



**UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEM**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**et des Sciences de la Terre et de l'Univers**  
**Département de Biologie**  
**Laboratoire des Produits Naturels LAPRONA**



**Mémoire de fin d'études**  
**Pour l'obtention du diplôme de Master**  
**En Nutrition et Santé**  
**Présenté par :**  
**M<sup>elle</sup>TalebBendiab Farah ep Benotmane**

**Thème**

**Contrôle physico-chimique et  
microbiologique du camembert**

**Présenté le 22 juin devant le jury composé de :**

<b>Présidente M<sup>me</sup> BELARBI.M</b>	<b>Professeur au département de Biologie</b>
<b>Examinatrice M<sup>elle</sup>GHANEMI.F</b>	<b>MAA au département d'agronomie</b>
<b>Encadreur M<sup>r</sup> BENAMMAR.C</b>	<b>MCA au département de Biologie</b>

**Année Universitaire : 2016-2017**

## *Remerciement*

*Je tiens à remercier tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.*

*En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur Mr : BENAMMAR .C pour son encadrement, ses conseils et son aide précieux et constant qu'il m'a apporté tout au long de ce travail, ainsi que pour les remarques constructives qu'il m'a donné lors de la rédaction de ce mémoire.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury Professeur Belarbi Meriem et M<sup>lle</sup> Ghanemi Fatema pour l'intérêt qu'elles ont portés à mes recherches en acceptant d'examiner mon travail Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*J'adresse mes plus sincères remerciements à tous les enseignants de département de biologie qui, par leur enseignement, ont contribué à ma formation durant tout mon cursus universitaire.*

*Je tiens à remercié aussi M. Bixi Nabil ,M. Masli Badis le directeur de laboratoire vétérinaire Dr Bendimerad khateb Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à A mon très cher mari Adel Quand je t'ai connu, j'ai trouvé l'homme de ma vie, mon âme sœur et la lumière de mon chemin. Ma vie à tes côtés est remplie de belles surprises. Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études.*

*A celle qui m'a donné la vie, qui c'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Nadéra le symbole de tendresse,*

*A mon père Aboubaker, écolle de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager ; a me donner de l'aide et a me protéger . Que dieu le garde et le protège,*

*A ma chère belle mère Radia mon beau père Mohamed Vous m'avez accueilli à bras ouverts dans votre famille. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer ma grande admiration, ma considération et ma sincère affectation pour vous deux.*

*A mes frères Nlyes, Yassine, Réda et sœurs Samira, Nassima*

*A mes belles sœurs Fatima Zohra, Imène, Yasmine, Asma, Salima, Wissem*

*A mes deux chères nièces Amel , Hanane*

*Taleb Bendjab Farah*

Le lait est un produit très périssable et doit donc subir de nombreux traitements dans le but de prolonger sa durée de conservation, le fromage est l'une des formes les plus usuelles de le préserver, dont son étude est le point fondamentale de notre travail et plus particulièrement le « camembert » qui est un fromage au lait cru de vache, à pâte molle légèrement salée, à croûte fleurie, et à caillé non divisé en forme de cylindre plat.

Dans le cadre de ce travail, on a prie comme échantillon un camembert, fabriqué et commercialisé en Algérie, on a réalisé une analyse microbiologique .Cette dernière a montré une absence de certains germes rechercher tel que les Staphylococcus aureus, les clostridium, et les salmonelles, par contre, elle a montré une présence de 100 coliforme/ml des coliformes totaux qui est conforme à la norme égale à  $10^2$ , et enfin un taux nettement élevé dénombrer par 50 coliforme/ml concernant les coliformes fécaux en comparaison à leur norme égale à 10, dans différents milieux de culture et à une T° qui diffère selon le temps d'incubation. Puis on a réalisé une analyse physico-chimique, on a trouvé la matière grasse totale avec une valeur de 20%, la teneur en extrait sec avec une valeur de 42.45%, un PH de 7.90, ainsi que le rapport MG/ES de 47.11% avec un léger écart en comparaison avec la norme fixé à 45%.

De ces résultats, on peut dire que notre produit est de qualité alimentaire et sanitaire médiocre, et que le produit est non conforme en le comparant aux normes.

**Mots clés :** lait, camembert, micro-organismes, physico-chimique.

#### Summary :

Milk is a very perishable product and must therefore undergo numerous treatments in order to extend its shelf life, cheese is one of the most usual forms of preserving it, the study of which is the fundamental point of our work and More particularly the "camembert", which is a raw milk cheese made from cow, with a lightly salted soft cheese, a flowery rind and undivided curds in the shape of a flat cylinder.

In this work, a camembert was sampled, manufactured and marketed in Algeria, and a microbiological analysis was carried out. The latter showed an absence of certain germs, such as Staphylococcus aureus, clostridium, and salmonella , On the other hand, it showed a presence of 100 coliforms / ml of total coliforms which conforms to the norm equal to  $10^2$ , and finally a very high rate to count per 50 coliforms / ml concerning fecal coliforms compared to their standard equal to 10, in different culture media and at a T ° which differs according to the incubation time. A physico-chemical analysis was then carried out, the total fat content was found to be 20%, the dry extract content was 42.45%, pH 7.90 and the MG / ES ratio 47.11 % With a slight deviation from the standard set at 45%.

From these results it can be said that our product is of poor food and health quality, and that the product is non-compliant by comparing it to standards.

