures à 44 °C. Ensuite, le réactif de Kovacs a été ajouté. La formation d'un anneau rouge a indiqué un test indole positif, confirmant la présence d'*E. coli*.

2.3.5 Espèces pathogènes

2.3.5.1 *Staphylococcus aureus*

Le milieu Chapman a été coulé dans les boîtes de Petri et laissé à sécher. Ensuite, 0,1 ml des dilutions 10^{-1} , 10^{-2} et 10^{-3} a été ajouté à l'aide d'une pipette Pasteur. L'inoculum a été réparti uniformément à la surface du milieu à l'aide d'un étaloir, puis les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Pour la confirmation de *Staphylococcus aureus*, deux tests ont été réalisés :

Test de la coagulase : quelques gouttes de plasma sanguin ont été déposées sur une lame, puis une colonie a été ajoutée et bien mélangée. La formation d'un agglutinat indique une réaction positive.

Test de la catalase : quelques gouttes de peroxyde d'hydrogène ont été déposées sur une lame contenant une colonie. L'apparition de bulles traduit une réaction positive

2.3.5.2 *Salmonella* spp.

Le pré-enrichissement a été réalisé par la mise de 25 g de fromage dans 225 ml d'eau peptonée, incubés à 37 °C pendant 18 à 24 heures. L'étape d'enrichissement a consisté à transférer 0,1 ml du pré-enrichissement dans 10 ml de bouillon RVS, mélangé délicatement puis incubé à 44 °C pendant 24 heures.

L'isolement a été effectué sur milieu SS, Le milieu avait été préalablement coulé et laissé se solidifier. Ensuite, à l'aide d'une anse de platine, des stries ont été réalisées à la surface du milieu, puis les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 heures.

Les colonies de Salmonella se caractérisent par leur aspect transparent avec un centre noir (résultant de la production de H₂S), de taille moyenne (2 à 4 mm), ainsi que par des bords lisses.

2.3.5.3 *Listeria monocytogenes*

Le pré-enrichissement a été réalisé par la mise de 25 g de fromage dans 225 ml de bouillon demi-Fraser, incubés à 30 °C pendant 24 heures. L'étape suivante a consisté à transférer 0,1 ml du bouillon demi-Fraser dans 10 ml de Fraser complet, puis incubé à 30 °C pendant 24 heures.

Matériel & Méthodes

L'isolement a été effectué sur milieu PALCAM, préalablement coulé et solidifié. Une strie a été réalisée à la surface du milieu à partir du bouillon Fraser complet, puis les boîtes ont été incubées à 30 °C pendant 24 à 48 heures

Après l'apparition de colonies grises ou noires avec un halo rouge, la confirmation est réalisée par des tests tels que le test de la catalase et la coloration de Gram.

2.3.5.4 *Clostridium* spp.

Après avoir placé un ml de la dilution 10^{-1} à 10^{-2} dans les tubes, celui-ci est exposé à 80 °C pendant 10 min. Ensuite, 15 ml de milieu VF sont ajoutés, laissé à sécher, puis incubé pendant 16-24 h à 37 °C. La confirmation est effectuée par réalisation d'une coloration de Gram.

2.4 Analyse organoleptique

L'évaluation sensorielle des fromages constitue une étape essentielle pour évaluer leur qualité sensorielle et leur acceptabilité par les consommateurs.



Figure 2: Evaluation sensorielle des quatre types de fromage *El gafs*

L'analyse organoleptique a été effectuée par un panel de 19 dégustateurs évaluant quatre types de fromages (BR, BC, CR, CC) selon neuf attributs hédoniques notés sur une échelle structurée à 9 points (de 1 = « extrêmement désagréable » à 9 = « extrêmement agréable »).

Les panélistes ont été préalablement informés du lieu et de l'horaire d'analyse avec consigne d'être à jeun (sauf de l'eau), et d'éviter de fumer pendant au moins une heure avant la dégustation. Les quatre échantillons ont été codés de manière anonyme (BC, BR, CC, CR) et soumis à l'évaluation des dégustateurs en aveugle, afin d'écarter tous biais liés à la connaissance

préalable du type de fromage. L'éclairage normalisé (ISO 8589), salle neutre, 20 ± 2 °C, sans communication entre sujets. Un rinçage de la bouche à l'eau ainsi qu'une prise de pain entre chaque échantillon ont été réalisés.

2. 5. Analyses statistiques

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'analyse descriptive et inférentielle (analyse de la variance et des tests de comparaison afin de tester l'existence de différences significatives entre les quatre variétés de fromage en utilisant le logiciel R version 4.6.0.

A light red oval with a thin dark border, centered on the page. Inside the oval, the text 'Résultats & Discussion' is written in a bold, black, serif font, arranged in two lines.

Résultats & Discussion

3 Résultats & Discussion

1 Analyses physicochimiques

Six paramètres ont été évalués pour ce type d'analyses en triplicate. Le tableau 01 ci-dessous présente les moyennes arithmétiques accompagnées de leurs écarts-types, permettant de caractériser chaque catégorie de fromage.

Tableau01: Paramètres physicochimiques des différentes variétés du fromage.

Fromage/ Paramètre	pH	Acidité (D)	MS (%)	MG (%)	MM (%)	Prot (%)
CR	5,47±0,04 ^a	8±2,49 ^c	49,94±2,98 ^b	17,43±3,46 ^a	2,32±1,32 ^a	18,44±1,62 ^c
CC	3,80±0,32 ^b	10,53±0,83 ^{bc}	51,71±2,62 ^b	18,5±3,04 ^a	2,81±0,13 ^a	31,24±1,14 ^b
BR	5,88±0,11 ^a	16,13±0,61 ^a	61,37±2,16 ^a	6,67±3,69 ^b	2,78±0,87 ^a	38,93±0,82 ^a
BC	5,62±0,05 ^a	12,53±1,62 ^{ab}	52,74±4,81 ^b	14,33±3,06 ^{ab}	3,89±1,56 ^a	32,60±4,07 ^b
Sig.	***	**	*	**	Ns	***

Les lettres a, b et c différentes dans la même colonne sont significativement différentes au seuil de $p < 0,05$ selon le test de Tukey. *** $p < 0,001$ (très hautement significatif), ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, ns : non significatif.

1.1 pH

L'analyse montre une différence hautement significative entre les types de fromages en raison de la forte acidité d'une variété. Le fromage BR a affiché l'acidité active relativement faible. À l'opposé, le fromage CC présente un profil d'acidification extrême (pH 3,80) qui est significativement différent de tous les autres groupes, caractéristique d'une fermentation lactique très poussée ou d'une technologie de type caillé acide (FAO., 1995). Les fromages BC et CR présentent des pH modérément acides. Les valeurs de pH obtenue dans cette étude sont inférieures aux résultats d'une étude menée sur le fromage traditionnel *Aro* du Mexique réalisé par **González et al. (2018)** estimée entre $5,93 \pm 0,18$ et $6,28 \pm 0,22$. La source de ce pH dans les trois fromages peut revenir aux charges des bactéries lactiques développées au sein du fromage ou du lait (**González et al., 2018**). Structurellement; un fromage de texture friable pourrait être une conséquence d'un abaissement de pH moins de 4, alors que l'augmentation de pH à plus de 6, donne une structure trop molle (**Bounaama, 2024**).

1.2 Acidité titrable

L'acidité s'oscille entre 8 °D (CR) et 16,13°D (BR) pour les quatre échantillons. BR représente la valeur la plus élevée en acidité 16,13±0,61 °D. L'analyse *post-hoc* montre que certaines paires de fromages diffèrent significativement, tandis que d'autres présentent des valeurs intermédiaires statistiquement similaires. Toutes les valeurs enregistrées sont inférieures à celles de l'étude de **Belhadj Amara (2023)** sur le Camembert (17 et 21°D). Cette variation des valeurs peut être attribuer au taux des protéines et minéraux, ainsi la présence d'acide organique et acide citrique (**Bechlem et Betatache, 2018**). L'acidité a une influence directe sur plusieurs paramètres; la coagulation de lait, un facteur limitant dans la croissance bactérienne notamment les espèces pathogènes, induit la dissolution du phosphate de calcium colloïdal, ce qui influence la sensibilité des caséines et peut influencer la qualité de fromage (**Fox et al., 2017**).

1.3 Matière sèche

Le taux d'extrait sec total est un indicateur crucial du rendement et du type de technologie (pâte pressée vs pâte molle). Le fromage BR se détache significativement avec un taux de MS dépassant les 61 %, indiquant une matrice fortement déshydratée ou concentrée. Les trois autres fromages (BC, CC, CR) forment un bloc statistiquement homogène, typique de produits à humidité plus importante. Le type CR le plus pauvre en MS (49,94%) est le plus proche du *Jben* (45,77%) étudié par **Boumediene et al. (2025)**. Les variations observées dans la teneur en matière sèche entre les échantillons pourraient s'expliquer principalement par la composition du lait en termes de protéines, de matières grasses (**Freitas et al., 2017**).

1.4 Matière minérale

D'après le tableau 01 le fromage à base du lait bovin enrobé de camomille (BC) présente le type le plus riche en cendres avec un taux atteignant 3,89±1,56%, ce qui est proche de la teneur en minéraux dans le fromage *Tchoukou* étudié par **Alio sanda et al. (2025)** estimée à 3,8%. **Boumediene et al. (2025)** ont enregistré une teneur de 3% pour le *Jben*. Statistiquement; la différence entre les 4 types n'est pas significative. **Fox et al. (2017)** ont confirmé que l'origine et la composition de lait de la production influe la composition de fromage en terme de calcium.

