

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Microbiologie

كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم الميكروبيولوجيا

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Science Biotechnologique  
**Spécialité :** Mycologie et Biotechnologie Fongique

N° d'ordre :  
N° de série :

Intitulé :

---

**Etude du procédé de fabrication et contrôle de qualité de fromage à pâte molle  
du type camembert**

---

**Présenté par :** Djemal Ikram  
Djeghar Soundous  
Chelabi Mohammed Nadir

**Le 18/06/2023**

**Jury d'évaluation :**

**Encadreur :** Mme. MEZIANI Meriem (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Présidente :** Mme. BENKAHOUL Malika (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examinatrice :** Mme. DJAMA Ouahiba (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Année universitaire  
2022 – 2023**

## Remercîment

Nous tenons à remercier Allah, le tout puissant et le miséricordieux, de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour terminer notre formation de Master

À nos professeurs et mentors, et spécialement à **Mme Meziani Meriem** qui ont guidé nos pas et éclairé notre voie tout au long de ce parcours scientifique. Vos connaissances, votre passion pour la recherche et votre dévouement à l'enseignement ont été une source inestimable d'inspiration.

Nous espérons sincèrement que les résultats de cette étude contribueront à l'avancement des connaissances scientifiques dans notre domaine et apporteront des bénéfices tangibles à la société.

Nous tenons à remercier le personnel du service de la production et du laboratoire de la Laiterie de « **Numidia** » pour leur aide durant la période de stage.

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à ceux que j'aime et apprécie, quelques soient les termes rédigés je n'arriverai jamais à leur exprimer mon amour sincère.*

*A l'homme de ma vie, mon précieux mon soutien et ma force, celui à qui je dois ma réussite. Tout mon respect pour mon cher papa **Bachir**.*

*A la femme exceptionnelle qui a toujours sacrifié pour me rendre heureuse qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me satisfaire, ma chère mère **Wahiba**.*

*Mes chers parents, qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours académique et qui ont toujours cru en moi. Votre amour inconditionnel, vos encouragements constants et vos sacrifices ont été les fondations sur lesquelles j'ai pu construire mon cheminement dans le domaine de la biologie.*

*A mes chères sœurs **Imene, Hadil, Basmala** et **Manar**, Le plus beau cadeau que maman et papa m'aient jamais fait, c'était vous. Merci de me suivre et de m'encourager dans mes projets, vous me donnez l'affection et l'amitié injustifiés, que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur du monde.*

*À mes collègues **Nadir** et **Soudous**, Je suis honorée de pouvoir partager ce mémoire avec vous. Je vous souhaite le succès, mon respect et ma gratitude pour vous.*

*Enfin, à mon moi futur, je dédie ce mémoire en guise de rappel de mon parcours, de mes accomplissements et de mes aspirations. Que cette humble contribution puisse servir de fondation pour de nouvelles découvertes et innovations, et qu'elle inspire les générations futures à poursuivre la quête du savoir.*

***Ikram***

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire A l'être le plus cher à mon cœur, à celle qui m'a guidée pour faire mes Premiers pas et qui m'a appris mon premier mot, à celle qui fut toujours A mes côtés.*

*Ma chère mère Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à Bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de Me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge Adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le Bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en Témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te Préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur*

*Mon adorable père Kamal, Pour leur soutien inconditionnel, Leur sacrifice, leur Tendresse, leur amour infinie, Je souhaite trouveront en ce modeste travail le témoignage de ma Reconnaissance et tous mes affections.*

*A mes chers frères : Soheib, Rabah*

*A toute la famille Djeghar*

*Mes sentiments les plus sincères d'amitié s'adressent à mon cher binôme Et sœur Djemal Ikram*

*Soundous*

# *Dédicace*

Je dédie ce mémoire :

**A ma chère mère,**

**A mon cher père,**

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

**A ma chère sœur, Rayoun,**

**A mon petit frère, Adlen,**

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

**A ma chère grand-mère, Mima,**

Que dieux te donne la paix.

**A mon encadreur,**

Pour son entente et sa sympathie.

**A mon binôme Ikram et Sondous,**

Pour leurs indéfectibles soutiens et leurs patiences infinies.

**A mes chers amis,**

Pour leurs aides et support dans les moments difficiles.

**A toute ma famille,**

*Chelabi Mohamed Nadir*

<b>Remerciement</b>	
<b>Dédicace</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre 01 : le lait (matière première de la fabrication fromagerie)</b>	<b>4</b>
1. Généralités sur le lait	4
1.1. Définition réglementaire	4
1.2. Définition alimentaire	4
2. Composition du lait	4
2.1. L'eau	5
2.2. Les glucides	5
2.3. Les lipides	5
2.4. Les minéraux	6
2.5. Biocatalyseurs : vitamines et enzymes	6
3. L'importance nutritionnelle du lait	7
4. Les propriétés physico-chimiques du lait	8
4.1. L'acidité du lait	8
4.2. Densité	8
4.3. Point de congélation	9
4.4. Point d'ébullition	9
5. Les propriétés organoleptiques du lait	9
5.1. La couleur	9
5.2. La saveur	9
5.3. La viscosité	10
6. La microbiologie du lait	10
6.1. Caractéristiques microbiologique	10
<b>Chapitre 02 : l'industrie fromagère</b>	<b>13</b>
1. Généralité sur les fromages	13
1.1. Historique	13
1.2. Définition	13
1.3. Désignation	13
2. les types des fromages	14
2.1. Les fromage à pâte fraîche	16
2.2. Les fromage à pâte pressé	17
2.3. Les fromages à pâte molle	18
3. Industrie fromagère en Algérie	19
3.1. Fromage frais	19
3.2. Fromage muri	21
3.3. Fromage fondu	22
3.4. Fromage dur	22
<b>Chapitre 03 : Camembert</b>	<b>23</b>
1. Historique	23
2. Définition	23
3. Composition et valeur nutritionnelle	24
4. Microflore du camembert	25
4.1. Flores bactériennes	25

4.2. Flores fongiques-----	26
5. procédure de fabrication du camembert-----	30
5.1. La nature de la matière première-----	30
5.2. Traitement préliminaires du lait -----	30
5.3. Les étapes clés de la fabrication du camembert-----	32
<b>Matériel et méthodes-----</b>	<b>37</b>
1. Présentation de la laiterie Numidia -----	38
2. Les produits de la laiterie-----	39
3. Méthodes -----	39
3.1. Procédé de la fabrication du camembert au niveau de laiterie «Numidia »-----	39
3.2. Contrôle de qualité du produit fini -----	44
3.3. Contrôle physicochimique-----	45
3.4. Contrôle microbiologique -----	53
<b>Résultats et discussion -----</b>	<b>58</b>
1. Résultats des analyses physico-chimiques-----	59
1.1. Lait cru (matière première) -----	59
1.2. Camembert (produit fini) -----	61
2. Résultats des analyses microbiologique-----	63
2.1. Dénombrement des coliformes fécaux et totaux -----	64
2.2. Dénombrement des coliformes fécaux et thermotolérants (FTAM) -----	64
2.3. <i>E. coli</i> -----	64
2.4. <i>S. aureus</i> -----	65
2.5. <i>Salmonelle</i> -----	65
<b>Conclusion et perspectives -----</b>	<b>66</b>
<b>Références bibliographiques -----</b>	<b>69</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Résumés</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>ملخص</b>	

## *Liste des abréviations*

**AW** : activité de l'eau

**CL** : coliformes

**DCLA** : Gélose Desoxycholate lactose agar

**EPT** : eau peptonée tamponnée

**ES** : extrait sec

**ESD** : extrait sec dégraissé

**EST** : extrait sec total

**FTAM** : la flore totale aérobie mésophile

**g** : gramme

**GEO** : *Geotrichum candidum*

**H.R.E.D** : humidité rapporté à l'extrait sec dégraissé

**HR** : humidité relative

**ISO** : Organisation internationale de normalisation

**M.G/E.S** : matière grasse dans l'extrait sec

**MG** : matière grasse

**Pc** : *Penicillium candidum*

**pH** : potentiel hydrogène

**SFB** : Bouillon sélénite F broth

**SM** : solution mère

**SS** : Salmonella-Shigella

**UFC** : Unité formant colonie

**UHT** : upérisation à hautes températures

<b>Figure 1</b> : Fromage frais (site 01)-----	17
<b>Figure 2</b> : Fromage à pâte pressé (site 02).-----	17
<b>Figure 3</b> : Fromage à pâte molle (site 03). -----	18
<b>Figure 4</b> : Fromage à pâte molle de type camembert (site 04).-----	23
<b>Figure 5</b> : Produits de la laiterie « <b>Numidia</b> »-----	39
<b>Figure 6</b> : Brassage du caillé de camembert (site 05) -----	41
<b>Figure 7</b> : Moulage du caillé de camembert (site 06) -----	42
<b>Figure 8</b> : Ressuyage du camembert. -----	43
<b>Figure 9</b> : Produit fini conditionné et emballé prêt à la commercialisation-----	44
<b>Figure 10</b> : Méthodologie de travail suivie au niveau de la laiterie « <b>Numidia</b> »-----	45
<b>Figure 11</b> : Test d'antibiotiques MilkSafe™ 3BTC -----	47
<b>Figure 12</b> : l'acidimètre-----	48
<b>Figure 13</b> : Lactodensimètre-----	49
<b>Figure 14</b> : Acide sulfurique -----	50
<b>Figure 15</b> : Le butyromètre Gerber après la centrifugation et alcool iso amylique -----	50
<b>Figure 16</b> : Dessiccateur RADWAG MAC 110 -----	51
<b>Figure 17</b> : pH-mètre électronique-----	52
<b>Figure 18</b> : Echantillon du camembert découpé en 04 secteurs -----	54
<b>Figure 19</b> : Dilution mère ( <b>D –1</b> ) du camembert-----	55

<b>Tableau 1</b> : Les compositions du lait cru -----	5
<b>Tableau 2</b> : La flore originelle du lait cru ( <b>Vignola, 2002</b> ) -----	11
<b>Tableau 3</b> : Les principaux groupes bactériens du lait-----	12
<b>Tableau 4</b> : Classification fromages en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage ( <b>FAO, 1995</b> )-----	14
<b>Tableau 5</b> : Différents types des fromages ( <b>Majdi, 2009</b> )-----	16
<b>Tableau 6</b> : Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert ( <b>Guegen, 1979</b> )-----	25
<b>Tableau 7</b> : Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du camembert d'après ( <b>Lenoir et al., 1983</b> ). -----	29
<b>Tableau 8</b> : Les paramètres physico-chimiques mesurés -----	46
<b>Tableau 9</b> : matériels utilisés au niveau de laboratoire d'analyse microbiologique -----	53
<b>Tableau 10</b> : Résultats des analyses physico-chimiques du lait cru destinés pour la fabrication du Camembert-----	59
<b>Tableau 11</b> : Résultats des analyses physico-chimiques du camembert à commercialiser -----	61
<b>Tableau 12</b> : Résultats des analyses microbiologiques du camembert à commercialiser -----	63

# **Introduction**

Le lait est un emblème de fertilité, opulence et profusion. Le lait a été employé dans l'alimentation humaine depuis leur apprivoisement, il est essentiel pour une nourriture équilibrée ; parce qu'il est une denrée aux multiples bénéfiques, riche en calcium, en vitamines et en protéines.

En effet l'Algérie occupe la position de leader en matière de consommation de lait dans la région du Maghreb, avec une estimation d'environ 5,5 milliards de litre consommés annuellement (**Srair *et al.*, 2005**).

Il se caractérise par un environnement propice et favorable à la prolifération de plusieurs micro-organismes qui ont la capacité de modifier et d'altérer sa composition. En cherchant à préserver le lait qui est périssable, l'homme a découvert que le processus de transformation en fromage est une méthode facile pour conserver les nutriments du lait.

Il y a environ 2000 types de fromages dans le monde, issus d'une vingtaine de catégories élaborées selon une méthode de base similaire (**Mahaut *et al.*, 2000**). Au nombre de ces types des fromages, on rencontre le camembert qui est un produit laitier à pâte molle et à croûte fleurie fabriqué à partir de lait cru. Il s'agit sans doute de l'un des fromages les plus populaires et estimés.

La qualité ultime du camembert est étroitement liée à la matière première utilisée ; elle est grandement altérée par l'absence de propreté et non-respect des normes d'hygiène dans les exploitations agricoles, le déplacement jusqu'à son arrivé à la laiterie ainsi que les méthodes et les circonstances de sa fabrication.

Dans le but d'offrir aux consommateurs un camembert de bonne qualité nutritionnelle et hygiénique, la laiterie «**Numidia**» ou nous avons effectué notre travail ; assure une commercialisation du camembert sans risque sur la santé humaine par le suivie des normes préalablement établis par le ministère du commerce tout a long de la chaine de production. Dès la réception de la matière première qui est le lait cru jusqu'à l'obtention du camembert prêt à la consommation, en respectant le diagramme de fabrication de camembert qui permet l'évolution la microflore d'affinage pour garantir les propriétés organoleptiques typiques du fromage et par un mode opératoire bien définie des analyses effectués.

Cette étude est menée dans le but de :

- Suivre le procédé de fabrication du fromage à pâte molle du genre camembert, au niveau de la laiterie « Numidia ».
- Maitrise le contrôle de qualité en partant par la matière première « le lait cru », jusqu'au produit consommable « camembert », au sein du laboratoire de la laiterie.

Le mémoire est scindé en trois parties :

- La première consiste en une synthèse bibliographique qui expose aux notions : le lait, l'industrie fromagère ainsi que le camembert.
- La deuxième partie faire figurer le matériel et les méthodes utilisés dans l'élaboration des analyses physico-chimique et microbiologiques.
- Finalement, la présentation des résultats obtenus et leur discussion qui seront l'objectif de la troisième partie.

# **Synthèse bibliographique**

## Chapitre 01 : Le lait

### 1. Généralités sur le lait

#### 1.1. Définition réglementaire

Le sommet mondial de la répression des fraudes tenu organisée à Genève en 1908 avait établi que le lait devait être considéré comme le résultat entier de la traite complète et continue d'une vache en bonne santé, bien nourrie et non stressée. Il doit être collecté de manière hygiénique et ne doit pas comporter de colostrum (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

#### 1.2. Définition alimentaire

Le lait est un fluide de couleur blanchâtre, opaque, possédant une saveur légèrement sucrée, qui est considéré comme une nourriture équilibrée et complète. Produit par les cellules sécrétrices des glandes mammaires des mammifères. Il est riche en protéines et en glucides. De nombreux produits laitiers sont fabriqués à partir du lait.

Le lait cru n'a subi aucun procédé de conservation, sauf la réfrigération à la ferme. La date limite de vente est le jour suivant celui de la traite. Le lait cru doit être bouilli avant d'être consommé (car il contient des micro-organismes pathogènes). Il doit être conservé au frais et consommé dans les 24 heures (**Fredot, 2006**).

### 2. Composition du lait

Le lait est une combinaison complexe composée majoritairement d'eau à hauteur de 90%, et qui contient :

- Une solution réelle : des glucides + protéines solubles + minéraux + vitamines hydrosolubles.
- Une solution colloïdale : des protéines, en particulier les caséines.
- Une émulsion : des graisses.

Les compositions du lait cru varient en fonction de différents facteurs tels que la race des animaux, leur alimentation et leur état de santé, la période de lactation et les conditions de traite.

Les pourcentages des compositions du lait cru sont représentés dans ce tableau.

Tableau 1 : Les compositions du lait cru

<b>L'eau</b>	<b>87 %</b>
<b>Protéines</b>	<b>3,3 %</b>
<b>Glucides</b>	<b>4,8 %</b>
<b>Matière grasse</b>	<b>4,1 %</b>
<b>Minéraux</b>	<b>0,8 %</b>

### 2.1. L'eau

C'est le composant le plus crucial en termes de poids (en quantité). Il compose environ 81 à 87% du volume de lait selon la race et se présente sous deux formes : l'eau libre (96% de la totalité) et la matière sèche liée (4% de la totalité) (**Ramet, 1985**). Elle est obtenue par filtration du sang.

### 2.2. Les glucides

Le glucose alpha ou beta et le galactose beta forment le disaccharide lactose, qui est le sucre présent dans le lait. Selon **Luquet F.M (1985)** et **Goursaud (1985)**, le lactose est synthétisé à partir du glucose extrait du sang par les glandes mammaires. Les jeunes animaux sont les seuls à pouvoir digérer correctement le lactose grâce à la lactase présente dans leur tube digestif. Ils ne possèdent pas de saccharase, de maltase ou d'amylase.