**Key words:** milk, camembert, microorganisms, physico-chemical.

:

الحليب هو منتج تلف للغاية ويجب أن تخضع العديد من العلاجات من أجل تمديد مدة صلاحيتها، والجبن هي واحدة من الأشكال الأكثر شيوعا من الحفاظ، والتي دراسته هي النقطة الأساسية لعملا و خصوصا "فطيرة" هو الجبن المصنوع من الحليب الخام البقر، المالحة قليلا لينة، قشرة bloomy واللبن الرائب وغير مقسمة اسطوانة مسطحة الشكل. وكجزء من هذا العمل، ونحن نصلي كما عينة أجري فطيرة وتصنيعها وتسويقها في الجزائر التحليل الميكروبيولوجي أظهرت. هذا الماضي عدم وجود بعض الجراثيم تبدو المكورات العنقودية الذهبية، كلوستريديوم والسالمونيلا من ضد، أظهرت وجود 100 القولونيات / مل من مجموع القولونيات الذي يتوافق مع معيار يساوي 102، وأخيرا العد نسبة عالية بشكل 50 القولونية / مل لاقولونيات البرازية بالمقارنة مع مستوى مساو ل 10 T .  
بإجراء تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية، وجدنا أن الدهون إجمالي بقيمة 20 ، ومحتوى المواد الصلبة بقيمة 42.45 MG / ES 47.11 7.90  
مع وجود فجوة طفيفة بالمقارنة مع مجموعة قياسية عند 45 .  
من هذه النتائج، يمكننا القول بأن منتجنا هي من نوعية الغذاء وسوء الحالة الصحية، وأن المنتج غير متوافق بمقارنة المعايير.

**كلمات البحث:** الحليب، جبن الكمببر، والكائنات الدقيقة، الفيزيائية.

## Table de matières

<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : SYNTHESE ET BIBLIOGRAPHIE</b> .....	
<b>PREMIERE PARTIE : LE LAIT (LA MATIERE PREMIERE DE LA FABRICATION FROMAGERE)</b> .....	<b>3</b>
I.1. Définition.....	3
I.1.1. Définition alimentaire .....	3
I.1.2. Définition réglementaire .....	3
I.2.Composition chimique du lait.....	3
I.2.1. L'eau.....	4
I.2.2.La matière grasse .....	4
I.2.3.Les glucides du lait.....	5
I.2.4. Les minéraux du lait.....	6
I.2.5. La matière azotée du lait.....	6
I.2.6.Les vitamines du lait.....	7
I.2.7.Les enzymes du lait.....	8
I.3. Facteurs influençant la composition du lait .....	10
I.3.1.Variabilité génétique entre individus.....	10
I.3.2.Stade de lactation.....	10
I.3.3.Age ou numéro de lactation.....	11
I.3.4.Facteurs alimentaires.....	11
I.3.5.Facteurs climatiques et saisonniers.....	11
I.4.Lait et santé .....	12
I.4.1.Principes actifs.....	12
I.4.2.Propriétés des principaux nutriments du lait .....	12
I.5.Produits laitiers .....	13
I.5.1. Crèmes de consommation.....	13
I.5.2.Crèmes glacées, glaces et sorbets.....	13
I.5.3. Beurre (industrie beurrière) .....	14
I.5.4. Fromage (industrie fromagère) .....	14
II.Deuxième partie : fromage produit fini.....	15
II.Le fromage .....	15

II.1.Définition du fromage .....	15
II.2.Constituants du fromage.....	16
II.2.1.Teneur en eau et extrait sec complémentaires .....	16
II.2.2.Matière grasse.....	16
II.2.3.Les protéines .....	17
II.2.4.Les glucides .....	18
II.2.5.Les minéraux .....	18
II.2.5.1.Sodium .....	18
II.2.5.2.Calcium et phosphore .....	18
II.2.5.3.Oligoéléments.....	19
II.3. Transformation du lait en fromage.....	20
II.3.1.Coagulation du lait .....	20
II.3.1.1.Coagulation par voie acide.....	20
II.3.1.2. Coagulation par voie enzymatique.....	21
II.3.2.L'égouttage .....	21
II.3.3.Le salage .....	22
II.3.4. L'affinage .....	23
II.4. Technologie fromagère .....	24
II.4.1.Voie technologie.....	24
II.4.2.Classification des fromages.....	24
II.5.Caractéristiques des fromages.....	25
II.6.Microbiologie du fromage.....	26
II.7. Les grandes familles de fromage.....	27
II.7.1.Fromages frais.....	27
II.7.2.Fromages à pâte pressée.....	27
II.7.2.1.Les pâtes pressées cuites.....	27
II.7.2.2.Les pâtes pressées non cuites.....	28
II.7.3.Fromages à pâtes dures.....	28
II.7.4.Fromages à pâtes filées.....	29
II.7.5.Fromages fondus.....	29
II.7.6.Fromages à pâtes molle, à croûte lavée ou fleurie.....	30
II.7.6.1.Fromages à pâtes molle, à croûte fleurie.....	30
II.7.6.2.Fromages à pâtes molle, à croûte lavée.....	31

