



## Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master II  
« Maitrise de la filière de la production laitière »

### THÈME

**Essai de fabrication et caractérisation d'un  
fromage frais à base du lait de vache et  
additionné d'ail**

Présenté Par :  
Mallak Mahmoudi

Devant le jury composé de :

Dr Matallah Saida	Présidente	UCBET
Dr Mouissi Samira	Examinatrice	UCBET
Dr haddad leila	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2023 - 2024



**DEDICACE**

*Je dédie ce modeste travail pour tous ceux qui croit en moi*

*À celle qui m'a toujours encouragée dans ce long chemin,*

*Avec beaucoup*

*D'amour, d'espoir à celle qui a éclairé ma route avec ses*

*Prières... Ma chère mère.*

*À mon soutien dans la vie qui nous a jamais quitté et*

*Qui se sacrifie toujours pour*

*Notre confort ... mon cher père.*

*À mes adorables sœurs et frère Assala, Rahma, Moulhem.*

*À ma belle-famille.*

*À tous mes amis.*

*À mes adorables copines Ikram, Anfal, Achwak*

*Meriem.*

*À tous ceux qui ne retrouvent pas leurs noms.....*

**MALLAK**



## *Remerciement*

Avant tous, Nous remercies « ALLAH » pour m'avoir donné la force, la patience et la foi, qui m'a guidé jusqu'à la réalisation et l'aboutissement de ce modeste projet.

Je voudrais exprimer mes sincères remerciements, ma profonde gratitude à mon encadrant « Mme HADDAD L » pour ses conseils, ses orientations et sa grande patience avec moi.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements à l'ensemble de personnel de l'entreprise laitier « Edough Annaba » de nous avoir bien accueilli, encadré et aidé pour réaliser ce travail. Nous tenons à remercier en particulier Dr Meriem Laouar, pour son aide précieuse et son assistance pendant mon essai.

Je tiens à remercier, tous ceux qui m'ont enseigné durant toutes mes années d'études et en particulier Mme MATALLAH, Mme Ibrir, Mme Samar... pour toutes les informations enrichissantes et surtout le travail et le temps agréable passé avec eux je ne sentais pas la fatigue du déplacement à l'université.

Je tiens également à remercier vivement Madame Matallah d'avoir accepté de présider la soutenance de ce mémoire ainsi que Madame Mouissi d'avoir consacré du temps pour examiner et corriger ce travail, Merci infiniment.

Sans oublier toutes les personnes du département des sciences agronomiques, de la faculté des sciences de la nature et de la vie université Chadli Bendjedid El Tarf.

## Résumé

Le fromage frais est l'un des produits alimentaires fermentés les plus consommés au monde ; il apporte à l'Homme ses besoins vitaux à l'égard de son produit d'origine, le lait. Dans le cadre de l'amélioration de ses propriétés nutritionnelles et hygiéniques d'une manière naturelle, il a été suggéré de lui ajouter de l'ail. Ce produit est habituellement utilisé dans le domaine de l'agro-alimentaire pour profiter de ses atouts biologiques culinaires et médicinales. Cette essai de fabrication, mener au niveau de la laiterie Edough Annaba, d'un fromage frais avec ail, à permis de montrer d'abord que le lait utilisé comme matière première de base dans cette fabrication est de bonnes qualités physicochimiques, puisqu'il est conforme aux normes admises par le journal officiel algérien. Ensuite, cet essai à montrer que le produit fini, répond aux exigences de l'industrie de fabrication 'Edough Annaba' sur le plan physicochimique et microbiologique mis à part un problème d'ordre fongique qui peut être rétabli, en améliorant les conditions de conservation choisies. Sur le plan organoleptique, il apparait que le fromage offre des aspects de goût, d'odeur et de perception admises et appréciées par le futur consommateur. Cet essai se présente comme prometteur pour ce produit, avec d'éventuelles améliorations pour le parfaire et pour en réfléchir sur d'autres avec de nouvelles additions.

**Mots clés :** Fromage frais, lait, vache, cru, ail, analyses.

## ملخص

يعد الجبن الطازج من أكثر المنتجات الغذائية المتخمرة استهلاكاً في العالم ; فهو يزود الإنسان باحتياجاته الحيوية مقارنة بمنتجه الأصلي وهو الحليب. وكجزء من تحسين خصائصه الغذائية والصحية بطريقة طبيعية، فقد اقترح إضافة الثوم. يستخدم هذا المنتج عادة في صناعة المواد الغذائية للاستفادة من فوائده البيولوجية والطبية. أظهرت تجربة التصنيع هذه، التي أجريت في مصنع ألبان إيدوغ عنابة، لجبن طازج بالثوم، أولاً، أن الحليب المستخدم كمادة خام أساسية في هذا التصنيع يتمتع بصفات فيزيائية وكيميائية جيدة، لأنه يتوافق مع المعايير المقبولة من قبل الجريدة الرسمية الجزائرية . بعد ذلك، يوضح هذا الاختبار أن المنتج النهائي يلبي متطلبات الصناعة التحويلية " إيدوغ عنابة" على المستوى الفيزيائي والكيميائي والميكروبيولوجي باستثناء مشكلة الفطريات التي يمكن حلها من خلال تحسين ظروف الحفظ المختارة. وعلى المستوى الحسي، يبدو أن الجبن يقدم جوانب من الطعم والرائحة والإدراك مقبولة ومقدرة من قبل المستهلك المستقبلي. تبدو هذه التجربة واعدة لهذا المنتج، مع إمكانية إدخال تحسينات لتحسينه والتفكير في منتج آخر بإضافات جديدة.

**الكلمات المفتاحية :** الجبن الطازج، الحليب، البقرة، الخام، الثوم، التحاليل.

## Summary

Fresh cheese is one of the most consumed fermented food products in the world; it provides humans with their vital needs in relation to its original product, milk. As part of improving its nutritional and hygienic properties in a natural way, it has been suggested to add garlic. This product is usually used in the food industry to benefit from its biological culinary and medicinal benefits. This manufacturing trial, carried out at the Edough Annaba dairy, of a fresh cheese with garlic, first showed that the milk used as a basic raw material in this manufacturing has good physicochemical qualities, since it complies with the standards accepted by the Algerian official journal. Then, this test shows that the finished product meets the requirements of the 'Edough Annaba' manufacturing industry on a physicochemical and microbiological level apart from a fungal problem which can be reestablished by improving the conservation conditions chosen. On the organoleptic level, it appears that cheese offers aspects of taste, smell and perception accepted and appreciated by the future consumer. This trial presents promising for this product, with possible improvements to perfect it and to reflect on others with new additions.

**Keywords:** Fresh cheese, milk, cow, raw, garlic, analyses.

## LISTE DES FIGURES

N°	TITRE	Page
<b>Figure 1</b>	Image représentant un panneau publicitaire de la laiterie Edough Annaba.	33
<b>Figure 2</b>	Localisation cartographique et satellitaire de la Laiterie Edough Annaba.	34
<b>Figure 3</b>	Diagramme de fabrication d'un fromage frais additionné d'ail frais dans la laiterie Edough Annaba	36
<b>Figure 4</b>	Appareil du pH-mètre électronique (HI2210 HANA instrument) pour mesurer le pH du lait cru et des produits laitiers	39
<b>Figure 5</b>	Mesure de l'acidité par la burette avec le titrage de la solution d'hydroxyde de sodium	40
<b>Figure 6</b>	Mesure de la densité du lait par lactodensimètre	41
<b>Figure 7</b>	Mesure de la matière sèche totale du lait et du fromage.	42
<b>Figure 8</b>	Mesure de la matière grasse (Butyromètre, Acide, Alcool iso amylique)	44
<b>Figure 9</b>	Le test antibiotique ou résidus antibiotiques par l'utilisation de l'appareil ROSA inincubateur et les bandelettes de migration.	45
<b>Figure 10</b>	Préparation des dilutions en série pour la mise en culture d'éventuelle flore bactérienne et fongique	47
<b>Figure 11</b>	Mise en boîte des milieux de culture, ensemencements des dilutions de la solution de fromage et étuvage pour la recherche d'éventuelle flore bactérienne et fongique	48
<b>Figure 12</b>	Le test de dégustation pour les analyses sensorielles (organoleptiques) du fromage fabriqué	50
<b>Figure 13</b>	Les cinq paramètres physicochimiques mesurés sur le fromage frais à ail.	55
<b>Figure 14</b>	Détection de colonies de levures dans le fromage frais à ail au septième jour de fabrication.	59
<b>Figure 15</b>	Les appréciations des dégustateurs vis-à-vis de l'aspect et la texture du fromage frais avec ail.	61
<b>Figure 16</b>	Les appréciations des dégustateurs vis-à-vis de l'odeur et l'arôme du fromage frais avec ail.	63
<b>Figure 17</b>	Les appréciations des dégustateurs vis-à-vis du goût du fromage frais avec ail.	64

## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
<b>Tableau 1</b>	Constituants lipidiques du lait de vache et localisation dans les fractions physico-chimiques (g/100 g de matière grasse).	15
<b>Tableau 2</b>	Composition minérale du lait.	17
<b>Tableau 3</b>	Composition vitaminique moyenne du lait cru.	18
<b>Tableau 4</b>	caractéristiques physico-chimiques de lait de vache.	18
<b>Tableau 5</b>	Flore originelle du lait cru.	20
<b>Tableau 6</b>	Composition moyenne et valeur énergétique pour 100 g de fromage frais.	27
<b>Tableau 7</b>	Les résultats relatifs aux paramètres physicochimiques du lait de vache cru, utilisé dans la fabrication du fromage de cet essai.	52
<b>Tableau 8</b>	Les valeurs des analyses physico-chimiques des échantillons de fromage frais fabriqué à base de lait de vache et d'ail frais.	55
<b>Tableau 9</b>	Les résultats des analyses microbiologiques et fongiques d'un échantillon de fromage frais fabriqué à base de lait de vache et d'ail frais.	58
<b>Tableau 10</b>	Caractérisation sensorielle, du fromage frais additionné d'ail, par les dégustateurs.	62

## LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Définition
<b>Abs</b>	absence
<b>AW</b>	activité de l'eau
<b>CF</b>	Coliformes fécaux.
<b>CT</b>	Coliformes totaux.
<b>D°</b>	Dornic (acidité)
<b>DLC</b>	Date limite de consommation
<b>Est</b>	Extrait Sec total
<b>FAMT</b>	Flore aérobie mésophile total
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
<b>FFA</b>	Fromage frais additionne d'ail
<b>H%</b>	Humidité
<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation
<b>KDa</b>	Kilo daltons
<b>MG</b>	matière grasse
<b>NaCl</b>	chlorure de sodium
<b>NaOH</b>	Hydroxyde de sodium
<b>NNP</b>	Nombre le Plus Probable -Matières azotées non protéiques-
<b>TP</b>	Taux Protéique
<b>UFC</b>	Unité formant colonie

## TABLE DES MATIERES

Titre	Page
Dédicace	
Remerciement	
Résumé ملخص Summary	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
<b>Partie Bibliographique</b>	
Introduction	
<b>Chapitre I. Généralités sur le lait</b>	
I-1. Définition	
I-2. Le lait de vache	
I-2.1. Composition	
I-2.1.1. Composition physico-chimique	
a. L'eau	
b. Glucides	
c. Matière grasse	
d. Matières azotées totales	
d.1. Matières azotées protéiques	
d.1.1. Caséines	
d.1.2. Protéines solubles ou protéines du lactosérum	
d.2. Matières azotée non protéiques	
e. Minéraux	
f. Vitamines	
g. Enzymes	
I-2.2. Caractéristiques du lait	
I-2.2.1. Caractéristiques physicochimiques	
a. Le pH	
b. Acidité	
c. Densité	
d. Point de congélation	
e. Point d'ébullition	
I-2.2.2. Caractéristiques microbiologiques	
a. Flore originelle	
b. Flore de contamination	
b.1. Flore d'altération	
b.2. Flore pathogène	
I-2.2.3. Caractéristiques organoleptiques	
a. La couleur	
b. L'odeur	
c. La saveur	
d. La viscosité	

I. 2.3. Valeur nutritive	
<b>Chapitre II- Généralités sur le fromage</b>	
II-1. Définition	
II-2. Les types de fromages	
II-2.1. Fromage à pâte fraîche (fromage frais)	
II-2.1.1. Les fromages blancs moulés en faisselles	
II-2.1.2. Les fromages battus	
II-2.2. Fromage à pâte pressée	
II-2.2.1. Fromages à pâte pressée non cuite	
II-2.2.2. Fromages à pâte pressée cuite	
II-2.3. Fromage à pâte molle	
II-2.3.1. Fromage de pâte molle à croûte fleurie	
II-2.3.2. Fromage de pâte molle à croûte lavée	
II-3. Valeur nutritionnelle du fromage frais	
II-4. Procédé de fabrication du fromage frais	
II-4.1. Coagulation du lait	
II-4.2. Egouttage	
<b>Chapitre III- Généralités sur l'ail</b>	
III-1. Définition	
III-2. Utilisation culinaire et médicinale 'traditionnelle'	
III-3. Utilisation dans l'industrie agroalimentaire	
<b>Partie expérimentale</b>	
<b>Chapitre IV- Matériel et méthodes</b>	
IV-1. Objectif	
IV-2. Lieu de fabrication	
IV-3. Protocole de fabrication du fromage	
1. Lait cru et filtration	
2. Pasteurisation	
3. Refroidissement	
4. Addition de ferment mésophile	
5. Fermentation	
6. Addition de présure 3ml	
7. Découpage du caillé	
8. Egouttage (essorage du caillé)	
9. Le salage et l'addition de l'ail	
10. Conditionnement et stockage	
IV-4. Analyses de laboratoire	
IV-4. 1. Analyses des paramètres physicochimiques du lait cru et du fromage fabriqué	
IV-4.1.1. Mesure de pH	
IV-4.1.2. Mesure de l'acidité	
IV-4.1.3. Mesure de la densité	
IV-4.1.4. Mesure de l'extrait sec total (EST) ou la matière Sèche totale (MST)	
IV-4.1.5. Mesure de la matière Grasse	

IV-4.1.6. Test antibiotique	
IV-4.2. Analyses microbiologiques et fongiques du fromage	
IV-4.2.1. Préparation des dilutions	
IV-4.2.2. Recherche et dénombrement de la flore microbiologique	
IV-4.2.2.1. La flore mésophile aérobie totale (FMAT) (microorganisme d'altération)	
IV-4.2.2.2. Les coliformes fécaux et totaux (microorganisme d'altération)	
IV-4.2.2.3. Les Staphylocoques ( <i>Staphylococcus aureus</i> ) (microorganismes pathogènes)	
IV-4.2.2.4. Les levures et moisissures	
IV-4.3. Analyses sensorielles (organoleptiques) du fromage fabriqué	
<b>Chapitre V- Résultats et discussion</b>	
V-1. Les analyses physico-chimiques du lait de vache cru	
V-1.1. Le pH	
V-1.2. L'acidité	
V-1.3. La densité	
V-1.4. Extrait Sec Totale ou matière Sèche totale	
V-1.5. La matière grasse (MG)	
V-1.6. Test antibiotique	
V-2. Les analyses physico-chimiques du fromage frais fabriqué	
V-2.1. Le pH	
V-2.2. L'acidité	
V-2.3. L'extrait sec total	
V-2.4. La matière grasse	
V-2.5. L'humidité	
V-3. Les analyses microbiologiques et fongiques du fromage frais fabriqué	
V-4. Les analyses sensorielles (organoleptiques) du fromage frais fabriqué	
V-4.1. Les caractéristiques sensorielles (organoleptiques) du fromage frais fabriqué	
V-4.1.1. Aspect et texture	
V-4.1.2. Odeur et arôme	
V-4.1.3. Goût	
Conclusion	
REFERENCES	
ANNEXE	



*Partie  
Bibliographique*

## Introduction

Le lait est un aliment hautement nutritif par sa richesse en glucides, lipides, vitamines et sels minéraux (**Aggad *et al.*, 2009 ; Ahmed *et al.*, 2010**). Mais ils sont facilement périssables et difficiles à conserver (**Bencharif, 2001**). Le fromage est un moyen très ancien pour la conservation du lait. Le but de l'industrie fromagère est de transformer le lait en un produit d'utilisation prolongée et de goût différent grâce à diverses actions microbiennes et enzymatiques (**Hui, 1992 ; Leroy et De Vuyst, 2004**).