### 2.3. Les lipides

Les graisses se trouvent dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras, dans le lait de vache, ces globules gras ont une taille moyenne de 1 à 5 microns (jusqu'à 22 microns) de diamètre, et leur enveloppe se compose de deux couches : une couche interne de phospholipides et une couche externe de protéines, d'eau et de minéraux. Lorsque ces globules gras se regroupent, ils forment une masse plus légère que l'eau, qui remonte donc à la surface c'est ce que l'on appelle la crème. Les graisses contenues dans le lait se composent de : 98% de triglycérides, 1% de phospholipides et 1% de stérols (cholestérol), tocophérol et vitamines liposolubles. A température ambiante, les triglycérides liquides situés au centre du globule et les triglycérides solides se trouvent en périphérie du globule.

La matière grasse du lait est principalement produite à partir d'acides gras volatils (acide acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Dans certaines conditions des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait.

#### **2.4. Les minéraux**

Les éléments minéraux et salins du lait estiment environ 9 g/l, sont d'une importance vitale tant sur le plan nutritionnel que technologique, donc le lait contient tous les minéraux essentiels pour le corps humain, notamment le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium et le chlore, ainsi que des oligo-éléments, tels que le zinc, le fer, le cuivre, le fluor, l'iode et le molybdène. Les substances minérales ne se limitent pas aux sels solubles (molécules et ions) ; une partie substantielle se trouve dans la phase colloïdale insoluble (micelles de caséines). On note que la composition minérale varie selon les espèces, les races et le stade de la lactation.

#### **2.5. Biocatalyseurs : Les vitamines et Les enzymes**

##### **2.5.1. Les vitamines**

Les nutriments essentiels pour la croissance et la favorisation des fonctions corporelles sont les vitamines. Cependant, notre corps n'a pas la capacité de les produire, donc nous devons les obtenir à partir de notre alimentation. Les vitamines sont classées en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) qui se dissolvent dans l'eau.
- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) qui sont solubles dans les graisses. Certaines vitamines liposolubles sont au centre du globule gras tandis que d'autres sont à sa périphérie.

Les produits laitiers sont une source de vitamines A, B12 et B2 assez riches, mais une source un peu moins importante de vitamines B1 et B6. Cependant, ils ne contiennent que peu de vitamines E, d'acide folique et de biotine.

### 2.5.2. Les enzymes

Ce sont des composés organiques de type protéique, élaborés par des cellules ou des êtres vivants, qui exercent une fonction de catalyseur dans les réactions biochimiques. Environ soixante enzymes principales ont été identifiées dans le lait (**Pougheon, 2001**). Une grande partie d'entre elles se trouvent dans la membrane des globules lipidiques, cependant le lait contient également de nombreuses cellules (comme les leucocytes et les bactéries) qui produisent des enzymes : la distinction entre les enzymes internes et externes n'est donc pas facile. Ces enzymes peuvent jouer un rôle crucial en fonction de leurs propriétés :

- Dégradation des éléments constitutifs du lait.
- Propriétés antibactériennes.
- Indicateurs de la qualité hygiénique.

## 3. L'importance nutritionnelle du lait

Le lait est un substrat très nutritif qui fournit à l'être humain et aux jeunes mammifères une alimentation presque complète, bien qu'il soit faible en fer et en acides aminés soufrés (tels que la méthionine et la cystéine).

Il contient des protéines riches en acides aminés essentiels et des minéraux d'intérêt nutritionnel (**Jeantet et al., 2008**) à des concentrations tout à fait adéquates pour la croissance et la multiplication cellulaire (**Bourgeois et al., 1996**). Un litre de lait a un potentiel énergétique de 2720 kJ (**Jeantet et al., 2008**).

Le lait est le seul aliment complet connu, Contient des quantités significative des quelques 55 nutriments essentiels, le lait est considéré comme un aliment de forte densité nutritionnelle

- Une excellente source de calcium
- Il est aussi une bonne source de plusieurs vitamines de groupe A (qui joue un rôle primordial dans le mécanisme de la vision), E, k et B (tels que la vitamine B2 qui joue un rôle dans le métabolisme de l'énergie de toutes les cellules).
- Une excellente source de protéines quantitativement et qualitativement constitue de plus de 40% des acides aminés essentiels.
- Le lait est riche en nutriments énergétique où la matière grasse fournit 48% de la valeur énergétique et le lactose représente 30% de cette valeur.

- Une excellente source de phosphore ce minéral qui joue un rôle essentiel dans la formation et le maintien de la santé des os et des dents.

## 4. Les propriétés physico-chimiques du lait

Selon **Vignola (2002)**, les principales propriétés physicochimiques utilisées sont :

### 4.1. Acidité du lait

D'après le même auteur on distingue deux types acidité :

#### ➤ Acidité titrable

La mesure de l'acidité titrable évalue la totalité des ions H<sup>+</sup> existant dans le milieu, qu'ils soient sous forme ionisée ou non ionisée. Cette mesure synthétise les deux types d'acidité mentionnés auparavant, à savoir l'acidité naturelle et l'acidité développée. Ainsi que elle s'exprime couramment de deux façons : Soit en pourcentage % d'équivalents d'acide lactique, soit en degrés Dornic.

#### ➤ Le pH

Le lait frais a un pH compris entre 6,6 et 6,8. Contrairement à l'acidité titrable, le pH ne mesure pas la concentration des composés acides, mais plutôt la concentration des ions H<sup>+</sup> présents dans la solution. Les valeurs de pH reflètent l'état de fraîcheur du lait, en particulier en ce qui concerne sa stabilité.

En effet, le pH influe sur la solubilité des protéines, c'est-à-dire le point isoélectrique. Si le lait développe une acidité importante, son pH sera inférieur à 6,6 car l'acide lactique est suffisamment fort pour se dissocier et abaisser le pH de manière mesurable.

### 4.2. La densité

La densité, le plus souvent exprimée en gramme par millilitre ou en kilogrammes par litre, est une caractéristique physique qui change en fonction de la température étant donné que le volume d'une solution varie selon la température. Pour minimiser l'effet de la température, on utilise fréquemment la densité relative (ou densité).

### 4.3. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement plus bas que celui de l'eau en raison de la présence de substances dissoutes qui réduisent le point de congélation. Il peut varier entre  $[-0,530^{\circ}\text{C} ; -0,575^{\circ}\text{C}]$ , avec une moyenne de  $-0,555^{\circ}\text{C}$ . Si le point de congélation est supérieur à  $-0,530^{\circ}\text{C}$ , cela peut indiquer une dilution du lait avec de l'eau. On peut mesurer le seuil de gelée du lait grâce à la cryoscopie.

### 4.4. Le point d'ébullition

La température à laquelle la pression de vapeur de la substance ou de la solution devient égale à la pression appliquée est appelée point d'ébullition. De même que pour le point de congélation, la présence de solides solubilisés a une incidence sur le point d'ébullition qui est légèrement supérieur à celui de l'eau, à savoir  $100,5^{\circ}\text{C}$ .

## 5. Les propriétés organoleptiques du lait

Les caractéristiques organoleptiques constituent la base de l'appréciation de la qualité du lait. **Vierling (2003)** a noté que l'aspect, l'odeur, la saveur, la texture ne peuvent être précisés qu'après une comparaison avec un lait frais.

### 5.1. La couleur

Le lait a une teinte blanche et mate, principalement attribuable à sa teneur en matière grasse ainsi qu'aux pigments de carotène. En effet, la vache transforme le B-carotène en vitamine A, qui est ensuite transmise directement dans le lait (**Fredot, 2005**).

Selon **Reumont (2009)**, les graisses sont présentes dans le lait sous forme de globules de matière grasse, tandis que les protéines se présentent sous forme de micelles de caséines. Ces agrégats ont la capacité de diffuser la lumière sans l'absorber, et le rayonnement qu'ils renvoient est similaire en composition à la lumière solaire, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une lumière blanche.

### 5.2. La saveur

Le goût du lait frais ordinaire est plaisant. Celui du lait acidulé est frais et légèrement épicé. Les laits chauffés (pasteurisés, bouillis ou stérilisés) ont une saveur légèrement différente de celle du lait cru. Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. L'alimentation des vaches laitières avec certaines plantes de fourrage ensilées peut

Transmettre au lait des saveurs inhabituelles, en particulier la saveur amère peut également apparaître dans le lait en raison de la prolifération de certains germes d'origine extra-mammaire (Thieulin et Vuillaume, 1967).

### 5.3. La viscosité

Rheotest (2010) a démontré que la viscosité du lait est un attribut compliqué qui est spécialement impacté par les particules colloïdales émulsifiées et dissous. La proportion de matières grasses et de caséine a la plus grande influence sur la viscosité du lait. Les paramètres technologiques ont également une incidence sur la viscosité.

## 6. La microbiologie du lait

### 6.1. Caractéristiques microbiologiques

Le lait, même s'il est extrait dans des conditions d'hygiène optimales, contient de nombreux micro-organismes dont la multiplication est favorisée par sa température élevée ainsi que sa teneur élevée en eau et en glucides (Fredot, 2006). Les micro-organismes présents dans le lait sont classés en deux catégories en fonction de leur importance :

#### ➤ La flore indigène

Le lait renferme une faible quantité de micro-organismes s'il est collecté dans des circonstances appropriées à partir d'un animal en bonne santé (moins de 10<sup>3</sup> bactéries/ml). À la sortie de la mamelle, il est presque aseptique et préservé par des agents inhibiteurs nommés lactaténines, qui ont une activité temporaire limitée (CUQ, 2007).

#### ➤ La flore originelle

Il s'agit de tous les micro-organismes présents dans le lait dès sa sortie du pis. Les genres prédominants sont principalement des micro-organismes mésophiles (Vignola, 2002), comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 2 : La flore originelle du lait cru (Vignola, 2002)

Microorganismes	Pourcentage (%)
<i>Micrococcus sp</i>	30-90
<i>Lactobacillus</i>	10-30
<i>Streptococcus ou Lactococcus</i>	<10
Gram négatif	<10

#### - Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques font partie d'un ensemble de bactéries avantageuses, dont les propriétés sont similaires, et qui génèrent de l'acide lactique comme résultat final du procédé de fermentation.

#### ➤ La flore de contamination

Elle est divisée en deux catégories, une flore altérante qui peut engendrer des imperfections sensorielles et réduire la durée de vie du produit laitier (Vignola, 2002) et une flore pathogène qui constitue une menace pour le consommateur (Vignola, 2002).

Le tableau suivant regroupe les différents groupes bactériens du lait ainsi que leurs Caractéristiques.

Tableau 3 : Les principaux groupes bactériens du lait

Les microorganismes	Les caractéristiques	Les effets	Les références
<i>Clostridium</i>	Gram positif Anaérobies strictes	Contamination du lait au moment de la traite	(Bourgeois et Leveau, 1991)
<i>Escherichia coli</i>	Mobile pathogène	Capable de fermenter le glucose et le lactose	(Carip, 2008)
<i>Salmonella</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pathogène</li> <li>– Gram négatif</li> <li>– Anaérobies facultatifs</li> <li>– Mobile et sensibles au pH acide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Capable de de fermenter de le glucose</li> <li>– Incapable de fermenter le lactose</li> </ul>	(Carip, 2008)
<i>Staphylococcus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gram positif</li> <li>– Immobile</li> <li>– Non capsulés</li> <li>– Non sporulés</li> </ul>	Capable de fermenter le glucose	(Lory <i>et al.</i> , 2004) (Carip, 2008)

## Chapitre 02 : L'industrie fromagère

### 1. Généralités sur les fromages

#### 1.1. Historique

Le terme fromage dérive de l'ancien français, issu du bas latin *formaticus caseus* qui signifie "ce qui est fait dans une forme". À noter également le latin *forma* qui désigne un moule à fromage (**Robert, 1972**). Le fromage est l'un des plus anciens moyens de conservation du lait (**Richonnet, 2015**).

Depuis l'an 2800 avant JC les premières traces de fabrication du fromage sont dévoilées. Cependant, sa découverte est le fruit d'un simple hasard ; l'homme a découvert que sa denrée précieuse le lait peut être conservée sous forme de fromage et que la présure présente dans l'estomac de l'animal fait office de coagulant. Quelques cinq mille ans plus tard, le fromage a été fabriqué dans le monde entier (**Harbutt, 2010**).

#### 1.2. Définition

D'après **Gillis (2000)** le fromage, selon la norme Codex alimentaires, est le produit affiné ou frais, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé, dont le ration protéines sériques / caséines n'est pas supérieure à celui du lait (**CODEX STAN 283-1978**), et qui est obtenu :

- a) Par coagulation totale ou partielle des matières premières suivantes : du lait, du lait écrémé, du lait partiellement écrémé, de la crème, de la crème de lactosérum ou du babeurre, sous l'action de la présure ou d'un autre coagulant approprié, et par l'égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. Et/ou.
- b) Par l'emploi de techniques de transformation entraînant la coagulation du lait et/ou de matières provenant du lait de façon à obtenir un produit fini possède des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques similaires au produit répertorié dans la classification des fromages.

#### 1.3. Désignation

Le fromage mûri ou affiné est un fromage qui ne peut être consommé peu après sa fabrication, mais doit être conservé pendant un temps défini, à la température et dans les

Conditions particulières qui induiront les transformations biochimiques et physiques spécifiques du type de fromage.

Le fromage mûri ou affiné aux moisissures est un fromage affiné dont la maturation est due essentiellement au développement de moisissures caractéristiques internes et/ou externes.

Le fromage non mûri, non affiné ou frais est un fromage prêt à être consommé peu après sa fabrication.

## 2. Les types des fromages

La réglementation internationale (FAO/OMS, 1987) du codex alimentaire demeure plus générale, elle autorise à catégoriser les fromages en fonction de leurs teneur en eau dans le fromage dégraissé (H.R.E.D : humidité rapporté à l'extrait sec dégraissé), leur teneur en matière grasse sur la matière sèche (M.G/E.S : matière grasse dans l'extrait sec) et les caractéristiques de maturation principales (Eck, 1986). Le tableau 04 présente la classification des fromages comme suite :

**Tableau 4** : Classification fromages en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage (FAO, 1995)

Formule I		Formule II		Formule III
H.R.E.D %	La première phrase de la dénomination sera :	M.G/E.S %	La deuxième phrase de la dénomination sera :	Désignation d'après les principales caractéristiques de maturation
<41	Pâte extra-dure	>60	Extra gras	1. Muri ou affiné a. Surtout la surface b. Surtout la masse
49-56	Pâte dure	45-60	Gras	
54-63	Pâte demi-dure	25-45	Demi gras	2. Muri ou moisissures a. Surtout la surface b. Surtout la masse
61-69	Pâte demi-molle	10-25	Quart gras	
>67	Pâte molle	<10	Maigre	3. Non muri ou non affiné

La fabrication du fromage implique quatre ingrédients principaux : le lait, la présure, les micro-organismes et le sel (**Beresford et al., 2001**). Il y a de nombreuses classifications de fromages qui se distinguent en fonction de différents critères : la source de lait utilisée, le pays d'origine, les techniques de production, le type d'affinage, la coagulation et l'égouttage, l'aspect extérieur et le pourcentage d'eau, ainsi que l'espèce animale dont provient le lait (**David et Forte, 1998**).

Actuellement, il y a plus d'un millier de types de fromages répertoriés à travers le globe (**Ross et al., 2002 ; Fox et McSweeney, 2004**). Selon la transformation du lait et son traitement thermique (lait pasteurisé), il existe une grande variété de fromages qui peuvent être regroupés en trois grandes familles (**Eck, 1984 ; Mahaut et al., 2000**). Cette classification est bien illustrée au niveau de tableau 05.