II.7.6.3. Fromages à pâtes molles, à croûte persillée.....	31
II.8. Les fromages en Algérie.....	33
<b>TROISIEME PARTIE : CAMEMBERT : FROMAGE A PATE MOLLE, ET A CROUTE</b>	
<b>FLEURIE.....</b>	
III.1. Caractéristiques et valeur nutritionnelle.....	34
III.1.1. Définition.....	34
III.1.2. Composition et valeur nutritionnelle.....	34
III.2. Les étapes de la fabrication.....	35
III.2.1 Nature de la matière première.....	35
III.2.2. Traitements préliminaires du lait.....	36
III.2.2.2. L'homogénéisation.....	36
III.2.2.3. Les traitements thermiques.....	36
III.2.3. Les étapes clés de la fabrication du Camembert.....	37
III.2.3.1. La phase d'ensemencement – maturation.....	37
III.2.3.2. La coagulation.....	38
III.2.3.3. L'égouttage.....	38
III.2.3.4. L'affinage.....	39
III.3. L'écosystème Camembert.....	39
III.3.1 Les bactéries.....	40
III.3.1.1 Les ferments lactiques.....	40
III.3.1.2. Les ferments d'affinage.....	41
III.3.2. Les levures.....	42
<b>CHAPITRE II : EXPERIMENTATION ET DISCUSSIONS DES RESULTATS</b>	
<b>PREMIERE PARTIE : ANALYSE BACTERIOLOGIQUE /</b>	
<b>MICROBIOLOGIQUE DU « CAMEMBERT ».....</b>	<b>44</b>
I. Matériels et milieux de culture .....	45
II. L'échantillonnage.....	45
III. Les germes recherchés pour cette denrée et leurs dénombrements.....	45
III.1. Dénombrement des Coliformes totaux.....	45
III.1.1. Rappel.....	45
III.1.2. Principe .....	46
III.1.3. Mode opératoire .....	46
III.1.4. Sélection et numération des colonies.....	46

III.2. Dénombrement des Coliformes fécaux.....	47
III.2.1. Rappel.....	47
III.2.2. Principe.....	47
III.2.3. Mode opératoire .....	47
III.2.4. Sélection et numération des colonies.....	48
III.3. Dénombrement des Staphylococcus aureus.....	48
III.3.1. Rappel .....	48
III.3.2. Principe.....	48
III.3.3. Mode opératoire .....	49
III.3.4. Sélection et numération des colonies.....	49
III.4. Dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteurs.....	50
III.4.1. Rappel.....	50
III.4.2. Principe.....	50
III.4.3. Mode opératoire .....	50
III.4.4. Sélection et numération des colonies.....	50
III.5. Dénombrement des Salmonelles.....	51
III.5.1. Rappel.....	51
III.5.2. Principe.....	51
III.5.3. Mode opératoire.....	51
III.5.4. Sélection et numération des colonies.....	52
<b>DEUXIEME PARTIE : ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DU« CAMEMBERT ».....</b>	<b>52</b>
I.Matériels utilisés.....	52
II. Détermination de l'extrait sec.....	52
III.Détermination de la teneur en matière grasse.....	53
II.1. Principe.....	53
II.2. Mode opératoire.....	53
II.3. Expression des résultats.....	54
IV.Détermination de pH.....	54
IV.1. Définition.....	54
IV.2.Mode opératoire .....	55
<b>TROISIEME PARTIE : RESULTATS OBTENUES DE L'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DU« CAMEMBERT ».....</b>	<b>55</b>
I.Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du«Camember » .....	55

II.Résultats obtenues de l'analyse physico-chimique du«Camembert» .....	55
II.1. Résultat de la teneur en extrait sec du «Camembert» .....	55
II.2. Résultat de la teneur en matière grasse du «Camembert » .....	56
II.3. Résultat du rapport matière grasse et extrait sec du «Camembert» .....	57
II.4. Résultat de la mesure du PH du « Camembert » .....	58
<b>QUATRIEME PARTIE :DISCUSSION DES RESULTATSOBTENUES DE L'ANALYSE</b>	
<b>MICROBIOLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUEDE « CAMEMBERT» .....</b>	<b>58</b>
I. Discussion de l'analyse microbiologique de «Camembert» .....	58
II.Discussion de l'analyse physico-chimique de « Camembert» .....	59
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>60</b>

## Table des figures

<b>Figure1</b>	Organigramme de fabrication des différents types de fromages.....	<b>32</b>
<b>Figure 2</b>	Critères de fromageabilité du lait.....	<b>35</b>

## Table des tableaux

<b>Tableau 1</b>	Composition chimique moyenne du lait de vache.....	<b>4</b>
<b>Tableau 2</b>	Composition minérale du lait de vache.....	<b>6</b>
<b>Tableau 3</b>	Composition vitaminique moyenne du lait.....	<b>8</b>
<b>Tableau 4</b>	Caractéristiques des principaux enzymes du lait.....	<b>9</b>
<b>Tableau 5</b>	Variation de la composition du lait en fonction de l'espèce.....	<b>9</b>
<b>Tableau 6</b>	Propriétés des principaux nutriments du lait.....	<b>12</b>
<b>Tableau 7</b>	Teneur en eau des fromages.....	<b>16</b>
<b>Tableau 8</b>	Teneur lipidique pour 100 g de fromage fromages.....	<b>17</b>
<b>Tableau 9</b>	Teneur protéique des fromages.....	<b>17</b>
<b>Tableau 10</b>	Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages.....	<b>19</b>
<b>Tableau 11</b>	Caractéristiques des deux modes habituels de coagulation du lait.....	<b>21</b>
<b>Tableau 12</b>	Caractéristiques des classes de fromage.....	<b>24</b>
<b>Tableau 13</b>	Critères microbiologiques des fromages en fonction des germes.....	<b>26</b>
<b>Tableau 14</b>	Composition de l'eau peptone tamponné.....	<b>54</b>
<b>Tableau 15</b>	Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du « Camembert » .....	<b>55</b>
<b>Tableau 16</b>	Résultats du rapport G/S.....	<b>57</b>