Il joue un rôle crucial dans le commerce, les redevances seigneuriales et agricoles. Son artisanat a prospéré au XIX<sup>ème</sup> siècle avec les avancées de Pasteur en microbiologie de la fermentation, l'introduction du froid industriel et l'amélioration des moyens de transport (**Dulor, 2002**).

Il existe une grande diversité de fromages, parmi lesquels le fromage frais. Il se distingue par son égouttage spontané, issu principalement de la fermentation lactique ou d'une légère action de présure (**Guiraud, 2003**). Il est souvent consommé nature ou agrémenté d'ingrédients comme des plantes, qui enrichissent son profil gustatif et apportent une variété d'aspects et de saveurs.

Les plantes aromatiques et médicinales sont une source de métabolites secondaires actifs biologiquement, tels que l'ail, connus pour leurs propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et antioxydants (**Fadili *et al.*, 2015**). Récemment, on observe un intérêt croissant dans les industries agroalimentaires, notamment l'industrie fromagère, pour utiliser différentes formes structurales (frais, en poudre). Ces technologies visent à prolonger la durée d'utilisation du lait et à diversifier les saveurs grâce à diverses activités microbiennes et enzymatiques (**Leroy et De Vuyst, 2004**).

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est l'essai de fabrication de fromage frais additionné d'ail, condiment et composé naturel, vu ce qu'il offre comme propriétés aromatiques, gustatives et thérapeutiques bénéfiques. Cet essai s'insère dans la contribution à l'innovation des produits alimentaires dans le domaine de l'agro-industrie et précisément des produits laitiers pour répondre aux évolutions des goûts et des préférences des

consommateurs. Tout en respectant les normes de qualité et de sécurité alimentaire admises par la tutelle et appliquées par les unités industrielles de fabrication. Aujourd'hui, il est important de promouvoir des pratiques durables et responsables, entre autres, dans la production des produits laitiers, pour être dans la lancée de la nouvelle réforme mondiale de développement à savoir le développement durable.

Pour ce faire et afin de cerner le contexte de cet essai, notre mémoire est organisé en trois parties : la première est une synthèse bibliographique donnant un aperçu sur le lait, le fromage et l'ail, la deuxième partie est la synthèse de matériel et méthodes et la troisième et dernière partie est dédiée à la présentation des résultats obtenus et leurs discussions pour plus de compréhension et d'analyse de ce travail préliminaire de fabrication d'un fromage frais à base de lait de vache avec addition d'un ingrédient naturel aux multiples qualités culinaires et médicinales, l'ail.

## Chapitre I- Généralités sur le lait

### I-1. Définition

Le lait fait parti des produits animaux renouvelables (**MAEF et al., 2023**). C'est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la naissance du jeune. C'est un liquide de composition complexe, blanc et opaque, d'une saveur douce et d'une réaction ionique (pH) voisin de la neutralité. La fonction naturelle du lait est d'être un aliment exclusif des jeunes mammifères pendant la période critique de leur existence, après la naissance où la croissance est rapide. La grande complexité de la composition du lait répond à cette fonction (**Alais, 1984 ; Amiot et al., 2002**).

La **FAO (2002)** définit le lait comme étant une sécrétion mammaire normale d'animaux de traite, obtenue à partir d'une ou de plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction, destiné à la consommation humaine comme lait liquide ou à un traitement ultérieur. Le **Congrès de Genève (1910)**, indique que le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière, bien portante, bien nourrie et non surmenée.

### I-2. Le lait de vache

Lorsque l'on parle de lait, il s'agit exclusivement de lait de vache. Le lait de vache est blanc, mat ou opalescent, le lait à une odeur très faible, une saveur douceâtre faiblement sucrée. C'est le lait qui a été le plus étudié et qui sert de référence. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi que la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

#### I-2.1. Composition

Le lait de vache est un lait crassineux. Sa composition en générale varie en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite (**Roudaut et Lefrancq, 2005**). Dans une production laitière bovine, la composition d'un litre de lait c'est (**Néron, 2022**) :

- 900 à 910 g d'eau ;
- 35 à 45 g de matières grasses, c'est le TB ou taux butyreux ;

- 33 à 36 g de matières azotées composées à 95% de protéines, dont 26 à 29 g de caséines, et 5% de matières azotées non protéiques ;
- 47 à 52 g de lactose ;
- 7 à 7.5 g de minéraux ; le lait est particulièrement riche en calcium et pauvre en fer ;
- Des vitamines ;
- À l'état de traces : des hormones, des enzymes ...

### **I-2.1.1. Composition physico-chimique**

Le lait de vache contient des nutriments essentiels et est une source importante d'énergie alimentaire, de protéines de haute qualité et de matières grasses. Le lait peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique (**FAO, 2017**).

Au point de vue physicochimique, le lait est un produit très complexe. Une connaissance approfondie de la composition du lait est alors indispensable à la compréhension des transformations qui se font en lui et en ses dérivés au cours des divers traitements industriels (**scientecal.com**).

#### **a. L'eau**

L'eau est l'élément quantitativement le plus important : 900 à 910 g par litre. En elles, sont dispersés tous les autres constituants du lait, tous ceux de la matière sèche (**Mathieu, 1998**). D'après **Amiot et al. (2002)**, l'eau a un caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. IL en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

#### **b. Glucides**

L'hydrate de carbone principal du lait est le lactose qu'est synthétisé dans le pis à partir du glucose et du galactose. Malgré que le lactose soit un sucre, il n'a pas une saveur douce (**Brule, 1987**). Le lactose est le constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , est en grande partie produite par le foie (**Mathieu, 1999**). Le lactose est quasiment le seul glucide du

lait de vache représentant 99% des glucides du lait des monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. De se fait, le Lactose est un sucre spécifique du lait (**Hoden et Coulon, 1991**).

### c. Matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (**Luquet, 1985**). Elle est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10 µm et elle se compose principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol et de β – carotène (**Tableau 1**). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés (**Grappin et Pochet, 1999 ; Jeantet et al., 2008,2018**).

**Tableau .1.** Constituants lipidiques du lait de vache et localisation dans les fractions physico-chimiques (g/100 g de matière grasse) (**FAO, 1998**).

Constituants lipidiques	Proportions (%)	Localisation
Triglycérides	96 - 98	Globule gras
Diglycérides	0,3 - 1,6	Globule gras
Monoglycérides	0,0 - 0,1	Globule gras
Phospholipides	0,2 - 1,0	Membrane du globule gras et lactosérum
Cérébrosides	0,0 - 0,08	Membrane du globule gras
Stérois	0,2 - 0,4	Globule gras
Acides gras libres	0,1 - 0,4	Membrane du globule gras et lactosérum
Esters du cholestérol	Traces	Membrane du globule gras
Vitamines	0,1 - 0,2	Globule gras

### d. Matières azotées totales

La dénomination « matières azotées totales » regroupe les protéines (Taux Protéique=TP), ainsi que l'azote non protéique (dont l'urée). Comme le taux butyreux, le TP conditionne la valeur marchande du lait, plus le TP sera élevé par rapport à une référence et plus le lait sera payé cher au producteur. En effet plus le taux protéique (TP) est élevé et plus le rendement de transformation fromagère sera bon (**FAO, 1998**). La teneur des matières azotées totales avoisine les 34 à 35 g/l (**Lankveld, 1995**).

### **d.1. Matières azotées protéiques**

Les protéines du lait forment un ensemble assez complexe constitué de 80% de caséines et 20% de protéines solubles qui englobent les lactalbumines, sérum albumines, et immunoglobuline (**Jeantet et al., 2007**).

#### **d.1.1. Caséines**

Les caséines sont de petites protéines dont le poids moléculaire varie entre 19 et 25 kDa. La caséine native a la composition suivante : protéine 94%, calcium 3%, phosphore 2.2%, acide citrique 0,5% et magnésium 0,1% (**Adrian et al., 2004**). Le caséinate de calcium forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 $\mu$ m, les caséines se subdivisent en quatre groupes principaux ( $\alpha$ S1,  $\alpha$ S2,  $\beta$ , k) et qui représentent 80% des protéines soit 26 g/kg (**Jeantet et al., 2007**).

#### **d.1.2. Protéines solubles ou protéines du lactosérum**

Les protéines de lactosérum ont une valeur nutritive majeure en nutrition humaine, car elles sont riches en acides aminés essentiels. Les protéines solubles représentent environ 20% des protéines totales du lait de vache. Elles sont constituées essentiellement de la  $\beta$ -lactoglobuline bovine (50-55%) et de l' $\alpha$ -lactalbumine (20-25%). On note également la présence de la sérumalbumine, à faible valeur nutritionnelle, des immunoglobulines et de la lactoferrine qui n'en ont pas du tout (**Court et Leymarios, 2010**). Il est intéressant de signaler que les protéases forment une fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4,6 à 95°C pendant 20 à 30 minutes (**Debry, 2001**).

### **d.2. Matière azotée non protéiques**

Ce sont des composées à poids moléculaire faible qui appartiennent à plusieurs familles chimiques, le plus important est l'urée (30 à 80% de NNP) ; on trouve aussi des acides aminés libres, des peptides et des bases organiques (**Mietton et al., 1994**). Elles restent en solution dans des conditions de précipitation des protéines du lait : acidification, élévation de température ou addition de la présure (**Mathien, 1998**).

### **e. Minéraux**

La fraction minérale est considérée mineure dans la composition du lait. En revanche, elle est importante tant d'un point de vue structural que nutritionnel et technologique. Le lait et ses

dérivés constituent le principal apport de calcium et de phosphore dans la ration alimentaire. Les principaux minéraux (**Tableau 2**) sont le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium pour les cations ; phosphate, chlorure et citrate pour les anions (**Jeantet et al., 2007**).

**Tableau .2.** Composition minérale du lait (**Jeantet et al., 2007**).

Elément minéraux Concentration (mg.kg <sup>1</sup> )	Concentration (mg.kg <sup>1</sup> )
Calcium	1043-1283
Magnésium	97-146
Phosphate inorganique 1805-2185	1805-2185
Citrate	1323-2079
Sodium	391-644
Potassium	1212-1681
Chlorure	772-1207

#### f. Vitamines

Selon **Vignola (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (**Tableau 3**) (**Jeantet et al., 2008**).

#### g. Enzymes

Les enzymes sont définis comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants. Agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituant natifs, une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes. La distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est pas facile (**Vignola, 2002**).

**Tableau .3.** Composition vitaminique moyenne du lait cru (**Amiot et al., 2002**).

Vitamines	Teneur moyenne
<b>Vitamines liposolubles</b>	
Vitamine A (+carotènes)	40 µg/100ml
Vitamine D	2.4 µg/100ml
Vitamine E	100 µg/100ml
Vitamine K	5 µg/100ml
<b>Vitamines hydrosolubles</b>	
Vitamine C (acide ascorbique)	2 mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45 µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175 µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50 µg/100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0.45 µg/100ml
Niacine et niacinamide	90 µg/100ml
Acide pantothénique	350 µg/100ml
Acide folique	5.5 µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3.5 µg/100ml

## I-2.2. Caractéristiques du lait

### I-2.2.1. Caractéristiques physicochimiques

La connaissance des propriétés physicochimiques du lait (**Tableau 4**) revêt une importance incontestable car elle permet de mieux évaluer la qualité de la matière première et de prévoir les traitements et opérations technologiques adaptés (**scientecal.com**). Les propriétés physiques et chimiques du lait dépendent de l'ensemble des constituants (**Mathieu, 1999**).

**Tableau .4.** Caractéristiques physicochimiques de lait de vache (**FAO, 1998**).

Paramètres	Valeur optimale
Energie (Kcal/litre)	705
PH	6,66 à 6,80
Acidité titrable (°DORNIC)	15 à 17
Densité du lait entier à 20°C	1,028 à 1,033
Point de congélation (°C)	(-0,520) à (-0.550)

#### a. Le pH

Les différents laits ont une réaction ionique voisine de la neutralité. Le pH est compris entre 6,4 et 6,8. C'est la conséquence de la présence de la caséine et des anions phosphoriques et citriques, principalement. Le pH n'est pas une valeur constante. Il peut varier au cours du cycle de lactation et sous l'influence de l'alimentation. Cependant, l'amplitude des variations est faible dans une même espèce. Le colostrum a un pH plus bas, du fait de la teneur élevée en protéines (**Gaucher et al., 2008**). Le pH du lait change d'une espèce à l'autre, étant donnée les différences de la composition chimique, notamment en caséines et en phosphates (**Gaucher et al., 2008**).

#### **b. Acidité**

Selon **Jean et al. (1993)**, l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée due à l'acide lactique formé par la fermentation lactique. L'acidité titrable du lait est déterminée par le dosage en utilisant une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). 1°D = 0,1g d'acide lactique par litre de lait. Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité  $\leq 21$  °D. Un lait dont l'acidité est  $\geq 27$  °D coagule au chauffage et un lait dont l'acidité est  $\geq 70$  °D coagule au refroidissement.

#### **c. Densité**

La densité du lait d'une espèce donnée n'est pas une valeur constante. Elle varie, d'une part, proportionnellement avec la concentration des éléments dissous et en suspension et, d'autre part, avec la proportion de la matière grasse (**Alais, 1984**). D'après **Vignola (2002)**, La densité du lait augmente avec l'écémage et diminue avec le mouillage. Elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (**Vierling, 2008**).

#### **d. Point de congélation**

**Neville et Jensen, (1995)** ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

#### **e. Point d'ébullition**

Le point d'ébullition est la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition est influencé par la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C (**Amiot et al., 2002**).

### **I-2.2.2. Caractéristiques microbiologiques**

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, sa richesse et sa fragilité font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement (**Gosta, 1995**). Le lait contient deux flores microbiennes : une originelle et l'autre de contamination.

#### **a. Flore originelle**

Il s'agit essentiellement de germes saprophytes de la mamelle et des canaux galactophores : Microcoques, Lactobacilles et Streptocoques lactiques. D'autre micro-organisme peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade, ils sont généralement pathogène du point de vue sanitaire. Il s'agit d'agents de mammites, c'est à dire d'infection du pis : *Streptococcus pyogenes*, *Corynebacterium pyogenes*, *Staphylococcus aureus* (**Guiraud, 1998**). Le **tableau (5)** regroupe les principaux microorganismes originels du lait avec leurs proportions relatives.

**Tableau .5.** Flore originelle du lait cru (**Vignola, 2002**).

<b>Microorganismes</b>	<b>Pourcentages (%)</b>
Micrococcus sp	30-90
Lactobacillus	10-30
Streptococcus ou lactococcus	<10
Gram négatif	<10

#### **b. Flore de contamination**

Le lait se contamine par des apports microbiens d'origine divers (Guiraud, 1998), parmi les plus importants :

- Fèces et téguments de l'animal : Coliforme, entérocoques, clostridium, éventuellement entérobactéries pathogènes de type salmonella ou shigella.
- Sol : Streptomyces, listeria, bactérie sporulée et spores fongique.
- Litière et aliments : Flore banale variées, en particulier lactobacilles, Clostridium butyrique (ensilage).
- Air et eau : Flore diverse dont pseudomonas, bactéries sporulé.
- Équipement de traite, de stockage et de transport : Microcoques, levures et flore lactique avec lactobacilles, streptocoques lactiques.
- Manipulateurs : Staphylocoque dans le cas de la traite manuelle, aussi des germes provenant de contamination fécale.
- Vecteur divers, insectes en particulier : Flore de contamination fécale.