Tableau 5 : Différents types des fromages (Majdi, 2009)

Type de fromages	Fromages de type lactique	Fromages de type présure	Fromages de type mixte
<b>Caractéristiques</b>	<p>-Obtenus essentiellement par coagulation biologique appelé aussi coagulation lactique ou coagulation par acidification.</p> <p>-Ce sont des fromages à pâte fraîche.</p> <p>-ils sont fabriqués à une température qui va de 16 à 23°C.</p> <p>-Ce type de fromage demande pour sa fabrication 3 à 10ml de présure pour 100L de lait</p>	<p>-Obtenus essentiellement par coagulation chimique appelé aussi coagulation par l'action des enzymes (la présure).</p> <p>-Ce sont des fromages à pâte pressée, à pâte ferme cuite et à pâte ferme non cuite.</p> <p>-ils sont fabriqués à une température qui va de 34 à 40°C.</p> <p>-Ce type de fromage demande pour sa fabrication 25 à 35 ml de présure pour 100L de lait.</p>	<p>-Obtenus par coagulation chimique et par coagulation biologique.</p> <p>-Ils sont obtenus par les deux méthodes de manière équivalente.</p> <p>-Ce sont des fromages à pâte molle.</p> <p>-Ils sont fabriqués à une température de 28 à 37°C.</p> <p>-Ce type de fromage demande pour sa fabrication 15 à 25 ml de présure pour 100 L de lait.</p>
<b>Exemples :</b>	<p><b>Fromages à pâte fraîche :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Petit suisses</li> <li>-Fromage demi-sel</li> <li>-Chabichou</li> <li>-Mothais sur feuille</li> <li>-Rocamadour</li> <li>-Picodons</li> </ul>	<p><b>Fromages à pâte pressée :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Saint-nectaire</li> <li>-Tome de Savoie</li> <li>-Saint-paulin</li> <li>-Port-salut</li> <li>-Reblochon</li> </ul> <p><b>Fromages à pâte ferme non cuite :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Cantal</li> <li>-Laguiole</li> </ul> <p><b>Fromage à pâte ferme cuite :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Comté</li> <li>-Emmenthal</li> </ul>	<p><b>Fromages à pâte molle :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Camembert</li> <li>-Brie</li> <li>-Carré de l'est</li> <li>-Bleu</li> <li>-Roquefort</li> <li>-Munster</li> <li>-Pont</li> <li>-l'évêque</li> <li>-Maroille</li> <li>-Livarot</li> </ul>

### 2.1. Les fromages à pâte fraîche

Un fromage frais est un produit laitier de couleur blanche, à la texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée. Il se caractérise par une teneur élevée en humidité et en matières grasses, comprise entre 60% et 80% (Majdi, 2009).

Ces fromages sont peu égouttés et ne sont pas affinés. Ils sont obtenus par coagulation des protéines du lait grâce aux ferments lactiques, qui acidifient le lait (Chamba et Irlinge, 2004).

Les « fromages blancs frais » ou « fromages frais » sont des fromages blancs fermentés qui remplissent un critère supplémentaire : leurs flore doit être vivante lors de la vente au consommateur (Martinez, 2009). (Figure 01, ci-dessous).



Figure 1 : Fromage frais (site 01)

## 2.2. Les fromages à pâte pressé

Ces produits laitiers sont obtenus par pressage de caillé après soutirage, puis en les laissant mûrir (Martinez, 2009). On peut classer ces fromages en deux catégories : ceux à pâte pressée non cuite et ceux à pâte pressée cuite (pâte dure, caillé chauffé à 65°C) (Majdi, 2009).

Par conséquent, le caillage et l'égouttage présentent quelques différences. En effet, le caillé du fromage est pressé lors de moulage pour éliminer le petit-lait ou le lactosérum avant le processus d'affinage. Ils ont une teneur en eau inférieure à celle des fromages frais, mais contiennent d'avantage de minéraux tels que les sels de calcium (Parente et Cogan, 2004 ; Yildiz, 2010). (Figure 02, ci-dessous).



Figure 2 : Fromage à pâte pressé (site 02).

### 2.3. Les fromages à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont définis dans la norme internationale Codex Alimentaires (CODEX STAN A-6-1973. Adopté en 1973. Révision 1999. Amendé en 2001) comme étant tous les fromages dont la teneur la quantité d'eau restante après avoir retiré les matières grasses est supérieure à 67%.

Ces fromages ont une texture molle, couramment crémeuse et veloutée avec une légère souplesse dans leur composition. Elles se distinguent par une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle. Le fromage à texture molle se réfère spécifiquement au camembert, qui subit un affinage en surface, formant une croûte molle enveloppée par des moisissures blanches (Mdahou, 2017). (Figure 03, ci-dessous).



**Figure 3** : Fromage à pâte molle (site 03).

Selon la conduite de l'affinage les fromages à base de lait cru, deux types de croûtes peuvent se développer : les pâtes molles à croûte fleurie (ex. Brie, Camembert, Coulommiers) et les pâtes molles à croûte lavée (ex. Epoisses, Limburger, Livarot, Maroilles, Munster, Tilsit).

La composition microbiologique de la surface est essentielle pour déterminer la qualité des fromages à pâte molle (Gripson, 1993), deux types de flores interviennent dans la composition :

- La flore bactérienne utile des fromages à pâte molle concerne : les bactéries lactiques comme le genre *Lactococcus* qui peut comprennent les espèces *Lactococcus garvieae* et *Lactococcus lactis* (Dellaglio F., 1994).

- La flore levurienne au cours de l'affinage *Kluyveromyces lactis* et *Saccharomyces cerevisiae*, pour les fromages à pâte molle à moisissure (**Kelly et Marquardt, 1939 ; Richard et Zadi, 1983**), *Debaryomyce shansenii* et *Candida catenulata* (**Roostita R. et Fleet G.H., 1996**), et les moisissures comme *Penicillium caseicolum* (**Vassal L et al., 1984**).

### 3. Industrie laitière en Algérie

L'Algérie est un leader dans la consommation de lait dans la région du Maghreb, avec une estimation d'environ 5,5 milliards de litres consommés chaque année (**Srair et al., 2005**). Depuis les années quatre vains, la production laitière en Algérie a régulièrement augmenté, mais elle est très peu intégrée à la production industrielle de lait et de produits laitiers dérivés (**Zoubeidi et Gharabi 2013**). Cependant, la transformation de ce lait a permis l'émergence d'une gamme de produits laitiers, notamment les boissons, les produits laitiers gras et les fromages (**Claps et Marone, 2011**).

En Algérie, les fromages ont une longue histoire et sont traditionnellement fabriqués à partir de lait de vache, de chèvre, de brebis ou avec des mélanges selon des procédés anciens. Plus de 10 fromages traditionnels sont produits dans toute l'Algérie, les fromages traditionnels produits en Algérie, sont peu nombreux mais non recensés et peu étudiés (**Dubeuf et al., 2010**) ; une dizaine de types de fromages sont connus dans les différentes régions du pays (**Aissaoui Zitoun et al., 2011**). Parmi ces fromages, on trouve la " klila ", la " bouhezza ", la " mechouna " et la " madghissa ", dans la région de Chaouia, la " takammérite " et les " aoules " dans le sud, les " igounanes " dans la région de Kabylie (**Aissaoui Zitoun et al., 2011, 2012 ; Ben Danou, 1929 ; Benamara et al., 2016; Benkerroum, 2013 ; Khoualdi, 2017 ; Leksir et Chemmam, 2015 ; Licitra et al., 2019 ; McSweeney et al., 2017 ; Medjoudj et al., 2017a, b ; Ramalho Ribeiro et al., 2006**).

#### 3.1. Fromage frais

##### 3.1.1. Jben

Le Jben est un type de fromage frais algérien (**El Marnissi et al., 2013**), non affiné, fabriqué à partir de lait cru (**Ouldabeid et al., 2013**), obtenu par coagulation enzymatique (présure extrait à partir de la caillette de veau). Le lait utilisé pour sa production est chauffé, Puis un fragment de caillette bovine est ajouté au lait tiède. Après coagulation du lait et

égouttage, le caillé ainsi obtenu peut-être salé ou additionné de quelques épices ou de plantes aromatiques, (Abdelaziz et Ait kaci, 1992). Le jben est consommé dans un délai de 10 à 15 jours après sa préparation.

### 3.1.2. Mechouna (chnina)

La "Mechouna" est un type de fromage fabriqué de manière traditionnelle en utilisant du lait de chèvre ou de vache. Il est considéré comme un fromage frais à pâte molle. La préparation commence par le traitement thermique du lait jusqu'à ébullition. Ensuite, on ajoute du "Lben" et du sel. La quantité de "Lben" est égale à la moitié de celle du lait. Le mélange est chauffé une seconde fois jusqu'à ce que le lait coagule et que le caillé et le lactosérum se séparent.

Le caillé est séparé du petit-lait en le filtrant à travers un tamis de cuisine et un tissu fin (mousseline), puis il est suspendu et laissé à égoutter jusqu'à ce que tout le petit-lait soit éliminé. Cette étape peut prendre une nuit entière pour s'assurer que l'égouttage est complet (Derouiche M. et Zidoune M.N., 2015). Ensuite, le fromage est pressé et récupéré. Il est conservé dans des récipients en verre frais et sa durée de conservation ne doit pas dépasser 6 jours. Pour améliorer ses qualités gustatives, le fromage peut être mélangé avec plusieurs épices selon les préférences des consommateurs. Dans ce cas, la "Mechouna" est appelée "Chnina" (Derouiche M. et Zidoune M.N., 2015).

### 3.1.3. Ighouane

Fromage fabriqué en Kabylie sur les hauteurs du Djurdjura à partir du colostrum (premier lait de vache venant de mettre bas), la préparation d'Ighouane se fait dans des ustensiles en terre cuite enduits d'huile d'olive dans lesquels est versée un peu d'eau salée, puis le lait est chauffé et coagulé. Le caillé formé est découpé pour continuer à s'égoutter puis consommé tel quel (Mahamedi, 2015).

### 3.1.4. Aghoughlou

L'aghoughlou est un fromage fabriqué en Kabylie, obtenu à partir de lait frais de vache ou de chèvre coagulé par le latex du figuier (*Ficus carica*). Le caillé obtenu est consommé frais.

### 3.1.5. Kemariya (takermmarite)

C'est un fromage traditionnel fabriqué uniquement à partir de lait de chèvre, et il est fabriqué par les femmes selon des méthodes traditionnelles dans les régions du "M'zab" (McSweeney *et al.*, 2017). En particulier dans les wilayas (districts) de Ghardaïa et de Naama (centre-nord et nord-ouest de l'Algérie). La "Kemariya" est un fromage qui est souvent consommé comme dessert pendant les fêtes de fin d'année avec du miel, des cacahuètes, et servi avec du thé à la menthe. Il est coagulé par de la présure végétale ou animale et est également fabriqué à partir de lait de vache et de chamelle. En raison de la forte demande pour ce fromage, il est de plus en plus produit par de petites usines selon des procédés semi-industriels pour être vendu à la fois sur les marchés traditionnels et dans certains supermarchés du nord de l'Algérie (McSweeney *et al.*, 2017)

### 3.1.6. Oudiouan oulli

Il s'agit d'un fromage touareg semblable au fromage blanc, servi en petites portions et consommé frais ou séché.

### 3.1.7. Klila frais

En Algérie, depuis l'antiquité le fromage traditionnel Klila est produit et consommé sous différentes formes (Duval 1855). La délimitation géographique du terroir du fromage traditionnel "Klila" a permis de confirmer la production et la consommation de ce dernier dans différentes régions de l'Est algérien. La zone s'étend sur plusieurs Wilayas (provinces) : Guelma, Souk-Ahras, Oum El Bouaghi, Batna et Khenchela (Leksir & Chemmam, 2015).

Pour éviter la dégradation pendant la phase de stockage, le "Lben" est chauffé modérément (55-75 °C) jusqu'à la séparation du lactosérum ; le coagulum obtenu, appelé "Klila", est consommé comme un fromage frais après égouttage naturel (Leksir et Chemmam, 2015 ; Benamara *et al.*, 2016 ; Benlahcen *et al.*, 2017 ; Adewumi GA, 2019).

## 3.2. Fromages muri

### 3.2.1. Bouhezza

Le bouhazza est un fromage traditionnel répandu dans l'est de l'Algérie (Aissaoui-Zitoun *et al.*, 2012 ; Marino *et al.*, 2012), plus précisément dans les régions de Oum-El Bouaghi, khanchela, et dans certaines régions de Batna (Mekentichi, 2003).

Il est un fromage fermier fermenté caractéristique du fromage (**Aissaoui Zitoun et Zidoune, 2006**). L'égouttage, le salage et l'affinage de la "Bouhezza" sont effectués simultanément dans la "Chekoua" pendant une période de 2 à 3 mois. Pendant la période d'affinage, le "Lben" et le lait sont ajoutés au contenu de la "Chekoua". Au stade de la consommation, le fromage est pétri avec l'adjonction de poudre de piment rouge, ce qui lui confère une caractéristique particulière (**Aissaoui Zitoun et al., 2011**).

### **3.3. Fromages fondu**

#### **3.3.1. Medghissa**

Le "Imdeghest" ou "Medghissa" est un fromage fondu de la région de Chaouia (nord-est de l'Algérie), préparé en faisant cuire à feu doux de la "Klila" demi-sec dans du lait entier de vache, de chèvre ou de brebis. Le "Medghissa" est consommé comme en-cas et apprécié pour son élasticité (**Khoualdi G, 2017**).

### **3.4. Fromages dur**

#### **3.4.1. Loulsan (aoules)**

Il est fabriqué à partir du lait de chèvre qui est extrêmement aigre. Après une coagulation intense, le fromage obtenu a une pâte dure (matière sèche représente 92%). L'égouttage se fait dans une paille ensuite, il est reformé sous forme des boules plates séchées au soleil, il peut être consommé en mélange avec les dates (**Abdelaziz et Ait Kaci, 1992**).

## Chapitre 03 : Le camembert

### 1. Historique

Il s'agit du fromage français le plus célèbre, connu sous le nom de camembert. En raison de sa popularité auprès des consommateurs, il est actuellement produit dans la plupart des régions laitières françaises. Ce fromage est associé au nom de Marie Harel, qui exploitait une ferme à camembert en 1791. Certains considèrent Marie Harel comme la créatrice du camembert, cependant, selon Thomas Corneille 1708, qui mentionnait déjà dans son dictionnaire la vente du fromage de camembert sur les marchés de Vimoutiers et d'Argentan en 1702, sa fabrication était déjà assurée par les fermières de la région. (Desfleurs, 1968).

### 2. Définition

D'après Veisseyre (1975), le camembert est caractérisé comme étant un fromage à pâte molle à croûte fleurie, avec un caillé non divisé et une forme de cylindre plat. Ses dimensions sont généralement d'un diamètre de 10 à 11 cm et d'une épaisseur de 3 cm.

Le camembert renferme au minimum 40 % de matière grasse et contient environ 110 g de matière sèche. Originaire de Normandie, en France, il s'agit d'un fromage affiné avec des moisissures superficielles. (Figure 04, ci-dessous).



**Figure 4** : Fromage à pâte molle de type camembert (site 04).

### 3. Composition et valeur nutritionnelle

Selon sa méthode de fabrication, le camembert contient entre 30 et 50 % de matière azotée par rapport à sa matière sèche. Cela en fait l'une des meilleures sources alimentaires de

Protéines, avec une digestibilité élevée (**Mietton, 1995**). En outre, la valeur biologique élevée de ses protéines est due à sa composition équilibrée en acides aminés, ainsi qu'à sa capacité à former une pâte fromagère très appréciée par les consommateurs du monde entier.

La teneur en matière grasse du camembert (entre 25 et 40 %) est responsable de l'onctuosité de sa texture et contribue grandement à la saveur caractéristique du produit fini (**Neelakanten et al., 1971**). En ce qui concerne le lactose, il convient de noter que les fromages affinés sont pratiquement exempts de glucides, car la faible quantité de lactose présente dans le caillé après égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage.

En ce qui concerne les autres nutriments, le camembert constitue une source importante de calcium (entre 200 et 700 mg pour 100 g), de phosphore, de sodium et de vitamines (notamment du groupe B) (**Eck, 1990**). Le tableau suivant présente la composition moyenne de fromage à pâte molle de type camembert.

**Tableau 6** : Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type Camembert (Guegen, 1979)

<b>Eau (g)</b>	<b>50</b>
<b>Glucides (g)</b>	<b>4</b>
<b>Lipides (g)</b>	<b>24</b>
<b>Protéines (g)</b>	<b>20</b>
<b>Energie</b>	<b>310</b>
<b>Calcium (mg)</b>	<b>400</b>
<b>Phosphore (mg)</b>	<b>250</b>
<b>Magnésium (mg)</b>	<b>20</b>
<b>Potassium (mg)</b>	<b>150</b>
<b>Zinc (mg)</b>	<b>5</b>
<b>Sodium (mg)</b>	<b>700</b>
<b>Vitamines A (U.I)</b>	<b>1010</b>

#### 4. Microflore du camembert

La production de fromage, en particulier ceux fabriqués à partir de lait cru. La composante microbienne joue un rôle essentiel dans les caractéristiques sensorielles des fromages. L'écosystème fromager constitue une véritable source de biodiversité grâce à la diversité de sa flore microbienne. En effet, des bactéries, des moisissures et des levures cohabitent à la fois sur la croûte et à l'intérieur du fromage (Michel *et al.*, 2005). La microflore intervient dans l'affinage du camembert se regroupé dans le tableau 06 ci-dessous.

##### 4.1. Flores bactériennes

La flore bactérienne bénéfique des fromages à pâte molle se compose principalement de deux groupes majeurs : les bactéries lactiques et les bactéries de surface (non lactiques) (Pelaez et Requena, 2005).