# ABREVIATIONS ET ACRONYMES :

---

<b>TB</b>	Taux Butyreux en g/Kg
<b>ANP</b>	Apport Non Protéique
<b>MGLA</b>	Poudre de lait et matière grasse laitière anhydre
<b>HTST</b>	High Temperature Short Time
<b>UHT</b>	Ultra High Temperature
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène
<b>A<sub>w</sub></b>	Activité de l'eau
<b>MTL</b>	Méthanethiol
<b>NaCl</b>	Chlorure de sodium
<b>NH<sub>3</sub></b>	Ammoniac
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Eau
<b>Kg</b>	kilogramme
<b>t</b>	tonne
<b>g</b>	gramme
<b>l</b>	litre
<b>ml</b>	millilitre
<b>mm</b>	millimètre
<b>h</b>	heur
<b>H</b>	Biotine
<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>T°</b>	Température
<b>PCA</b>	Plate Count Agar
<b>VRBL</b>	Violet Red Bile Lactose Agar
<b>TSN</b>	Tryptone-Sulfite-Néomycine
<b>EPT</b>	Eau Peptonée Tamponnée
<b>MG</b>	Matière Grasse

# *Introduction Générale*

*« la recherche procédé par des moment distincts et durables  
instuition , aveuglement , exaltation et fièvre . Elle aboutit un  
jour à cette joie , et connait cette joie celui qui a vécu des  
moments singuliers »*

*Albert Einstein , « comment je vois le monde »*



# Introduction générale :

---

Le lait est un produit d'une grande valeur alimentaire de par sa richesse en lipides, protéines, glucides et en éléments biologiques (enzymes, vitamines, minéraux). Outre ses propriétés nutritives et diététiques, mais mise à part ça le lait renferme des microorganismes joue un rôle fondamental dans le monde vivant, ils ont été les premières formes de vie sur la terre et sont capable d'installer dans toutes les zones où la vie possible (**TORMO H. 2010**), ils peuvent être responsables d'intoxication alimentaires mais permettent également de fabriquer de variétés d'aliments fermentés. Ces microorganismes soient le principal facteur de dégradation du lait, ils sont historiquement utilisés pour sa transformation et sa conservation (**TORMO H. 2010**)

Depuis décembre 1988 on désigne par la mention « fromage » un produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenus à partir de matière d'origine exclusivement laitière : le lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, utilisées seul ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse.

Le fromage est défini comme étant un produit laitier coagulé, des différentes qualités, chacun ayant sa spécification .Ils varient par la nature du lait, par la teneur en matière grasse et par leur mode de préparation (**ACHEZEGAG F.Z. et all. 2008**). Parmi les types de fromage on peut citer : les fromages frais, à pâtes pressées, à pâtes dures, à pâtes filées, les fromages fondus, ainsi que les fromages à pâte molle, à croûte lavée ou fleurie.

Les pâtes molles, sontensemencées en surface avec une moisissure qui provoque par affinage en cave l'apparition d'une croûte. Le terme à **pâte molle** s'applique à un fromage qui ne subit au moment de sa fabrication ni chauffage, ni pressage. La pâte est alors onctueuse voire coulante à pleine maturation du fromage. Le terme à **croûte fleurie** s'applique à un fromage dont la croûte est couverte de penicillium qui lui donne un aspect duveteux blanc comme le « camembert »

Le fromage est considéré comme un écosystème, car il comporte des microflore naturelles et /ou additionnelles, utiles et /ou pathogènes qui ont une importance dans leur fabrication, mais indicateurs d'un ou de plusieurs problèmes rencontrés lors du procédé de fabrication ou

susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine lors de la mise sur le marché (ACHEZEGAG F.Z. *et all.* 2008).

La présente étude s'inscrit dans ce cadre. Elle vise à évaluer la qualité d'un fromage à pâte molle et à croûte fleurie du type « camembert », pour cela nous avons mené les actions suivantes :

- Dans le chapitre I, nous allons présenter une synthèse bibliographique sur les connaissances actuelles relatives du fromage à pâte molle du type « Camembert », mais en passant par certaines généralités du fromage ainsi que du lait sa matière première de fabrication.
- Dans un deuxième chapitre, nous allons faire une étude expérimentale comportant une analyse microbiologique pour le dénombrement des germes suivants :

*Les coliformes totaux et fécaux;*

*Les staphylocoques aureus ;*

*Les clostridium ;*

*Les Salmonelles.*

Suivi, d'une analyse physico-chimique pour la mesure de certaines teneurs qui sont :