1.5 Protéines

La fraction protéique est le paramètre le plus discriminant après la MS, les protéines présentes dans le fromage déterminent le degré de leur solidité (**Coulombe, 2023**). Le fromage BR présente une concentration protéique exceptionnelle (~39 %), ce qui, corrélé à sa forte MS, définit une structure de type "matrice protéique dense". À l'inverse, le fromage CR ($18,44 \pm 1,62\%$) présente la teneur la plus basse, presque moitié moindre que celle des variétés BC et CC. **Kamal Mohammed (2025)** a trouvé des teneurs de 19 à 24 % en protéines pour le fromage blanc à pâte molle. Le lait bovin est plus riche en protéines (caséines) par contre le lait de chèvre représente une valeur moins dans ces dernier (**Lapointe-Vignola, 2002**), cela peut expliquer la teneur élevée en protéines des fromages fabriqués à partir de lait de vache (BR) par rapport à celui fabriqué à partir de lait de chèvre.

1.6 Matière grasse

La distribution des lipides sépare nettement le panel en fonction de la richesse en matière grasse. L'échantillon BR représente le type le plus pauvre en termes de matière grasse avec une valeur de $6,67 \pm 3,69\%$. Une moyenne de 15.69% de MG a été enregistré par **Kamal Mohammed (2025)** pour le fromage blanc à pâte molle. Nos échantillons sauf le type BR représentent une teneur de matière grasse supérieure à celle du j'ben (5,88 et 8,25 %) étudié par **Bounaama (2024)**. Les variations entre les quatre variétés en matière grasse et en protéines peuvent être liées à la qualité du lait, laquelle dépend de plusieurs facteurs, tels que la race de l'animal, le type d'alimentation (pâturage, stabulation ou mixte), la supplémentation alimentaire et l'état de santé des animaux (**González et al., 2018**). Elles peuvent être lié à l'étape d'égouttage lors de la fabrication des fromages qui affecte le passage de matière grasse (**Djemal et al., 2023**).

Plusieurs facteurs clés influençant les paramètres physicochimiques :

- **L'origine et la nature du lait (espèce et race) :** La composition chimique du lait (protéines, caséines, matières grasses) varie significativement selon l'espèce animale (vache, chèvre, brebis) et la race (**Alio sanda et al., 2025 ; Djemal et al., 2023 ; Nafti et al., 2024 ; Tadjine et al., 2019**). Par exemple, le lait de chèvre contient souvent plus de matières grasses et de protéines que le lait de vache dans certaines régions (**Tadjine et al., 2019**).

- **L'alimentation et le stade de lactation** : Le régime alimentaire de l'animal et son stade de lactation influencent directement la teneur en matières grasses et en protéines. (**Alio sanda et al., 2025 ; Djemal et al., 2023 ; Nafti et al., 2024**). La saison joue également un rôle, modifiant la disponibilité des aliments et les performances des animaux (**Djemal et al., 2023 ; Boumediene et al., 2025**).
- **Les traitements technologiques** (Pasteurisation et Homogénéisation): La pasteurisation peut modifier la structure des protéines et des enzymes (**Djemal et al., 2023 ; Tadjine et al., 2019**). L'homogénéisation stabilise l'émulsion de la matière grasse en réduisant le diamètre des globules gras (**Belhadj Amara, 2023 ; Djemal et al., 2023**).
- **Le procédé de fabrication (Coagulation et Égouttage)** : Le type de coagulant (présure animale, végétale comme *Cynara cardunculus*, ou agent acide) influence la texture et la rétention des nutriments (**Belhadj Amara., 2023 ; Nafti et al., 2024 ; Tadjine et al., 2020**). L'égouttage est crucial : il détermine l'extrait sec final et l'humidité en séparant le lactosérum du caillé, ce qui concentre les protéines et les graisses (**Belhadj Amara, 2023 ; Djemal et al., 2023**).
- **L'activité fermentaire et l'affinage** : La transformation du lactose en acide lactique par les **bactéries lactiques** augmente l'acidité titrable et abaisse le pH (**Djemal et al., 2023 ; Mohamedi et Messaoudi., 2018 ; Nafti et al., 2024**). Durant l'affinage, la protéolyse et la lipolyse dégradent les protéines et les graisses, modifiant la consistance et la saveur (**Belhadj Amara, 2023 ; Mohamedi et Messaoudi, 2018**).
- **L'ajout d'ingrédients (herbes et aromes)** : L'incorporation d'herbes comme le basilic peut abaisser le pH et augmenter l'acidité en raison de la présence de polyphénols et d'acides organiques (**Nafti et al., 2024**).

L'effet des paramètres physicochimiques sur la qualité microbiologique du fromage n'est pas négligeable ; ils agissent comme des barrières ou des moteurs pour la croissance microbienne:

Rôle protecteur de l'acidité (pH) : Un pH bas (acide) est un facteur déterminant pour inhiber la croissance de la plupart des micro-organismes pathogènes comme *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et les coliformes fécaux (**Benlahcen et al., 2017 ; Herrera et al., 2025 ; Medjoudj et al., 2020**). Un pH supérieur à 5,0 est souvent considéré comme créant des conditions idéales pour le développement des pathogènes (**Herrera et al., 2025 ; Boumediene et al., 2025**).

Influence de l'activité de l'eau (Aw) et de l'humidité : Une teneur élevée en eau favorise la multiplication des micro-organismes (Djemal *et al.*, 2023). À l'inverse, une faible activité de l'eau, typique des fromages secs comme le Klila, limite la contamination microbienne en restreignant l'eau disponible pour les réactions métaboliques (Benlahcen *et al.*, 2017 ; Djemal *et al.*, 2023).

Disponibilité des nutriments: Les protéines et les glucides (lactose) servent de substrats nutritifs. Si leur présence favorise la prolifération des bactéries lactiques utiles, elle peut aussi soutenir des flores d'altération si les conditions d'hygiène ne sont pas respectées. (Djemal *et al.*, 2023 ; Mohamedi et Messaoudi., 2018).

Action du sel : Le salage réduit l'activité de l'eau et exerce une action sélective, inhibant certains germes indésirables tout en permettant le développement de flores tolérantes au sel nécessaires à l'affinage (Belhadj Amara., 2023 ; Djemal *et al.*, 2023).

Interactions microbiennes: La modification continue du milieu (Aw, pH, nutriments) au cours des étapes de production entraîne une croissance séquentielle des groupes microbiens, où les flores lactiques finissent souvent par dominer et stabiliser l'écosystème fromager contre les agents d'altération (Saidane *et al.*, 2021).

2 Analyses microbiologiques

Afin de détecter les micro-organismes à l'origine des problèmes de qualité des fromages et dénombrer la flore naturelle, des analyses microbiologiques ont été réalisées sur quatre types de fromage *El Gafs*, les résultats sont présentés par le tableau 02.

Tableau 2: Contrôle microbiologique des variétés du fromage.

Germes	Charge BC (UFC/g)	Charge BR (UFC/g)	Charge CC (UFC/g)	Charge CR (UFC/g)
FTAM	$5,63 \times 10^7$	$9,20 \times 10^7$	$2,54 \times 10^8$	$5,85 \times 10^7$
Levures et moisissures	$2,10 \times 10^7$	$3,77 \times 10^6$	$1,72 \times 10^8$	$5,70 \times 10^7$
Lactocoques	$4,17 \times 10^6$	$5,97 \times 10^7$	$8,30 \times 10^6$	$1,08 \times 10^7$
Coliformes totaux	$2,95 \times 10^6$	$1,55 \times 10^5$	$2,68 \times 10^6$	$2,75 \times 10^5$
Bactéries lactiques	$3,73 \times 10^6$	$7,03 \times 10^7$	$1,22 \times 10^8$	$8,20 \times 10^7$
Coliformes fécaux	$8,55 \times 10^5$	$2,68 \times 10^4$	$3,10 \times 10^4$	$1,87 \times 10^4$
<i>Escherichia coli</i>	$3,95 \times 10^4$	$2,50 \times 10^5$	$5,80 \times 10^4$	$2,35 \times 10^5$
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-	-
<i>Salmonella spp.</i>	-	-	-	-
<i>Clostridium spp.</i>	-	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	-	-	-	-

CR : caprin /rose, CC : caprin/camomille, BR : bovin/rose, BC : bovin/camomille UFC/g : Unité Formant Colonie par gramme, + : presence, - : absence

2.1 Flore totale et technologique

2.1.1 Flore totale aérobie mésophile

D'après le tableau 01, les quatre types de fromage présentent des charges en FTAM très élevées, comprises entre $5,63 \times 10^7$ UFC/g (BC) et $2,54 \times 10^8$ UFC/g (CC). Ces valeurs sont élevées et traduisent une flore microbienne abondante caractéristique des fromages artisanaux au lait cru (figure 3). Le fromage caprin avec camomille (CC) présente la charge la plus élevée, suivi du fromage bovin avec roses (BR).

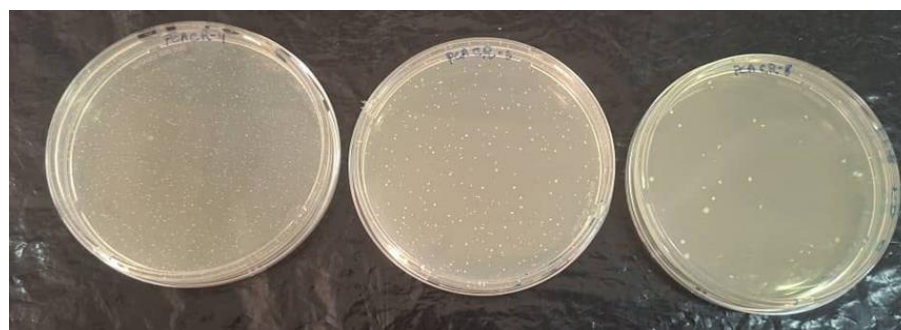


Figure 3 : Boîtes de Pétri pour le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile sur milieu PCA.