#### 4.1.1. Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont les premières espèces microbiennes à se développer dans le lait et le caillé. Elles jouent un rôle essentiel en modifiant les caractéristiques du milieu, préparant ainsi les conditions propices au développement d'autres espèces impliquées dans l'affinage, principalement les levures et les moisissures. Les bactéries lactiques ont en commun la capacité de produire de l'acide lactique en quantité significative à partir du lactose, par le processus de fermentation lactique (**Larpent, 1987**).

#### 4.1.2. Bactéries de la surface (non lactiques)

La flore bactérienne non lactique présente dans les fromages, tels que les fromages à pâte molle (camembert), est principalement composée de bactéries technologiques. Parmi celles-ci, on retrouve notamment les staphylocoques et les bactéries corynéformes, qui jouent un rôle important dans l'affinage du fromage (**Goerges et al., 2008**).

*Les staphylocoques* non pathogènes coagulase négative et les bactéries corynéformes partagent certaines caractéristiques physiologiques qui expliquent leur capacité à coloniser la surface des fromages. Elles sont généralement aérobies, mésophiles (se développant à des températures modérées), tolérantes au sel, sensibles à l'acidité, et nécessitent un pH proche de la neutralité (entre 6 et 8,5) pour se développer.

#### 4.2. Flores Fongiques

Le camembert et les fromages à croûte fleurie associés sont caractérisés par une croûte blanche/grise formée par des moisissures tels que *Penicillium candidum* et des levures telles que *Geotrichum candidum*, *Debaryomyces hansenii* et *Kluyveromyces spp.* qui se développent à la surface du fromage (**Gripon, 1997 ; Leclercq-Perlat, 2011 ; Galli et al., 2016**).

##### 4.2.1. Levures

La microflore naturelle des fromages comprend plus de cinquante espèces différentes de levures. Elles sont généralement très tolérantes aux pH bas et peuvent se développer dans des conditions allant de l'acidité à la neutralité. Certaines de ces espèces sont sélectionnées spécifiquement comme ferments d'affinage et sont ajoutées au lait à des concentrations variables (**Leclercq-Perlat, 2004**).

Parmi les genres de levures les plus couramment retrouvés dans les fromages à pâte molle, on peut citer *Candida*, *Debaryomyces*, *Geotrichum*, *Kluyveromyces*, *Saccharomyces*, *Torulasporea* et *Yarrowia*. Ces levures jouent un rôle important dans le développement des arômes et des caractéristiques sensorielles des fromages.

*G. candidum* est une levure utilisée comme ferment d'affinage dans les fromages à pâte molle et à croûte fleurie, tels que le camembert. Elle contribue aux saveurs caractéristiques de ces fromages en produisant des alcools secondaires, des méthylcétones et des composés soufrés (**Boutrou et Guegen, 2005**). De plus, *G. candidum* produit des composés volatils soufrés qui sont des précurseurs des arômes de chou et d'ail (**Demarigny, 2000**). Cette espèce présente également un fort potentiel lipolytique et protéolytique. *G. candidum* utilise différentes sources de carbone et d'énergie, notamment le glucose, le lactate et le galactose. Cependant, elle est incapable d'utiliser le lactose comme source de carbone.

- **La croissance des levures à la surface des fromages**

L'affinage des fromages est un processus qui implique une succession de populations microbiennes (**Spinnler et Gripon, 2004**). Selon leurs recherches, les levures se développent pendant et après la période d'acidification par les ferments lactiques, ce qui modifie la cinétique du pH en terminant la consommation du lactose.

À la surface des fromages à pâte molle, la population totale de levures peut facilement atteindre 10<sup>6</sup> à 10<sup>8</sup> unités formant des colonies par centimètre carré au cours des cinq premiers jours de l'affinage, et cette population reste constante jusqu'à la fin de la durée de vie du produit (**Larsen et al., 1998**).

#### 4.2.2 Moisissures

*P. camemberti* est une moisissure capable de croître dans une plage de températures allant de 4 à 37 °C, avec un pH compris entre 2 et 8,5 (optimal entre 3,5 et 6,5), présentant des caractéristiques de croissance similaires à celles de *P. roqueforti* (**Abbas et al., 2011**). *Penicillium camemberti* est responsable de l'apparence caractéristique des fromages à pâte molle tels que le camembert et le brie, ainsi que des saveurs associées à ces types de fromages affinés. En consommant l'acide lactique et en produisant de l'ammoniac, *P. camemberti*

contribue à créer un gradient de pH allant de la croûte jusqu'au centre du fromage (**Legraet et al., 1983**).

Le développement du mycélium de *G. candidum* et de *P. camemberti* est responsable de l'aspect fleuri des fromages de type camembert. De plus, leur activité protéolytique et/ou lipolytique contribue aux propriétés sensorielles typiques de ce fromage. En particulier, *Debaryomyces hansenii* peut alcaliniser la surface du fromage et améliorer sa saveur. Cette levure est omniprésente et très tolérante au sel, pouvant se retrouver à la surface des fromages même en l'absence d'ajout délibéré. Dans ces cas, *D. hansenii* provient de l'environnement laitier, notamment du lait ou de la saumure.

- **Evolution des moisissures au cours de l'affinage**

*G. candidum* se développe dès les premiers jours de l'affinage, tandis que l'apparition de *P. camemberti* à la surface des fromages nécessite environ 7 jours. Lorsque ces deux organismes sont présents ensemble, cela apporte de grands avantages aux fromages camembert en termes de colonisation de la surface. En effet, la croissance rapide de *P. camemberti* en association avec *G. candidum* contribue à protéger la qualité des produits en limitant les contaminations extérieures. De plus, cette association permet un temps d'affinage plus court par rapport à l'utilisation des souches individuellement (**Bouvier et al., 1995**). Le tableau n°7 figure les différentes classes microbiennes intervenant au cours de l'affinage du camembert.

**Tableau 7** : Principaux groupes microbiens intervenant au cours de l'affinage du camembert d'après (Lenoir *et al.*, 1983).

Groupes microbiens	Origines	Fonctions
<b>Bactéries</b> STREPTOCOQUES LACTIQUES <i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i> <i>Streptococcus lactis</i> Sbsp <i>Diacetylactis</i> LEUCONOSTOC LACTOBACILLES <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus casei</i> MICROCOQUES BACTERIES CORYNEFORMES <i>Corynebacterium</i> <i>Brevibacterium</i>	Levain lactique  Lait, éventuellement levain  Lait  Lait, saumure, sel  Lait éventuellement levain	Acidification  Production de composants d'arôme Production de composants d'arôme  Protéolyse, dégradation des acides aminés Protéolyse, dégradation des acides aminés
<b>Levures</b> <i>Kluyveromyces</i> <i>Debaryomyces</i> <i>Saccharomyces</i>	Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, éventuellement levain	Production de composants d'arôme
<b>Moisissures</b> <i>Penicillium Camemberti</i>  <i>Geotrichum candidum</i>	Levain fongique  Lait, atmosphère des locaux, matériel de fromagerie, Levain éventuellement	Désacidification Protéolyse, lipolyse production des composants d'arôme Protéolyse, lipolyse, Production de composants d'arôme

## 5. Procédure de fabrication du camembert

### 5.1. La nature de la matière première

La fabrication du fromage à pâte molle de type camembert nécessite l'utilisation d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Dans les pays avec de grandes traditions fromagères, comme la France, ce fromage est produit soit à partir de lait cru, soit à partir de lait pasteurisé.

**Remeuf *et al.*, (1991)** soulignent que la capacité de transformation du lait en fromage dépend de plusieurs paramètres, notamment sa composition chimique et plusieurs autres dont :

- La charge microbienne et la composition de la microflore : La qualité du lait utilisé dans la fabrication du fromage est déterminante, car elle influence la flore microbienne présente. Un lait de haute qualité bactériologique doit avoir une faible contamination en micro-organismes indésirables et une composition favorable à la croissance des bactéries lactiques et autres micro-organismes bénéfiques pour la fabrication du fromage.
- L'aptitude au développement des bactéries lactiques : Les bactéries lactiques jouent un rôle crucial dans la transformation du lait en fromage. Le lait doit donc avoir une composition favorable à la croissance et à l'activité des bactéries lactiques, qui sont responsables de la fermentation lactique, de l'acidification du lait et de la coagulation du caillé.
- Le comportement vis-à-vis de l'enzyme coagulante (présure) : La présure est une enzyme utilisée pour coaguler le lait et former le caillé. Le lait doit être compatible avec l'enzyme coagulante, c'est-à-dire qu'il doit permettre une coagulation efficace et adéquate pour obtenir une texture et une structure appropriées dans le fromage.

Tous ces paramètres sont essentiels pour garantir la qualité et les caractéristiques souhaitées du fromage à pâte molle de type camembert.

### 5.2. Traitements préliminaires du lait

Une fois réceptionnés à l'usine, les laits destinés à la fabrication du fromage à pâte molle, de type camembert, sont soigneusement triés afin d'éliminer ceux qui ne conviennent pas à la

Transformation fromagère. Ces laits peuvent être impropres en raison d'une acidité excessive ou d'une charge microbienne élevée. Après le tri, les laits sont entreposés à basse température, généralement autour de 3 à 4°C, afin de préserver leur qualité et leur fraîcheur.

Ensuite, les laits subissent différents traitements technologiques pour assurer la production d'un produit dérivé de qualité et obtenir un rendement de fabrication satisfaisant. Parmi ces traitements, on retrouve :

### 5.2.1. La standardisation

Elle consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer. Elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse (28 g/l) et parfois du taux des protéines (qui doit être supérieur à 31 g/kg de fromage) (**Bertrand, 1988**).

### 5.2.2. L'homogénéisation

C'est une action mécanique réalisée à une température supérieure à 60 °C dans un homogénéisateur. Elle a pour but de stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait par la réduction du diamètre des globules gras à environ 1 micron et ce grâce à une pression exercée sur le lait de 100 à 200 bars (**Bourdier et Luquet, 1991**). Cela permet d'éviter une séparation indésirable de la matière grasse pendant la fabrication du fromage.

### 5.2.3. Les traitements thermiques

Dans l'industrie fromagère, les laits utilisés sont soumis à des traitements thermiques préalables qui jouent un rôle essentiel dans leur stabilisation. Selon la température et la durée du chauffage, le traitement thermique utilisé a un impact sur deux aspects principaux : la réduction de la concentration de la flore microbienne initiale et les modifications de la composition physico-chimique du lait.

Ces modifications entraînent généralement des changements dans les caractéristiques du lait, ce qui conditionne en grande partie la qualité du produit final, notamment sa valeur nutritive (**Eck, 1990**). Par exemple, la thermisation, qui consiste à chauffer le lait à une température de 64°C pendant 15 à 20 secondes, est principalement utilisée pour éliminer les bactéries psychrotrophes qui se développent dans le lait réfrigéré à la ferme ou à la fromagerie. Ces bactéries, notamment les espèces des genres *Pseudomonas*, *Achromobacter* et

*Flavobacterium*, produisent des lipases et des protéases exocellulaires résistantes à la pasteurisation (72-74°C, 15-20 sec) et même à la stérilisation UHT (132°C, 1-2 sec) (**Lenoir et al., 1983**).

Les enzymes peuvent être responsables de goûts désagréables tels que le goût malté, amer ou rance, ainsi que de pertes de rendement fromager. Étant donné que ce traitement thermique ne peut garantir une protection complète de la santé du consommateur, car il ne détruit que partiellement les germes dangereux (**Bertrand, 1988**), l'industrie fromagère a souvent recours à la pasteurisation qui présente l'avantage de détruire la totalité des germes pathogènes susceptibles de se trouver dans le lait et de réduire la flore microbienne commune.

Pour cela, des barèmes appropriés (température /temps de chauffage) ont été proposés :

- Pasteurisation basse (63 °C pendant 30 minutes).
- Pasteurisation haute (72°C pendant 20 secondes) (**Luquet et Bourdier, 1990**).

Ces traitements technologiques permettent de garantir la sécurité sanitaire du produit final, d'améliorer sa conservation et de favoriser la réussite de la fabrication du fromage à pâte molle de type camembert, en obtenant des rendements optimaux et une qualité appréciable. (**Ouali, 2003**).

### 5.3. Les étapes clés de la fabrication du camembert

#### 5.3.1. La phase d'ensemencement – maturation

Le lait estensemencé par des ferments lactiques mésophiles à une dose de 1,5 à 2%. Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées une fois ses souches réactivées, le levain servira à ensemenecer les grandes cuves de coagulation (**Ouali, 2003**). On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène de l'affinage. Il s'agit de spores de *Penicillium Camemberti*, *Penicillium caseicolum* ainsi que *Geotrichum candidum* (**Ouali, 2003**).

### 5.3.2. La coagulation

La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel emprisonnant les éléments solubles du lait.

En distingue trois types coagulation :

- **Coagulation acide**

La coagulation acide (provoquée par l'acide lactique d'origine bactérienne), l'abaissement de pH entraîne une diminution des charges négatives des micelles et donc une diminution de la couche d'hydratation et des répulsions électrostatiques, ainsi qu'une solubilisation du calcium et du phosphore minéral, entraînant une déstructuration des micelles de caséine avec réorganisation protéique, pour former un gel cassant très friable et peu élastique (**Mietton, 1995**).

- **Coagulation par voie enzymatique (présure)**

La coagulation enzymatique provoquée par la présure en hydrolysant la caséine k au niveau de la liaison (Phe105- Met106), induit une déstabilisation des micelles de caséines qui vont peu à peu flocculer pour former un gel ferme, compact et ayant une bonne cohésion (**Veisseyre, 1975**).

Dans le cas du camembert, la coagulation est dite mixte puisqu'elle résulte à la fois d'une acidification par les bactéries lactiques et de l'action d'enzymes coagulantes telles que la présure.

En effet, les concentrations en enzyme coagulante sont moyennes (18 à 22ml/100l du lait), et l'activité acidifiante modérée (pH à l'emprésurage 6,30 à 6,40), taux de bactéries lactiques inoculées (5.10<sup>6</sup> UFC/ml) ; la température du milieu (32 à 35°C) est favorable à la fois à l'action de l'enzyme coagulante et à la croissance des bactéries lactiques (**Ramet, 2006**).

- **Coagulation mixte**

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâtes molles et à pâte pressés (**Romain et al., 2008**).

### 5.3.3. Egouttage

L'étape d'égouttage est essentielle dans la fabrication du fromage car elle permet de séparer le lactosérum du caillé. Son objectif principal est de contrôler la teneur en eau du caillé, ainsi que sa teneur en minéraux et en lactose.

Pendant l'égouttage, deux actions complémentaires se produisent, comme le mentionne **Bertrand (1988)** :

- La synérèse : Le coagulum de caillé se contracte et se concentre, expulsant ainsi le lactosérum. Cette contraction du caillé contribue à la formation d'un réseau solide et compact.
- La séparation physique : Le lactosérum est physiquement séparé du caillé, généralement en utilisant des moules perforés ou des techniques de pressage. Cette séparation permet d'éliminer le lactosérum tout en maintenant le caillé intact.

Ces actions combinées d'expulsion du sérum et de séparation physique permettent de réguler la teneur en eau du caillé, ce qui est crucial pour le développement de la texture et de la structure du fromage. L'égouttage contribue également à l'élimination des composants solubles indésirables tels que le lactose, tout en favorisant la concentration des protéines et des matières grasses présentes dans le caillé.

Une fois l'égouttage terminé, le caillé est prêt à être moulé et à poursuivre les étapes ultérieures du processus de fabrication du fromage.

### 5.3.4. Salage

Le salage constitue une phase importante de la fabrication de beaucoup de fromage à l'exception de la plupart des fromages frais qui ne sont pas salés ; il consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, au taux moyen de 2% (**Ramet, 1985**), elle peut s'élever à 3-4% (**Alais et Linden, 1997**). On reconnaît habituellement au chlorure de sodium incorporé dans le fromage un triple rôle :

- Il complète l'égouttage des fromages en favorisant le drainage de la phase aqueuse libre de la pâte.

- Il modifie également l'hydratation des protéines et par là intervient dans la formation de la croûte.
- Il agit soit directement, soit par activité d'eau (aw) interposée sur le développement des microorganismes, et l'activité des enzymes et de se fait agit sur la phase d'affinage dans son ensemble.

Il apporte son goût caractéristique et la propriété d'exalter ou de masquer la sapidité de certaines substances apparaissant au cours de maturation du fromage (**Eck et al., 1975**).