*Extrait sec ;*

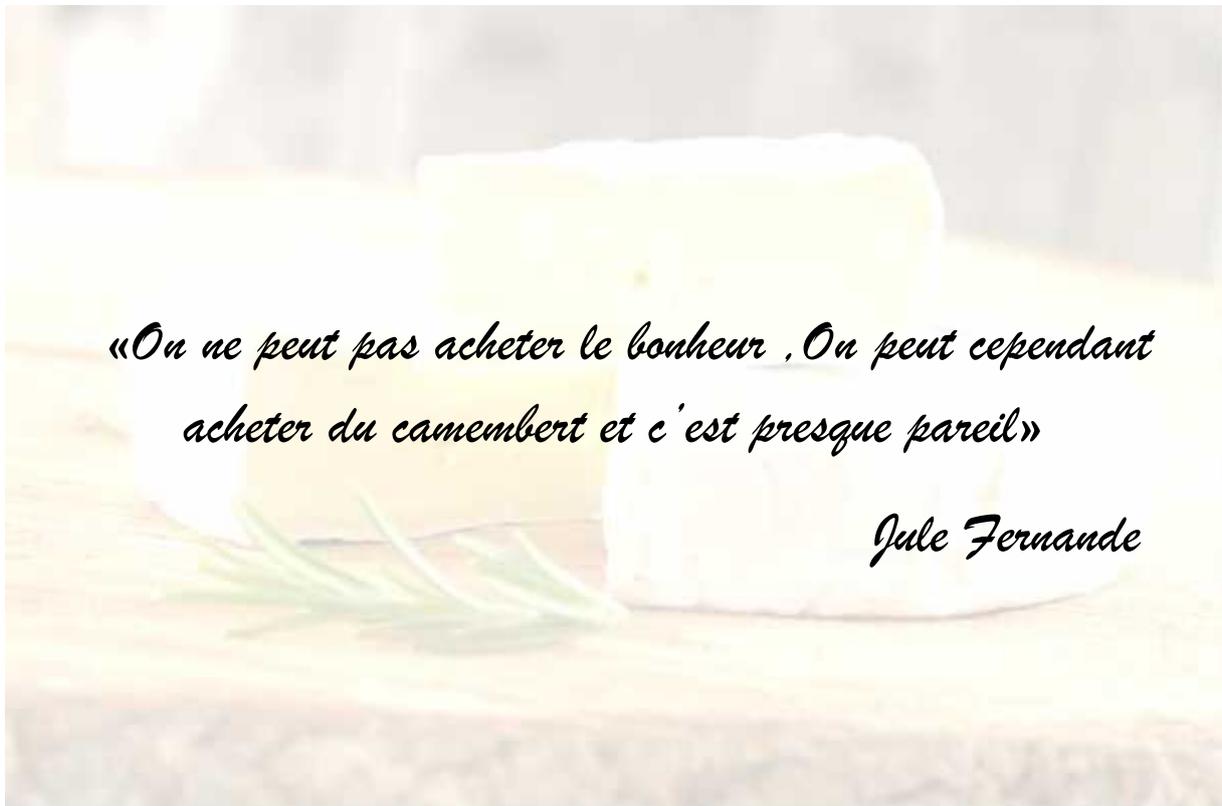
*Matière grasse ;*

*PH.*

Pour pouvoir en conclure notre travail avec des résultats qui nous amènerons à pouvoir juger la qualité nutritive et sanitaire de notre produit laitier qu'est le « camembert ».

# Chapitre 1

## « Synthèse Bibliographique »



*«On ne peut pas acheter le bonheur , On peut cependant acheter du camembert et c'est presque pareil»*

*Jule Fernande*



## Première partie : LE LAIT (La matière première de la fabrication fromagère)

### I.1. Définitions

#### I.1.1. Définition alimentaire

Selon le Codex Alimentarius en 1999 : « la dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur » (**BOUDIER J.F et LUQUET F.M., 1981**).

D'après (**ABOUTAYEB R., 2009**), le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

#### I.1.2. Définition réglementaire

Le lait était défini en 1908 au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève comme étant « Le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir du colostrum » (**POUGHEON S, et GOURSAUD J., 2001**).

(**JEANTET R. et coll., 2008**) rapportent aussi que le lait doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires. Il peut être commercialisé en l'état mais le plus souvent après avoir subi des traitements de standardisation lipidique et d'épuration microbienne pour limiter les risques hygiéniques et assurer une plus longue conservation.

### I.2. Composition chimique du lait

(**FRANWORTH E. et MAINVILLE I., 2010**) évoquent que le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé. Source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la race qu'il permet de développer (**MITTAINE J., 1980**).

Le lait de vache est un lait caséineux. Sa composition générale est représentée au (tableau 1). Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité

de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (ROUDAUT H. et LEFRANCQ E., 2005).

**Tableau 1** : Composition chimique moyenne du lait de vache(GOURSAUD J., 1985)

Composants	g/l	Extrêmes
Eau	902	
Glucides lactose	49	40-60
Matière grasse	39	25-45
Lipides	38	
Phospholipides	0.5	
Composée liposolubles	0.5	
Matière azotée	33	25-45
Caséines	28	
Protéines solubles	4.7	
Azote non protéique	0.3	
Matière saline	9	7-10
Biocatalyseur s(vitamines,enzymes ..)	Traces	
Gaz dissous	≤5% du volume	
Matière sèche totale	130	
Poids total	1032	

## I.2.1. L'eau :

D'après (AMIOT et coll., 2002), l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion environ le 9/10 du produit. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire.

Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne pourront se dissoudre et formeront une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui formeront une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides. De plus, l'eau intervient dans le développement bactérien et les altérations du lait.

## I.2.2. La matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 25 à 45 g par litre (LUQUET F.M., 1985). Elle renferme majoritairement des triglycérides (98 à 99% de la matière grasse), synthétisés par la mamelle à partir du glycérol et des acides gras. Ils se présentent sous forme de globules

gras en émulsion dans le lait. Ils peuvent être dégradés, il y a alors lipolyse (goût de rance). Les 1 à 2% restants sont constitués de molécules lipophiles insaponifiables (stérols et caroténoïdes) et de lipides complexes (les phospholipides), et vitamines A, D, E, et K (**GOURSAUD J., 1985**).

Cette dernière est donc dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qu'est le lait écrémé (**BOUTONNIER J.L., 2008**).

Cet état globulaire est fragile ; toute altération de la membrane par voie chimique, physique et microbienne conduit à la déstabilisation de l'émulsion. Cette évolution peut être accidentelle, elle se traduit alors le plus souvent par une séparation de la phase grasse sous forme d'huile ou d'agrégats et/ou par l'apparition de flaveurs indésirables (rancidité-oxydation) ; lorsqu'elle est dirigée, elle permet la concentration de la phase grasse sous forme de beurre après barattage, ou sous forme d'huile de beurre et de matière grasse laitière anhydre après chauffage et centrifugation (**MADJI A., 2009**).