La charge en bactéries aérobies mésophiles a atteint $6,3 \times 10^6$ UFC/g en *Jben* étudié par **Benzekri et al. (2024)**. Ces valeurs reflètent l'abondance de la flore microbienne naturelle du lait **Hamiroune et al. (2014)**, associée au processus de fermentation fromagère. Elles sont attendues dans des fromages artisanaux à base de lait cru, où la flore totale est intimement liée à la richesse microbienne qui pourrait être attribuée aux bactéries lactiques naturellement présentes dans le lait cru et impliquées dans la fermentation. Pour **Temelli et al. (2006)**; la cuve à fromage, la toile à fromage et le couteau à caillé peuvent être des sources de contamination par les bactéries aérobies mésophiles totales.

2.1.2 Levures et moisissures

Les charges en levures et moisissures varient considérablement entre les échantillons : de $3,77 \times 10^6$ UFC/g (BR) à $1,72 \times 10^8$ UFC/g (CC). Le fromage (CC) présente les niveaux les plus élevés (figure 4). Ces valeurs sont considérées importantes par rapport à celle estimée dans le fromage *Cabra del Guadarrama* ($5,74 \times 10^2$ UFC/g) étudié par **Herrera et al. (2025)**. Quant au fromage *Adghess*, la concentration a atteint $4,6 \times 10^2$ UFC/g ce qui pourrait être dû au taux d'humidité présente dans le fromage (**Derouiche et al., 2023**). Toutefois, les niveaux observés dans CC et CR ($5,70 \times 10^7$) méritent une surveillance. Pour nos échantillons, les moisissures peuvent être liées aux plantes de camomille, des roses et d'alfa utilisées pour l'enrobage des fromages. Ils pourraient constituer une source potentielle de contamination. **Temelli et al. (2006)** suggèrent que l'air de la chambre froide et de la salle de production comme sources de contamination. La charge élevée en moisissures, dans les échantillons de fromages, peut être due à leur tolérance au pH acide et/ou une faible activité de l'eau (**Menassel, 2019**).

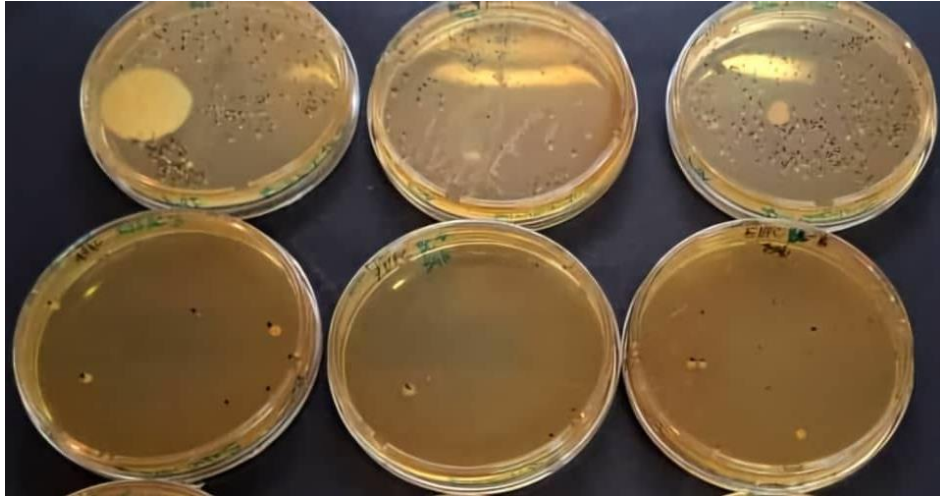


Figure 4: Boîtes de Pétri utilisées pour le dénombrement des levures et moisissures sur milieu Sabouraud.

La prolifération de moisissures sur le fromage pose à la fois un problème de qualité et de sécurité alimentaire, et entraîne parfois des pertes économiques importantes. Plusieurs genres de moisissures peuvent détruire le fromage ; cependant, en règle générale, seules quelques espèces fongiques prédominent sur un type de fromage donné. Le genre *Penicillium* est le plus répandu, suivi par *Aspergillus*. Les espèces de moisissures contaminant le fromage peuvent produire des mycotoxines, et certaines de ces toxines, telles que l'ochratoxine A, l'acide cyclopiazonique et la stérigmatocystine, se sont révélées stables dans des conditions de transformation normales. La principale source de contamination fongique est l'environnement des installations de production. Pour identifier la source de contamination, une identification au niveau de l'espèce ou à un niveau inférieur est nécessaire (Kure *et al.*, 2019). Par contre dans les fromages à pâte molle, une flore fongique modérée est normale voire souhaitée (ex. *Penicillium* pour les fromages à moisissures ; (Pedvriil., 2014). Différentes espèces de moisissures sont utilisées pour l'affinage de divers types de fromages (par exemple, le roquefort et le camembert), la production d'enzymes et la gestion des déchets laitiers (Awasti *et al.*, 2020).

2.1.3 Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques (LAB) constituent la flore technologique majeure des fromages. Les charges observées sont élevées : de $3,73 \times 10^6$ UFC/g (BC) à $1,22 \times 10^8$ UFC/g (CC). BR, CC et CR présentent des charges en LAB similaires et élevées ($\log_{10} \approx 7,85-8,09$), témoignant d'une fermentation lactique active.

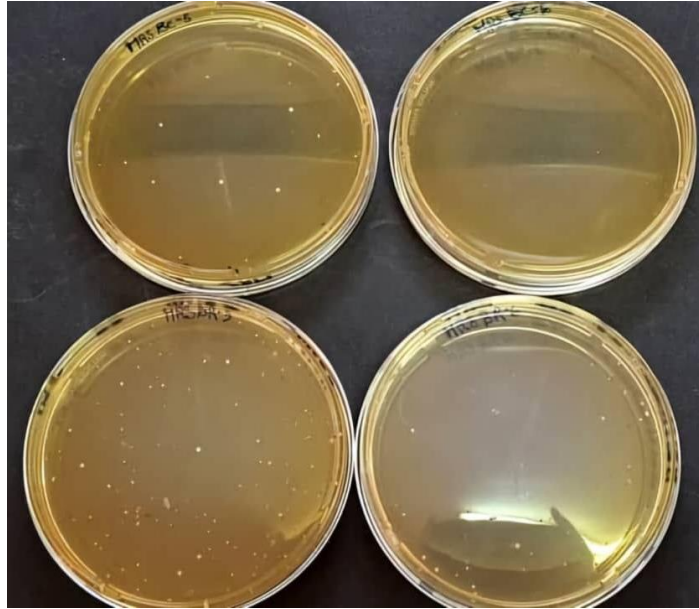


Figure 5: Boîtes de Pétri utilisées pour le dénombrement des bactéries lactiques sur milieu MRS.

La présence des bactéries lactiques dans le fromage pourrait s'expliquer par le fait qu'elles font partie de la flore naturelle du lait cru, qui est à l'origine de sa fermentation (**Herrera *et al.*, 2025**).

2.1.4 Lactocoques

Les lactocoques suivent une tendance similaire avec des charges entre $4,17 \times 10^6$ (BC) et $5,97 \times 10^7$ UFC/g (BR).

Les bactéries lactiques, qui colonisent le lait des animaux pendant la période d'allaitement, jouent un rôle important dans le lait cru. Elles servent de ferments dans ce dernier et contribuent à la fermentation des dérivés du lait tel que le fromage, le kéfir et le yaourt (**Li *et al.*, 2020**). Elles peuvent être utilisées comme ferments pour la fermentation fromagère en raison de leur capacité à libérer des protéases, des lipases ou des β -galactosidases, ce qui confère au fromage un goût, un arôme et une texture unique (**Juan *et al.*, 2016**). Au cours de la fermentation du fromage, les principales caractéristiques et fonctions des bactéries lactiques sont: la conversion du lactose du lait en monosaccharides de faible poids moléculaire, en galactose et en glucose, qui favorisent la formation de l'arôme du fromage (**Blaya *et al.*, 2018**); la dégradation des protéines en peptides et en acides aminés libres dans le fromage ; et la décomposition des lipides en acides gras (**Konkit et Kim, 2016**).

2.2 Indicateurs d'hygiène

2.2.1 Coliformes totaux

La présence de coliformes totaux à des niveaux élevés (BC : $2,95 \times 10^6$; CC : $2,68 \times 10^6$ UFC/g) constitue un signal d'alarme sanitaire majeur. Ces valeurs dépassent massivement la norme européenne de 1×10^3 UFC/g pour les fromages frais. Les fromages (BC et CC) présentent paradoxalement des charges plus élevées que leurs homologues. Pour le *Jben* étudié par **Benzekri et al. (2024)**, les coliformes ont été estimées à $1,44 \times 10^4$ UFC/g. La charge élevée peut être due à une contamination de la matière première (lait cru) qui est liée à l'ensemble des pratiques d'hygiène: entretien et lavage des mamelles, propreté du matériel de traite, nettoyage des étables et de la salle de traite, conditions d'hébergement et mouvements des animaux (**Kaouche-Adjlane et al., 2017**).

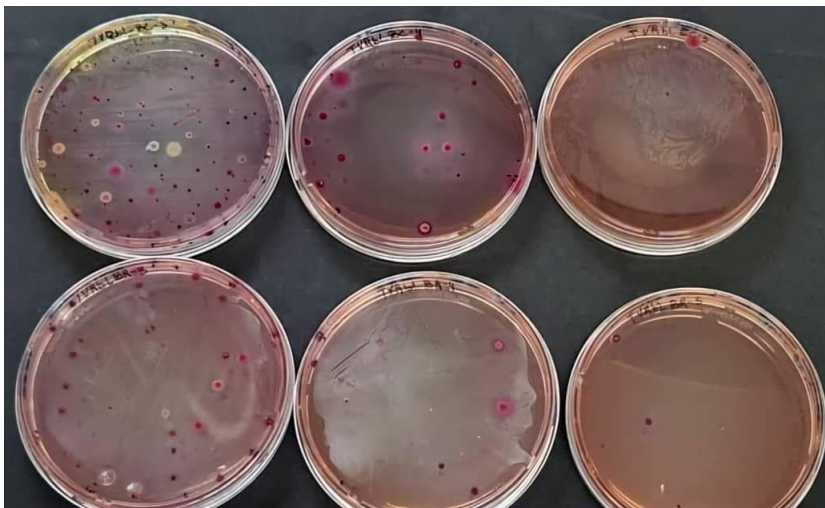


Figure 6: Boîtes de Pétri utilisées pour le dénombrement des coliformes fécaux sur VRBL.