Il existe en pratique quatre méthodes de salages (**Mansour et Alais, 1971**) :

- Salage à sec : Le sel est directement appliqué sur la surface du fromage sans utilisation d'eau. Il peut être saupoudré ou frotté sur le fromage.
- Salage en saumure : Le fromage est plongé dans une solution de sel et d'eau appelée saumure. Le temps de trempage peut varier en fonction du type de fromage et de l'intensité de salage souhaitée.
- Salage mixte : Cette méthode combine à la fois le salage à sec et le salage en saumure. Le fromage est saupoudré de sel à sec, puis il est plongé dans une saumure pour une période déterminée.
- Salage par injection : Cette méthode est utilisée pour les fromages à pâte dure ou demi-dure. Le sel est injecté directement à l'intérieur du fromage à l'aide d'une seringue spéciale. Cela permet une distribution uniforme du sel à l'intérieur du fromage.

Ces différentes méthodes de salage permettent d'ajuster la quantité de sel dans le fromage et d'influencer son goût, sa texture et sa conservation.

### 5.3.5. Affinage

Le processus d'affinage du camembert correspond à une phase de digestion enzymatique du caillé. Pendant la coagulation et l'égouttage, le mélange préparé est principalement composé de caséine, de matière grasse et d'une partie des composants du lait. Ces constituants subissent des transformations sous l'action enzymatique pendant l'affinage, ce qui entraîne l'apparition de substances aromatiques et gustatives (**Eck, 1987**). Ces transformations ont un impact profond sur la composition chimique ainsi que sur les caractéristiques physiques et organoleptiques du fromage, telles que son apparence, sa consistance, sa saveur et son odeur (**Ramet, 2006**)

Selon **McSweeney, et Sousa (2000)**, plusieurs types de dégradation se produisent simultanément ou successivement dans la pâte du fromage :

- La fermentation du lactose.
- La lipolyse.
- La protéolyse.

# **Matériel et Méthodes**

## **1. Présentation de la laiterie « Numidia »**

### **a- Situation géographique**

La laiterie « Numidia » est implantée à Châabet-Ersas au sud-est de Constantine, C'est la deuxième unité de production laitière de l'est algérien après celle d'Annaba. Elle a été mise en service au mois de mai 1980.

### **b- Organisation de l'unité**

La direction de l'unité compte sous sa responsabilité directe les départements suivants :

- Locaux de fabrication comprenant : La laiterie, la fromagerie et la yaourtière
- Locaux de conditionnement et de stockage des produits finis, lesquels abritant les services

Généraux et locaux de stockage et de liquéfaction des matières premières (lait en poudre, matière

Grasse laitière anhydre...).

- Départements administratifs
- Atelier pour l'affinage du camembert (capacité : 20.000 litres par jour).
- Installation automatique de nettoyage et de désinfection (C.I.P) et d'une centrale de Traitement des eaux
- Le Département contrôle de qualité de l'unité est équipée de deux laboratoires d'analyses et de contrôle de la qualité : l'un pour les analyses physico-chimiques, l'autre pour les analyses microbiologiques.

### **c- Les fonctions de l'unité**

Elle a pour missions :

- La préparation et le conditionnement du lait et des produits laitiers.
- L'achat de tous produits nécessaires à son fonctionnement.
- La gestion et le contrôle de la qualité de tous les produits et articles entrant dans la fabrication du lait et de ses dérivées.
- L'approvisionnement régulier des produits et assurer la satisfaction des besoins de la population des wilayas concernées.

- La maintenance préventive et curative des installations, équipements, machines et autres moyens matériels.
- La gestion de ses ressources humaines, leur assurer la paie et une couverture sociale conforme à la loi.
- Préparer les plans de formation, de recyclage et de perfectionnement de son personne

## 2. Les produits de la laiterie

L'unité commercialise les différents produits suivants (Figure 05, ci-dessous) :

- Le lait (lait de vache, lait pasteurisé et lait UHT)
- Les yaourts (petits yaourts et yaourts liquides),
- Les fromages (à pâte molle, à pâte pressée et à pâte fraîche)
- Le beurre, les boissons et la crème fraîche.



**Figure 5** : Produits de la laiterie « Numidia »

## 3. Méthodes

### 3.1. Procédé de la fabrication du camembert au niveau de la laiterie « Numidia »

#### 3.1.1. Préparation de la matière première

### **a- Réception du lait à l'usine**

Le lait cru est réceptionné dans des citernes isothermes à la laiterie « Numidia » ou il subit des analyses pour contrôler sa composition et leur qualité afin d'éliminer ceux impropres à la transformation fromagère (lait plus ou moins acides ayant une charge microbienne importante).

### **b- Standardisation**

Le lait traverse la pompe vers l'écumeuse pour la standardisation qui est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse qui doit être autour de (MG = 28 g/L).

### **c- Homogénéisation**

Ce procédé consiste à faire éclater les globules de matière grasse en fines particules. Celles-ci ne remontent ainsi pas à la surface, mais se répartissent de façon homogène dans la phase aqueuse du lait, ce qui empêche la séparation de la crème même après un entreposage de plusieurs jours. Donc c'est pour stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait et éviter la séparation de la crème.

### **d- Pasteurisation**

Elle s'effectue en circuit fermé, le lait est pasteurisé dans un échangeur à plaque, à haute température de (88° à 90°C) pendant 15 à 20 secondes, puis il est conduit vers des tanks de stockage où la température est de (8° à 10°C).

### **e- Pré-maturation**

Après une nuit de refroidissement à une température de (8° à 10°C), le lait est réparti dans des tanks de 10000 L auquel on ajoute 1,5 L de chlorure de calcium CaCl<sub>2</sub>, On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène d'affinage.

Il s'agit de spores de *Penicillium candidum*, *Penicillium camemberti* ; ensuite on laisse le lait reposer 10 à 12 heures.

### **f- Réchauffage et ensemencement des ferments**

Le lait est passé dans un réchauffeur à plaques à une température 36°C, pour les ensemencements avec ferment lactiques (25% des levains lactiques mésophiles ; 75% des levains lactiques thermophiles). Puis stocker dans des tanks de 1000 L.

La flore lactique mentionnée permettre :

- ❖ **la coagulation du lait** : en provoquant la production d'acide lactique, qui est un sous - produit de la fermentation (voie de dégradation des sucres en condition anaérobie).
- ❖ **l'affinage du fromage** : (rôle dans l'activité protéolytique), les bactéries lactiques ne peuvent absorber et utiliser que des acides aminés libres, peu abondants dans le lait, ou des peptides courts (composés seulement des quelques acides aminés).

### **3.1.2. Coagulation**

En premier lieu l'étape de l'emprésurage ; s'effectue par l'ajout de la présure en poudre (de type HY-MAX® /dose : 130g pour 7000 l), dont L'acidité du lait à l'emprésurage est 20°D et La température de la salle à l'emprésurage est 26°C à 28°C.

Pour la coagulation le lait sera modifié, il passe de l'état liquide à l'état de gel dans un temps calculé de prise la formation du coagulum est de 15 min pour chaque bassin il est obtenu par chronométrage à partir du moment de l'emprésurage jusqu'à l'apparition des flocons à une température de coagulation (36°C à 37°C).

### **3.1.3. Tranchage et brassage**

Après la gélification du lait, le lactosérum remonte avec une acidité de 25°D, on fait le tranchage qui est une action mécanique à l'aide d'une tranche caillée pour séparer les caillés du camembert formés (grâce à la présure) et libérer le lactosérum et obtenir petits cubes de 1 à 2 cm<sup>2</sup>.

Le caillé découpé subit un brassage à l'aide d'un brassoir, on peut aller de 2 à 3 brassages si le caillé est plus ferme. Le temps entre le découpage et le brassage est de 15min ; Le temps entre le 1ère brassage et le 2ème est de 10min. (Figure 06, ci-dessous).



**Figure 6** : Brassage du caillé de camembert (site 05)

### **3.1.4. Moulage**

Se fait dans des moules de forme ronde ou circulaire, ne comportant pas de fond, sont placés directement sur des plaques d'égouttages en plastiques perforées pour éviter les pertes du caillé. Les plaques reposent eux-mêmes sur les plateaux en aluminium, le sérum s'exsude à travers les trous du plaques pendant ce temps le caillé descend dans le moule. Le remplissage des moules suit au passage du caillé par la goulotte située à l'extrémité de chaque bassin.

La température de salle de moulage est de 26 à 28°C, Le moulage a pour but de donner au fromage sa forme définitive. (Figure 07, ci-dessous).



**Figure 7** : Moulage du caillé de camembert (site 06)

### **3.1.5. Egouttage et retournement**

Le retournement successif des fromages permet d'améliorer l'égouttage. Trois cycles de retournement s'effectuent entre chaque cycle 1 heure de temps ; dont l'acidité du sérum de premier retournement est de 25°D, et du deuxième est d'environ 40 à 55°D, l'acidité augmente progressivement dans lequel l'acidité du sérum du troisième retournement est de 60 à 80°D.

La température de la salle est maintenue à 26-28°C le jour et à 18-20°C la nuit, les fromages sont abandonnés pendant 16 à 18 h.

### 3.1.6. Démoulage

Le démoulage consiste à enlever les moules des fromages, il se fait au lendemain de la fabrication quand l'acidité du sérum atteint 100 - 110°D. Au moment du démoulage, le *pH* du caillé est entre 4,7 - 4,9. Après le démoulage, le fromage est transporté vers la salle de salage, les fromages démoulés sont déposés sur des claies métalliques d'affinage.

### 3.1.7. Salage

Les fromages sont salés en saumure préalablement pasteurisée à 90°C pendant 45 min, la saumure contient 280 à 300 g de chlorure de sodium (NaCl) par litre d'eau utilisée à une température de 12°C pendant une durée d'immersion de 18min, dans une humidité relative HR = 19% (plus la densité de saumure est faible et plus la durée d'immersion est grande).

### 3.1.8. Ressuyage

Les fromages sont ressuyés dans une salle où la température est entre 12-14°C et une HR de 85% pendant 16 à 18h. (Figure 08, ci-dessous).



Figure 8 : Ressuyage du camembert.

### 3.1.9. Affinage

Pendant cette opération, les fromages sont entreposés pendant 12 jours dans des hâloirs bien aérés et conditionnés à une température de 10 à 12°C et une humidité de 95%. Une solution de *Penicillium candidum* en neige (PC 12, PC SAM3, PC Neige) et de *Geotrichum candidum* (Geo 17) dilué dans l'eau est pulvérisée sur les fromages. Les fromages sont retournés six fois en douze jours les fromages. Après le dixième jour, la couche blanche se forme complètement

et cette nappe est appelée « la croûte » ; cette croûte fleurie ne présente aucun risque pour la santé et peut donc être consommée en toute sûreté.

### 3.1.10. Conditionnement et emballage

Une étape importante pour obtenir un produit de qualité, Les fromages sont emballés manuellement dans un papier cellulosique puis dans des boites en carton. Dès le 12ème jour lorsque la moisissure est suffisamment développée cet emballage permet de compléter l’affinage au cours du stockage en assurant :

- L’aération de la flore superficielle des fromages.
- La protection contre les agents extérieurs les fromages.

Ils sont commercialisés sous cette forme avec l’appellation « **Numidia** » représenté dans la figure suivante :



Figure 9 : Produit fini conditionné et emballé prêt à la commercialisation

## 3.2. Contrôle de qualité du produit fini « camembert »

### 3.2.1. Contrôle de qualité

- Selon (Lehir, 2001), le mot contrôle peut-être utiliser dans le sens de vérification ou dans celui de maîtrise. Le contrôle consiste à mesurer une ou plusieurs caractéristiques d'une entité et à comparer les résultats obtenus à des spécifications préétablies.

- Selon l'ISO la version de 1993. La qualité est : « L'ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites » (Willaya, 1996).

But de contrôle de la qualité Le contrôle ne constitue pas par lui-même une opération qui crée la qualité, mais il est une source d'information indispensable à la gestion de la qualité. Il est effectué à des points clés (points critiques) évite d'engager inopportunistement des frais coûteux dans la suite des opérations. Le contrôle final juge de la conformité du produit aux objectives qualités préalablement définis (Anonyme 1996).

### 3.2.2. Méthodologie d'analyses

La méthodologie de travail adoptée dans cette étude expérimentale est récapitulée dans le schéma représentatif suivant :

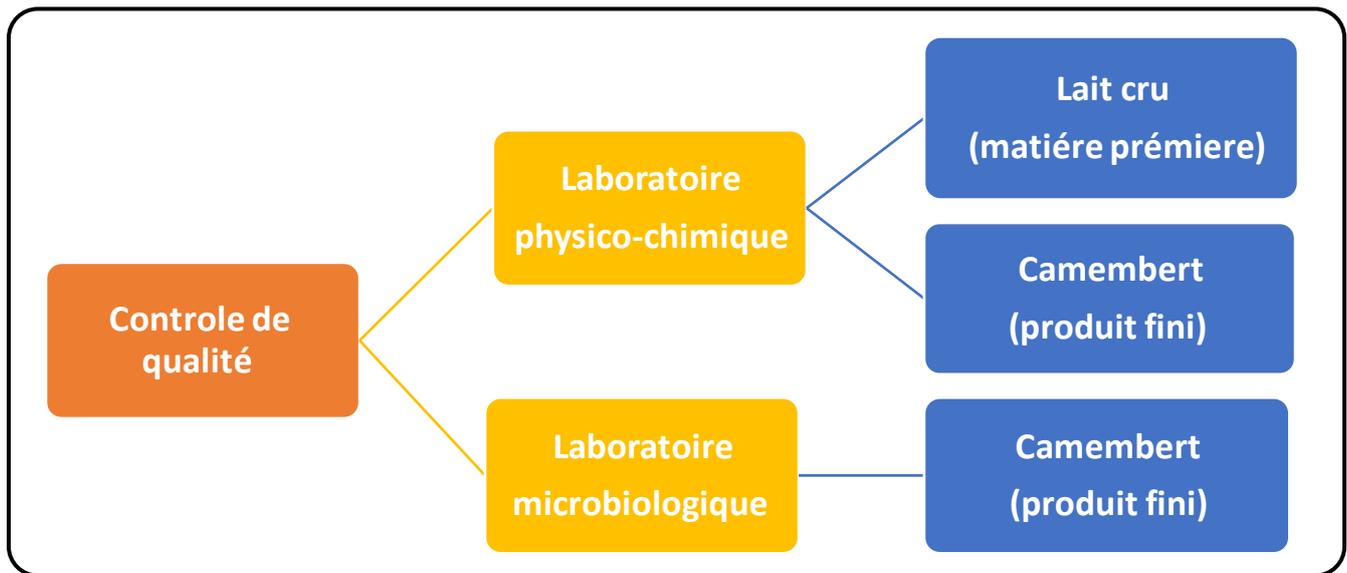


Figure 10 : Méthodologie de travail suivie au niveau de la laiterie « Numidia »

### 3.3. Contrôle physico-chimique

Les analyses physico-chimiques sont effectuées dans le but de vérifier la composition et la qualité physico-chimique des produits en analysant la matière première « lait cru » utilisé dans la fabrication du camembert et le produit fini « camembert » destiné à la commercialisation.

### 3.3.1. Préparation des échantillons

Selon le journal officiel de l'arrêté n° 35 du 27 Mai 1998 pour réaliser une analyse physico-chimique du lait, la technique utilisée diffère d'un produit à l'autre :

-La matière première telle que le lait cru, est prélevée en haut et en bas de la citerne, une simple agitation à l'aide d'une baguette en verre suffit à le rendre suffisamment homogène.

-Le produit fini est prélevé au hasard au niveau des conditionneuses.

### 3.3.2. Les analyses effectuées

Le contrôle physicochimique est réalisé en mesurant les différents paramètres mentionnés dans le tableau suivant pour les deux échantillons qui sont le lait cru destiné à la production fromagère et le camembert destiné à la commercialisation

Le mode opératoire est effectué selon : les normes **AFNOR (1986)**, et celle du journal officiel de la république Algérienne N°80 du décret de 14/11/1991 et N°19 du décret de 05/04/2000.

**Tableau 8** : Les paramètres physico-chimiques mesurés

Lait cru	Camembert
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection d'antibiotique</li> <li>- Acidité (°D)</li> <li>- Température (°C)</li> <li>- Densité</li> <li>- Matière grasse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matière grasse</li> <li>- Extrait sec total</li> <li>- Extrait sec dégraissé</li> <li>- Potentiel hydrogène</li> <li>- Humidité</li> </ul>

### 3.3.3. Matière première : lait cru

- **Détection d'Antibiotiques dans le lait par MilkSafe™ 3BTC**

#### ➤ Principe d'analyse

Ce test rapide est utilisé pour détecter les résidus d'antibiotiques à base de bêta-lactamines, y compris la céfalexine, et de tétracyclines dans le lait, au moyen de la technologie d'immunochromatographie à l'or colloïdal. Le test utilisé des réactifs de

liaison liés à des particules d'or et est effectué en une seule étape. Le résultat du test est interprété visuellement via les indicateurs colorés sur la bandelette

- Si l y aura des lignes rouges, le test sera invalide.
- Si l'intensité de la première et / ou la troisième bande a été supérieure ou égale à l'intensité de la bande de référence, le résultat sera interprété comme négatif (pas d'antibiotique).
- Si la première et / ou la troisième bande ont été absentes ou inférieures à l'intensité de la bande de référence, le résultat sera considéré comme positif (présence d'antibiotiques).