### **I.2.3. Les glucides du lait**

(**MATHIEU 1999**) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par du lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Le lactose, ou l'hydrate de carbone est le constituant le plus important du lait, puis qu'il constitue environ 40% des solides totaux. C'est un disaccharide, dont la molécule contient les monosaccharides glucose et galactose. Sa teneur est élevée puisqu'elle est d'environ 48 à 50g/l dans le lait de vache. Le pouvoir sucrant du lactose est très faible, d'où la non apparition du goût sucré dans le lait. Ce dernier, est fermentescible par de nombreux micro-organismes, il est la principale source d'alimentation des bactéries, ces dernières contiennent un enzyme appelé lactase, qui attaque le lactose en décomposant ses molécules en glucose et galactose, ce qui provoque une diminution du pH du lait entraînant sa coagulation; celle-ci est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers tel que le fromage (**HODEN et COULON, 1991**).

## I.2.4. Les minéraux du lait

Selon (GAUCHERON F.,2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux qui jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine : ils sont souvent impliqués dans les mécanismes physiologiques (régulation nerveuse ou enzymatique, contraction musculaire ...) (BRULE G., 1987) et (GUEGUEN L., 1979). Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate et qui ont une influence prépondérante lors des phénomènes de coagulation (fermeté et contraction du caillé), chlorure et citrate pour les anions (Tableau 2).

Le lait et les produits laitiers sont des principales sources alimentaires de calcium et de phosphore, pour le quel ils couvrent plus de la moitié de nos besoins journaliers. Ce sont les éléments minéraux intéressants dans l'ossification. Et leur apport est crucial pour les sujets jeunes et âgés.

**Tableau 2 :** Composition minérale du lait de vache (JEANTET R. et coll., 2007)

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

## I.2.5. La matière azotée du lait

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (BRULE G., 1987). Les protéines se répartissent en deux phases : une phase micellaire et une phase soluble. La phase micellaire représente la caséine totale (environ 80% des protéines du lait) du lait. Elle est formée par quatre protéines individuelles :

- ✓ Alpha-caséines ou caséines  $\alpha_1$  36% et  $\alpha_2$  10% ;
- ✓ Beta-caséine ou caséine  $\beta$  34% ;
- ✓ Kappa-caséine ou caséine  $\kappa$  13% ;
- ✓ Gamma-caséines ou caséine  $\mu$  7% (produit de la protéolyse de la  $\beta$ -caséine) (BRULE G., 1987).

Une micelle de caséine contient environ 92 à 93% de protéine, la caséine, et 8% de minéraux. La partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (2,9% de Ca, 0,1% de Mg, 4,3 % d'ions phosphate, 0,5% d'ions citrate) (GUEGUEN L., 1979). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (BRULE G., 1987).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (GUEGUEN L., 1979).

L'autre fraction protéique (environ 17%) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux principales protéines sériques sont la  $\alpha$ -lactoglobuline et l' $\alpha$ -lactalbumine (BRULE G., 1987).

### I.2.6. Les vitamines du lait

En plus des protéines, glucides, lipides, et minéraux, le lait contient des vitamines liposolubles A, D, E et K et des vitamines hydrosolubles qui se retrouvent dans le sérum. C'est le cas de l'acide ascorbique la vitamine B1, B2, B6, B12, la niacine, l'acide pantothénique, l'acide folique et la biotine (H) (AMIOT et coll., 2002).

Ce sont des molécules plutôt complexes mais de taille beaucoup plus faible que les protéines, de structures très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique. Selon (VIGNOLA C.L., 2002), les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser.

Et on distingue d'une part :

- ✓ Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait en quantité constantes.

Et d'autre part :

- ✓ Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (**JEANTET R. et coll., 2008**).

Le tableau 3 indique les différentes teneurs des vitamines dans 100 ml de lait.

**Tableau 3** : Composition vitaminique moyenne du lait (**AMIOT et coll. 2002**)

Vitamines	Teneur moyenne
<b>Vitamines liposolubles</b>	
<b>Vitamine A (+carotènes)</b>	40 µg/100ml
<b>Vitamine D</b>	2.4 µg/100ml
<b>Vitamine E</b>	100 µg/100ml
<b>Vitamine K</b>	5 µg/100ml
<b>Vitamines hydrosolubles</b>	
<b>Vitamine C (acide ascorbique)</b>	2 mg/100ml
<b>Vitamine B<sub>1</sub> (thiamine)</b>	45 µg/100ml
<b>Vitamine B<sub>2</sub>(riboflavine)</b>	175µg/100ml
<b>Vitamine B<sub>6</sub> (pyridoxine)</b>	50µ g/100ml
<b>Vitamine B<sub>12</sub>(cyanocobalamine)</b>	0.45µg/100ml
<b>Niacine et niacinamide</b>	90µg/100ml
<b>Acide pantothénique</b>	350µg/100ml
<b>Acide folique</b>	5.5µg/100ml
<b>Vitamine H(biotine)</b>	3.5µg/100ml

### I.2.7. Les enzymes du lait

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Plus de 60 enzymes principales ont pu être isolées du lait ou dont l'activité a été déterminée. La moitié d'entre elles sont des hydrolases (**POUGHEON S., 2001**)et(**BLANC B., 1982**).