2.2.2 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ont été également détectées dans toutes les variétés de fromage, la charge maximale ($8,55 \times 10^5$ UFC/g) a été enregistrée dans le fromage à base du lait bovin enrobé de camomille (BC). Elles se développent à $44,5 \text{ }^\circ\text{C}$, elles comprennent notamment *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter agglomerans*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae* et *Citrobacter freundii* (**Martin et al., 2016**).

Selon **Trmčić et al. (2016)**, la capacité des coliformes fécaux à se développer à des températures élevées n'a que peu de rapport avec leur origine fécale. Cependant, les coliformes fécaux sont considérés comme étant plus directement associés à la contamination fécale chez les mammifères que les autres membres du groupe des coliformes (**Doğan-Halkman et al., 2003**).

C'est pourquoi, dans l'Union européenne, en Nouvelle-Zélande et en Australie, le terme « coliformes fécaux » a été remplacé par celui de « coliformes thermotolérants », considéré comme un descripteur plus approprié de ce groupe de bactéries (Doyle *et al.*, 2006). Il convient de noter que, malgré les limites du test des coliformes comme indicateur spécifique de contamination fécale, les réglementations actuelles en matière de qualité des aliments et de l'eau à travers le monde reposent encore principalement sur les concentrations en coliformes. Ceux-ci constituent un indicateur couramment utilisé de la qualité hygiénique des aliments et de l'eau (Hammad *et al.*, 2022). Il convient de noter que la norme algérienne (JORA., 2017) relative au fromage ne prévoit pas de limite pour le nombre de coliformes fécaux.

2.2.3 *E. coli*

E. coli a été détecté dans les quatre types de fromage, avec des charges allant de $3,95 \times 10^4$ UFC/g (BC) à $2,50 \times 10^5$ UFC/g (BR). Ce qui était légèrement supérieur à la valeur observée dans le fromage *Sicilian Canestrato Fresco*, où elle atteignait $3,1 \times 10^3$ UFC/g. (Pisana *et al.*, 2025). Ces valeurs dépassent toutes les normes admissibles ($< 10^2$ UFC/g). La présence d'*E. coli* dans des fromages (BC, CC) est particulièrement préoccupante. *E. coli* thermotolérant est la bactérie principale parmi les coliformes fécaux et est considéré comme l'indicateur le plus fiable d'une contamination fécale, car cette bactérie est présente en grande quantité dans les selles des êtres humains et des animaux à sang chaud (Trmčić *et al.*, 2016 ; Metz *et al.*, 2020), la forte présence d'*E. coli* dans les échantillons a mis en évidence une possible contamination fécale lors de la collecte du lait ou de la fabrication du fromage (Hammad *et al.*, 2022).

E. coli est l'une des bactéries qui a des effets néfastes tant sur les espèces humaines que sur les espèces animales. Ainsi, elle peut altérer le lait cru, ainsi que d'autres produits laitiers (Lara *et al.*, 2016, Garbaj *et al.*, 2016). *E. coli* est classée en plusieurs types pathogènes : entéroagrégate, entérohémorragique/ *E. coli* productrice de toxine Shiga (STEC), entéroinvasive, entéropathogène, entérotoxigène et à adhésion diffuse (Jafari *et al.*, 2012).

2.4 Espèces bactériennes pathogènes

Par rapport aux espèces pathogènes, l'absence dans les limites analytiques de la méthode utilisée de *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* et des *Clostridium* spp a été remarquée. Des résultats pareils ont été constaté par Boumediene *et al.* (2025), Derouiche *et al.* (2023), Derouiche & Zidoune (2015), et Pisana *et al.* (2025) dans le *Jben*, *Adghess*, *Michouna*

et *Sicilian Canestrato Fresco* respectivement, ce qui peut être expliqué par l'acidité du fromage, ou à leurs destructions par des bactéries produisant des bactériocines, ou simplement à leurs absences totales dans les échantillons (**Alio Sanda et al. (2025)**, **Trmčić et al. (2016)**).

D'après **Hayaloglu (2016)**, les facteurs qui régulent la croissance des micro-organismes dans le fromage comprennent l'activité de l'eau, la concentration en sel, le potentiel d'oxydoréduction, le pH, le NO_3^- , la température et, peut-être, la production de bactériocines par certains micro-organismes. Ces facteurs sont appelés « barrières ». L'effet de chacune de ces barrières peut ne pas être significatif, mais leur action combinée permet d'exercer un contrôle considérable.

D'autres composés générés lors de la fabrication et de l'affinage du caillé, comme l'eau et les acides gras, inhibent également la croissance microbienne, mais les concentrations de ces composés produites par les ferments lactiques dans le fromage ne sont pas suffisamment élevées pour avoir un effet significatif sur les bactéries.

Les fromages analysés présentent une flore technologique abondante dominée par les bactéries lactiques, traduisant une fermentation active. Toutefois, les niveaux élevés de coliformes totaux, de coliformes thermotolérants et d'*E. coli* révèlent des insuffisances dans les conditions d'hygiène lors de la traite, de la transformation ou du conditionnement.

3 Analyses organoleptiques

Une analyse sensorielle a été effectuée par un échantillon de dégustateurs. Pour chaque attribut et chaque fromage, les données ont été résumées dans le tableau 3. Par la moyenne arithmétique (\bar{X}) et l'écart-type (S_x), permettant d'apprécier à la fois le niveau moyen de perception et la dispersion des réponses au sein du panel.

Tableau 3: résultats des analyses sensorielles des variétés du fromage

Paramètre	BC	BR	CC	CR	P-Value	Sig.
Aspect	8,05±1,02a	7,47±2,06ab	6,57 ±1,92ab	5,78 ±2,57b	0,01	*
Couleur	7,89±1,10a	7,78±1,13ab	7,21±1,75ab	6,42±2,41b	0,03	*
Odeur	7,05±2,14a	6,57±2,19ab	5,73±2,73ab	5,05±2,07b	0,04	*
Texture	7,42±1,42a	7,68±1,33a	6,63±2,08ab	5,21±2,65b	0,002	**
Fermeté	7,21±1,87a	7,26±1,66a	6,52±2,14ab	5±2,16b	0,002	**
Gout	7,15±1,54a	5,73±2,44a	5,68±3,40ab	3,52±2,59b	0,001	**
Acidité perçue	6,26±2,02	5,63±2,31	5,9±2,4	5,11±2,71	0,33	Ns
Saveur lactique	6,94±1,89a	5,84±2,27ab	5,9±3ab	4,32±2,43b	0,02	*
Acceptabilité	7,78±1,23a	6,73±1,85a	6,3±2,7a	4,21±2,62b	0,0001	***

CR : caprin /rose, CC : caprin/camomille, BR : bovin/rose, BC : bovin/camomille, ***: $p < 0,001$ — Différence très hautement significative, **: $p < 0,010$ — Différence hautement significative, *: $p < 0,050$ — Différence significative, ns: $p \geq 0,050$ — Pas de différence significative

L'appréciation globale et l'acceptabilité d'un produit par le consommateur sont liées au premier temp par les aspects visuels tel que la couleur, l'aspect général ainsi que l'aspect olfactif.

L'analyse de la variance a démontré, une différence significative entre les moyennes des notes attribuées aux paramètres aspect, couleur, odeur et saveur des fromages. Alors qu'elle est hautement significative pour la texture, la fermeté et le gout.

Par rapport au profil des fromages ; le type BC domine sur presque tous les axes sensoriels, notamment l'aspect et la saveur lactique. BR se distingue par une très bonne texture (7,68) mais un goût moins convaincant. CC présente des scores modérés et homogènes. La variété CR a obtenu les scores les plus bas pour presque tous les attributs et une faible cohérence a été remarquée entre panélistes (écart-type élevé pour le gout = 2,59), ce qui suggère une appréciation très variable selon les individus.

2.1 Couleur

Les dégustateurs ont davantage apprécié la couleur des fromages bovins que celle des fromages caprins. La couleur est l'un des attributs les plus importants que les clients remarquent en premier avant d'acheter un fromage ; elle influence leurs préférences et leur décision d'achat (Wadhvani & McMahan, 2012). Elle constitue également un indicateur des caractéristiques de

qualité du fromage, telles que la saveur, la salubrité et le degré de maturation (**Dufossé *et al.*, 2005**). La plupart des fromages présentent une couleur jaune beurre naturelle qui provient du bêta-carotène contenu dans le lait de vache, qui est un antioxydant liposoluble présent dans l'herbe qui contient un pigment jaune (**Prache *et al.*, 2019**). La couleur jaune s'intensifie lorsque le petit-lait est extrait du caillé. C'est pourquoi les fromages à plus forte teneur en matières grasses présentent une couleur jaune plus vive. Néanmoins, les fromages à base de lait de chèvre et de bufflonne sont blancs, car ces animaux ne stockent pas le bêta-carotène dans leur graisse, mais le transforment en vitamine A incolore (**Conboy Stephenson *et al.* (2021)**).

La couleur du fromage peut être affectée par les plantes d'enrobage (camomille, roses), liées aux pigments présents dans les deux plantes.