### **b.1. Flore d'altération**

Causera des défauts sensorielles de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture et réduira la vie des produits laitiers. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération ; les coliformes et certains levures et moisissures (**Essalhi, 2002**).

### **b.2. Flore pathogène**

La contamination du lait par les germes pathogènes peut être d'origine endogène et donc venant d'une excrétion mammaire de l'animal malade ; elle peut aussi être d'origine exogène, il s'agit d'un contact direct avec des troupeaux infectés, d'un apport de l'environnement (par exemple les eaux) ou bien d'une contamination liée à l'homme (**Brsabois et al., 1997**).

### **I-2.2.3. Caractéristiques organoleptiques**

La qualité organoleptique (couleur, odeur et texture) d'un produit se dégrade au fil du temps. La durée de stockage, la température et leur action combinée affectent considérablement les attributs sensoriels totaux. Un lait de bonne qualité organoleptique présente des caractéristiques particulières qui concernent la couleur, l'odeur, la saveur, la viscosité... (**Guiraud, 2003**).

#### **a. La couleur**

Le lait est de couleur blanche et mate, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait) (**Fredot, 2005**).

#### **b. L'odeur**

Selon **Vierling (2003)**, l'odeur caractérise la qualité du lait du fait que la matière grasse elle est capable de fixer des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette).

#### **c. La saveur**

La saveur du lait normal frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont un goût légèrement différent de celui du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, peut transmettre au lait, des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (**Thieulin et Vuillaume, 1967**).

#### **d. La viscosité**

**Rheotest (2010)**, a montré que la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes. La teneur en graisse et en caséine possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait. La viscosité dépend également de paramètres technologiques. La viscosité est une caractéristique importante de la qualité du lait, étant donné qu'une relation intime existe entre les propriétés rhéologiques et la perception de la qualité par le consommateur.

### **I. 2.3. Valeur nutritive**

Le lait constitue la source unique de lactose dans la nature (**Debry, 2001**). La présence du lactose dans le tube digestif favorise l'implantation d'une flore de putréfaction, il favorise également l'assimilation du calcium et des matières azotées. La valeur protéique du lait est excellente grâce à un très bon équilibre en acides aminés indispensables et à une bonne

digestibilité des acides aminés. En plus de leur intérêt nutritionnel, indique que le lait à un rôle fonctionnel important de protection contre les agressions grâce à la fourniture des composants protéiques (immunoglobuline) **(Debry, 2001)**.

Les corps gras sont la meilleure source d'énergie, ils confèrent au lait entier la moitié de sa valeur énergétique qui est environ 48 %, ils constituent la forme de mise en réserve de l'énergie. Le coefficient d'utilisation digestif "CUD" des lipides est de l'ordre de 95. La matière grasse laitière est le véhicule des vitamines liposolubles **(Luquet, 1986)**. La fraction minérale, bien que mineur dans la composition du lait joue un rôle essentiel du point de vue nutritionnel. Elle est caractérisée par sa teneur élevée en calcium liée à la phosphosérine de la caséine **(Luquet, 1986)**. Le calcium joue un rôle positif dans la coagulation du lait par la présure.

## Chapitre II- Généralités sur le fromage

### II-1. Définition

Le fromage, selon la norme (Codex STAN 283-1978), est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait. On l'obtient par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; ou alors par emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant les caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques demandées. **En résumé**, Le fromage, est de la caséine plus ou moins débarrassée des autres constituants du lait et plus ou moins transformée ayant des caractéristiques physicochimiques et organoleptiques bien particulière et propre à ce produit **(Eck, 1997 ; FAO, 1978)**.

### II-2. Les types de fromages

On peut regrouper les fromages en 03 catégories :

#### II-2.1. Fromage à pâte fraîche (fromage frais)

Les fromages frais sont une pâte très humide (60 à 80%) et peu minéralisée **(Eck et Gillis, 2006)**. Les fromages frais sont des fromages à égouttage lent, fabriqués à partir de laits ou de crèmes propres à la consommation humaine. Ils résultent de la coagulation à prédominance lactique du lait, combinant souvent l'action des ferments lactiques à celle de la présure. Ces fromages se caractérisent par l'absence d'affinage après les étapes d'égouttage et de moulage. Tous les fromages frais ont une date limite de consommation (DLC) de 24 jours **(Mahaut *et al.*, 2000 ; Luquet et Corrieu, 2005 ; Majdi, 2009)**. La pâte fraîche est d'un blanc éclatant, d'une texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée selon le fromage. Elle se mélange bien à d'autres ingrédients et arômes comme les fines herbes, l'ail, des épices ou des fruits.

Les fromages frais regroupent des produits très variés en terme de matière grasse (entre 0 et 60% par rapport à l'extrait sec) la matière sèche totale est supérieure à 15%. Ils doivent renfermer une flore vivante au moment de la vente au consommateur **(Bourgeois et Larpent,**

**1996 ; Luquet et Corrieu, 2005).** En production fermière, il existe deux types de fromage frais (**Gret, 2002**) :

#### **II-2.1.1. Les fromages blancs moulés en faisselles**

Les fromages blancs moulés en faisselles ou fromage type « campagne » se caractérisent par une texture hétérogène en morceaux.

#### **II-2.1.2. Les fromages battus**

Les fromages battus présentent une texture lisse et onctueuse, à extrait sec plus élevé comme les petits suisses. Ils peuvent être additionnés de sucre, de sel, de fruits, d'épices ou d'herbes aromatiques. On peut varier le taux de matière grasse de moins de 3,5 % jusqu'à 10%.

### **II-2.2. Fromage à pâte pressée**

#### **II-2.2.1. Fromages à pâte pressée non cuite**

Les fromages à pâte pressée non cuite ou demi-ferme qui subissent une période d'affinage assez longue atmosphère fraîche et très humide, les fromages à pâte demi-ferme (cheddar, cantal....) ont une consistance dense et une pâte de couleur jaune pâle. Ces fromages ne doivent être ni desséchés, ni trop faibles, la pâte près de croûte ne doit pas être plus foncée. Ils contiennent entre 40 et 60 % d'humidité (**Anonyme, 1999**).

#### **II-2.2.2. Fromages à pâte pressée cuite**

Les fromages à pâte pressée cuite ou à pâte dure, sont des fromages pour lesquels, après pressage, le caillé est chauffé à 65°C. Puis laissé à l'affinage. Le terme cuite se dit d'un fromage dont le caillé subit un chauffage au moment de son tranchage, lorsqu'il est thermisé, le lait est chauffé à environ 65°C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore, lorsqu'il est pasteurisé, le lait est chauffé de 72 à 85°C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiatement à 4°C. Cette procédure détruit la flore naturellement présente dans le lait, et nécessite donc un réensemencement en flore standardisée, ce qui peut avoir pour les industriels l'avantage d'obtenir un goût régulier et une texture régulière (**Majdi, 2009**).

### **II-2.3. Fromage à pâte molle**

Les fromages à pâte molle sont définis dans la norme internationale Codex Alimentarius

(Codex Stan A-6-1978, révisé 1-1999, amendé 2001) comme étant tous les fromages dont la teneur en eau après élimination des matières grasses est supérieure à 67 %, ils sont des fromages affinés et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée, fabriqués à partir de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis. Ces fromages ont une texture généralement crémeuse et onctueuse avec une légère élasticité dans la pâte. Selon la conduite de l'affinage, deux types de croûte peuvent se développer sur les fromages à pâte molle permettant de diviser cette famille en deux sous familles : les pâtes molles à croûte fleurie et les pâtes molles à croûte lavée.

#### **II-2.3.1. Fromage de pâte molle à croûte fleurie**

Il se caractérise par une croûte blanche à dorée recouverte d'un duvet de moisissure blanche et feutrée appelé fleur qui se développe pendant l'affinage ce qui leur donne le nom (croûte fleurie). Ces aspects duveteux de la croûte est dû à la présence du champignon *Penicillium candidum* qui peut être pulvérisé à la surface des fromages en début d'affinage (**Pradal, 2012**).

#### **II-2.3.2. Fromage de pâte molle à croûte lavée**

Le principe de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est semblable à celui des pâtes molles à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être mis en moule. Ce rompage facilite l'écoulement du petit lait : la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme, selon le degré de séchage. Durant l'affinage, qui s'étend sur deux à quatre mois, le fromage est retourné régulièrement puis brossé ou lavé à l'aide d'une saumure additionné de bière, d'hydromel, de vin ou d'eau-de vie , ce qui contribue à l'élaboration de ses diverses caractéristique. Il révèle des saveurs marquées ou prononcées, parfois fortes (**Anonyme, 1999**).

### **II-3. Valeur nutritionnelle du fromage frais**

Les fromages représentent un groupe alimentaire très hétérogène dont la constitution est très variable selon la qualité de la matière première utilisée ou selon la technique de fabrication. Le fromage est très riche de part de sa composition, en protéines, eau, peptides bioactifs, acides aminés, lipides, acides gras, vitamines et minéraux (**Walther et al, 2008**). Le tableau (6), ci-après dresse la composition nutritionnelle de 100 g de fromage frais.

**Tableau .6.** Composition moyenne et valeur énergétique pour 100 g de fromage frais (**Eck, 1987**).

Composition	Valeur pour 100g de fromage frais
Eau	79 g
Energie	118 kcl
Lipides	4 g
Protéines	7,5 g
Calcium	8,5 g
Phosphore	100 mg
Magnésium	140 mg
Potassium	40 mg
Sodium	130 mg
Zinc	0,5 mg
Vitamine	170 UI
Thiamine	0,03 mg
Riboflavine	0,15 mg

#### **II-4. Procédé de fabrication du fromage frais**

La fabrication de fromage comporte trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage. L'étape d'affinage n'existe pas dans le cas des fromages frais (**Evette, 1975**). Un bon rendement fromager dépend de la qualité du lait réceptionné tels que sa composition chimique, sa richesse en caséines, sa charge microbienne, la nature de sa microflore et son aptitude au développement des bactéries lactiques. Elle dépend aussi de son comportement vis-à-vis de la présure (**Remeuf et al., 1991**).

##### **II-4.1. Coagulation du lait**

La fabrication du fromage nécessite une phase de coagulation du lait, qui permet l'expulsion plus ou moins grande d'une partie de l'eau et de la matière soluble (le sérum). On obtiendra ainsi un caillé ou un fromage non affiné (**Lenoir et al., 1983**). La coagulation correspond à une modification physico-chimique des micelles de caséine sous l'action d'enzymes protéolytiques et/ou d'acide lactique. Celle-ci entraîne la formation d'un réseau protéique tridimensionnel appelé coagulum ou gel. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement selon que ces modifications sont induites par acidification ou par actions d'enzymes coagulantes ou encore par l'action combinée des deux (**Eck and Gillis, 1990**).

#### **II-4.2. Egouttage**

L'égouttage est un phénomène dynamique qui se caractérise par la quantité de lactosérum éliminé durant le temps. En effet, il fixe les caractéristiques physiques (pH et aw) et chimiques du caillé et par conséquent l'affinage du fromage (**Weber, 1997**). Le processus d'égouttage est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécaniques et thermiques, des facteurs indirects (acidification et coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, en protéines solubles et en matières grasses) (**Ramet, 1997**). Selon le type d'égouttage effectué, deux catégories de fromages se distinguent : le fromage égoutté en moule et le fromage égoutté en vrac sous forme de pâte où l'égouttage passe avant le moulage (**Eck and Gillis, 2006**).

## Chapitre III- Généralités sur l'ail

### III-1. Définition

L'ail (*Allium sativum*) est une espèce de plante monocotylédone potagère, herbacée et vivace. Elle est caractérisée par ses feuilles longues et étroites qui émergent d'un bulbe souterrain. Les bulbes sont composés de plusieurs gousses enveloppées dans une peau blanche ou rosée. L'ail s'adapte à tous les climats, mais, il donne les meilleures récoltes dans les pays tempérés.

### III-2. Utilisation culinaire et médicinale 'traditionnelle'

L'ail est largement utilisé comme condiment dans de nombreuses cuisines à travers le monde pour sa saveur piquante et son arôme distinctif. En plus de ses utilisations culinaires, l'ail est également apprécié pour ses propriétés médicinales notamment ses effets antimicrobiens, ses bienfaits pour la santé cardiovasculaire et également reconnu comme potentiellement anti-cancérigènes. Ces propriétés médicinales avantageuses à la santé humaine sont entre autres le reflet d'une composition riche en antioxydant, en composés sulfurés et ses apports caloriques faibles. L'ail renferme des vitamines A, B1, B2 et C, divers antibiotiques naturels, des agents anticoagulants ainsi qu'anti-cholestérolémiants (**Les biens faits de l'ail**).

Il est utilisé depuis longtemps pour ses effets antiviraux et a également montré son efficacité contre diverses affections respiratoires, tuberculose pulmonaire, coqueluche et gangrènes pulmonaires. L'ail renforce l'action des antibiotiques chimiques et prévient leurs effets secondaires. Il est également efficace contre le rhume grâce à ses vitamines A, B, C et E, ainsi que l'allicine, une molécule antibiotique. L'ail possède des propriétés antiseptiques pour le système digestif et respiratoire, parasitocides et antifongiques grâce à l'allicine et d'autres composés sulfurés (**Jung, 2005**). Il réduit le cholestérol et aide à réguler la circulation sanguine et l'hypertension. Il est aussi bénéfique comme complément alimentaire pour les diabétiques en raison de ses propriétés hypoglycémiantes (**Corea et al., 2003**).

L'ail cru conserve davantage ses bienfaits thérapeutiques que l'ail cuit en raison de la préservation de ses enzymes et antioxydants (**tattelman, 2005 ; Gorinstein et al., 2006**). Ses propriétés pharmacologiques sont attribuées à ses composés soufrés volatils comme l'allicine, le diallyl disulfure et les ajoènes.

### III-3. Utilisation dans l'industrie agroalimentaire

L'ail est largement utilisé dans l'industrie agroalimentaire pour son arôme distinctif et sa saveur piquante, notamment dans les plats cuisinés, sauces, marinades, et produits transformés. Il possède également des propriétés antimicrobiennes utiles pour prolonger la durée de conservation des aliments et est parfois utilisé comme alternative aux additifs alimentaires synthétiques **(Corea et al., 2003)**.

L'ail est déshydraté pour être transformé en diverses formes pratiques telles que la poudre ou les granulés, et il est intégré dans une variété de produits alimentaires, y compris les produits de boulangerie **(Corea et al., 2003)**.



*Partie  
Expérimentale*

# ***Matériel et méthodes***

## Chapitre IV- Matériel et méthodes

### IV-1. Objectif

Ce travail est un essai de fabrication de fromage frais avec incorporation d'un ingrédient naturel. Il a comme objectif spécifique la diversification du choix et l'amélioration de la qualité nutritionnelle et organoleptique du fromage frais, pour les consommateurs potentiels. Il s'agit dans ce travail d'ajouter de l'ail frais au fromage frais à base de lait de vache. Cette fabrication sera suivie d'une caractérisation physicochimique, microbiologique et organoléptique du produit fini pour s'assurer de sa qualité nutritionnelle et sanitaire et donc offrir aux consommateurs potentiels un produit dans les normes de la sécurité alimentaire.

Ce travail s'inscrit, également d'un point de vu général, dans le cadre de la contribution à la création durable de produits de large consommation appartenant au secteur industriel de l'agro-alimentaire.