Ces enzymes peuvent jouer un rôle très important en fonction de leurs propriétés :

- ✓ Lyses des constituants originaux du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipases, protéases). Ainsi, on distingue des protéases originelles du lait ; la plasmine est le composant majoritaire (elle provient du sang et migre via la glande mammaire), et des protéases d'origine microbienne. Le genre *Pseudomonas* et tout particulièrement l'espèce *Pseudomonas fluorescens*, synthétise des protéases exocellulaires thermostables. Il est également à

# CHAPITRE I | SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

souligner que dans les laits de mammites, le nombre de cellules somatiques peut être considérablement accru, le niveau de protéolyse est nettement plus élevé que dans les laits normaux (MIRANDA G. et GRIPON J-C., 1986) ;

- ✓ Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme) ;
- ✓ Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétylsterase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthine-oxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (POUGHEON S., 2001)

Le tableau suivant présente les caractéristiques des principaux enzymes du lait :

**Tableau 4 :** Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA C.L., 2002)

Groupe d'enzyme	Classes d'enzymes		pH	Température	Substrats
(°C)					
<b>Hydrolases</b>	<b>Estérases</b>				
Lipases	8.5	37		37	Triglycérides
phosphatases alcaline	9-10	37		37	Esters phosphorique
Phosphatase acide	4.0-5.2	37			Esters phosphoriques
<b>Protéases</b>					
Lysozyme	7.5	37		37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine		8	37	Caséines
<b>Déshydrogénases on oxydases</b>	Sulfhydrile oxydase	7		37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8.3		37	Bases puriques
<b>Oxygénases</b>	Lactoperoxydase	6.8		20	Composés réducteur +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Catalase	7	20		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	

**Tableau 5 :** Variation de la composition du lait en fonction de l'espèce (C.E.L.P.C., 2000).

Espèce	Constituants (g/l)					
	Matière sèche	Lactose	Caséines	Autres Matières azotées	Matières grasses	Matières salines
<b>Vache</b>	120-130	49-50	27-30	5-7	35-42	7-9
<b>Chèvre</b>	110-120	45-50	21-26	5-7	28-36	7-9
<b>Brebis</b>	170-200	45-50	45-50	9-12	70-80	10-12
<b>Bufflonne</b>	160-200	40-50	40-50	8-10	75-85	8-10
<b>Jument</b>	100-110	70	10-12	7-8	10-15	3-5

<b>Femme</b>	120-130	70	10-12	5-6	32-40	3
<b>Marouine*</b>	550-600	15	60-70	50-60	450-460	6-8

Le tableau ci-dessous résume la variation de la composition du lait en fonction de l'espèce.

\*cétacé voisin du dauphin

### I.3. Facteurs influençant la composition du lait

Selon (COULON J.B., 1994) cité par (POUGHEON S., 2001), la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs.

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter.

La variation de la composition du lait dépend bien entendu du génotype de la femelle laitière (race, espèce) mais l'âge, la saison, le stade de lactation, l'alimentation restent aussi des facteurs qui peuvent avoir des effets importants sur la composition du lait (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001).

#### I.3.1. Variabilité génétique entre individus

Selon (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001), il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces et les races mais les études de comparaison ne restent tout de même pas faciles à gérer, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage.

Cependant les races les plus laitières présentent un taux de matières grasses et protéiques plutôt faible or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pour cette raison qu'un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée. Il existe ainsi une variabilité génétique intra race élevée, c'est pourquoi une sélection peut apporter un progrès.

#### I.3.2. Stade de lactation

L'évaluation des teneurs du lait en matières grasses et protéiques se propage d'une manière inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), puis elles chutent jusqu'à un minimum au 2ème mois de lactation après un palier

de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001).

### I.3.3. Age ou numéro de lactation

D'après (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001), on peut juger que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations. On observe une diminution du TB (TB : taux butyreux en g/Kg) de 1% et du taux protéique de 0.6%.

### I.3.4. Facteurs alimentaires

Selon (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001), L'alimentation ne demeure pas l'un des principaux facteurs de variation du lait mais elle reste tout de même importante puisqu'elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale d'un niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues).

Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait.

### I.3.5. Facteurs climatiques et saisonniers

La saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs tel que : l'alimentation, le stade de lactation et l'âge, de manière immuable, le TB passe par un minimum en juin – juillet et par un maximum à la fin de l'automne.

La teneur en protéines passe par deux minimums un à la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums à la mise à l'herbe et à la fin de la période de pâturage (POUGHEON S. et GOURSAUD J., 2001).

## I.4. Lait et santé

### I.4.1. Principes actifs

Le lait contient plusieurs vitamines et minéraux, dont le calcium et la vitamine D (ajoutée), essentiels au maintien de la **santé osseuse**. De plus, le calcium laitier pourrait jouer un rôle dans la prévention de diverses maladies telles les **maladies cardiovasculaires**, l'**hypertension artérielle** et l'**obésité**. D'autres composés bioactifs sont présents dans le lait et auraient eux aussi des effets sur la santé. C'est le cas de la lactoferrine, une protéine qui joue un rôle dans la lutte contre les **infections**. Elle protégerait aussi contre certains types de **cancers**.