2.2 Aspect olfactif

Concernant les différences de point de vue odeur, les fromages d'origine caprin enrobé de camomille (CC) et de rose (CR) sont les moins notés ce qui peut être attribué à la matière grasse du lait. En effet, le lait de chèvre est riche en acides gras à chaîne courte et moyenne (notamment acide caproïque, caprylique et caprique), responsables des odeurs typiques dites « caprines » à l'inverse du lait bovin lequel en contient des concentrations beaucoup plus faibles de ces acides (**Park *et al.*, 2006**). L'enrobage à la camomille (BC et CC) confère une odeur florale douce et herbacée, due à la présence de composés aromatiques tels que les azulènes et les flavonoïdes, connus pour leurs propriétés odorantes (**Singh *et al.*, 2011**). À l'inverse, l'enrobage à la rose (BR et CR) apporte une odeur plus florale, sucrée et parfumée, associée à des composés volatils comme les monoterpènes et des phénylpropanoïdes, typiques des pétales de rose (**Adrar, 2023**)

2.3 Texture

Les fromages ont été regroupés en deux selon l'origine du lait (2 bovins et 2 caprins). Les fromages bovins (BC et BR) ont obtenu des scores de texture significativement plus élevés que le fromage CR. Une tendance similaire est observée pour la fermeté, les fromages bovins présentant les valeurs les plus élevées. Cette différence peut s'expliquer par la composition physico-chimique du lait ; le lait bovin est généralement plus riche en α 1-caséine, une fraction protéique essentielle dans la formation d'un réseau protéique dense et structuré, conférant ainsi une texture plus ferme et plus stable. À l'inverse, le lait caprin contient une proportion plus faible de cette caséine, ce qui conduit à un gel plus fragile et moins cohésif, expliquant une texture plus molle et friable (**Park *et***

al., 2006). Selon Fox *et al.* (2017), en plus des protéines, la teneur en matière grasse et plus précisément l'état physique liée à la température influence la texture du fromage, les matières grasses solides renforcent la structure du réseau de caséines alors que les matières grasses liquides agissent comme un lubrifiant, réduisant la fermeté et la résistance à la rupture du fromage. Ainsi, la comparaison par paire et l'analyse de variance montre que l'enrobage par les plantes n'influence pas la texture et fermeté.

La texture des fromages, incluant la fermeté, constitue un paramètre sensoriel majeur, étroitement lié à l'organisation du réseau de caséines ainsi qu'à la teneur et à la distribution de la matière grasse. (Lamichhane *et al.*, 2017). La texture est l'une des principales propriétés fonctionnelles utilisées pour distinguer les différents types de fromages. C'est également l'un des facteurs déterminants de la qualité globale du fromage, qui sera toujours prise en compte par les consommateurs (Antoniou *et al.*, 2000 ; Drake & Delahunty, 2017 ; Wendin *et al.*, 2000). La composition chimique du fromage, qui dépend principalement de la teneur initiale en humidité, en protéines, en matières grasses, en sels lactiques et du pH du lait utilisé, a une influence considérable sur la texture du fromage. La texture du fromage évolue également considérablement au cours de la conservation en raison du vieillissement, qui s'accompagne d'une protéolyse, d'une perte d'humidité, d'une absorption de sel, d'un changement de pH et de la dissolution lente du calcium résiduel associé aux particules de caséine (Lucey *et al.*, 2003). La dureté du fromage, qui dépend de la teneur en humidité et en matières grasses, est la capacité d'un fromage (à température ambiante ou à basse température) à résister à la déformation lorsqu'il est soumis à une force externe (Guinee *et al.*, 2002). Il a été constaté que plus la teneur en humidité est faible, ou plus la teneur en matières grasses est faible, plus le fromage est dur. Une faible teneur en calcium insoluble par rapport aux protéines ou un faible rapport caséine/matières grasses augmente également la dureté du fromage (Lucey, 2008). Pour obtenir un fromage en bloc, il faut une teneur en humidité plus faible, tandis que les fromages à pâte molle à tartiner contiennent une forte teneur en humidité. La composition des substituts de fromage détermine en grande partie leur texture, qui influe sur leur fonctionnalité (Lobato-Calleros *et al.*, 1997).

2.4 Gout

Dans cette étude, des variations du goût ont été observées en fonction de l'origine du lait. Les fromages caprins (CC et CR) se distinguent par un goût moins préféré, souvent décrit comme

typique et légèrement piquant, contrairement aux fromages bovins (BC et BR), qui présentent un profil gustatif plus doux et plus équilibré. Cette différence est principalement attribuée à la composition du lait (**Djouza, 2019**) notamment la fraction lipidique. En effet, le lait caprin se caractérise par une teneur élevée en acides gras à chaîne courte et moyenne, tels que les acides caproïque, caprylique et caprique, qui sont facilement libérés lors de la lipolyse et contribuent de manière significative au développement du goût caractéristique des fromages de chèvre. A l'inverse, le lait bovin contient des proportions plus faibles de ces acides gras volatils, ce qui explique un goût moins prononcé et plus doux (**Park et al., 2006**).

2.5 Acidité perçue

L'acidité est le seul paramètre pour lequel aucune différence significative n'a été détectée entre les quatre variétés, suggérant que ce paramètre est perçu de manière similaire indépendamment du type de lait ou du procédé de fabrication. En résumé, le type de lait (bovin > caprin) semble avoir un impact plus marqué sur l'appréciation sensorielle que le mode de fabrication (camomille vs roses), BC étant le profil le plus consensuel et le mieux noté. L'acidité provient principalement de la fermentation de lactose en acide lactique par les bactéries lactiques (**Olson, 1990**). Par rapport à l'enrobage par les plantes, **El Kolli et al. (2016)** ont trouvé que l'ajout de l'anis vert au fromage frais *Amir* n'a pas d'effet significatif sur l'acidité.

2.6 Saveur lactique

Concernant ce paramètre, la meilleure note a été attribuée au fromage bovin à la camomille (BC) composant seul un groupe. La saveur lactique constitue un des attributs sensoriels fondamentaux du fromage, étroitement liée à l'activité des bactéries lactiques et à la production d'acide lactique lors de la fermentation (**FAO, 2013**). Les fromages bovins, en particulier BC, ont présenté une saveur lactique plus appréciée par les dégustateurs. Ceci peut être attribuée à une organisation plus stable du réseau protéique et à des interactions distinctes entre les constituants du lait et les microorganismes impliqués dans la fermentation (**Park et al., 2017**). Selon **Olson (1990)**, les bactéries lactiques sont responsables du développement de la saveur du fromage incluant à la fois le goût et l'arôme, par protéolyse et production de composés volatils. Cependant, les coliformes présents dans le fromage peuvent provoquer un goût et une odeur désagréables pour les dégustateurs (**Laribi et al., 2009**).

2.7 Acceptabilité globale

Le fromage BC est le plus apprécié (moyenne de 7,78, soit "Très agréable"), suivi de près par BR et CC. Le fromage CR est significativement moins apprécié que tous les autres et c'est principalement ce fromage qui génère les différences significatives à l'ANOVA. Le type CC occupe une position intermédiaire, avec une variabilité interindividuelle élevée (écarts-types importants), reflétant une appréciation plus hétérogène du panel.

Les plantes utilisées dans l'enrobage des fromages tel que l'alfa (*Stipa tenacissima*) et la camomille (*Matricaria chamomilla* L.) sont des plantes d'intérêt fourragère pour les animaux. La camomille a des vertus thérapeutiques à travers ces propriétés biologiques telles que des effets antioxydants, antibactériens, antifongiques, antiparasitaires, insecticides, antidiabétiques, anticancéreux et anti-inflammatoires. Ces activités permettent l'application de *M. chamomilla* L. dans les domaines médical et vétérinaire, la conservation des aliments, la lutte phytosanitaire, ainsi que comme agent tensioactif et anticorrosif (Sohoo *et al.*, 2024). Des études sur l'effet de l'enrobage du fromage par ces plantes sur ces propriétés aromatiques et conservatoires et autres caractères méritent d'être objet de futures études.

Les propriétés organoleptiques du fromage ne sont pas le résultat d'un seul facteur, mais plutôt d'une combinaison de paramètres physico-chimiques et microbiologiques. Les paramètres physico-chimiques, tels que la teneur en protéines, la matière grasse et le pH (acidité), ont un effet direct sur la texture et le goût du fromage (Fox *et al.*, 2017), ainsi qu'un effet indirect sur l'activité des bactéries lactiques présentes. Ces bactéries entraînent des transformations biochimiques, telles que la fermentation, la protéolyse et la lipolyse, conduisant à la formation de composés responsables des arômes et des saveurs du fromage (Orianne., 2006).

En conclusion, le fromage est le résultat d'un enchaînement de processus physico-chimiques et microbiologiques, et toute modification de l'un de ces éléments peut entraîner des changements dans les caractéristiques sensorielles du produit final.



Conclusion

Conclusion

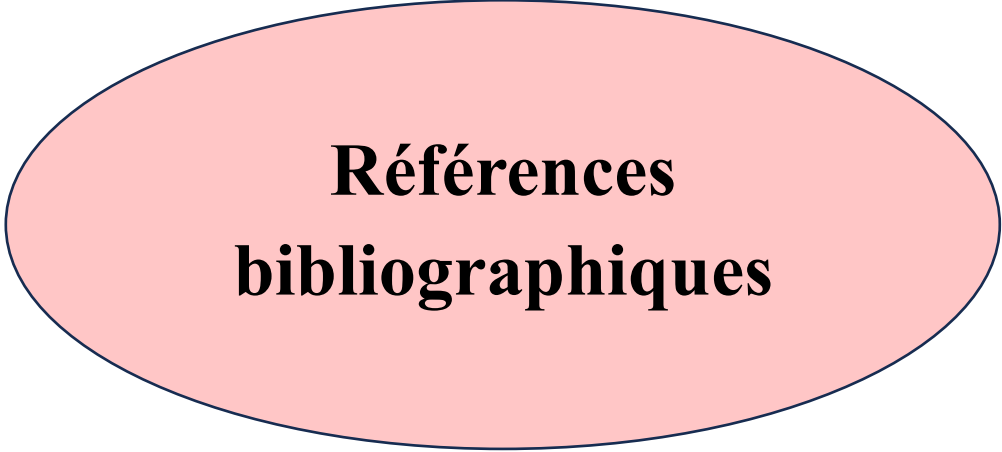
Cette étude a permis d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles des variétés du fromage traditionnel à pâte molle « *El Gafs* ». L'analyse des quatre types a révélé des variations notables des paramètres physico-chimiques tels que la teneur en matière sèche, en protéines et en matière grasse, traduisant l'influence de l'origine du lait et de sa composition sur les caractéristiques propres à chaque variété de fromage.