### IV-2. Lieu de fabrication

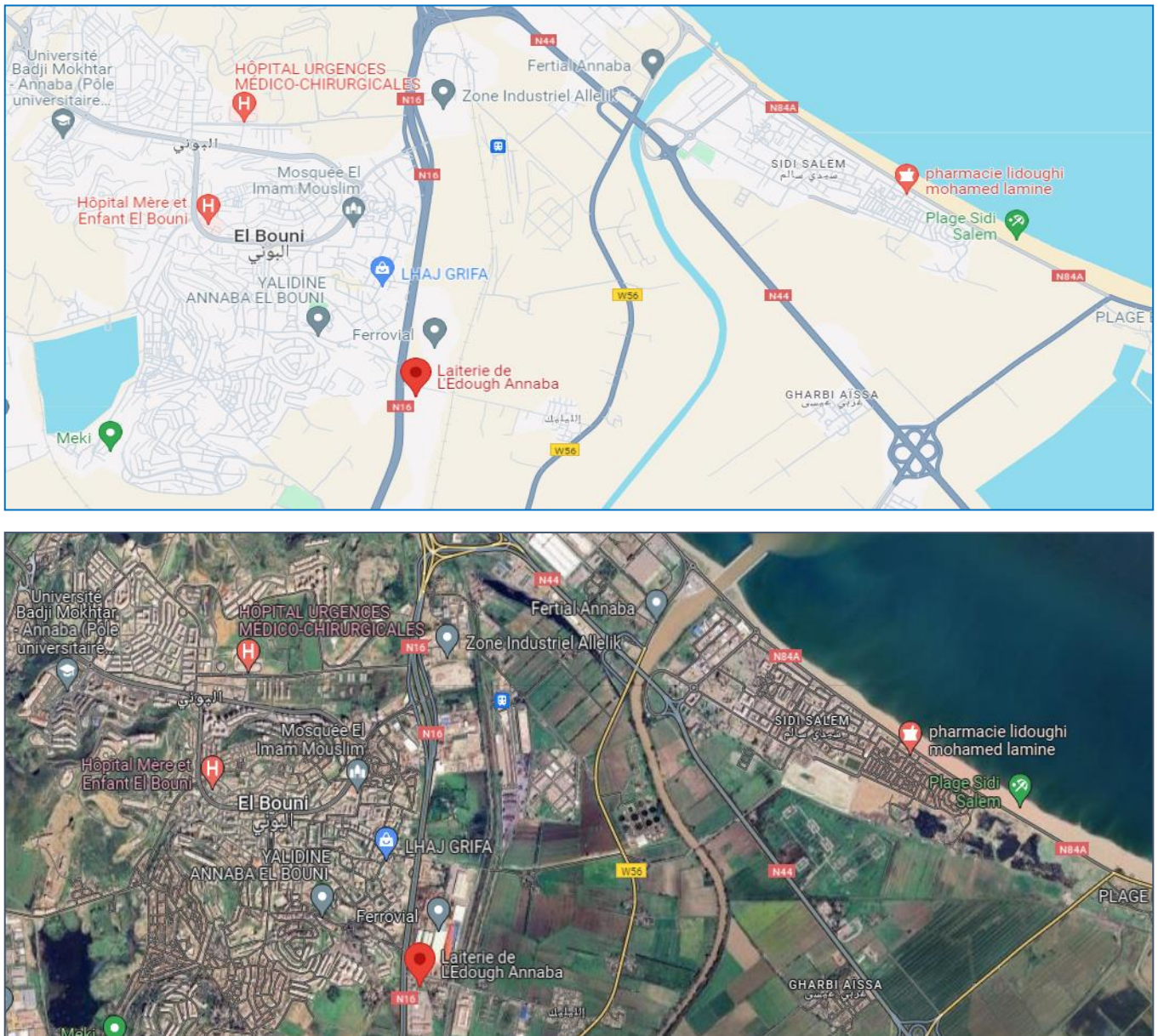
Ce travail a été réalisé au niveau de la laiterie Edough Annaba (LEA) (**Figure 1**). Cette entreprise étatique est une société par actions (S.P.A), appartenant au secteur industriel de la production agro-alimentaire du lait et de ses produits dérivés (produits laitiers).



**Figure .1.** Image représentant un panneau publicitaire de la laiterie Edough Annaba (**Photo Mahmoudi, 2024**).

La LEA est l'une des usines de production et de distribution du lait et de ses dérivés, affiliée

au groupe étatique Groupe Industriel des Productions Laitières (GIPLAIT), elle a été créée en 1997 avec un capital de 859 600 000 Dinars Algériens. Avec une surface de 6 hectares, la laiterie se localise dans la commune d'El Bouni, elle est limitée au Nord par la route nationale N°16, au sud par le chemin de fer SNTF, à l'Est par l'entreprise FEROVIAL et à l'Ouest par l'entreprise SNVI (Figure 2) (Chaoui & Kobsi, étude de cas).



**Figure .2.** Localisation cartographique et satellitaire de la Laiterie Edough Annaba (Google Maps, 2024).

La Laiterie Edough Annaba assure l'approvisionnement en lait et de ses dérivés à cinq wilayas du Nord-Est algérien à savoir Annaba, Skikda, El Tarf, Guelma et de Souk-Ahras. Ces 5 wilayas regroupent une agglomération d'environ 2.400.000 habitants pour une superficie de

17446 km<sup>2</sup>. Ces wilayas sont approvisionnées avec une production journalière de lait de l'ordre de 160 000 litres (**Chaoui & Kobsi, étude de cas**).

Parmi les principales fonctions que remplit la laiterie Edough Annaba, c'est la production et la commercialisation du lait et des produits laitiers. Cette production regroupe :

- ✓ Lait pasteurisé conditionné
- ✓ Lait Fermenté conditionné
- ✓ Lait de vache pasteurisé
- ✓ Beurre
- ✓ Crème fraîche
- ✓ Fromage (Camembert)
- ✓ Yaourt

#### **IV-3. Protocole de fabrication du fromage**

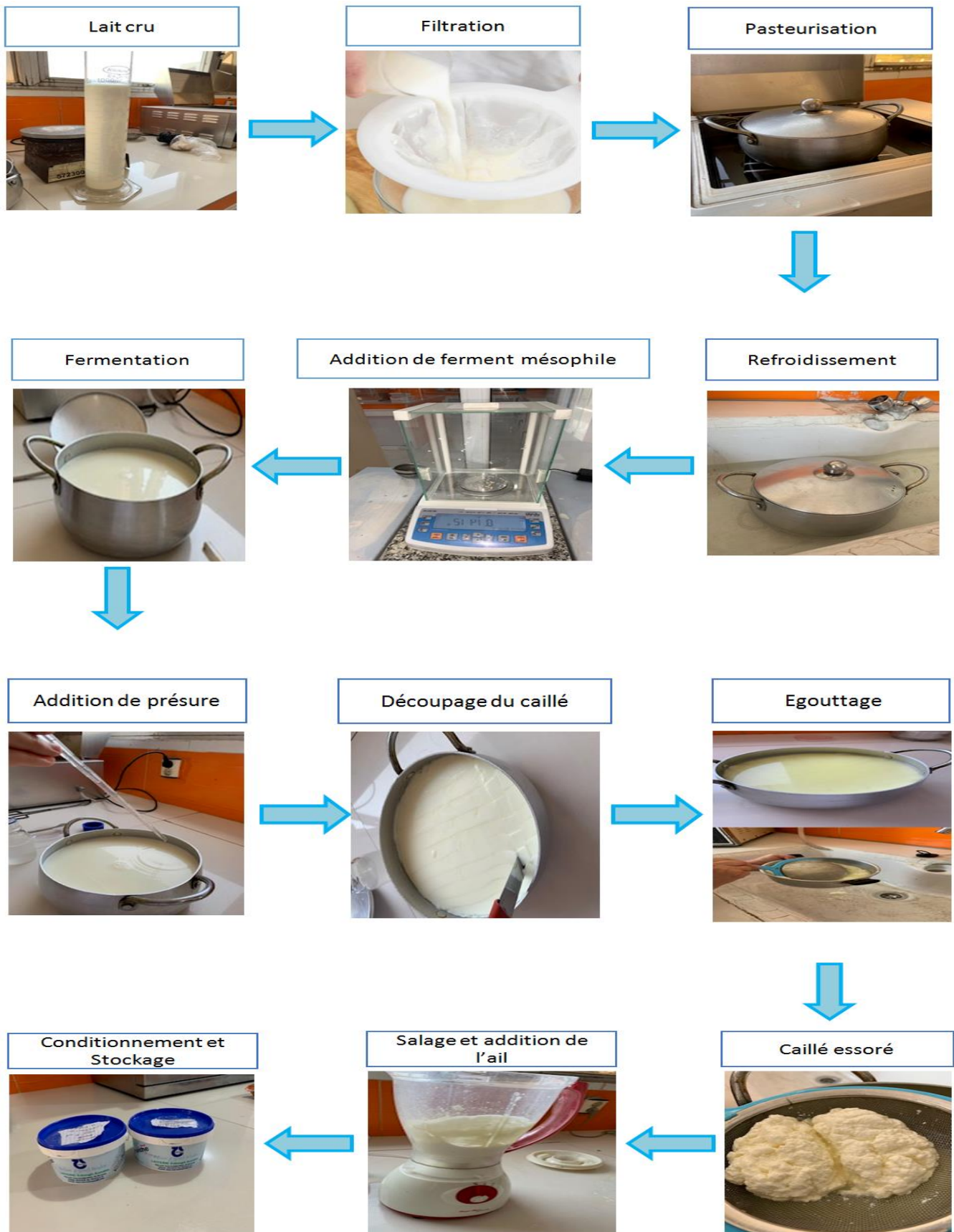
Afin de fabriquer le fromage frais additionné d'ail, les deux matières principales utilisées à cet effet, sont le lait cru de vache et de l'ail frais. Le lait de vache utilisé dans cette fabrication provient d'une collecte chez un éleveur de la région d'El Tarf, conventionné avec la laiterie. Le lait a été transporté le 29 avril 2024 à la laiterie Edough dans une citerne en acier réfrigérée à une température de 4°C. Le processus de fabrication du fromage est retracé sous forme d'un diagramme illustré dans la (**Figure 3**). Ce processus passe par de multiples étapes, expliquées un peu plus en détail dans ce qui suit :

##### **1. Lait cru et filtration**

On prend 3 L de lait cru de vache et on le filtre à l'aide d'une passoire, pour éliminer les corps étrangers (débris de paille, de fourrage et de la litière, mouches, poils...etc.).

##### **2. Pasteurisation**

Après filtration, le lait cru va être pasteurisé par autoclavage à 72°C pendant 20 secondes. Il a été mis dans une marmite bien fermée avec son couvercle. Celle-ci était directement mise dans un bain marie. Lorsque la température aura atteint 72°C, on attend 20 secondes et on retire la marmite du bain marie. La pasteurisation du lait a pour but d'éliminer la charge microbienne du lait cru.



**Figure .3.** Diagramme de fabrication d'un fromage frais additionné d'ail frais dans la laiterie Edough Annaba (Photos Mahmoudi, 2024).

### **3. Refroidissement**

La marmite retirée, après le traitement de pasteurisation, est toute de suite mise dans un levier contenant de l'eau froide pour diminuer la température du lait et la faire revenir à 30°C.

### **4. Addition de ferment mésophile**

On procède à la première étape pour le caillage (coagulation) du lait, qui consiste à solidifier le lait sous l'effet de l'acidification (passage de l'état liquide à l'état solide), par l'ajout de ferments à base de cultures bactériennes, il s'agit de ses propres ferments (de type Bactérie Mésophiles) à raison de 0,14 g sous une température de 30°C.

### **5. Fermentation**

On laisse le lait se fermenté durant 30min à 45min.

### **6. Addition de présure 3ml**

Après la fermentation, vient la deuxième étape du caillage ou la coagulation du lait qui consiste à additionner un coagulant industriel, c'est la présure à raison de 3 ml, tout en procédant à quelques remuements. La formation du coagulum (le caillé) a été observée après 1h à 2h. Le caillage prend fin dans cette étape.

### **7. Découpage du caillé**

Après 2 h de la mise en coagulation, le caillé obtenu est découpé en plusieurs morceaux à l'aide d'un couteau, pour faciliter et accélérer le rejet du lactosérum.

### **8. Egouttage (essorage du caillé)**

La séparation du caillé de son contenu liquide, le lactosérum, est réalisée par l'égouttage en utilisant une passoire. Après ce passage on obtient le caillé essoré du lactosérum, il s'agit de l'élimination du lactosérum de son contenant solide, le caillé.

### **9. Le salage et l'addition de l'ail**

Le sel est un ingrédient important de la fabrication du fromage. On procède d'abord au salage du caillé puis on additionne l'ail frais râpé sous des conditions de stérilité (à raison de 2% du poids du caillé). L'ail va permettre de prononcer le goût du fromage, d'agir en tant que conservateur et de modifier sa texture. Afin d'homogénéiser l'ensemble, on fait passé le tout dans un mixeur pour quelques petites minutes, après quoi on obtient notre préparation finale

de fromage frais à base de lait de vache avec addition d'ail frais.

## **10. Conditionnement et stockage**

Le produit fini, a été mis dans des boîtes conçus à cet effet, sous des conditions de stérilité.

La durée de stockage peut aller jusqu'à 15 jours à partir de la date de fabrication sous une température comprise entre 4°C à 6°C afin d'assurer une conservation optimale.

### **IV-4. Analyses de laboratoire**

Les analyses réalisées au laboratoire sont effectuées d'abord sur le lait cru dès sa réception pour s'assurer de sa conformité aux normes approuvées et adoptées à l'échelle nationale, selon la réglementation gouvernementale en vigueur. Ces normes sont disponibles dans le journal national officiel de 1998. Les mêmes analyses sont reproduites sur le fromage additionné d'ail après sa fabrication toujours pour s'assurer de sa conformité aux normes de la réglementation nationale. Ces analyses sont de nature physico-chimique, microbiologique et organoleptique.

#### **IV-4. 1. Analyses des paramètres physicochimiques du lait cru et du fromage fabriqué**

Le contrôle physicochimique permet d'évaluer la stabilité du lait et des produits dérivés en ce qui concerne ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques.

##### **IV-4.1.1. Mesure de pH**

Le pH par définition est la mesure de l'activité des ions H<sup>+</sup> contenus dans une solution. La mesure du pH, dans le cas du lait cru, renseigne sur son acidité. Ce lait est considéré comme étant frais si son pH est compris entre [6,4 à 6,8]. Il en est de même pour le fromage.

##### **➤ Principe**

La mesure du pH est réalisée à l'aide d'un pH-mètre électronique (HI2210 HANA instrument). Le pH de l'échantillon (lait cru, fromage) est obtenu par lecture directe du chiffre affiché sur l'appareil après sa stabilisation.

##### **➤ Mode opératoire**

- ✓ Etalonner le pH mètre avec deux solutions tampons de pH=4 et pH=7.
- ✓ Rincer l'électrode avec l'eau distillée.

- ✓ Plonger l'électrode dans un bécher contenant le lait ou le fromage à analyser et lire la valeur de pH stabilisée.



**Figure .4.** Appareil du pH-mètre électronique (HI2210 HANA instrument) pour mesurer le pH du lait cru et des produits laitiers (Photos Mahmoudi, 2024).

#### ➤ Expression des résultats

Le résultat est affiché directement sur le pH mètre. Le pH, ne porte pas d'unité de mesure.

#### IV-4.1.2. Mesure de l'acidité

L'acidité du lait est une notion importante pour l'industrie laitière. Elle permet de juger l'état de conservation du lait et de ses dérivés. Elle est exprimée en degré Dornic ( $^{\circ}\text{D}$ ), ce dernier exprime la teneur en acide lactique soit  $1^{\circ}\text{D} = 0,1 \text{ g d'acide lactique}$ . L'acidité titrable est comprise entre  $15^{\circ}\text{D}$  et  $18^{\circ}\text{D}$  (Alais, 1984). Elle varie entre 0,13 et 0,17 % d'équivalent d'acide lactique (Vignola, 2002).

#### ➤ Principe

La détermination de l'acidité du lait (de yaourt étuvé aromatisé ou fromage frais) est basée sur la neutralisation de l'acidité lactique dans le lait par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (Poillot, 2010).



**Figure .5.** Mesure de l'acidité par la burette avec le titrage de la solution d'hydroxyde de sodium (Photo Mahmoudi, 2024).