➤ **Mode opératoire**

- L'échantillon de lait pour le rendre homogène avant le test.
- Avec la pipette, déposer un échantillon de lait de 200 µl dans le micropuits de réactif et bien mélanger en agitant la pipette de haut en bas 5 à 10 fois.
- Installer le micropuits de réactif dans l'incubateur et insérer la bandelette de test dans le micropuits. Incuber 5 minutes à 40 °C ±2 °C.
- Retirer la bandelette du micropuits, retirer le tampon de l'extrémité inférieure puis interpréter immédiatement le résultat visuellement. (Figure 11, ci-dessous).



**Figure 11** : Test d'antibiotiques MilkSafe™ 3BTC

- **Détermination de l'acidité titrable (AFNOR, 1986)**

- **Principe**

L'acidité titrable est le nombre de gramme d'acide lactique présent dans un litre de lait. Le principe repose sur la neutralisation de l'acide lactique d'un échantillon par une solution NAOH à 0,1 N, en présence d'un indicateur coloré « la phénolphtaléine ».

- **Mode opératoire**

Dans un bécher de 100 ml, on introduit à l'aide d'une pipette, 10 ml de l'échantillon (lait) auquel on ajoute 2 à 3 gouttes de la phénolphtaléine, le tout est titré par une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N jusqu'à apparition du virage rose. (Figure 12, ci-dessous).



**Figure 12** : l'acidimètre

- **Détermination de la température et la densité**

- **Principe**

La densité du lait est le poids en kilos d'un litre de lait à 15°C. Elle est mesurée par un lactodensimètre d'une face et d'un thermomètre de l'autre face ; le lactodensimètre est plongé dans le lait, sur sa partie supérieure trouve une échelle indiquant le degré de densité.

- **Mode opératoire**

Le lait est versé dans l'éprouvette de 250 ml, tenu inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou des bulles d'air. Le lactodensimètre a été plongé doucement dans le lait et maintenu dans l'axe de l'éprouvette, puis il a été retenu dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre. 30 secondes à une minute nécessaire pour effectuer la lecture de la graduation. La

densité et la température ont été directement lues sur la partie graduée. La densité relevée peut être corrigée si la température du lait est différente de 15°C par la formule suivante valable que pour une mesure faite entre 10 et 20°C. (Figure 13, ci-dessous).

$$D = D' + 0.2 (T - 15^{\circ}\text{C})$$

**D** : Densité corrigé

**D'** : Densité brute

**T** : Température du lait

**0.2** : Coefficient de correction de température



**Figure 13** : Lactodensimètre

- **Détermination de la teneur en matière grasse**

- **Principe**

La méthode acido-basique est basée sur l'attaque des composants autre que la matière grasse par l'acide sulfurique et sa séparation par l'alcool iso-amylque.

- **Mode opératoire**

Dans un butyromètre à lait (butyromètre Gerber) (Figure 15, ci-dessous), on introduit 10 ml d'acide sulfurique (Figure 14, ci-dessous) de densité 1,83, lequel, on ajoute 11 ml de lait pour permettre la séparation des phases ; on ajoute ensuite 1 ml d'alcool iso-amylque, puis on centrifuge à 1200 tr/min pendant 5 min.

La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre.



**Figure 14** : Acide sulfurique



**Figure 15** : Le butyromètre Gerber après la centrifugation et alcool iso amylique

### 3.3.4. Produit fini : camembert

- **Détermination de la teneur en matière grasse**

- **Principe**

Dissolution de la caséine du fromage dans un butyromètre, par de l'acide sulfurique, la matière grasse est séparée par centrifugation. Le pourcentage en masse de matière grasse lu directement à la partie graduée du butyromètre (c'est la méthode acido-butyrométrique).

- **Mode opératoire**

Peser 3 g de fromage dans un godet en verre, puis l'introduire dans un butyromètre. Ajouter 10 ml d'acide sulfurique densité 1,54 et chauffer le contenu jusqu'à la dissolution totale ensuite ajouter 1 ml d'alcool iso-amylque. Enfin introduire l'échantillon dans la centrifugeuse (1110 tr/min pendant 5 min).

Le résultat est lue directement sur les graduations du butyromètre, la teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage en masse ; elle est égale à :  $MG = N' - N$

Avec :

- $N'$  : la valeur correspond au niveau supérieur de la colonne.
- $N$  : la graduation correspond au niveau inférieur de la colonne grasse.

- **Détermination de la teneur en extrait sec total (EST)**

La détermination est faite à l'aide d'un dessiccateur infrarouge RADWAG MAC 110, (Figure 16, ci-dessous).

➤ **Principe**

Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée.

➤ **Mode opératoire**

Dans un dessiccateur infrarouge posséda une capsule préalablement séchée et lavée, contenant 3 à 5 grammes de l'échantillon du camembert

La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur, la valeur de l'EST est exprimée en (%) pour le solide.



**Figure 16** : Dessiccateur RADWAG MAC 110

- **Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)**

Le pourcentage d'extrait sec dégraissé a été calculé par la différence entre extrait sec total et la matière grasse : **ESD = EST- MG**

**ESD** : extrait sec dégraissée

**EST** : extrait sec total

**MG** : matière grasse.

- **Détermination de l'humidité (%)**

Est exprimé par : **H (%) = 100 – EST**

- **Détermination du pH (AFNOR, 1986)**

- **Principe**

Le pH est déterminé par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre

- **Mode opératoire**

Après étalonnage du pH-mètre (Figure 17, ci-dessous) à l'aide d'une solution tampon (pH : 4 et pH : 7), plonger l'électrode dans le camembert, l'analyse est effectuée à 20°C.

La valeur du pH est lue directement sur le pH-mètre.



**Figure 17** : pH-mètre électronique

### 3.4. Contrôle microbiologique

Les analyses microbiologiques sont basées sur la recherche :

- Des germes capables d'altérer la qualité marchande de l'aliment mais ne sont pas pathogènes.
- Des germes potentiellement pathogènes pour le consommateur (*salmonella*).
- Des germes de contamination fécale. (Habituellement *les coliformes* et *les streptocoques fécaux*).

L'objectif de ces analyses microbiologiques est de pouvoir porter un jugement sur la salubrité du produit connaissant sa contamination et en comparant les résultats obtenus aux normes publiées dans le journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 2017 « **annexe n°01** »

#### 3.4.1. Matériels utilisés

Les bouillons et les milieux de culture cités dans le tableau 09 utilisés pour effectuer l'ensemble des analyses microbiologiques, dont leur composition et leur préparation seront détaillées en « **annexe n°02** ».

**Tableau 9** : matériels utilisés au niveau de laboratoire d'analyse microbiologique

Appareillage	Bouillon et milieux de culture	Additifs	Diluant	Autres matériels
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bain marie (PROLABO)</li> <li>- Balance de type de type (RADWAGE, 0.01 de précision et 2000g poids maximal)</li> <li>- Bec bunsen</li> <li>- Etuve d'incubation 37°C, 44°C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bouillon Giolitti Cantonii</li> <li>- Bouillon sélénite F broth « SFB »</li> <li>- Gélose Chapman</li> <li>- Gélose Desoxycholate lactose agar « DCLA »</li> <li>- Gélose <i>Salmonella-Shigella</i> « SS ».</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tellurite de potassium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eau peptonée tamponnée « EPT »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verrerie (boite de pétri, tubes à essai, flacon de 250ml, pipettes)</li> <li>- Anse de platine</li> <li>- Portoirs.</li> </ul>

### **3.4.2. Prélèvement et traitement d'échantillon**

Echantillon de camembert (produit fini) issue de la chaîne de production suivie à partir de la matière première déjà analysée (lait cru). L'échantillon est prélevé après 12 jours d'affinage donc il est destiné la commercialisation, l'échantillon est découpé en 04 secteurs à l'aide d'une spatule stérile comme il représente dans (la figure 18, ci-dessous), ce qui nous a permis de prélever de l'intérieur du fromage ou « cœur du fromage ». Les prélèvements sont effectués dans des conditions stériles et devant la flamme du bec bunsen dans des conditions d'asepsie rigoureuse, selon les recommandations du journal officiel « **annexe n°01** »



**Figure 18** : Echantillon du camembert découpé en 04 secteurs

### **3.4.3. Préparation de la solution mère**

Pesé 5 g du camembert à l'aide d'une balance, puis versé la quantité aseptiquement dans un flacon de 250 ml stérile. Après l'introduction 45 ml d'eau peptonée tamponnée stérile, le mélange est chauffé dans un bain marie de type (PROLABO) pendant 20min à environ 45°C pour mieux solubiliser les constituants de la prise d'essai, puis homogénéisé par agitation manuelle jusqu'à obtention d'une suspension homogène dont la totalité du fromage s'est solubilisée ; Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) (Figure 19, ci-dessous) qui correspond à la dilution 1/10 ou  $10^{-1}$  (J.O.R.A, 1998).



**Figure 19** : Dilution mère (D –1) du camembert

#### **3.4.4. Recherche et dénombrement des germes de contamination**

Les germes recherchés dans l'échantillon du camembert au niveau de laboratoire microbiologique de la laiterie « Numidia » sont ceux cités dans le journal officiel de la république algérienne n° 39 du 27 mai 1998 « **annexe n°01** », la recherche de ces micro-organismes permet d'indiquer le niveau de contamination du produit fini, il s'agit de :

##### ➤ **Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et thermotolérants**

La présence des coliformes est un indice de contamination fécale, Le milieu utilisé pour leur dénombrement est le milieu solide sur la gélose DCLA « **annexe n°02** », l'ensemencement a été fait dans la masse avec 1ml de la dilution mère 10<sup>-1</sup> sur une boîte de pétri stérile. Les colonies sont dénombrées après 24heurs d'incubation à 30°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux. La présence des coliformes se caractérise par l'apparition de colonies rouge de 0,5 mm de diamètres. La boîte comprend entre 30 à 300 colonies est décomptée. Le résultat est exprimé en nombre d'UFC de coliformes / g ou ml du produit. Puis le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre des germes par millilitre ou par gramme (UFC / g ou ml).

##### ➤ **Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)**

Le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile est un indice du niveau de la contamination globale de l'aliment. Ces microorganismes aérobies, et aéro-anaérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif ordinaire exempt d'inhibiteurs et d'indicateurs. Le milieu utilisé pour le dénombrement de la flore totale est le PCA « **annexe n°02** », l'ensemencement a été fait dans la masse avec 1ml de la dilution mère 10<sup>-1</sup> sur une boîte de pétri stérile. Les colonies sont dénombrées après 72 h d'incubation à 30°C à l'aide d'un

compteur colonies. La boîte comprend entre 30 à 300 colonies est décomptée. Le résultat est exprimé en nombre d'UFC de coliformes / g ou ml du produit. Puis le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre des germes par millilitre ou par gramme (UFC / g ou ml).

➤ **Recherche d'*Escherichia coli* (*E. coli*)**

*E. coli* indique une contamination fécale et des conditions hygiéniques déplorables lorsqu'elle est trouvée dans les produits alimentaires. Les colonies obtenues sur milieu DCLA sont prélevées et émulsionnées dans l'EPT « **annexe n°02** », puis quelques gouttes du réactif Kovacs sont ajoutées. La réaction se développe au bout de 5 - 10 min. L'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu indique la production d'indole par *E. coli*.

➤ **Recherche des *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)**

La présence des *Staphylococcus* dans les denrées alimentaires est un indice de contamination humaine, et sa recherche est faite en deux étapes :

**1/ Enrichissement**

- Introduire 1ml dans un tube contenant 9ml de milieu Giolitti Cantoni additionné de tellurite de potassium « **annexe n°02** ».
- Homogénéiser le contenu pour éviter la formation des bulles d'air.
- Incuber les boîtes à 37°C pendant 24h.
- Les résultats sont considérés positifs quand le tube présente un noircissement.

**2/ isolement**

- A partir des tubes positifs, ensemencé deux gouttes de la suspension bactérienne en surface du milieu Chapman « **annexe n°02** ».
- Incuber les boîtes pendant 24 heures à 37°C.

Les espèces *Staphylococcus aureus* se caractérisent par la présence d'un halo jaune autour de la colonie de taille moyenne, lisses, brillantes et ont une couleur jaune-doré indiquant la fermentation du mannitol par la bactérie.

➤ **Recherche des salmonelles**

La présence des *salmonelles* est rare dans les produits alimentaires, la recherche est systématique vu leur implication dans de très graves toxi-infections, et elle se fait en trois étapes :

**1/ Pré-enrichissement** : 1 ml des solutions mères avec 9 ml d'EPT, puis les incuber à 37°C pendant 18 à 24 h.

**2/ Enrichissement** : s'effectué en deux phases :

- l'enrichissement non-sélectif : est réalisé à partir du pré-enrichissement (milieu après incubation). 1 ml du milieu est prélevé et introduit dans un tube contenant 9 ml de SFB « **annexe n°02** ». L'incubation est faite à 37°C pendant 24 à 48 h.
- l'enrichissement sélectif : est réalisé par l'ensemencement en profondeur. 1 ml de l'échantillon précédent est mélangé avec le milieu gélosé SS « **annexe n°02** », et incuber à 37°C pendant 24 à 48 h.

**3/ isolement** : étaler les colonies obtenues sur milieu SS dans des boites de Pétri contenant le milieu Hektoen « **annexe n°02** », et les incuber à 37°C pendant 24 h. La technique d'ensemencement utilisée est celle des stries.

*Les salmonelles* se présentent sous forme de colonies roses-rouges sur milieu SS (fermentation du lactose), et sous forme de colonies grises-bleues à centre noir sur milieu Hektoen.

# **Résultats**

# **Et discussion**

## 1. Résultats des analyses physico-chimiques

### 1.1. Lait cru (matière première)

Les résultats des analyses physico-chimiques du lait cru utiliser pour la fabrication du fromage camembert sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 10** : Résultats des analyses physico-chimiques du lait cru destiner pour la fabrication du Camembert

Paramètres	Résultats	Norme AFNOR (1986)
Acidité (D°)	15.8	[15-17° D]
MG (g/l)	29.5 g/l	[28 à 32 g/l]
T (C°)	5	[4-6°C]
Densité	1.032	[1.028-1.034]
Antibiotique	Absents	Absents

#### 1.1.1. Acidité titrable

Le résultat obtenu met en évidence que l'acidité de lait cru est acceptable par rapport aux normes d'acidité exigé par **AFNOR, 1986**.

Donc la valeur de l'acidité (15.8 D°) assure la conformité du lait pour ce paramètre. Notre résultat satisfait et acceptable par rapport à ce d'autre laiterie au niveau de Constantine (**Bachtarzi et al., 2015**). Leur résultat 17.8° D est inacceptable et dépasse la norme **AFNOR (1986)** cette variabilité peut naturellement due au :

- La teneur en caséine, en sels minéraux et en ions.
- Des conditions hygiéniques lors de la traite.
- La flore microbienne totale et son activité métabolique.
- La maturation du lait et le stade de lactation.

### **1.1.2. Matière grasse**

La teneur en matière grasse du lait cru est de 29.5 g/l, à noter qu'elle dépend de plusieurs facteurs :

- Selon **Benhadane (2012)**, la variabilité de la teneur en matière en grasse dépend de l'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières tels que les conditions climatiques, le stade de lactation et l'alimentation.
- Selon **Benloucif et Oulmi (2016)**, cette variation dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires.
- Selon (**Hoden et Coulon, 1991**) la matière grasse est variable d'un jour à l'autre, car elle est fortement liée à la traite, elle est l'élément le plus fortement et rapidement modifiable par l'alimentation.

D'après le résultat indiqué dans le tableau n°10, la matière grasse du lait cru utiliser est conforme à la norme **AFNOR (1986)**.

Après une comparaison entre le résultat de notre étude et d'autre laiterie au niveau de Constantine (**Bachtarzi et al., 2015**). On constat que le résultat de ce dernier 30.9 g/l est conforme à la norme **AFNOR (1986)** est rapproché à notre résultat.

### **1.1.3. Densité et température**

Ce paramètre permet la détection des fraudes comme le mouillage qui abaisse la teneur du lait en ses divers constituants, La densité dépend :

- De la richesse en matière sèche.
- Elle est inversement proportionnelle au taux de en matière grasse.
- L'augmentation de température et des disponibilités alimentaires.