Sur le plan microbiologique, l'absence des principaux germes pathogènes recherchés suggère que les échantillons analysés présentent un niveau de sécurité microbiologique satisfaisant. Toutefois, la présence de coliformes indique certaines insuffisances hygiéniques qui nécessitent une vigilance particulière. Tous les échantillons présentent une charge microbienne totale relativement élevée ainsi qu'une abondante population de bactéries lactiques, responsables de la fermentation et du développement des qualités organoleptiques du fromage. Les coliformes ont été détectés dans les quatre types de fromage. Leur présence peut être liée à une contamination d'origine environnementale ou à des insuffisances dans les conditions d'hygiène lors de la traite, de la fabrication ou du stockage du lait et du fromage.

L'évaluation sensorielle, a montré que le fromage bovin avec camomille été le plus apprécié (moyenne de 7,78, soit "Très agréable"), suivi par BR, CC et CR. Les résultats sensoriels suggèrent également que la nature de l'enrobage végétal contribue à moduler certaines caractéristiques organoleptiques du fromage, notamment l'odeur, la saveur lactique et l'acceptabilité globale.

Dans l'ensemble, la qualité et la stabilité du fromage reposent sur l'équilibre entre ses paramètres physico-chimiques et sa flore microbienne. Le renforcement des mesures d'hygiène tout au long des étapes de production demeure indispensable pour réduire les risques de contamination par coliformes et d'assurer un produit à la fois sûr, conforme aux normes sanitaires et fidèle à son authenticité.

Les résultats de cette étude ouvrent la voie à de futures recherches visant à l'identification des souches lactiques présentes dans ces fromages traditionnels. L'obtention de cultures pures permettra leur caractérisation phénotypique et moléculaire ainsi que l'évaluation de leurs aptitudes technologiques, probiotiques et bioconservatrices.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

Abdel-Kader, A. S., Boubacar, A. O., Alio, A. A., & Haoua, S. S. (2025). Evaluation of the Physico-Chemical and Microbiological Quality of the Traditional Fromage" Tchoukou" Cheese Sold in Niamey. *Journal of Applied Life Sciences International*, 28(5), 177-185.

Acquavia, M. A., Villone, A., Rubino, R., & Bianco, G. (2025). Un examen complet des composants du lait: développements récents sur les méthodes d'extraction et d'analyse. *Molécules*, 30(9), 1994.

Adrar, I. (2023). Pourquoi aimons-nous tant le parfum de la rose?. Thèse de doctorat, Université Jean Monnet-Saint-Etienne. 204p

Aguirre-Garcia, Y. L., Nery-Flores, S. D., Campos-Muzquiz, L. G., Flores-Gallegos, A. C., Palomo-Ligas, L., Ascacio-Valdés, J. A., Sepúlveda-Torres, L., & Rodríguez-Herrera, R. (2024). Fermentation à l'acide lactique dans l'industrie alimentaire et bio-préservation des aliments. *Fermentation*, 10(3), 168

Akintan, O. A., Gebremedhin, K. G., & Uyeh, D. D. (2025). Linking animal feed formulation to milk quantity, quality, and animal health through data-driven decision-making. *Animals*, 15(2), 162.

Alio Sanda A., Boubacar, A. O., Alio, A. A., & Haoua, S. S. (2025). Evaluation of the Physico-Chemical and Microbiological Quality of the Traditional Fromage" Tchoukou" Cheese Sold in Niamey. *Journal of Applied Life Sciences International*, 28(5), 177-185.

Andrés-Lacueva, C., Medina-Rejon, A., Llorach, R., Urpi-Sarda, M., Khan, N., Chiva-Blanch, G., ... & Lamuela-Raventós, R. M. (2009). Phenolic compounds: chemistry and occurrence in fruits and vegetables. *Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry, nutritional value, and stability*, 53-88.

Antoniou, K. D., Petridis, D., Raphaelides, S., Omar, Z. B., & Kesteloot, R. (2000). Texture assessment of French cheeses. *Journal Food Science*, 65, 168–172.

Awasti, N., & Anand, S. (2020). The role of yeast and molds in dairy industry: An update. In *Dairy processing: advanced research to applications* (pp. 243-262). Singapore: Springer Singapore.

Bechlem, H., Betatache, A. (2018). Contrôle de qualité microbiologique et physicochimique des nouvelles marques de fromage fondu commercialisé dans la wilaya de Jijel. Mémoire de master, Université de Jijel. 67p.

Bekihal, A., Dahou, A. A., Doukani, K., Tahlaiti, H., & Tabet, K. (2025). Effect of Plant Coagulant Extract on Proteolytic Activity during Ripening of A Local Soft Cheese “J'ben Elgafs”. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 44(4), 542-547.

Belhadj amara, G. (2023). Essai de fabrication d'un fromage à pâte molle type « Camembert » avec des herbes. Analyses microbiologies physico-chimiques et sensorielles. Memoire de master. Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen. 34p.

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.

Benidir, M., Belkheir, B., & Bousbia, A. (2017). Cattle husbandry practices management adopted by dairy farmers in Eastern semi-arid region of Algeria: A study of Setif Area. *Indian Journal of Animal Research*, 54(1), 116-121.

Benkerroum, N. (2016). Biogenic amines in dairy products: origin, incidence, and control means. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 801-826.

Benlahcen, K., Mahamedi, A. E., Djellid, Y., Sadeki, I. F., & Kihal, M. (2017). Microbiological characterization of Algerian traditional cheese “Klila”. *J Purity Util React Environ*, 6, 1-9.

Benzekri, A., Benali, M., & Khelifi, H. (2024). Caractérisation microbiologique du fromage traditionnel Jben de Djelfa. *Revue des Produits Laitiers*, 31, 255–262.

Betoui, K. (2024). Contribution à la recherche de l'activité antioxydante de quelques extraits de camomille (*Matricaria chamomilla*). Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen).55p.

Blaya, J., Barzideh, Z., and LaPointe, G. (2018). Symposium review: interaction of starter cultures and nonstarter lactic acid bacteria in the cheese environment. *J. Dairy Scie.* 101, 3611–3629.

Boumediene, K., Bendimerad, N., Khiri, Z., Benamar, I., Anntar, A. C., & Moussa-Boudjemaa, B. (2025). Characterization of Jben: Microbiological and Physicochemical Analysis

of Traditional Raw Cow's Milk Cheese with Dried Lamb Rennet from Ain Sefra, Algeria. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 44(3), 356-361.

Bounaama, K. (2024). Potentiel inhibiteur du fromage J'ben. Thèse de doctorat. Université Abdelhamid ibn badis, Mostaganem. 189p.

Cimmino, F., Catapano, A., Petrella, L., Villano, I., Tudisco, R., & Cavaliere, G. (2023). Role of milk micronutrients in human health. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 28(2), 41.

Codex Alimentarius Commission. (2011). General standard for cheese (CODEX STAN 283-1978, Rev. 2011). Rome: FAO/WHO.

Conboy Stephenson, R., Ross, R. P., & Stanton, C. (2021). Carotenoids in milk and the potential for dairy based functional foods. *Foods*, 10(6), 1263.

Coulombe, K. (2023). Activité protéolytique de différentes espèces isolées du microbiote naturel des fromages du terroir québécois et mesure de l'impact d'isolats des genres *Lactilactobacillus* et *Lacticaseibacillus* sur la texture du fromage de type Cheddar. Mémoire de master. Université Laval, Québec. 86p.

Coulon, J. B., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., & Pirisi, A. (2004). Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: a review. *Le Lait*, 84(3), 221-241.

Davydovych, V., Shevchenko, L., Brovenko, T., Nesterenko, N., Altanova, A., Umanets, R., ... & Kovalenko, N. (2025). Microbiological changes in craft hard cheeses from raw goat milk during ripening with the use of mites *Acarus siro*. *SciFood*, 19, 176-191.

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

Derouiche, M., Fadhila, A., Elmechta, L., & Medjoudj, H. (2023). Characterization of the traditional cheese adghess produced from cow's milk. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 23(8), 24406-24422.

Djemal, I., Djeghar, S., & Chelabi, M.N. (2023). Etude du procédé de fabrication et contrôle de qualité de fromage à pâte molle du type camembert. Mémoire de Master. Université frères Mentouri Canstantine I. 87p.

Djouza, L. (2019). Caractéristiques phénotypiques des races caprines élevées en régions sahariennes. Cas des régions d'Ouargla et Biskra, Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla, 99p.

Djouza L., Gaouar, S.B.S., Gherrissi D. E. 2026. Dairy Animal Performances in Africa. Chapter in Management and Productivity of Dairy Animals under African Breeding Conditions. Ed. Springer, Cham. 383–430.

Doğan-Halkman, H.B.; Çakır, İ.; Keven, F.; Worobo, R.W.; Halkman, A.K. (2003). Relationship among fecal coliforms and *Escherichia coli* in various foods. *Eur. Food Res. Technol.*, 216, 331–334.

Doyle, M.P.; Erickson, M.C. (2006). The fecal coliform assay, the results of which have led to numerous misinterpretations over the years, may have outlived its usefulness. *Microbe*, 4, 162–163.

Drake, M. A., & Delahunty, C. M. (2017). Sensory character of cheese and its evaluation. In *Cheese* (pp. 517-545). Academic Press.

Dufossé, L., Galaup, P., Carlet, E., Flamin, C., & Valla, A. (2005). Spectrocolorimetry in the CIE L* a* b* color space as useful tool for monitoring the ripening process and the quality of PDO red-smear soft cheeses. *Food Research International*, 38(8–9), 919–924.