➤ **Mode opératoire pour le lait cru**

- ✓ Un volume de 10 ml de lait est prélevé à l'aide d'une pipette de 10 ml et versé dans un bécher.
- ✓ Puis on y a ajouté 3 gouttes d'un indicateur coloré, la phénolphtaléine. Ensuite le bécher est agité pour l'homogénéisation du mélange.
- ✓ Ensuite on titre avec la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au début de virage au rose facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait.
- ✓ On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes.
- ✓ Il est indiqué de répéter la mesure pour confirmer le résultat.

➤ **Mode opératoire pour le fromage fabriqué**

- ✓ Préparer une solution de 10g de fromage avec 90ml d'eau distillée stérile. Chauffer le mélange à 40°C ;
- ✓ Placer 10ml de la solution préparée dans un bêcher de 100ml, ajouter quelques gouttes (3 à 4) de solution de phénolphtaléine ;
- ✓ Positionner l'échantillon à doser sous l'acidimètre. Titrer une solution d'hydroxyde de sodium NaOH jusqu'au début de virage au rose facilement perceptible par comparaison

avec la solution témoin constituée du même produit analysé.

➤ **Expression des résultats**

L'acidité est exprimée en degré Dornic (D°). L'acidité correspond à la valeur lue sur la burette après le titrage en appliquant la formule suivante :

$$\text{Acidité (°D)} = V \times 10$$

V (ml) : Volume de la chute de la burette.

**IV-4.1.3. Mesure de la densité**

La densité du lait désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20 °C et la masse du même volume d'eau (Pointurier, 2003).



**Figure .6.** Mesure de la densité du lait par lactodensimètre (Photos Mahmoudi, 2024).

➤ **Principe**

La densité est déterminée à 20°C par le lactodensimètre.

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Verser le lait dans l'éprouvette de 250ml tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air.

- ✓ L'introduction du lactodensimètre dans l'éprouvette remplie de lait provoque un débordement de liquide, ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gêneraient la lecture.
- ✓ Attendre trente secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation, cette lecture étant effectuée à la partie supérieure du ménisque.

➤ **Expression des résultats**

La densité du lait est une grandeur sans dimension.

**IV-4.1.4. Mesure de l'extrait sec total (EST) ou la matière Sèche totale (MST)**

On entend par matière sèche du lait ou de ses dérivés, le produit résultant de leurs dessiccations.



**Figure .7.** Mesure de la matière sèche totale du lait et du fromage (Photos Mahmoudi, 2024).

➤ **Principe**

La matière sèche du lait est obtenue par évaporation et dessiccation d'un certain volume de lait dans des conditions définies, avec pesée du résidu. Pour le fromage Le principe consiste en un séchage par évaporation d'eau à 85°C.

➤ **Mode opératoire**

Dans la capsule séchée et tirée à 0,1 mg près, on introduit 10 ml de lait avec la pipette. On place alors, la capsule découverte à l'intérieur de l'étuve à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 5 heures et on laisse refroidir dans un dessiccateur la capsule refroidie est pesée à 0.1 mg près.

➤ **Expression des résultats**

**Pour le lait :** La matière sèche est exprimée en gramme par litre de lait :

$$(M-M') \times 1000/V$$

M : Masse en gramme de la capsule vide

M' : Masse en gramme de la capsule contenant le résidu (après dessiccation)

V : volume en millilitre de la prise d'essai.

**Pour le fromage :** La matière sèche est exprimée en pourcentage massique.

#### **IV-4.1.5. Mesure de la matière Grasse**

La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait (**Jeanet *et al.*, 2008**). La teneur en matière grasse nous renseigne sur la valeur nutritionnelle et énergétique du produit.

➤ **Principe**

La matière grasse est mesurée par la méthode acido-métrique de GERBER. Le principe de la méthode de GERBER est basé sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre après attaque acide des éléments du lait, excepté la matière grasse. La séparation de cette dernière en une couche claire et transparente est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isométrique

➤ **Mode opératoire**

- ✓ On introduit 10 ml d'acide sulfurique dans un butyromètre tout en évitant de mouiller le col.
- ✓ Ensuite, on ajoute 11 ml de lait et 1 ml d'alcool iso amylique après bouchage du butyromètre, on procède à l'agitation jusqu'à dissolution complète de la caséine qui se coagule au contact de l'acide.

- ✓ sans laisser refroidir le butyromètre on centrifuge durant 5 min à une vitesse de rotation de 1200 tours par minutes à la sortie de la centrifugeuse.
- ✓ on obtient dans la partie graduée du butyromètre une colonne claire et transparente de matière grasse dont on lit la hauteur.



**Figure .8.** Mesure de la matière grasse (Butyromètre, Acide, Alcool iso amylique) (Photos Mahmoudi, 2024).

➤ **Expression des résultats**

La teneur en matière grasse du lait est exprimée en gramme par litre g/l, est égale à :

$$(n - n') \times 10$$

n : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse.

n': la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne.

Le résultat est exprimé en g/l et la lecture se fait directement sur le butyromètre en pourcentage.

#### IV-4.1.6. Test antibiotique

La présence de résidus d'antibiotique présente des risques directs ou indirects pour le consommateur, il peut aussi être à l'origine de l'inhibition totale ou partielle des phénomènes fermentaires d'origine bactérienne. C'est pour cette raison, qu'au sein de la laiterie Edough (comme partout ailleurs), ce test est important à réaliser.

##### ➤ Principe

Le test antibiotique ou résidus antibiotiques se fait à l'aide d'un ROSA incubateur avec l'utilisation des bandelettes de 8 à 9 cm. Ce test permet de détecter la présence ou l'absence d'antibiotiques (Détection rapide des  $\beta$ -lactames et tétracyclines) dans le lait cru.



**Figure .9.** Le test antibiotique ou résidus antibiotiques par l'utilisation de l'appareil ROSA incubateur et les bandelettes de migration (Photos Mahmoudi, 2024).

##### ➤ Mode opératoire

- ✓ L'appareil est allumé jusqu'au signal rouge.
- ✓ Les tubes Eppendorf sont placés dans l'appareil.
- ✓ 100  $\mu$ l du lait cru prélevés avec la micropipette sont ajoutés à l'intérieur de ces tubes.

- ✓ L'incubation se fait pendant 3 min à 47,5 °C +/- 1.0°C.
- ✓ Les bandelettes de migration sont introduites comme indicateur dans les tubes Eppendorf pendant 5 à 10 min.
- ✓ Si les deux lignes sont de couleur rose foncé par rapport à la ligne du milieu, cela indique l'absence d'antibiotiques.
- ✓ La présence des antibiotiques est révélée si les deux lignes sont de couleur claire ou bien non visible.

#### **IV-4.2. Analyses microbiologiques et fongiques du fromage**

C'est une analyse temporelle différenciée, c'est-à-dire que les tests sont répétés dans le temps à deux ou trois reprises pour s'assurer de l'indemnité du produit en question. Les tests microbiologiques et fongiques du produit fini sont les mêmes tests adoptés sur la matière première (le lait cru). Ces tests ou analyses révèlent la qualité hygiénique et donc sanitaire du lait et ses produits dérivés. Un lait ou un produit laitier sain, ne doit pas contenir des germes indésirables qu'ils soient pathogènes et/ou d'altération ainsi que les espèces fongiques d'altération (**Guirraud, 2003**). Les résultats dans les laiteries à l'échelle nationale, et en l'occurrence à l'unité de l'Edough Annaba, se réfèrent toujours aux normes dressées dans le journal officiel algérien de 1998.

Les analyses effectuées ont porté sur les flores microbiennes et fongiques suivantes :

- ✓ La flore aérobie mésophile totale (microorganisme d'altération).
- ✓ Les coliformes fécaux et totaux (microorganisme d'altération).
- ✓ Les microorganismes pathogènes : *Staphylococcus aureus* (microorganismes pathogènes).
- ✓ La flore fongique dont les levures et les moisissures (microorganisme d'altération).

Dans le cas de notre travail et vu que ces analyses sont très onéreuses vis-à-vis du temps et du protocole de réalisation et également du fait que durant le processus de fabrication la matière première passe par l'étape de pasteurisation, où tous les germes et les espèces fongiques sont éliminés par un procédé de traitement thermique. Alors, il a été décidé de réaliser les tests microbiologique et fongique sur le fromage fabriqué uniquement.

#### IV-4.2.1. Préparation des dilutions

Il convient d'abord de préparer des dilutions qui vont servir à rechercher et dénombrer les éventuelles flores microbiennes présentes dans le fromage fabriqué. À cet effet, une série de dilutions jusqu'à  $10^{-3}$  est réalisée à partir d'un échantillon fromage. 10 g de fromage sont homogénéisés dans 90 ml d'eau peptonée pour obtenir la solution mère. À l'aide d'une pipette pasteur stérile, 1 ml de l'échantillon de fromage à analyser est prélevé et introduit dans des tubes contenant 9 ml de diluant d'eau peptone pour effectuer la dilution  $10^{-1}$ . Répéter ces étapes jusqu'à la dilution  $10^{-3}$ .



**Figure .10.** Préparation des dilutions en série pour la mise en culture d'éventuelle flore bactérienne et fongique ([aquaportail.com](http://aquaportail.com)).

#### IV-4.2.2. Recherche et dénombrement de la flore microbiologique

##### IV-4.2.2.1. La flore mésophile aérobie totale (FMAT) (microorganisme d'altération)

Appelés aussi flore totale ou globale, c'est un bon indicateur de la qualité des produits. Ces micro-organismes peuvent par leurs quantités altérer et dégrader la qualité marchande du fromage et provoquer des allergies et des troubles digestifs chez le consommateur. Cette flore peut être originale ou amener lors de la manipulation (**Lebres *et al.*, 2002**).

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale est généralement réalisé sur le milieu solide PCA, l'ensemencement est effectué par un étalement en surface à partir de 100 $\mu$ l des dilutions décimales (de  $10^{-2}$  à  $10^{-3}$ ) pour le fromage. L'incubation 30°C pendant 24 à 72

heures (Guiraud, 2012).

#### IV-4.2.2.2. Les coliformes fécaux et totaux (microorganisme d'altération)

Les coliformes sont des micro-organismes d'altération. Leurs présences indiquent une faute hygiénique relevant soit d'une mauvaise qualité du lait utilisé, soit la malpropreté du matériel de fabrication (Larpent, 1997). La présence des coliformes est traduite par trois caractères distingués sur le milieu (Présence de trouble, changement de couleur, l'apparition de gaz). Leur dénombrement se fait par La méthode de NPP (nombre le plus probable). Milieu utilisé DCL (désoxycholate citrate lactose). Ce milieu est réparti dans des tubes à raison de 10 ml/tubes, munis d'une cloche de Durham. Après ensemencement de deux tubes de (BCPL) par échantillon par 1 ml de dilution choisie ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ), les tubes sont incubés à 37°C pendant 24h à 48h pour les coliformes totaux et 44°C pour les coliformes fécaux à 48h, la lecture des résultats se fait en utilisant la table de Mac Credy (Larpent,1997).



**Figure .11.** Mise en boîte des milieux de culture, ensemencements des dilutions de la solution de fromage et étuvage pour la recherche d'éventuelle flore bactérienne et fongique (Photos Mahmoudi, 2024).

#### **IV-4.2.2.3. Les Staphylocoques (*Staphylococcus aureus*) (microorganismes pathogènes)**

*Staphylococcus aureus* est une espèce produisant éventuellement une entérotoxine protéique causant l'intoxication alimentaire. La recherche de cette flore permet de savoir si le produit présente des risques pour le consommateur. Cette recherche est effectuée à l'aide du bouillon Giolitti et Cantoni (additionné de 0,1 ou 0.3 ml de tellurite de potassium) et le milieu Chapman ; par étalement en surface de deux boîtes 0,1ml pour chaque dilution ( $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ ). L'incubation se fait à 37°C pendant 3 à 5 jours. La détection fait par la présence et l'apparition des colonies dorées avec un changement de couleur de milieu (Benhedanebachtarzi, 2012).

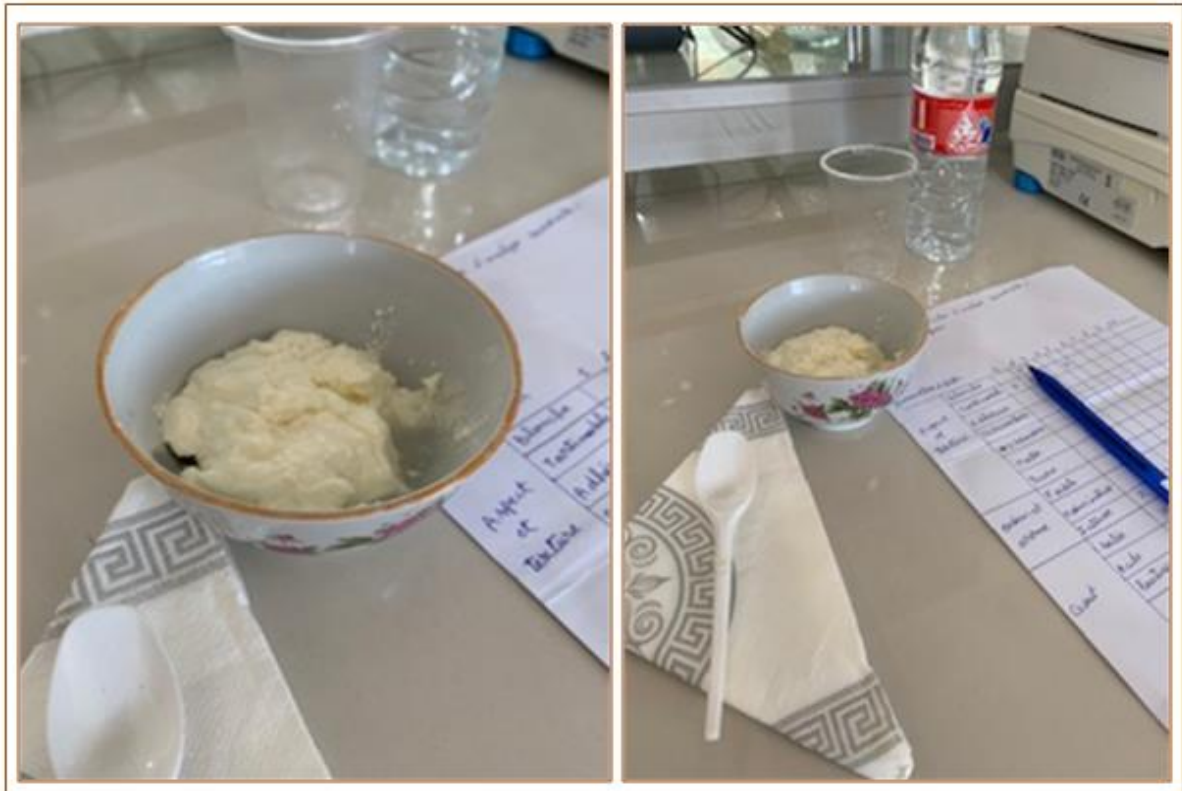
#### **IV-4.2.2.4. Les levures et moisissures**

La flore fongique comprend les levures et les moisissures. Leur présence peut être à l'origine des accidents de fabrication ou de défauts de quelques produits laitiers (Guiraud, 1980). À partir des dilutions décimales,  $10^{-1}$  à  $10^{-2}$ , un volume de 0.1 ml de l'échantillon de fromage sont ensemencé dans des boîtes de pétri contenant de la gélose PDA additionnée de 10% d'acide tartrique, incubées à température ambiante pendant environ 5 jours (Lebres *et al.*, 2002).

#### **IV-4.3. Analyses sensorielles (organoleptiques) du fromage fabriqué**

Par définition, l'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes de sens. Les caractéristiques organoleptiques des fromages comportent : l'apparence, la texture, et l'ensemble des sensations olfacto-gustatives (soit les odeurs, les arômes, les saveurs et les sensations trigéminales).