La valeur obtenue pour le lait cru est 1.032 compatible avec la norme qui est du [1.028-1.034]. La densité varie en fonction du pourcentage de matière sèche, de substance lipidique, de la disponibilité des aliments et l'accroissement de la température par conséquent la densité a ne relation étroite avec la température ; la valeur enregistré 5°C est respectable par rapport au l'intervalle mentionné dans le tableau n°10.

En comparant nos résultats avec le résultat d'autre laiterie au niveau de Constantine (**Bachtarzi et al., 2015**), on trouve que les résultats sont rapprochés avec une valeur de 1.029.

#### **1.1.4. Antibiotique**

La détection de résidu d'antibiotique dans le lait de vache présente des risques majeurs sur la santé de consommateur, il peut être l'origine de l'inhibition totale ou partielle des phénomènes fermentaires d'origine bactérienne. Celui-ci ne peut plus être collecté par l'acheteur avant qu'il n'ait été contrôlé et afin de montrer qu'il est désormais exempt de toute trace de substances inhibitrices.

L'échantillon du collecteur du lait de vache analysé est caractérisé par une absence totale d'antibiotique, donc ce lait a une sélection bien affectée pour la fabrication du camembert.

- ✓ D'après le résultat obtenu ce lait est satisfaisant du point de vue physico-chimique et technologique. En comparant nos résultats avec le résultat de l'étude de (**Benzaid et Madani, 2014**) qui ont indiqué une absence totale des antibiotiques, donc les deux résultats sont semblables et conformes à la norme **AFNOR (1986)**.

#### **1.2. Camembert (produit fini)**

Les résultats des analyses physico-chimiques du camembert prêt à la commercialisation sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 11** : Résultats des analyses physico-chimiques du camembert à commercialiser

<b>Paramètres</b>	<b>Résultats</b>	<b>Normes AFNOR (1986), J.O.R.A n°35 1998</b>
<b>MG (g/l)</b>	<b>24</b>	<b>[20-26]</b>
<b>EST (%)</b>	<b>49.32</b>	<b>[40-50]</b>
<b>ESD (%)</b>	<b>25.32</b>	<b>[26-28]</b>
<b>pH</b>	<b>5.16</b>	<b>[4-6]</b>
<b>Humidité (%)</b>	<b>50.68</b>	<b>[50-60]</b>

### **1.2.1. Matière grasse**

La matière grasse joue un rôle important pour la qualité organoleptique du fromage du fait qu'elle est la source des composés aromatiques liposolubles d'où sa contribution à la qualité sensorielle du fromage, (**Barache et Bouatmane, 2016**).

Deux facteurs peuvent être à l'origine de ces variations :

- La richesse en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication du fromage.
- Le mode de fabrication, plus particulièrement l'égouttage qui a dû favoriser le passage de la matière grasse vers le lactosérum (**Bechenine, 2017**).

La valeur de la matière grasse 24 g/l montre que le produit fini est conforme à la norme **AFNOR (1986)** (20-26%). En comparaisons cette valeur obtenue par celle de (**Daoudi et Sam, 2020**) qui trouvé la même valeur de MG dans leurs étude, donc les deux valeurs similaires sont acceptables et satisfaites.

### **1.2.2. Extrait sec totale et dégraissé**

L'extrait sec est le complément de la teneur en eau à 100%. Il 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. En effet, la quantité d'eau évacuée permet la préservation de la qualité microbiologique du fromage par la diminution d'activité de l'eau, permettant de prévenir un développement de bactéries indésirables (**Fredot, 2009**).

Les valeurs de l'EST 49.32% et l'ESD 25.32% répondent aux normes exigées par la laiterie (**AFNOR, 1986**) et **J.O.R.A n°35 1998**, et montrent que le produit fini est donc de bonne qualité. En comparaisons nos résultats avec celles de (**Daoudi et Sam, 2020**) qui ont trouvé des valeurs de EST 42,25% et ESD 18,25%. Ces résultats sont totalement différents aux nos résultats mais reste acceptable et conformes aux normes.

### **1.2.3. Potentiel hydrogène**

Au cours de l'affinage le pH du fromage et l'acidité évoluent inversement c'est-à-dire, au 6<sup>ème</sup> jour d'affinage l'acidité augmente par contre le pH diminue à son tour cela est due à la formation d'acide lactique par fermentation du lactose par les bactéries lactiques (**Vignola,**

2002). Au dernier jour d'affinage le pH augmente avec une diminution d'acidité qui peut être due à la formation du *penicillium*, selon **Lenoir (1963)** les moisissures consomment l'aide lactique et désacidifie la pâte.

**Noomen (1977, 1978)** a observé que le pH est également un facteur majeur pour l'amollissement de la pâte, donc une valeur de 5,16 permettant d'obtenir une pâte très souple. (**Daoudi et Sam, 2020**) établent la même étude et trouvent un résultat semblable à notre valeur de pH dans laquelle considéré comme acceptable par les normes (**AFNOR, 1986**) et **J.O.R.A n°35 1998**.

#### 1.2.4. Humidité

Au cours de la conservation, l'égouttage de l'eau du camembert fait que la teneur en humidité varie aux différents stades de la maturation, Conformément aux règles, la fluctuation d'humidité du camembert est définie par une amplitude allant de 50 à 60 %. Il existe une corrélation inverse entre le taux d'humidité et la quantité d'extrait sec total. Le résultat obtenu 50.68 % est conforme aux normes **AFNOR (1986)**, et **J.O.R.A n°35 1998**.

## 2. Résultats des analyses microbiologiques

Le tableau suivant représente les résultats microbiologiques du camembert prêt à la commercialisation

**Tableau 12** : Résultats des analyses microbiologiques du camembert à commercialiser

Germe recherché	Résultats (UFC/ml)	Norme (J.O.R.A n°39 2017)
CL. Totaux	10	10 <sup>2</sup>
CL. Fécaux	07	10
FTAM	10 <sup>2</sup>	<10 <sup>5</sup>
<i>E. coli</i>	Absent	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
<i>S. aureus</i>	Absent	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
<i>salmonelle</i>	Absent	Absent

## **2.1. Dénombrement des coliformes fécaux et totaux**

Il y a diverses raisons pour lesquelles des coliformes peuvent être présents dans les camemberts, que ce soit à cause du personnel, des équipements de production ou encore le lait cru utilisé pour la fabrication, Cela suggère que le lait a été collecté dans des conditions d'hygiène très médiocres. Toutefois, étant donné que la fromagerie utilise un processus de pasteurisation (à 85°C / 5 secondes) pour traiter le lait cru avant de l'utiliser, donc la source de contamination réelle des fromages n'est pas le lait cru.

Les résultats des analyses effectuées pour le camembert indiquent une faible contamination par des coliformes totaux et fécaux, ces valeurs sont acceptable par la **Norme (J.O.R.A n°39 2017)**.

## **2.2. Dénombrement des coliformes fécaux et thermotolérants (FTAM)**

Cette flore évolue progressivement au cours d'affinage .Selon le journal officiel, si la charge microbienne dépasse  $10^5$  UFC/ml, cela indique une contamination significative.

Le résultat obtenu  $10^2$  UFC/ml indique une valeur inférieure à  $10^5$  UFC/ml, ce qui signifie qu'il n'y a pas de contamination. La qualité microbiologique des matières premières utilisées est satisfaisante et la laiterie « **Numidia** » prend des mesures rigoureuses pour minimiser les risques de contamination fortuite.

En comparaisons notre résultat avec ce de (**Bouchaala et Messast, 2012**), qui ont trouvé une valeur de  $3.7 \times 10^4$  au niveau de laiterie « safilait » ce résultat montre une charge microbienne élevé par rapport au notre résultat mais reste acceptable par la **Norme (J.O.R.A n°39 2017)**.

## **2.3. *E. coli***

La présence d'*E. coli* dans le produit final est un signe de contamination fécale et d'insuffisance en matière d'hygiène, pouvant conduire à des cas d'intoxication alimentaire. Par conséquent, la recherche d'*E. coli* dans le produit fini est une condition essentielle pour s'assurer que sa production et son stockage sont effectués dans des conditions d'hygiène strictes.

Le résultat montre l'absence de toute origine de contamination par *Escherichia coli*. En comparaisons notre résultat avec ce de la laiterie « safilait » (**Bouchaala et Messast, 2012**), qui ont trouvé un résultat pareil dans lequel affirme l'absence totale de ce type de bactérie pathogène. Cela est acceptable par la **Norme (J.O.R.A n°39 2017)**.

#### **2.4. *S. aureus***

Le fromage camembert est reconnu comme un environnement propice pour la présence des bactéries halotolérantes *Staphylococcus aureus*. Il est extrêmement bénéfique de rechercher cette bactérie nocive dans le fromage étant donné le pouvoir pathogène de cette bactérie qui produit une entérotoxine.

Le résultat confirme l'absence de cette bactérie ce qui mené sur le camembert fabriqué par la laiterie « **Numidia** » est révélé qu'il n'y avait aucune trace de contamination par les *S. aureus*. En comparaisons notre résultats avec 50 germes/g obtenu par la laiterie « safilait » (**Bouchaala et Messast, 2012**), cette valeur est négligente par rapport au **Norme (J.O.R.A n°39 2017)**.

#### **2.5. *Salmonelle***

Aucune croissance n'est visible sur le milieu SS. Cela atteste de l'absence des bactéries *Salmonelles* dans le camembert. Par conséquent, il n'y a pas de risque de contamination tout au long du processus de production. Donc l'absence totale de cette bactérie pathogène responsable d'intoxication confirme :

- La qualité microbiologique et hygiénique adéquate du lait employé dans la production du camembert.
- L'efficacité du traitement thermique .

En comparaisons notre résultat avec ce de la laiterie « safilait » (**Bouchaala et Messast, 2012**), qui ont trouvé un résultat pareil dans lequel affirme l'absence totale de ce type de bactérie pathogène. Cela est acceptable par la **Norme (J.O.R.A n°39 2017)**.

# **Conclusion et Perspectives**

Dans cette étude, nous avons contribué à une meilleure connaissance sur la technologie de fabrication de fromage à pâte molle «camembert», par le suivi de la chaîne de production à partir de la réception de lait cru jusqu'à avoir un camembert consommable, qui est considéré comme l'une des meilleures sources de protéines alimentaires et parmi les fromages les plus consommables en Algérie.

L'objectif principal de notre travail est la maîtrise de contrôle de qualité de la matière première et le produit fini avant la commercialisation. Le but a été atteint à la suite des différentes analyses physico-chimiques effectuées sur le lait cru, les résultats obtenus sont conformes aux normes d'AFNOR. 1985, donc le lait cru utilisé pour la fabrication du camembert au niveau de la laiterie « **Numidia** » est de bonne qualité et les laits réceptionnés sont fournis par des fermiers de confiance.

Les analyses physico-chimique et microbiologique du camembert obtenu expérimentalement montrent que le fromage est :

- ✓ Sur le plan physico-chimique, on constate que la teneur en MG, ESD et EST de l'échantillon analysé répondre aux critères requis par la laiterie et indique que le camembert analysé est de bonne qualité physico-chimique microbiologique. Et cela conformément au journal officielle algérienne N° 35/98 du 27 mai 1998.
- ✓ Sur le plan microbiologique le fromage est dépourvu des bactéries nocives de genre (*E. coli*, *salmonelle* et *S. aureus*) qui pourrait potentiellement menacer la santé du consommateur. ceci revient au fait de la bonne maîtrise du processus de fabrication.
- ✓ les résultats obtenus par Le dénombrement de coliformes totaux et fécaux et FTAM montrent une charge acceptable par le journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 2017, ce qui nous permet de conclure que le camembert « **Numidia** » est de qualité hygiénique, sanitaire et microbiologique acceptable et qu'il est de bonne qualité nutritionnelle.

Les travaux menés dans cette étude peuvent être poursuivis dans différentes directions. Nous proposons également quelques perspectives :

- comparer nos résultats sur la qualité physico-chimique et microbiologique du Camembert « **Numidia** » avec ceux des autres industries laitières.

- L'étude des effets des ferments industriels utilisés par la laiterie « **Numidia** » sur la qualité du camembert.
- Etude des accidents rencontrés lors de la fabrication du camembert qui influence son qualité.

# **Références Bibliographiques**

- Adewumi GA. (2019). Health-promoting fermented foods. In: Melton L, Shahidi F, Varelis P, editors. Encyclopedia of Food Chemistry. Oxford : Academic Press; 2019. p. 399–418.
- Adrian. et Lepen B. (1987). La science alimentaire de A à Z ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, 79 : 477 p.
- AFNOR. (1986). Contrôle de qualité des produits laitiers. 3ème Ed
- Aissaoui Zitoun O., Benatallah L., Ghennam E.H., Zidoune MN. (2011). Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened bouhezza cheese Thèse doctorat . J Food Agric Environ ; 9:96–100.
- Alais C. (1975). Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic, Paris.
- Alais C. et Linden G. (1997). Abrégé de biochimie alimentaire.4ème édition. Masson. 248p.
- Anonyme. (1995). FOA. Organisation des nations unies pour alimentation et l’agriculture, catalogage avant publication de la bibliothèque Davide Lubin, Italie. 179-186 p
- Azem C., et Kloul K. (2022). *Qualité physico-chimique et hygiénique du lait des vaches pâturantes et non pâturantes et son influence sur le camembert au niveau de la commune de Tazmalt (Tizi-Ouzou)*. Mémoire de Master. (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri). [En ligne]. <https://www.ummtto.dz/dspace/handle/ummtto/19732> (Consulté le : 20/04/2023).
- Bachtarzi N., Amourache L., et Dehkal G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d’un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien) [Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert-type soft cheese in a dairy of Constantine (eastern Algeria)]. Thèse de Doctorat. Int J Innov Sci Res, 17(1), 34-42.
- Belnousif R. et Oulmi A. (2017). Etude du procédé de production du fromage du type camembert : Effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit. Mémoire de Master Université Constantine 1. 102p

- Benamara RN., Gemelas L., Ibri K., Moussa-Boudjema B., Demarigny Y., Sensory. microbiological and physico-chemical characterization of Klila, a traditional cheese made in the south-west of Algeria. *African Journal of Microbiology Research*. 2016; 10 (41):1728–38.
- Benlahcen K., Mahamedi AE., Djellid Y., Sadeki IF., Kihal M. Microbiological characterization of Algerian traditional cheese “Klila”. *Journal of purity, utility, reaction and environment*. 2017 ; 6(1) : 1–9.
- Benzaid M. et Madani F. (2014). Appréciation de la qualité bactériologique et recherche de résidus d’antibiotiques dans le lait cru pasteuriser produit par la laiterie Numidia de Constantine. Mémoire de Master. Université Constantine 1. 60p
- Bouchaala A. et Messasat M. (2012). Analyse Microbiologique du Lait Fermenté et du Camembert. Mémoire de master. Université Constantine 1. 91p
- Boudalia S., Boudebbouz A., Gueroui Y., Bousbia A., Benada M., Leksir C., et Chemmam M., *et al.* (2020). Characterization of traditional Algerian cheese “Bouhezza” prepared with raw cow, goat and sheep milks. *Food Science and Technology*, 40, 528-537.
- Boutrou R. et Gueguen M. (2005). Interests in *Geotrichum Candidum* for cheese technology. *Int J food microbiol*, 102, 1-20p
- Mohamadi Meriem. et Messaoudi Rim. Caractérisation physico-chimique et microbiologique d’un fromage à pâte molle type Camembert : Isolement et identification partielle des flores lactiques thermophiles et leurs activités bactériocinogènes. Mémoire master [En ligne]. <https://dspace.univ-bba.dz:443/xmlui/handle/123456789/934> (consulté le : 20/03/2023)
- Chekired N. et Chekired R. (2021). Contrôle microbiologique du camembert produit par l’industrie laitière «Numidia». Mémoire de Master. Université Constantine 1. 74p.
- Cholet O. (2006). Etude de l’écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire (Doctoral dissertation, INAPG (AgroParisTech))

- Codex Alimentarius. (2010). standard for camembert (CODEX STAN C-33-1973). [En ligne]. <http://www.fao.org> › fao-who-codexalimentarius › sh-proxy (Consulté le : 15 avril 2023)
- CODEX alimentarius. (1996) : Programme mixte FAO/ OMS sur les normes alimentaire et l’agriculture Organisation Mondiale de la santé. 2eme édition.
- Daoudi L., Sam S. (2020). Etude de la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique du camembert « LE SEMEUR » de la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.. 105p
- Derouiche M., Zidoune M. (2015). Caractérisation d’un fromage traditionnel, le Michouna de la région de Tébessa, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 27(11).
- Eck A. (1984). *Le fromage, technique et documentation*. Lavoisier, Paris.
- Eck A. (1990). *Le fromage*. 2ème édition. Lavoisier, Paris.
- Eck A. (1990). *Le fromage*. 3ème édition, techniques et documentation. Lavoisier, Paris.
- Eck A. (1997). *Le fromage*. 4ème édition. Lavoisier, Paris.
- Eck A. et Gillis J.C. (2006). *Le fromage*. 3ème édition, technique et documentation. Lavoisier, Paris.
- Fredot E. (2016). *Connaissance des aliments*. Éditions Lavoisier, Paris.
- Fredot E. (2005). *Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*. Tec et Doc. Lavoisier. 397 P (10-14).
- Goursaud J. (1985). *Composition et propriétés physico-chimiques*. Dans *Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre*. Tome 1 : Les laits de la mamelle à la laitière. Luquet F.M. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.
- Guegen L. (1979). *Cach. Nutr. Diét.* 14, 213-217p
- Hadjou Z., Siouane S., et Medjoudj H. (2020). Détermination et suivi de l’évolution de la lipolyse au cours de la fabrication du fromage traditionnel Bouhezza au lait de chèvre.