Durak-Dados, A., Michalski, M., & Osek, J. (2020). Histamine and other biogenic amines in food. *Journal of veterinary research*, 64(2), 281-288.

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 El Wahat pour les Recherches et les Études*, 9(2), 15–27.

Eulmi, H., Deghnouche, K., & Gherissi, D. E. (2023). Dairy cattle breeding practices, production and constraints in arid and semi-arid Algerian bioclimatic environments. *International Journal of Environmental Studies*, 81(3), 1238-1255.

Fassio, F., Facioni, M. S., & Guagnini, F. (2018). Lactose maldigestion, malabsorption, and intolerance: a comprehensive review with a focus on current management and future perspectives. *Nutrients*, 10(11), 1599.

FAO. (2026). Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Milk processing*. FAO. Retrieved March 13, 2026, from https://www.fao.org/dairy-production-products/processing/milk-processing/en?utm_source=copilot.com

FAO. (1995). Les laits fermentés. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine(chap.6). <https://www.fao.org/4/t4280f/t4280f0e.htm>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). Milk and dairy products in human nutrition. Rome: FAO.

Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017). Fundamentals of cheese science (2nd ed.). Springer (Vol. 1, p. 271). Boston, MA, USA.

Freitas, D.R., Souza, F.N., Fonseca, L.M., Ladeira, C.V.G., Santos, V.P.F., Diniz, S.A., Silva, M.X., Haddad, J.P.A., Cerqueira, M.M.O.P. (2017). Factor analysis as a tool to estimate association among individual proteins and other milk components with casein micelle size and cheese yield. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69(5),1319-1325.

Gänzle, M. G., Seifert, J., Weiss, J., & Zijlstra, R. T. (2025). Food Fermentation: an essential unit operation towards secure, sustainable, safe, and sustaining food systems. *Frontiers in Science*, 3, 1693920.

Garbaj, A.M., Awad, E.M., Azwai, S.M., Abolghait, S.K., Naas, H.T., Moawad, A.A., Gammoudi, F.T., Barbieri, I., Eldaghayes, I.M. (2016). Enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157 in milk and dairy products from Libya: Isolation and molecular identification by partial sequencing of 16S rDNA. *Vet World* 9:1184-9.

González, M.L., Sánchez, H.C., Franco, F.M.J., Güemes, V.N. and Soto, S.S. (2018). Physical, chemical and texture characteristics of Aro cheese. *Food Research* 2 (1): 61 - 67.

Gould, K. S. (2004). Nature' s swiss army knife: the diverse protective roles of anthocyanins in leaves. *BioMed Research International*, 2004(5), 314-320.

Guinee, T. P., Feeney, E. P., Auty, M. A. E., & Fox, P. F. (2002). Effect of pH and calcium concentration on some textural and functional properties of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 85(7), 1655–1669

Hamiroune, M., Berber, A., & Boubekour, S. (2014). Qualité bactériologique du lait cru de vaches locales et améliorées vendu dans les régions de Jijel et de Blida (Algérie) et impact sur la santé publique. *Ann. Méd. Vét*, 158(2), 137-144.

Hammad, A. M., Eltahan, A., Hassan, H. A., Abbas, N. H., Hussien, H., & Shimamoto, T. (2022). Loads of coliforms and fecal coliforms and characterization of thermotolerant *Escherichia coli* in fresh raw milk cheese. *Foods*, 11(3), 332.

Hayaloglu, A. A. (2016). Cheese: Microbiology of cheese. Reference module in food science, 1, 1-11.

Herrera, T., Pérez-Baltar, A., Ortiz, L., Letón, P., & Miguel, E. (2025). Physico-Chemical, Microbiological and Sensory Characteristics of Cabra del Guadarrama Cheese and Other Cheeses from Different Spanish Autochthonous Goat Breeds. *Foods*, 14(13), 2368.

ISO. (2004). ISO 5534: Cheese and processed cheese — Determination of the total solids content. Geneva: ISO.

ISO. (2004). Codex Alimentarius Commission, 2011; Ministère du Commerce, 2013

ISO (2012). Institut Algérien de Normalisation, 2015.

ISO. (2012). ISO 11869: Fermented milk products — Determination of titratable acidity. Geneva: ISO.

ISO. (1998). *ISO 936*: Meat and meat products — Determination of total ash. Geneva: ISO.

ISO. (2008). *ISO 3433*: Cheese — Determination of fat content — Butyrometric method (Gerber method). Geneva: ISO.

ISO. (2014). ISO 8968-1: Milk and milk products — Determination of nitrogen content — Part 1: Kjeldahl method. Geneva: ISO.

Institut Algérien de Normalisation. (2015). NA 174: Produits laitiers — Détermination de la teneur en azote par la méthode Kjeldahl. Alger: IANOR

ISO. (2013). NA 3433: Produits laitiers — Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode butyrométrique. Alger: IANOR.

Institut Algérien de Normalisation. (2015). NA 15042: Produits laitiers — Détermination de la teneur en cendres. Alger: IANOR.

Institut Algérien de Normalisation. (2015). NA 15042: Produits laitiers — Détermination de l'acidité titrable. Alger: IANOR.

ISO 4833-1:2013. Microbiology of the food chain — Colony count at 30 °C by pour plate technique — Part 1: Colony count at 30 °C. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 4832:2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coliforms — Colony-count technique. ISO, Geneva.

ISO 16649-2:2001. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* — Part 2: Colony-count technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl β -D-glucuronide. ISO, Geneva.

ISO 6888-1:1999. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Enumeration of coagulase-positive staphylococci — Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium. ISO, Geneva.

ISO 6579-1:2017. Microbiology of the food chain — Detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* — Part 1: Detection of *Salmonella* spp. ISO, Geneva.

ISO 11290-1:2017. Microbiology of the food chain — Detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* and of *Listeria* spp. — Part 1: Detection method. ISO, Geneva.

ISO 15213:2003. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions. ISO, Geneva.

Jafari, A., Alani, M., Bouzari, S., (2012). *Escherichia coli*: A brief review of diarrheagenic pathotypes and their role in diarrheal diseases in Iran. *Int J Manag* 4:102-17

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) (2017). Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires (Laits et produits laitiers). 32p.

Juan, B., Zamora, A., Quevedo, J. M., and Trujillo, A. J. (2016). Proteolysis of cheese made from goat milk treated by ultra high-pressure homogenization. *LWT Food Sci. Technol.* 69, 17–23.

Kamal Mohammed, R. (2025). Physicochemical and Microbiological Evaluation of Locally Produced White Soft Cheese in Khabat District, Erbil Governorate. *Kirkuk University Journal For Agricultural Sciences* 16(2958-6585):3995-4004.

Kaouche-Adjlane, S., & Mati, A. (2017). Effets des pratiques d'élevage sur la variation de la qualité hygiénique et nutritionnelle du lait cru dans la région médio-septentrionale d'Algérie. *Revue MédecineVétérinaire*, 168(7-9), 151-163.

Konkit, M., and Kim, W. (2016). Activities of amylase, proteinase, and lipase enzymes from *Lactococcus chungangensis* and its application in dairy products. *J. Dairy Sci.* 99, 4999–5007.

Kure, C. F., & Skaar, I. (2019). The fungal problem in cheese industry. *Current Opinion in Food Science*, 29, 14-19.

Kumar, N., Raghavendra, M., Tokas, J., & Singal, H. R. (2017). Flavor addition in dairy products: health benefits and risks. In *Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease* (pp. 123-135). Academic Press.

Lamichhane, P., Kelly, A. L., & Sheehan, J. J. (2018). Symposium review: Structure-function relationships in cheese. *Journal of dairy science*, 101(3), 2692-2709.

Lapointe-Vignola, C. (2002). Science et technologie du lait: transformation du lait. Presses inter Polytechnique.

Laribi, S., Lefouili, N., Messahl, W. (2009). Qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique des fromages fondus. Mémoire d'ingénieur. Université de Jijel.

Lara, V.M., Carregaro, A.B., Santurio, D.F., de Sa M.F., Santurio, J.M., Alves, S.H., (2016). Antimicrobial susceptibility of *Escherichia coli* strains isolated from *Alouatta* spp. feces to essential oils. *Evid Based Compl Altern Med* 10:30.

Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1), 7.

Li, J., Huang, Q., Zheng, X., Ge, Z., Lin, K., Zhang, D., ... & Shi, X. (2020). Investigation of the lactic acid bacteria in kazak cheese and their contributions to cheese fermentation. *Frontiers in microbiology*, 11, 228.

Martin, N.H.; Trmcic, A.; Hsieh, T.H.; Boor, K.J.; Wiedmann, M. (2016). The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods. *Front. Microbiol.*, 7, 1549.

Lobato-Calleros, C., Vernon-Carter, E. J., Guerrero-Legaretta, I., Soriano-Santos, J., & Escalona-Beundia, H. (1997). Use of fat blends in cheese analogs: Influence on sensory and instrumental textural characteristics. *Journal of Texture Studies*, 28(6), 619–632.

Lucey, J. A., Johnson, M. E., & Horne, D. S. (2003). Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2725–2743.

Lucey, J. A. (2008). Some perspectives on the use of cheese as a food ingredient. *Dairy Science and Technology*, 88(4–5), 573–594.

Medjahed, M., Homrani, M., Dahou, A. E. A., Homrani, A., & Desmasures, N. (2024). Typology and practices of dairy cattle farming in northwestern Algeria. *Genetics & Biodiversity Journal*, 8(1), 76-84.

Medjoudj, H., Aouar, L., Derouiche, M., Choiset, Y., Haertlé, T., Chobert, J. M., ... & Hayaloglu, A. A. (2020). Physicochemical, microbiological characterization and proteolysis of Algerian traditional Bouhezza cheese prepared from goat's raw milk. *Analytical Letters*, 53(6), 905-921.