L'aspect d'un fromage, sa couleur, son odeur, sa consistance, sa saveur, son arôme stimulant les sens ; de la vue, de l'ouïe, du toucher, de l'odorat et du goût et provoquant des réactions plus ou moins vives d'acceptation ou de rejet. Ce sont ces différentes propriétés des fromages qui ont été discutées pour une meilleure approche qualitative du fromage fabriqué. La fiche de dégustation (Fiche d'analyse sensorielle) est produite en annexe.



**Figure .12.** Le test de dégustation pour les analyses sensorielles (organoleptiques) du fromage fabriqué (Photos Mahmoudi, 2024).

## ***Résultats et discussion***

## Chapitre V- Résultats et discussion

### V-1. Les analyses physico-chimiques du lait de vache cru

Les résultats des analyses physico-chimiques et du test antibiotique du lait de vache cru, destiné éventuellement à la fabrication du fromage du présent essai, sont représentés dans le **tableau (7)** ci-dessous. Il est à indiquer que ces valeurs représentent pour certains paramètres une valeur moyenne. Le lait de vache cru avant d'être utilisé dans la production de lait ou de produits dérivés doit obligatoirement passer par des analyses, notamment physico-chimiques, pour s'assurer de sa conformité aux normes du journal officiel algérien.

**Tableau .7.** Les résultats relatifs aux paramètres physicochimiques du lait de vache cru, utilisé dans la fabrication du fromage de cet essai.

Paramètres	Valeurs	Normes
pH	6.66	6.5 à 6.7
Acidité Dornic (°D)	18	16 à 18
Densité	1030	1025 à 1038
Extrait Sec Totale (MST) %	13.7	-
Matière Grasse (MG) g/L	29	28 à 40
Test antibiotique	Négatif	Absence

#### V.1.1. Le pH

La valeur moyenne du pH du lait de vache cru enregistrée est de 6,66 (**tableau 7**). Celle-ci selon **Alai (1984)**, est une valeur correspondant à la norme de l'entreprise étant comprise entre 6.5 à 6.7. Cette valeur correspond également à la norme de la **FAO (1995)** pour le pH de lait cru. Le pH n'est pas une valeur fixe et peut varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment, le cycle de lactation et la ration alimentaire. Si le pH est inférieur à la normale, cela indique généralement une acidification due à un stockage inadapté du lait (**Diao, 2000**).

#### V-1.2. L'acidité

L'acidité Dornic du lait cru analysé est de 18°D (**tableau 7**). Cette acidité titrable est bien comprise dans l'intervalle des valeurs correspondantes aux normes de l'acidité du lait de vache cru. Normes admises par le journal officiel de la république Algérienne à savoir des

valeurs comprises entre 16 et 18°D. La valeur obtenue est similaire à celle trouvée par **Diatta (2005)**. Une acidité du lait cru située dans les normes indiquées nous renseigne sur sa fraîcheur. La fraîcheur du lait cru est une indication des bonnes mesures de conservation entretenues par l'éleveur et la laiterie de l'Edough vis-à-vis de ce produit. **Alais (1984)** rapporte que l'acidité du lait est une notion importante pour l'industrie laitière, elle permet de juger de l'état de conservation du lait et donc de l'activité de certaines bactéries.

### **V-1.3. La densité**

La densité du lait cru varie entre 1028 et 1038 selon les normes internes de l'entreprise, on note que la valeur enregistrée est de 1030. Celle-ci se situe dans l'intervalle de la norme, ce qui indique que l'échantillon est conforme. Il est à souligner que la valeur du taux de mouillage est de 0 %, on conclue que le lait n'a pas subi un mouillage. Ces valeurs sont presque similaires à celles rapportées par la **FAO (2010)** pour qui la densité doit être comprise entre 1028 et 1033. En fait, la densité du lait varie selon le taux de matière sèche et le taux de matière grasse, elle diminue avec l'augmentation de matière grasse (**Lemens, 1985**).

### **V-1.4. Extrait Sec Totale ou matière Sèche totale**

La valeur de l'extrait sec du lait cru est de 13.7 (**Tableau 7**). L'extrait sec total ou la matière sèche totale est le taux de la matière sèche restant après dessiccation totale. Il correspond à la proportion de matières sèches entrant dans la composition, en l'occurrence, du lait et qui subsistent après totale dessiccation à l'étuve. L'extrait sec du lait se compose : de protéines, lactose, matières grasses, matières minérales. Les teneurs moyennes dans le lait de vache est de 128 g/l (**Oqlf.gouv.qc.ca**). On peut dire que l'extrait sec reflète la composition du lait en nutriments qui peut être riche ou pauvre selon certains facteurs notamment la nature de l'alimentation des vaches et de sa quantité. Plus la valeur est importante, eu égard d'un certain seuil, plus le lait de vache recèle une grande richesse de constitution. En moyenne, un litre de lait de vache cru contient près de 900 g d'eau et 130 g d'extrait sec, en proportion variable (**filiere-laitiere.fr**).

### **V-1.5. La matière grasse (MG)**

La teneur en matière grasse nous renseigne sur la valeur nutritionnelle et énergétique du produit, en l'occurrence le lait cru. L'échantillon de lait cru analysé enregistre une valeur de 29 g/l pour la teneur en matière grasse, cette moyenne se situe dans une fourchette

de normativité algérienne soit entre 28 et 40. Selon l'**Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (1995)** cette valeur moyenne montre que le lait est riche en matières grasses puisqu'elle se rapproche de la valeur 30 g/l.

#### **V-1.6. Test antibiotique**

Le test d'antibiotiques pour notre lait cru est négatif. Ceci indique l'absence des résidus d'antibiotiques dans le lait cru analysé. Ce résultat permet de conclure que les vaches laitières n'ont pas subi de traitements antibiotiques ou bien l'éleveur a respecté la durée indiquée entre le traitement chimique et la première traite (la rémanence). Ces résultats sont également conformes aux normes recommandées par le **J.O.R.A, (2017)**.

Les conséquences de la présence des résidus d'antibiotiques dans le lait pour l'industrie laitière peuvent être désastreuses. Ces résidus peuvent empêcher toute maturation de ferments lactiques, au cours de la transformation (**Novés et al., 2015**). Également, ces résidus d'antibiotiques peuvent conduire à des ennuis sanitaires tels que l'apparition et le développement de problèmes d'allergies (**AFSSA, 2014**) et au déséquilibre intestinal (**Cerniglia et Kotarski, 2005**). Donc la présence des résidus d'antibiotiques suite à des traitements vétérinaires chimiques peuvent détériorer sérieusement la qualité technologique et sanitaire du lait et provoquer de sérieuses conséquences (**Tollefson et Miller, 2000**). Par conséquent, il est recommandé que le lait cru soit complètement exempt de tous résidus d'antibiotique.

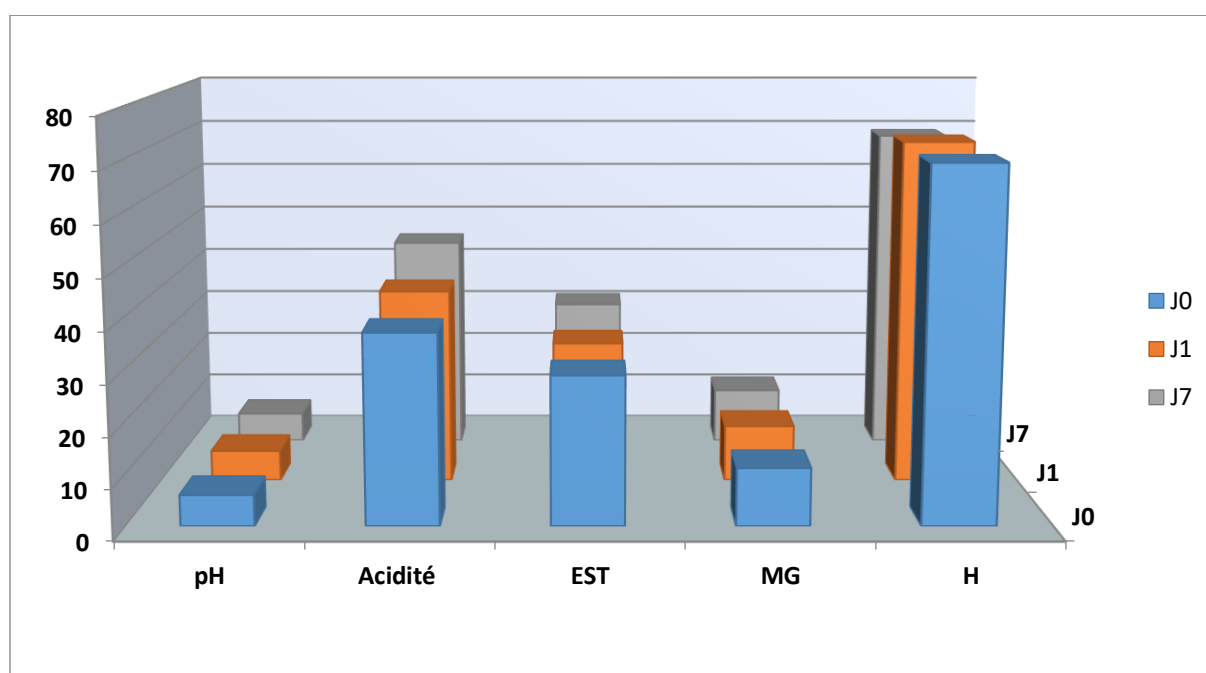
#### **V-2. Les analyses physico-chimiques du fromage frais fabriqué**

Les valeurs, du pH, de l'acidité, de l'extrait sec total (matière sèche totale) et de la matière grasse des échantillons du fromage frais additionné d'ail frais, sont représentées dans le **tableau (8)** et **figure (13)** ci-dessous. Chaque analyse a été répétée temporellement à trois reprises, J0, J1 et J7 ce qui indique respectivement le premier jour de fabrication, un jour après la fabrication (deuxième jour après la fabrication) et sept jours après la fabrication.

Au cours du processus de fabrication du fromage frais, il y'a eu différentes manipulations et ajouts ce qui influe sans doute sur les paramètres physicochimiques du produit fini par rapport à la matière première, le lait cru. Cette influence conduit probablement à la modification des caractères intrinsèques du produit fini. Il serait également intéressant de faire le suivi des changements des paramètres du fromage à travers une séquence (série) de temps pour prendre part des principales modifications que peut subir ce produit fini (**Tableau 8**).

**Tableau .8.** Les valeurs des analyses physico-chimiques des échantillons de fromage frais fabriqué à base de lait de vache et d'ail frais.

Analyses	pH	Acidité	EST	MG	H %
J0	6,20	38°D	29,70	11,5	70,39
J1	6,18	40°D	29,08	11,5	70,91
J7	6,14	45°D	31,12	11,5	68,87



**Figure .13.** Les cinq paramètres physicochimiques mesurés sur le fromage frais à ail.

### V-2.1. Le pH

Les résultats indiquent que les pH du fromage fabriqué, à base de lait de vache cru et d'ail, sont de 6.20, 6.18 et 6.14 respectivement pour le premier jour de fabrication, le lendemain et 7 jours après (**Tableau 8, figure 13**). Ces mesurés ont varié dans le temps, la valeur du pH à régresser progressivement. Cette variation s'explique probablement par le fait qu'il y'a eu un ajout de ferment lactique (bactéries lactiques mésophiles) et du présure (vinaigre commercial) pendant l'étape de caillage ce qui à influencer sur le pH du fromage. **Bensmaile et al (2013)** ont enregistré un pH d'une valeur de 6,28 pour le fromage frais préparé avec du lait cru et de la présure commerciale. La différence se fait ressentir également entre la valeur du pH du fromage fini (une moyenne de 6.17) et celle du lait cru utilisé au début du processus de fabrication (6.66). **Vignola, (2002)** indique dans ce sens, qu'en se développant, les bactéries

lactiques forment de l'acide lactique par fermentation des traces de lactose.

Quoi qu'il y'a eu un changement dans la valeur du pH du fromage pendant la période de 7 jours, on peut constater que ce changement n'est pas significatif (**Tableau 8, figure 13**), il n'y'a pas eu une modification sensible. La stabilité relative du pH durant cette période de conservation est due probablement aux conditions de conservation, le froid d'une part mais certainement aussi à l'ail ajouté et qui à jouer un rôle de stabilisateur du pH du fromage frais à travers le facteur changeant, temps.

### **V-2.2. L'acidité**

Pour l'acidité du fromage pendant 7 jours, elle est passée d'une valeur de 38°D jusqu'à une valeur de 45°D (**Tableau 8, figure 13**). À noter que les valeurs du pH et de l'acidité sont inverses, c'est-à-dire lorsque la valeur du pH est faible (pH= 6.14), l'acidité Dornic s'élève (45°D) et inversement. Il est reconnu que l'acidité serait le reflet du pH, en d'autres termes, elle est influencée dans le sens opposé par la valeur du pH. **Hibouche (2016)** indique dans ses travaux que le pH et l'acidité évoluent inversement, plus le pH augmente l'acidité diminue. De plus, cette évolution continue au fil du temps. Il est à rappeler que l'acidité Dornic exprime la teneur en acide lactique (soit 1 °D = 0,1 g d'acide lactique). Cet aspect est important pour l'industrie laitière, il permet de juger l'état de conservation du lait (**Alais, 1984**). Comme le pH, ce paramètre ne doit pas dépasser un certains seuil, afin qu'il soit dans les normes.

### **V-2.3. L'extrait sec total**

L'extrait sec est pratiquement stable entre le premier et le second jour avec une valeur d'environ 29%, mais il augmente au cours du septième jour pour atteindre une valeur de 31,12% (**Tableau 8, figure 13**). On remarque également que l'humidité du fromage fabriqué est stable pendant ces deux jours également (70%). Mais une fois l'humidité du fromage diminue (68,87%), la valeur de l'extrait sec augmente en conséquence (31,12%). Les constituants de la matière sèche se concentrent avec la perte de l'eau. Au bout d'une semaine de sa fabrication le fromage à concentrer trois fois plus de matière sèche totale que le lait cru. **Fredot (2009)**, souligne que l'extrait sec total est en fonction de la teneur en matière sèche du lait et de l'importance de l'égouttage, car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche du fromage. L'extrait sec total a probablement augmenté en présence de l'ail frais, puisque c'est un produit végétal avec une composition

nutritionnel comme c'est le cas du lait.

#### V-2.4. La matière grasse

Pour le paramètre de la teneur en matière grasse, il est constant pour les trois prises temporelles J0, J1 et J7 avec une valeur de 11.5% (**Tableau 8, figure 13**). Cette valeur est inférieure à la teneur du lait cru utilisé au début. Cette baisse est due à la perte de la matière grasse lors du processus de fabrication lors d'une ou plusieurs de ses étapes.

La teneur de la matière grasse du fromage frais fabriqué est légèrement supérieure à la norme fixée, selon **Gret (2002)**, puisque le taux de matière grasse d'un fromage frais devrait se situer entre 3,5% et 10%. Cette petite hausse peut s'expliquer par les facteurs intervenant sur la composition du lait cru, notamment la race, l'âge et la saison (le lait riche en matière grasse quand le climat est froid) (**Mahaut et al., 2000**).

#### V-2.5. L'humidité

L'humidité du fromage diminue sensiblement au bout du septième jour comparativement au premier et deuxième jour où elle a atteint 68.87% alors qu'elle a été d'environ 70% lors des deux premières prises (**Tableau 8, figure 13**). Il apparaît nettement qu'il y'a une corrélation négative entre l'extrait sec et l'humidité du fromage, plus celui-ci perd de l'eau plus l'extrait sec total augment de valeur. Le taux d'humidité (H%) du fromage est inversement proportionnel au taux de l'extrait sec total. Comme tout produit organique, le fromage frais à ail perd de l'humidité sous l'influence de facteurs externes environnementaux. Mais reste que les conditions de stockage, stabilise, réduise ou accélère ce processus naturel.