- Hedjal L. et Hadouchi S. (2018). Evolution physico-chimiques et microbiologiques du camembert au lait cru et au lait pasteurisé et évaluation des activités antibactériennes et anti radicalaire au cours de l'affinage (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri). Mémoire de master. [En ligne ] <https://www.ummt0.dz/dspace/handle/ummt0/10107> (consulté le : 15/avril/2023)
- Jeantet R., Brulé G., et Delaplace G., (2011) Génie des procédés appliqué à l'industrie laitière .p 60. 2ème Ed. Tec et Doc. Lavoisier
- Khoualdi G. (2017). Caractérisation du fromage traditionnel algérien «Medeghissa». Mémoire de master. I.N.A.T.A.A. Constantine : Université de Constantine 1.
- Larpent JP. (1997). Microbiologie alimentaire, technique de laboratoire.464p.
- Leclercq-Perlat M. N., Buono F., Lambert D., Latrille E., Spinnler H. E., et Corrieu, G. (2004). Controlled production of Camembert-type cheeses. Part I: Microbiological and physicochemical evolutions. *Journal of Dairy Research*, **71(3)**, 346-354. [En ligne]. <https://doi.org/10.1017/S0022029904000196> (Consulté le : 15/avril/2023)
- Leksir C., Chemmam M. (2015). Contribution on the characterization of Klila, a traditional cheese in east of Algeria. *Livestock Research for Rural Development*.27(5).
- Leksir C., Boudalia S., Moujahed N., et Chemmam M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1), 1-14
- Lenoir J., Lambert G. et Schmioldt J.L. (1983). L'élaboration d'un fromage : l'exemple du camembert. *Pour la science*, 69, 30-42 p.
- Luquet F. M. (1985). *Laits et produits laitiers : vache, brebis, chevre. v. 1 : Les laits : de la mamelle à la laiterie.-v. 2 : Les produits laitiers : transformation et technologies.-v. 3 : Qualite, energie et tables de composition.*
- Mahaut M., Jeantet R., Schak P., Brul G. (2000). *Les produits laitiers*. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. P : 26-180.
- Majdi A. (2009) 'les fromages AOP et IGP'. In Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie, 88p.

- Martinez V. (2009). Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEMRCN), et approuvée par décision n°2009-03 du 30 juillet 2009 du comité exécutif de l'OEAP.
- McSweeney P. L., Ottogalli, G., et Fox P. F. (2017). Diversity and classification of cheese varieties: an overview. *Cheese*, 781-808. [En ligne] <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00031-4>. (Consulté le : 05/04/2023)
- McSweeney PLH., Ottogalli G., Fox PF. (2017). Chapter 31 - Diversity and classification of cheese varieties: an overview. In: McSweeney PLH, Fox PF, Cotter PD, Everett DW, editors. *Cheese*. Fourth ed. San Diego : Academic Press. p. 781–808.
- Medfouni S., Benidir K., et Medjoudj H. (2018). Caractérisation du fromage traditionnel Algérien Bouhezza de chèvre et détermination de sa durée limite de conservation au cours de la réfrigération.
- Medfouni S., Benidir K., et Medjoudj H. (2018). Caractérisation du fromage traditionnel Algérien Bouhezza de chèvre et détermination de sa durée limite de conservation au cours de la réfrigération. Thèse de doctorat. Université larbi ben m'hidi d'oum el-bouaghi. 71p
- Meftah S. et Si Ahmed L. (2016), Comparaison entre deux types de fromages à pâte molle types camembert l'un issu d'une fabrication industrielle «Fermier», Mémoire de Master. L'autre d'une fabrication fermière artisanale «saint amour», 52-74 p.
- Meribai A., Jenidi R., Hammouche Y., et Bensoltane A. (2017). Physico-chemical characterization and microbiological quality evaluation of Klila, an artisanal hard dried cheese from Algerian's arid areas: preliminary study. *Mémoire de master J New Sci Agric Biotech*, **40**, 2169-217
- Mietton B. (1995). Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. *Revue des ENIL*, 189, 19-27p.
- Nezar Keabili O., Belaboid M (2020). Etude de la microflore intervenant dans l'affinage des fromages à pâte molle. Mémoire de master. Université Constantine 1. 68p

- Parente E. et Cogan T. M. (2004). Starter cultures: general aspects. In Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, pp. 123-148. Edited by P. F. Fox, P. L. H. Mc Sweeney, T. M. Cogan & T. P. Guinee. London : Elsevier.
- Pougheon S. et Goursaud J. (2001). Les laits : caractéristiques physico-chimiques.
- Ramet J. P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48.
- Rheotest M. (2010). Rhéomètre Rheotest ®RN et viscosimètre à capillaire Rheotest ® LK – Produits alimentaires et aromatisants.
- Veisseyre R. (1975). Technologie du lait. : constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 2ème édition, la maison rustique. Paris, 461-692 p
- Veisseyre R. (1975). Technologie du lait. : constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 2ème édition, la maison rustique. Paris, 461-692 p.
- Veisseyre R. (1979). Technologie du lait. 3ème édition, la maison rustique, Paris.
- Vierling E. (2003). Aliment et boisson-Filière et produit. 2ème édition. doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. P 270.
- Vignola C. L. (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Ecole polytechnique de Montréal. ISBN. 600 P **(28-30)**.
- Vilain, A. C. (2010). *Qu'est-ce que le lait ?*. *Revue française d'allergologie*, **50(3)**, 124-127.

### Liste des sites électroniques

- 1) Fromagerie de L'ecu De Fontelin. locavor.fr. [en ligne]. (page consultée le 10/04/2023).  
**<https://locavor.fr/data/produits/5/107105/107105-fromage-de-vache-frais-1.jpg>**
- 2) Comment cuisiner le comté, l'emmental, et le beaufort : recettes. Rustica. [en ligne]. (page consultée le 12/04/2023). **<https://www.rustica.fr/images/fromage-030103g.jpg>**
- 3) Le fromage à pâte molle type Camembert. Agronomie. [en ligne]. (page consultée le 04/05/2023). **[https://agronomie.info/fr/wp-content/uploads/2016/09/1\\_86AO5-1.jpg](https://agronomie.info/fr/wp-content/uploads/2016/09/1_86AO5-1.jpg)**
- 4) Camembert. Fromagerie Bouy. [en ligne]. (page consultée le 21/04/2023).  
**<https://www.graindorge.fr/wpcontent/uploads/2016/01/camembert1.png>**
- 5) Pascale Weeks. 750g. [en ligne]. (page consultée le 10/05/2023).  
**<https://static.750g.com/images/622auto/dabff83a4fa2b8b2ad62852f449970db/sabrage-du-caille.jpg>**
- 6) Moulage à la louche à la main du Camembert du Normandie. Wivi. [en ligne]. (page consultée le 29/04/2023).  
**<https://graindorge.api.wivi.fr/files/d9e459e2e4fd457234fe21943197328dc44c73c0.jpg>**

# **Les Annexes**

Annexe n°01 : Le journal officiel de la république algérienne n°39 correspondant au 2 juillet 2017

8 Chaoual 1438 2 juillet 2017		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39			13	
ANNEXE I						
Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires						
1- Lait et produits laitiers						
Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc (1)/g ou ufc/ml)		
		n	c	m	M	
Lait cru	Germes aérobies à 30 °C	5	2	3.10 <sup>5</sup>	3.10 <sup>6</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Coliformes thermotolérants	5	2	5.10 <sup>2</sup>	5.10 <sup>3</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
	Antibiotiques	1	—	Absence dans 1 ml		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Lait pasteurisé et autres produits laitiers liquides pasteurisés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	
	Enterobacteriaceae	5	0	10		
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 ml		
Lait UHT et lait stérilisé	Germes aérobies à 30 °C	5	0	10/0.1ml		
Lait en poudre et lactosérum en poudre	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
Fromages au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à base de lait ayant subi un traitement thermique moins fort que la pasteurisation et fromages affinés à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Fromages à pâte molle non affinés (fromages frais) à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 <sup>2</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		
Crème au lait cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g		
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100		

## Annexe n°02 : Composition des milieux de culture

## ❖ Gélose de CHAPMAN

## Composition :

<b>Tryptone</b>	5 g
<b>Peptone pepsique de viande</b>	5 g
<b>Extrait de viande</b>	1 g
<b>Mannitol</b>	10 g
<b>Chlorure de sodium</b>	75 g
<b>Rouge de phénol</b>	25 g
<b>Agar</b>	15 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C :  $7,4 \pm 0,2$ .

## ❖ Salmonella Shigella Agar « SS »

## Composition :

<b>Extrait de viande de bœuf</b>	5 g
<b>Peptone</b>	5 g
<b>Citrate de sodium</b>	10 g
<b>Seles biliaries</b>	4,2 g
<b>Lactose</b>	10 g
<b>Rouge neutre</b>	0,025 g
<b>Vert brillant</b>	0,0003 g
<b>Citrate de fer</b>	2 g
<b>Thiosulfate de sodium</b>	8,5 g
<b>Agar</b>	12 g
<b>Eau distillée</b>	1000 ml

pH est de  $7,2 \pm 0,2$

## ❖ Géluse lactosée au désoxycholate « DCLA »

## Composition :

Peptone pepsique de viande	10 g
Lactose	10 g
Désoxycholate de sodium	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Citrate de sodium	2 g
Rouge neutre	0,03 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C :  $7,1 \pm 0,2$ .

## ❖ Bouillon SFB (sélénite- cystéine)

## Composition :

Peptone	5 g
Lactose	4 g
Phosphate de sodium	10 g
Eau distillée	1000 ml

## ❖ Milieu Giolitti et Cantoni

## Composition :

Tryptone	10 g
Extrait de viande	5 g
Extrait de levure	5 g
Chlorure de lithium	5 g
Mannitol	20 g
Chlorure de sodium	5 g
Glycine	1,2 g
Pyruvate de sodium	3 g
Eau distillée	1000 ml

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C :  $6,9 \pm 0,2$ .

## ❖ Diluant : Eau peptonée tamponnée « ETP »

## Composition :

Peptone de caséine	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Phosphate de sodium	12 g
Phosphate de potassium	1,5 g
Eau distillée	1000 ml

pH final à 25°C :  $7,0 \pm 0,2$

## ❖ Gélose PCA

## Composition :

Tryptone	5 g
Extrait de levure	2,5 g
Glucose	1 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

# Les résumés

## Résumé

Notre étude est portée sur la fabrication du fromage à pâte molle de type camembert fabriqué par la laiterie « **Numidia** » ainsi que le contrôle de qualité au cours du processus de production et avant la commercialisation. La méthodologie de travail choisie consiste à vérifier la composition et la qualité physico-chimique de la matière première « lait cru » utilisé dans la fabrication du camembert et le produit fini destiné à la commercialisation, et sa qualité microbiologique afin d'assurer l'absence totale des germes d'altération et de contamination dans le camembert « **Numidia** ». Les résultats des analyses physico-chimiques du lait et du « camembert » confirment que notre produit final satisfait les normes requises en matière de qualité. Les résultats des analyses microbiologiques du Camembert « **Numidia** » confirment que ce produit ne présente aucun danger pour la santé des consommateurs, étant donné qu'il ne contient aucune bactérie pathogène susceptible de causer une intoxication. Par conséquent, le produit est d'une excellente qualité sur le plan bactériologique. On déduit que le camembert « **Numidia** » est de très bonne qualité hygiénique, microbiologique et sanitaire.

**Mots clés :** camembert, analyses physicochimique, analyse microbiologique, lait cru, laiterie « Numidia ».

## **Abstract**

Our study focused on the manufacture of Camembert-type soft cheese by the « **Numidia** » dairy, and on quality control during the production process and before marketing. The chosen working methodology consists in verifying the composition and physico-chemical quality of the raw material « raw milk » used in the manufacture of Camembert and the finished product intended for marketing and its microbiological quality in order to ensure the total absence of spoilage and contamination germs in « **Numidia** » Camembert. The results of the physico-chemical analyses of the milk and Camembert confirm that our final product meets the required quality standards. The results of microbiological analyses of « **Numidia** » Camembert confirm that this product poses no danger to consumer health, as it contains no pathogenic bacteria likely to cause intoxication. The product is therefore of excellent bacteriological quality. We deduce that « **Numidia** » Camembert is of very good hygienic, microbiological and sanitary quality.

**Key words:** camembert, physicochemical analysis, microbiological analysis, raw milk, « **Numidia** » dairy.

## ملخص

تركز دراستنا على تصنيع جبن الطري الكمبيري، المصنوع من طرف البان «نوميديا». بالإضافة الى مراقبة الجودة اثناء عملية الإنتاج وقبل التسويق. تتمثل منهجية العمل المختارة في التحقق من التركيب والجودة الفيزيائية والكيميائية للمادة الخام «الحليب الخام» المستخدمة في تصنيع الكمبيري والمنتج النهائي المخصص للتسويق. وكذا جودته الميكروبيولوجية من اجل ضمان عدم وجود جراثيم. تؤكد نتائج التحليلات الكيميائية والفيزيائية للحليب والكمبيري ان منتجنا النهائي يفي بمعايير الجودة المطلوبة. تؤكد نتائج التحليلات الميكروبيولوجية للكمبيري «نوميديا» ان هذا المنتج لا يشكل أي خطر على صحة المستهلك حيث انه لا يحتوي على أي بكتيريا مسببة للأمراض قادرة على التسبب في التسمم لذلك فان المنتج ذو جودة بكتيريولوجية ممتازة. نستنتج ان كمبيري نوميديا ذو جودة صحية وميكروبيولوجية.

**الكلمات المفتاحية:** الكمبيري، التحليل الفيزيائي، التحليل الميكروبيولوجي، الحليب الخام، ملبنة «نوميديا»

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Filière : Science Biotechnologique**

**Spécialité : Mycologie et Biotechnologie Fongique**

**Titre :**

**Etude du procédé de fabrication et contrôle de qualité d fromage à pâte molle du type camembert**

**Résumé**

Notre étude est porté sur la fabrication du fromage à pâte molle de type camembert fabriqué par la laiterie « Numidia » ainsi que le contrôle de qualité au cours du processus de production et avant la commercialisation. La méthodologie de travail choisi consiste à vérifier la composition et la qualité physico-chimique de la matière première « lait cru » utilisé dans la fabrication du camembert et le produit fini destiné à la commercialisation, et sa qualité microbiologique afin d'assurer l'absence total des germes d'altération et de contamination dans le camembert « Numidia ». Les résultats des analyses physico-chimiques du lait et du « camembert » confirment que notre produit final satisfait les normes requis en matière de qualité. Les résultats des analyses microbiologiques du Camembert « Numidia » confirment que ce produit ne présente aucun danger pour la santé des consommateurs, étant donné qu'il ne contient aucune bactérie pathogène susceptible de causer une intoxication. Par conséquent, le produit est d'une excellente qualité sur le plan bactériologique. On déduit que le camembert « Numidia » est de très bonne qualité hygiénique, microbiologique et sanitaire.

**Mot clés :** camembert, analyses physicochimique, analyse microbiologique, lait cru, laiterie « Numidia »

**Membre du jury :**

**Encadreur :** Mme. MEZIANI Meriem (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine1).

**Présidente :** Mme. BENKAHOUL Malika (MCA - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Examinatrice :** Mme. DJAMA Ouahiba (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Présentée par :**

**DJEMAL IKRAM**

**DJEGHAR SOUNDOUS**

**CHELABI MOHAMMED NADIR**

**Année universitaire : 2022 -2023**