Meklati, F. R., Meribai, A., Yezli, N., & Ben-Mahdi, M. H. (2020). State of play of the dairy sector in Algeria: between objectives and dependencies: an overview. *CABI Reviews*, (2020).

Menassel, C. (2019). Contrôle de qualité du fromage frais «j'ben» à partir du lait cru de vache, Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah–Ouargla. 75p.

Meribai, A., Jenidi, R., Hammouche, Y., & Bensoltane, A. (2017). Physico-chemical characterization and microbiological quality evaluation of klila, an artisanal hard dried cheese from Algerian's arid areas: preliminary study. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 40(4), 2169-2174.

Metz, M.; Sheehan, J.; Feng, P.C.H. (2020). Use of indicator bacteria for monitoring sanitary quality of raw milk cheeses—A literature review. *Food Microbiology*. 85, 10328.

Ministère du Commerce. (2013). Arrêté du 8 décembre 2013 fixant les méthodes officielles d'analyse des fromages. Journal officiel de la République algérienne, n°71.

Mohamadi, M. et Messaoudi, R. (2018). Caractérisation physico-chimique et microbiologique d'un fromage à pâte molle type Camembert: Isolement et identification partielle des flores lactiques thermophiles et leurs activités bactériocinogènes. Mémoire de master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 104p.

Nafti, M., Khaldi, Z., Ferchichi, M. A., Bejaoui, S., Jilani, M. T., & Jemmali, B. (2024). Compositional features, microbial quality, and sensory evaluation of milk and cheese obtained from Oases autochthonous Arbi goat. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, 118(2), 153-180.

Nayik, G. A., Gull, A., Masoodi, L., Navaf, M., Sunooj, K. V., Ucak, İ., ... & Mugabi, R. (2024). Milk proteins: chemistry, functionality and diverse industrial applications. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2377686.

Olson, N.F. (1990). *The impact of lactic acid bacteria on cheese flavor*. *FEMS Microbiology Reviews*, Published by Elsevier 7(1–2), 131–147.

Omrani, A., Sboui, A., Hamouda, M., Dbara, M., Hammadi, M., & Khorchani, T. (2025). Potential of plants in improving the quality of camel milk cheese and yogurt. *INRAE Productions Animales*, 38(3), 8383.

Orianne, C. (2006). Etude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon. 192p

Ouchene-Khelifi, N. A., Ouchene, N., & Lafri, M. (2021). Characterization and typology of goat production systems in Algeria based on producers survey. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 22.

Park, Y. W., Jeanjulien, C., & Siddique, A. (2017). Factors affecting sensory quality of goat milk cheeses: A review. *J. Adv. Dairy Res*, 5(3), 2-9.

Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M. G. F. W., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small ruminant research*, 68(1-2), 88-113.

Pathan, A. S., Jain, P. G., Mahajan, A. B., Kumawat, V. S., Ahire, E. D., Surana, K. R., ... & Rajora, M. A. K. (2023). Beneficial effects of water-soluble vitamins in nutrition and health promotion. *Vitamins as nutraceuticals: recent advances and applications*, 235-251.

Predvil, W. (2014). Identification des méthodes de prévention des accidents de contamination à *Mucor* sp. dans le fromage. Mémoire d'ingénieur, Université d'État d'Haïti. 57p.

Pisana, C., Caccamo, M., Barbera, M., Marino, G., Serio, G., Franciosi, E., ... & Caggia, C. (2025). Comprehensive characterization of the microbiological and quality attributes of traditional Sicilian Canestrato Fresco cheese. *Foods*, 14(17), 3123.

Rocchetti, G., Ghilardelli, F., Mosconi, M., Masoero, F., & Gallo, A. (2022). Occurrence of polyphenols, isoflavonoids, and their metabolites in milk samples from different cow feeding regimens. *Dairy*, 3(2), 314-325.

Saidane, Z., Dahou, A. A., Tahlaïti, H., Daoudi, M., Doukani, K., & Homrani, A. (2021). Physico-chemical Parameters with Direct Influence on the Dynamism of the Indigenous Microflora of the Traditional Cheese "J'ben El gafs". *Asian Journal of Dairy & Food Research*, 40(2).

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.

Silanikove, N., Leitner, G., & Merin, U. (2015). The interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. *Nutrients*, 7(9), 7312-7331.

Singh, O., Khanam, Z., Misra, N., & Srivastava, M. K. (2011). Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): an overview. *Pharmacognosy reviews*, 5(9), 82.

Sohoo, U., Pandey, P., & Raja, W.(2024). A Review of Ethnomedicinal Use, Phytochemistry and Pharmacological Uses: *Matricaria chamomilla* L. *Recent Trends of Herbal Research in Ayurveda*. 4 (1). 33p.

Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Khelifa, R., Mebirouk Boudechiche, L., Tadjine, A., & Chemmam, M. (2019). Pasteurization effects on yield and physicochemical parameters of cheese in cow and goat milk. *Food Science and Technology*, 40(3), 580-587.

Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Gueroui, Y., Symeon, G., Mebirouk Boudechiche, L., ... & Chemmam, M. (2020). Milk heat treatment affects microbial characteristics of cows' and goats' "Jben" traditional fresh cheeses. *Food Science and Technology*, 41, 136-143.

Temelli, S., Anar, Ş., Sen, C., & Akyuva, P. (2006). Determination of microbiological contamination sources during Turkish white cheese production. *Food Control*, 17(11), 856-861.

Trmčić, A., Chauhan, K. H. U. S. H. B. O. O., Kent, D. J., Ralyea, R. D., Martin, N. H., Boor, K. J., & Wiedmann, M. A. R. T. I. N. (2016). Coliform detection in cheese is associated with specific cheese characteristics, but no association was found with pathogen detection. *Journal of dairy science*, 99(8), 6105-6120.

Vilain, A. C. (2010). Qu'est-ce que le lait?. *Revue française d'allergologie*, 50(3), 124-127.

Wadhvani, R., & McMahon, D. J. (2012). Color of low-fat cheese influences flavor perception and consumer liking. *Journal of Dairy Science*, 95(5), 2336–2346.

Wendin, K., Langton, M., Caous, L., & Hall, C. (2000). Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. *Food Chemistry*, 71, 363–378.

Yang, C. Pan, J. Pang, S. Hu, S. Liu, M. Zhang, X. Song, L. Ren, X. and Wang, Z (2024) Comparative analysis of the nutritional composition, digestibility, metabolomics profiles and growth influence of cow, goat and sheep milk powder diets in rat models. *Front. Nutr.* 11:1428938.

Yu, V. Y. H. (2002). Scientific rationale and benefits of nucleotide supplementation of infant formula. *Journal of paediatrics and child health*, 38(6), 543-549.

Zamberlin, Š., Antunac, N., Havranek, J., & Samaržija, D. (2012). Mineral elements in milk and dairy products. *Mljekarstvo: Dairy Experts Journal*, 62(2), 111-125.



Annexes

Annexes

Eau physiologie

Nacl	9g
Eau distillée	1l

Eau peptoné

Potassium monobasique	1.5g
Potassium di basique	3.5g
Nacl 5g	
Eau distillée.....	1l

PCA

Peptone de caséine.....	5,00g
Extrait de levure	2,50g
Glucose	1,00g
Agar	15,00g
Eau distillée	1l

MRS

Peptone	10,00 g
Acétate de sodium	5,00g
Extrait de viande	10,00g
Sulfate de magnésium	0,10g
Extrait de levure	5,00g
Sulfate de manganèse	0,05g

Annexes

Glucose	20,00 g
Phosphate disodique	2,00g
Polysorbate 80	1,00 ml
Agar	15,00g
Citrate d'ammonium	2,00g
Eau distillée	1l

M17

Tryptone	2,50 g
Peptone pepsique de viande	2,50 g
Peptone papainique de soja	5,00 g
Extrait autolytique de levure	2,50 g
Extrait de viande	5,00 g
Lactose	5,00 g
Glycérophosphate de sodium	19,00 g
Sulfate de magnésium	0,25 g
Acide ascorbique	0,50 g
Agar agar bactériologique	15,00 g
Eau distillée	1l

Sabouraud

Peptone de caséine	5,00g
Peptone de viande	5,00g
Glucose monohydraté	40,00g

Annexes

Chloramphénicol.....	0,50g
Agar	15,00g
Eau distillée	1l

VRBL

Peptone	7 g
Extrait de levure	3 g
Chlorure de sodium	5 g
Sels biliaires	1,5 g
Lactose	10 g
Rouge neutre	30 mg
Cristal violet	2 mg
Agar	12 g
Eau distillée	1l

Mac conkey

Peptone pancréatique de gélatine	17,0 g
- Tryptone	1,5 g
- Peptone pepsique de viande	1,5 g
- Lactose	10,0 g
- Sels biliaires	1,5 g
- Chlorure de sodium	5,0 g
- Rouge neutre	30,0 mg
- Cristal violet	1,0 mg
- Agar agar bactériologique	13,5 g

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

Faculté des sciences de la nature et
de la vie et sciences de la terre

Département de Biologie

جامعة غرداية



Université de Ghardaïa



كلية علوم الطبيعة و الحياة
وعلوم الأرض

قسم البيولوجيا

Ghardaïa le : 22/06/2025

Rapport : Correction du mémoire

Enseignant (e) (s) Chargé (e) de la correction :

Nom et prénom de l'examineur 1 et Signature	Nom et prénom de l'examineur 2 et Signature	Nom et prénom de président et Signature
<p>M. IDER S.</p> 		<p>M. DJELLID Y.</p> 

Thème : **De la ferme à la table : étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'un fromage artisanal à identité locale "El Gafs"**

Après les corrections apportées au mémoire, L (es) étudiant (s) (es) :

LAHRECHE KHOULOUDE & MOSBAH FATIMA ZOHRA

Est (sont) autorisé (es) à déposer le manuscrit au niveau du département.

Président de Jury
YOUSSEF DJELLID