### V-3. Les analyses microbiologiques et fongiques du fromage frais fabriqué

Les résultats des analyses microbiologiques et fongique du fromage fini sont exprimés en µfc/ml. Ils représentent la charge éventuel en différents microorganismes recherchés (bactériennes et fongiques) dans les produits laitiers, en l'occurrence le fromage, selon les normes de l'entreprise de l'Edough tirés du Journal officiel algérien. Le **tableau (9)** ci-dessous montre le résultat des analyses microbiologiques faites sur le fromage frais à ail.

**Tableau .9.** Les résultats des analyses microbiologiques et fongiques d'un échantillon de fromage frais fabriqué à base de lait de vache et d'ail frais.

Germes recherchés	J0	J1	J7	Normes
-------------------	----	----	----	--------

<b>FMAT</b>	00	00	00	3.10 <sup>5</sup> à 3.10 <sup>6</sup>
<b>Coliformes totaux (CT)</b>	00	00	00	5.10 <sup>2</sup> à 5.10 <sup>3</sup>
<b>Coliformes fécaux (CF)</b>	00	00	00	-
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	ABS	ABS	ABS	-
<b>Levures et moisissures</b>	ABS	ABS	Présentes	-

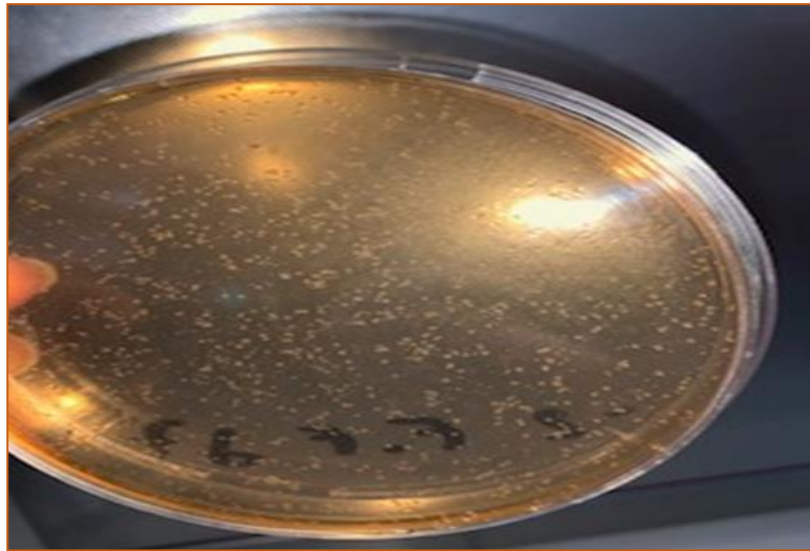
Les résultats indiquent l'absence de la flore aérobie mésophile totale, les coliformes totaux et fécaux et l'espèce *Staphylococcus aureus* dans le fromage fabriqué et ceci pour les trois analyses temporelles (J0, J1 et J7). Cette absence conforme aux normes convenues a été également constatée entres autres par **Beddif et al (2021)**. D'une manière générale l'absence de quelconque germes indique les mesures d'hygiène réglementaires appliquées et respectées soit chez l'éleveur, durant le transport de la matière première ou pendant les manipulations dans la laiterie Edough durant le stockage, le traitement ou le processus de fabrication.

L'absence totale de coliformes indique l'action primordiale exercée par les traitements thermiques subits par la matière primaire (le lait de vache cru) d'une part et l'efficacité des opérations de nettoyage et de propretés appliquées pendant le processus de fabrication, d'autre part (**Guiraud, 2003 ; Larry, 2004**).

Selon **Magnusson et al (2007)**, la présence des coliformes totaux dans le fromage frais montre le manque d'hygiène au niveau de l'environnement des animaux, pendant la traite et au cours du stockage et de la conservation du lait. Alors que pour la présence des coliformes fécaux cela indique une forte contamination fécale d'origine animale ou humaine (**Benkerroum et al., 2004**).

Par ailleurs et contrairement aux autres germes microbiologiques bactériens, les levures (**Figure 14**) et les moisissures marquent leurs présence mais seulement au bout du septième jour. Ce genre de micro-organismes, fongiques en l'occurrence, se développe sous des conditions différentes que les bactéries, où ils préfèrent des conditions plutôt humides avec une certaines températures. Donc il serait judicieux de trouver les conditions adéquates de

conservation pour éviter le développement de ces microorganismes fongiques et prolonger ainsi la durée de conservation du fromage frais additionné d'ail frais fabriqué dans le cadre de cet essai.



**Figure 14.** Détection de colonies de levures dans le fromage frais à ail au septième jour de fabrication (Photo Mahmoudi, 2024).

Donc, les résultats du dénombrement des grands groupes microbiens montrent une absence totale de ceux-ci et la présence, mais en petit nombre, de levures et moisissures au cours du septième jour (J7). Le fromage fabriqué dans cet essai est exempt de microbes pouvant contaminer le fromage frais, pendant que d'autres essais, notamment celui de **Kora (2005)**, avait trouvé un nombre très élevé de coliformes et de germes aérobies mésophiles respectivement de l'ordre de  $3,7 \cdot 10^6$  et  $4,2 \cdot 10^6$   $\mu\text{fc/g}$  sur le fromage frais 'Peulh' au Bénin ayant utilisé dans sa fabrication les feuilles de la plante *Calotropis procera*. Ce même auteur avait identifié  $7,36 \cdot 10^5$   $\mu\text{fc/g}$  de levures et moisissures.

#### **V-4. Les analyses sensorielles (organoleptiques) du fromage frais fabriqué**

L'appréciation d'un fromage est basée d'une part sur l'analyse physico-chimique, et d'autre part sur les qualités organoleptiques déterminées par la perception sensorielle, comme l'apparence (couleur), l'odeur et le goût, la structure et la texture de la pâte, les propriétés de la croûte, etc. (**Bugaud et al., 2002 ; Edima, 2007**).

Le fromage est préparé à partir de 3 L de lait de vache cru frais, après qu'il soit passé par les différentes étapes indiquées dans le chapitre matériels et méthode, on a obtenu une quantité

de fromage d'un poids de 390 g. On a procédé au test organoleptique du fromage fabriqué au bout de la première semaine après la réalisation des tests microbiologiques tout en ayant assuré sa conservation à 4°C, méthode qui s'aligne avec les travaux de **Afroun et Djahit (2016)**.

#### **V-4.1. Les caractéristiques sensorielles (organoleptiques) du fromage frais fabriqué**

L'analyse sensorielle nous a permis d'évaluer le fromage fabriqué sur la base d'une fiche de dégustation ou fiche d'analyse sensorielle (Annexe). À partir de l'appréciation de 10 personnes ayant dégustées le fromage fabriqué, apparaissent les caractéristiques de celui-ci dans le **tableau (10)** et expliquées dans ce qui suit :

##### **V-4.1.1. Aspect et texture**

L'aspect du fromage, en l'occurrence la couleur, est blanc sans aucune ambiguïté. L'échantillon de personnes dégustateurs dans leurs totalités (100%) s'accorde sur la couleur blanche du fromage frais avec ail (**Figure 15, Tableau 10**). Cette couleur est très reconnue pour cette catégorie de fromage, en l'occurrence les fromages frais où même le blanc est éclatant. Ceci reflète la couleur du lait par excellence car généralement on ne rajoute pas des composés qui ont tendance à faire virer la couleur blanche du lait.

Il y'a presque une unanimité (80%) sur l'aspect tartinable du fromage, par contre il y'a une unanimité sur le fait qu'il n'est pas adhésive (100%) et aussi il n'est pas crémeux. Selon certaines personnes, 20% seulement des dégustateurs, le fromage présente un aspect grumeleux (**Figure 15, Tableau 10**), ceci est dû probablement aux petites parties de l'ail non complètement hachés lors de leurs passage dans le mixeur. Ceci peut constituer une gêne pour le consommateur qui n'a pas l'habitude d'un aspect grumeleux du fromage frais mais aussi ça peut être une nouvelle chose à découvrir, une nouvelle texture à essayer pour ce genre de fromage. Les renseignements sur la boîte de fromage (les ingrédients et l'image du contenu de la boîte) sont sensés apporter les informations nécessaires aux consommateurs pour tout ce qui concerne la composition et même l'aspect de ce fromage et ainsi les encourager à découvrir de nouvelles sensations.



**Figure .15.** Les appréciations des dégustateurs vis-à-vis de l’aspect et la texture du fromage frais avec ail.

Bien entendu, le fromage n’a pas une texture dure (avis de 100% de dégustateurs) au contraire elle est molle (**Figure 15, Tableau 10**), d’ailleurs c’est ce qui lui donne cette caractéristique de tartinage. Mais, il est important de préciser, vu les avis qui sont de 30% pour une texture plutôt molle du fromage, que le dégustateur peut comprendre par molle une consistance qui tend plutôt vers le liquide. Il est bien reconnu que même le caractère ‘molle’ peut avoir plusieurs classes (très molle, demi-molle, peu molle). Il a été question ici juste de faire un type de distinction, entre le dure et le molle, sans pour autant entrer dans les différentes classes d’un chacun.

#### **V-4.1.2. Odeur et arôme**

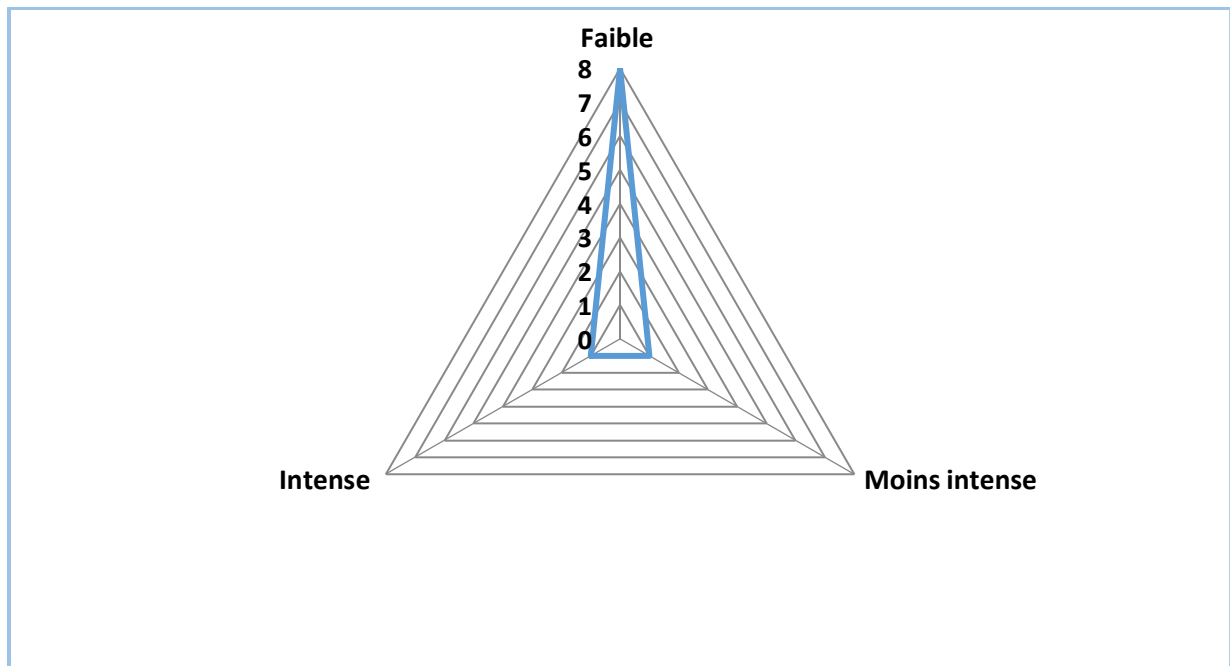
Concernant l’odeur du fromage, le test sensoriel a montré que la plus part des personnes dégustateurs (80%) s’accordent à trouver l’odeur du fromage faible (**Figure 16, Tableau 10**). Il convient de dire que, le fromage ne dégage aucune odeur intense ou désagréable créant ainsi un refus pour le consommateur. Le sens olfactif est parmi les sens importants pouvant créer un rejet ou une acceptation. En générale, les premières appréciations sont décisifs et donc très importantes et le fabricant doit privilégier par conséquent tous les éléments pouvant captiver la clientèle et éviter ceux pouvant la détourner.

**Tableau .10.** Caractérisation sensorielle, du fromage frais additionné d’ail, par les dégustateurs.

	Caractéristiques	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Aspect et texture</b>	Blanche	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Jaune										
	Tartinable	x	x		x	x	x		x	x	x
	Adhésive										
	Grumeleux			x				x			
	Crémeux										
	Molle			x	x		x				
	Dure										
<b>Odeur et arôme</b>	Faible		x	x	x	x		x	x	x	x
	Moins intense						x				
	Intense	x									
<b>Goût</b>	Salée	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	Acide										
	Lactique	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Arrière-gout										
	Persistance de goût	x			x	x	x	x		x	x

#### V-4.1.3. Goût

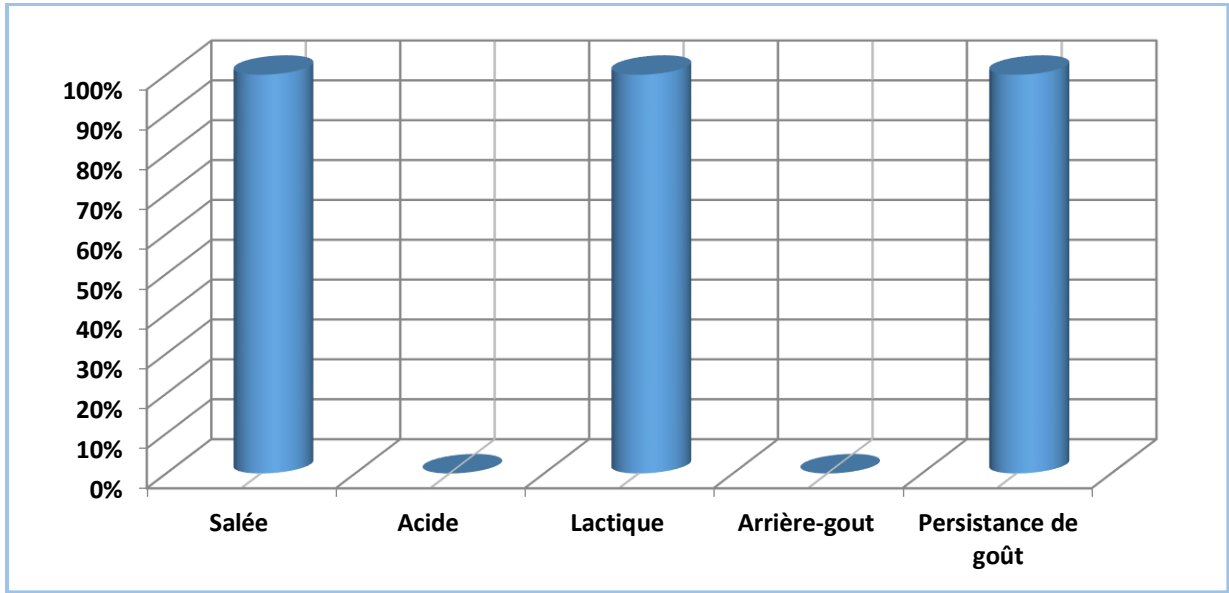
Il y a un consensus sur le goût salé et lactique du fromage (100% des dégustateurs) (**Figure 17, Tableau 10**). Le sel est un ingrédient qui a été additionné au fromage avec l’ail pour accentuer la saveur du fromage. Le goût du lait est présent (goût lactique), surtout que le fromage est nouvellement fabriqué avec un lait de vache frais et nouveau et donc il garde encore sa nuance. Cette essence des matières est très recherchée par les consommateurs où ils aiment ressentir, entre autres par le goût, toutes les matières et les ingrédients entrant dans la composition d’un produit donné.



**Figure .16.** Les appréciations des dégustateurs vis-à-vis de l’odeur et l’arôme du fromage frais avec ail.

Pas d’acidité et pas d’arrière goût pour le fromage dégusté (**Figure 17, Tableau 10**), ce qui constitue un bon signe concernant le déroulement du processus de fabrication sur le plan technique et hygiénique. Également et surtout les mesures de stockage du produit qui se sont déroulées dans des conditions de froid (4°C), en l’occurrence, ce qui a permis de garder les bonnes qualités nutritionnelles de ce produit. Sans oublié pour autant de parler de l’ail qui est considéré comme un bon conservateur (entre autres par ses propriétés antimicrobiennes) et qui aurait sans doute contribué à prolonger la vie du fromage.

70% des dégustateurs s’accordent à trouver que le goût du fromage persiste (**Figure 17, Tableau 10**). Cet aspect de durée dans le temps constitue un point positif, puisque tout consommateur cherche à avoir des prolongations dans le temps des bonnes sensations gustatives. Il se pourrait que l’ail ait contribué à ce caractère vu sa large utilisation dans l’industrie agroalimentaire pour son arôme distinctif et sa saveur piquante.



**Figure .17.** Les appréciations des dégustateurs vis-à-vis du goût du fromage frais avec ail.

## Conclusion

Le fromage frais est un aliment nutritionnel important faisant parti des produits dérivés du lait. C'est un produit lactique coagulé n'ayant pas subi d'affinage. Par rapport aux autres fromages il est très simple et facile à fabriquer. C'est le niveau premier des fromages ; sa fabrication se fait par fermentation et caillage du lait à l'aide de bactéries lactiques et de présure. Après un égouttage lent pour éliminer le lactosérum, le caillé ou le coagulum obtenu est uniformément blanc et à haute teneur en eau et sous cette forme, il peut être fin prêt à la consommation.

Afin d'offrir un choix plus diversifier aux consommateurs et pour améliorer la qualité technologique, organoleptique et sanitaire du fromage frais, et donc pour être dans la lancée de l'innovation durable, cet essai de fabrication avec une nouvelle formule de ce type de fromage a été mener au niveau de l'unité laitière de l'Edough à Annaba.

Le principe étant d'addition de l'ail frais, aliment naturelle aux vertus affirmées soit sur le plan culinaire ou médicinal, au fromage frais fabriqué à base de lait de vache cru provenant d'un éleveur fermier de la wilaya d'El-Tarf. Le processus de fabrication du fromage frais est celui indiqué par la laiterie et qui est d'ordre général, consistant à coaguler le lait par les ferments bactériens lactiques et la présure pour obtenir le caillé, pâte fraîche et propre à la consommation.

Suite à quoi le fromage fabriqué passe par des analyses physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques pour s'assurer de sa conformité aux normes indiquées dans le journal officiel algérien et adoptés par l'entreprise de l'Edough. Le lait comme matière première passe préalablement par des analyses physicochimiques, des résidus d'antibiotiques et microbiologiques pour s'assurer de sa qualité sur ces plans. Les résultats ont révélés que le lait possède les dites qualités appropriés aux normes et donc propre à l'utilisation pour la fabrication du fromage.

Les analyses du fromage fabriqué, indiquent que quoi que le pH diminue, suite à la présence de ferment lactiques mésophiles, mais pas d'une manière significative sûrement suite à la présence de l'ail qui équilibre relativement la balance du pH. L'acidité Dornic est le reflet du pH et elle est proportionnellement inverse à sa valeur. La teneur en extrait sec total est plus importante que la matière première, le lait cru. L'ail ajouté sous sa forme fraîche à probablement contribué à son augmentation ce qui enrichie les propriétés nutritionnelles du fromage fabriqué. La matière grasse est, certes, moins élevée que la matière première mais elle représente une bonne valeur pour ce type de fromage.

Pour les analyses microbiologiques (bactériennes et fongiques), ils indiquent une absence totale de ces germes pathogènes et d'altérations. Sur le plan microbiologique, l'addition de l'ail même à petites doses peut ralentir la croissance des microorganismes, ce qui prolongerait la date limite de consommation (DLC) du fromage frais et ce bien sûr avec la présence des conditions de stockage fraîches (4°C). Seulement au septième jour de fabrication et sous les conditions de stockage indiquées, il y'avait apparition de microorganismes fongiques, ce qui nécessite de prendre des mesures supplémentaires de conservation pour éviter leurs apparitions à une période aussi courte.

Le test organoleptique (texture, couleur, odeur, saveur) à dresser les aspects suivant de ce fromage à ail selon l'avis des consommateurs potentiels. Ce fromage est d'une couleur blanche, caractéristique de ce type de fromage et facilement tartinable. La texture est molle sans grumeaux, mais est-il toujours indiqué de bien homogénéiser l'ensemble pour obtenir une pâte fromagère agréable au goûter sans petits caillots. L'odeur n'est pas intense causant un refus de la part du consommateur. Le goût est salé, lactique authentique avec une persistance dans le temps et donc un prolongement dans la sensation des saveurs.

Généralement, l'ajout de l'ail au fromage frais contribue dans l'amélioration de ses caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques dans le domaine de la Technologie Agro Alimentaire et Contrôle de la Qualité du lait et de ses produits.



***REFERENCES***

Adrian J, Potus J, Franger, (2004). la science alimentaire de A à Z, 2<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc, Lavoisier ; 79,477p

AFSSA (2014). Usage vétérinaire des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, p 214.

Aggad H., Mahouz F., Ammar Y.A., Kihal M., 2009 - Évaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest Algérien. Rev. Méd. Vét., 160, 12 : 590 – 595.

Ahmed A.I., Mohammed A.A., Faye B., Blanchard L., Bakheit S.A., 2010 - Assessment of quality of camel milk and gariss, north Kordofan State, Sudan. Research Journal of Animal and Veterinary Sciences, 5(1): 18 – 22.

Alais C, Science du lait. Sepaic, Paris. 1984

Alais C, Science du lait. Sepaic, Paris. 1984.

Amagase H, Petesch BL, Matsuura H, Kasuga S and Itakura Y. Intake of garlic and its bioactive components. Journal of Nutrition, 2001, 131, 955s-962s

AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H., (2002)

Amiot J., Foutier S., Lebeuf Y., et Simpson R. Composition, propriétés physicochimique, valeur nutritive, qualité technologiques d'analyse du lait chapitre 1, 2002.

Amiot J., Foutier S., Lebeuf Y., et Simpson R. Composition, propriétés physicochimique, valeur nutritive, qualité technologiques d'analyse du lait chapitre 1, 2002

Anonyme, 2. (1999) 'Québec Amérique .Le guide des aliments, Indispensable à tout amateur de cuisine'. CANADA, p. 219.

Badis, A, Guetarni, D, Moussa-Boudjemaa, B, Henni, D.E, Tornadijo, M.E., Kihal, M. (2004). Identification of cultivable lactic acid bacteria isolated from Algerian raw goat's milk and evaluation of their technological properties. *Food Microbiology*, 21 : p 600.

Bencharif A, (2001), Stratégies des secteurs de la filière lait en Algérie, états des lieux et problématiques. Options Méditerranéennes Série B. Etude et Recherche 32: 25-45.

Benhedane N., 2012. Qualité microbiologique du lait cru destiné à la fabrication d'un type de camembert dans une unité de l'Est algérien. Mémoire de Magister en sciences alimentaires. I.N.A.T.A.A. Université de Constantine. 83 pages.

Boughellout H., (2007). Coagulation du lait par la pepsine du poulet. Mémoire magister, université Mentour constantine, 69p.

Brisabois A, Lafarge V, Brouillard A, de Busyer ML, Collecte C, Garin- Bastuji Betthorel

MF.(1997). Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers : situation en France et en Europe .Rev SCI. Tech .Off. Int.Epiz., 16 (1), 452-471pp.

Cerniglia C.E. and Kotarski S. (2005). Approaches in the safety evaluations of veterinary antimicrobial agents in food to determine the effects on the human intestinal microflora. Journal of veterinary Pharmacology and Therapeutics, 28(1):3-20.

Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN :3-25-29 (600 pages).

CourtetLeymariosF,(2010). Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Vois d'amélioration par l'alimentation. Thèse de doctorant disponible sur theses.vet-alfort.fr/télécharger. Php, id=1207.

Daif, N. L'ail, Allium sativum 1. (Liliacées) : de la tradition à ses perspectives en thérapeutique moderne Th. : Pharm. : Nancy 1 : 1993 ; 12,104 f

Debry G, (2001) le lait : Caractéristiques physicochimique. In : lait, nutrition et santé. Technologie et documentions, Paris, Lavoisier, 566p.

Eck A et Gillis JC. (2006). Le fromage. 3ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris,347- 384-691-360-24-87-213pp

Eck A et GillisJ.C.(1997). Les agents de transformation du lait. Le fromage .3ème ed, Tec et Doc Lavoisier. Paris, 6-189pp

Eck Andre. (1987) : Le fromage. Lavoisier, 2eme édition, Paris. P. 529

EssalhiM.(2002) .Relation entre les systèmes de production bovine et les caractéristiques du lait. Mémoire d'ingénieur .Institut agronomique et vétérinaire, Hassan II.Rabat, 104 p.

FAO ,1998). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.

FAO. (2017). Le lait et produits laitiers. La composition du lai

FAO. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 5: laits fermentés. Collection FAO / Alimentation et Nutrition, 2002, p28,7.

FAO/OMS. 1990 (1978 modifié). Codex alimentarius n° A-6. Chapitre 6 : Fromage : Définition et Classification.

FREDOT E, 2005. Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Tec et Doc. Lavoisier. 397 P (10-14).

Gaucher I. Caractéristiques de la micelle de caséines et stabilité des laits, de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT, thèse INRA / Agro campus Sci. Tech. Lait et œuf. Agrocampus Rennes, 2008.

GUIRAUD et ROSEC, 2004). Pratique des normes en microbiologie alimentaire Edition AFNOR.

GUIRAUD JP, 1998. Microbiologie alimentaire. Paris : Dunod, 651p.

GUIRAUD JP, 1998. Microbiologie alimentaire. Paris : Dunod, 651p.

Guirraud J-P.(2003) Microbiologie alimentaire, 135-296-155-45pp

Guirraud J-P.(2003) Microbiologie alimentaire, 135-296-155-45pp

Guirraud J-P.(2003) Microbiologie alimentaire, 135-296-155-45pp

Hibouche Soumia. (2016). Suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du camembert «Le Fermier» fabriqué à la laiterie EURL STLD « Société de transformation du lait et dérivés » Tizi-Ouzou. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme master en biologie spécialité : microbiologie appliquée. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques Département Biochimie Microbiologie. 97p.

<https://www.filiere-laitiere.fr/fr/laits-liquides>

Hui, H. . (1992) *Dairy science and technology handbook*. Wiley-VCH.

Internationales Polytechnique, Canada.

Jeanet R, Croguennec T, Schuck P, Brule G, (2007). Science des aliments : biochimie, microbiologie, procédés, produits. Paris, Lavoisier, 456-457p.

JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G., (2008). Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-14-17 (185 pages).

Lanzotti, V. The analysis of onion and garlic. J.Chromatogr. A, 2006, 112, 3-22.Najja,Hanen., Zouari, Sami., Arnault,Ingrid., Auger, Jacques., Ammar,Emna., Neffati, Mohamed.Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces du genre Allium, Allium roseum L. et Allium ampeloprasum L.,2010, 158 (1), 111-123, 2011.

Larry,2004). Pratique des normes en microbiologie alimentaire Edition AFNOR.

Luquet, F.M. et Corrieu, G. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Lavoisier, Paris. 307 pages.

Luquet, F.M. et Corrieu, G. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Lavoisier, Paris. 307 pages.

Mahaut. M, Jeantet R., Schuck P. Et Brule G., 2000. Les produits industriels laitiers Ed Tec et Doc. – Lavoisier : pp. 26-40.

Majdi, A. (2009). 'les fromages AOP et IGP .', in *Séminaire sur les fromages AOP et IGP .INT-Ingénieur agronomie*, p. 88.

Mathieu J, (1998). Initiation à la physicochimie du lait, Paris, Technique & documentation, (Guide technologique des IAA) ,220p.

MATHIEU J.,(1999).Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

MATHIEU J.,(1999).Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).

Mietton B, Dermazeau M, Deroissart H, Weber F, (1994).transformation du lait en fromage : bactérie lactique. Lorica, 614p

Ministère des Affaires Etrangères Français (MAEF), Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et Groupe de Recherche et d'Echange Technologique (GRET). (2023). Mémento de l'agronomie. Éditions Quae. 3e édition. 1691 P.

Néron Françoise. (2022). Petit précis d'agriculture. De la politique à la technique. Editions France Agricole. 4<sup>e</sup> édition. 563P.

Neville M.C et Jensen R.G .The physical properties of human and bovine milks In JENSEN R., Handbook of milk composition-General description of milks, Academic Press, Inc,1995, p 82.

Novés B., Librán C.M., Licón C.C., Molina, M.P., Molina, A. and Berruga M.I., (2015). Technological failures caused by cephalaxine on set-type sheep's milk yogurt. *CyTA – J. Food.* 13:408-414.

Novés B., Librán C.M., Licón C.C., Molina, M.P., Molina, A. and Berruga M.I., (2015). Technological failures caused by cephalaxine on set-type sheep's milk yogurt. *CyTA – J. Food.* 13:408-414.

ODEN P., et COULON H., (1991).Composition chimique du lait, [http:// www.2.vet.lyon.fr](http://www.2.vet.lyon.fr).

Pradal, M. (2012) 'Transformation fromagère caprine fermière'.

RHEOTEST M, 2010. Rhéomètre RHEOTEST®RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST ® LK – Produits alimentaires et aromatisants

Roudaut H. et Lefran E., 2005. Alimentation théorique. Sciences des aliments.

Roudaut H. et Lefran E., 2005. Alimentation théorique. Sciences des aliments.

Roudaut H. et Lefrancq E. (2005). Alimentation théorique. Edition sciences des aliments.

scientecal.com : Technologies alimentaires. <https://scientecal.com/composition-du-lait-physicochimie-et-microbiologie/>

THIEULIN G, VUILLAUME R, 1967. Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait ,de produits laitiers et des œufs. Revue générale des questions laitières 48 avenue. Président Wilson. Paris. 388 P (71-73).

Tollefson L. and Miller MA. (2000). Antibiotic use in food animals: controlling the human health impact. J AOAC Int, 83:245-56.

VIERLING E, 2003. Aliment et boisson-Filière et produit. 2ème édition. doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. P 270

Vierling E. Aliments et boissons filières et produits. 3ème édition Biosciences et techniques. Paris, 2008, p15-16.

Vignola C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechniques, Canada. pp :3-75.

Vignola C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechniques, Canada. ISBN: 29-34 (600 pages).

Vignola Carole L, 2002. Science et technologie du lait transformation du lait. Ecole Polytechnique de Montréal, ;2002.

Vignola. Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. 2002, p3-600.

Walther.B, Schmid.A, Sieber.R et Wehrmuller. K. (2008). Cheese innutrition and health. *DairySci. Technol.* 88, 389–405.

Wichtl Max, Anton Robert. Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinale, science et thérapeutique - 2 ème édition Paris : Ed. Tee &doc-Lavoisier ; Cachan : Ed. Médicales Internationales, 2003, 692p.



***ANNEXE***

### Fiche d'analyse sensorielle

Caractérisation sensorielle du fromage frais additionné d'ail par les dégustateurs choisis au hasard.

<b>Paramètres à tester</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Aspect et Texture</b>	Blanche											
	Tartinable											
	Adhésive											
	Grumeleux											
	Crémeux											
	Molle											
	Dure											
<b>Odeur et arôme</b>	Faible											
	Moins intense											
	Intense											
<b>Gout</b>	Salée											
	Acide											
	Lactique											
	Animale											
	Piquant											
	Arrière-gout											
	Persistance de gout											