### I.4.2. Propriétés des principaux nutriments du lait (DEBRY G., 2001)

**Tableau 6 : Propriétés des principaux nutriments du lait (DEBRY G., 2001)**

Nutriment	Fonctions	Intérêt sanitaire
<b><u>Minéraux</u></b>		
<b>Calcium</b>	Formation de l'os, Contraction musculaire. Coagulation du sang. Régulation d'enzymes.	Prévention de l'ostéoporose et de fractures, de l'hypertension artérielle, du cancer du colon.
<b>Phosphore</b>	Métabolisme énergétique (ATP). Coenzyme NADP. Phospholipides des membranes cellulaires.	Développement et maintien de la masse osseuse.
<b>Magnésium</b>	Cofacteur dans plus de 300 réactions métabolique.	Prévention de troubles du système nerveux : convulsions, hallucinations
<b>Potassium</b>	Transmission de l'influx nerveux. Contrôle de la contraction musculaire.	Maintien de la force musculaire. Prévention de l'hypertension artérielle.
<b>Zinc</b>	Equilibre des échanges cellulaires (avec Na) Constituant de l'insuline et de plus de 200 enzymes engagés dans la croissance, la circulation, l'immunité.	Croissance, puberté et appétit normaux .Défense contre les infections
<b><u>Vitamines</u></b>		
<b>Riboflavine</b>	Coenzymes FAD et FMN du métabolisme énergétique.	Protection des muqueuses et de la peau. Vision normale
<b>Vit .B12</b>	Cofacteur dans la synthèse des acides nucléiques (avec folate).	Prévention de l'anémie pernicieuse.
<b>Pantothénate</b>	Coenzyme A du métabolisme énergétique et de la synthèse des constituants lipidiques	Prévention de l'insomnie et de la fatigue
<b>Niacine</b>	Coenzyme NAD du métabolisme énergétique et de synthèse des acides gras.	Prévention contre la pellagre (dermatite. démence. diarrhée)
<b>Vit. A</b>	Constituant d'un pigment visuel de	Prévention contre la cécité. les infections, le dessèchement de la

<b>Vit. D</b>	la rétine. Développement des os des dents de la peau Facteur favorisant le système actif d'absorption intestinale du calcium.	peau et des yeux Prévention de problèmes de développement osseux
<b>Pyridoxine</b>	Cofacteur de réactions de synthèse et de modification d'acides aminés	Prévention de convulsions (déficit en sérotonine).
<b>Thiamine</b>	Coenzyme de réactions du métabolisme des glucides.	Prévention du bériberi (déficit mental. Cardiaque. musculaire).
<b><u>Protéines</u></b> <b>Lleu, Leu</b> <b>Lys, Met</b> <b>Thr, Trp</b> <b>Phe, Val</b>	Source d'acides aminés essentiels à la synthèse des protéines des parois cellulaires. Fibres musculaires. enzymes et hormones.	Prévention contre les retards de croissance. Résistance et défense contre les infections

## I.5. Produits laitiers

### I.5.1. Crèmes de consommation

La crème (agroalimentaire) est une préparation alimentaire concentré issu par écrémage du lait, et beaucoup plus riche en matières grasses que celui-ci.

La crème est obtenue soit mécaniquement par centrifugation, soit naturellement par décantation du lait cru, et sert essentiellement à la fabrication du beurre qui est sa matière grasse mais est également commercialisée en tant que crème fraîche. La crème épaisse contient environ 50 p. 100 de matières grasses, la crème liquide 30 p. 100, et la crème légère 12 p. 100. On conditionne également la crème sous pression (chantilly) avec addition de sucre (15 p. 100), de gélatine (0,1 p. 100) et de protoxyde d'azote. On distingue (**PADILLA M. et GHERSI G. 2001**) :

- ✓ La « crème crue » : seulement si elle n'a pas fait l'objet de traitement thermique ;
- ✓ La crème pasteurisée ou « fraîche » : seulement si la crème n'a pas subi de traitement thermique autre que celui de la pasteurisation et si elle a été conditionnée sur le lieu de production dans les 24 heures suivant celle-ci ;
- ✓ la crème fouettée : lorsque la crème a subi un foisonnement.

### I.5.2. Crèmes glacées, glaces et sorbets

Ce sont des desserts lactés comprenant une grande variété de produits (**PADILLA M. et GHERSI G., 2001**) :

- ✓ crèmes glacées ou glaces à la crème : les dénominations « crème glacée », « glace à la crème » sont réservées aux produits obtenus par la congélation d'un mélange pasteurisé de lait, crème et de sucre (saccharose), parfumé à l'aide de fruits, ou de jus de fruits, ou de l'un des arômes naturels prévus.
- ✓ glace aux œufs : la dénomination « glace aux œufs » suivie d'un nom d'arôme naturel est réservée aux produits obtenus par congélation d'un mélange pasteurisé de lait, de jaune d'œufs et de sucre (saccharose).

### I.5.3. Beurre (industrie beurrière)

Le beurre est extrait de la crème du lait de vache.

- ✓ **Définition** : la dénomination « beurre » avec ou sans qualificatif est réservée exclusivement à une émulsion résultant du barattage de la crème ou du lait de vache qui sur 100g ne doit pas renfermer plus de 18g de matière non grasse dont 16g maximum d'eau (PADILLA M. et GHERSI G., 2001).
- ✓ **Composition** : Le beurre est composé de :
  - eau : 16% ;
  - matière grasse : 82% ;
  - éléments non gras : 02%.

### I.5.4. Fromage (industrie fromagère)

Le fromage, produit frais ou affiné, est obtenu par égouttage après coagulation du lait, de la crème, du lait écrémé ou partiellement écrémé (PADILLA M. et GHERSI G., 2001).

- ✓ **Classification** : Elle se fait en fonction :
  - de la teneur en matière grasse (fromage maigre, gras, etc.);
  - de l'origine animale (fromage de chèvre, vache, etc.);
  - du mode de fabrication (KEILING).

Ainsi on distingue (PADILLA M. et GHERSI G., 2001) :

- ✓ Le fromage à pâte fraîche ou fromages blancs : Ils sont obtenus par caillage acide. Ces derniers, sont très humides (60 à 80% d'eau) et consommés en l'état ou additionnés de sel, sucre, d'arômes, d'herbe, Etc. Exemple : « Petit suisse ».
- ✓ Le fromage à pâtes pressées : à croûte moisie, croûte lavée.

- ✓ Le fromage à pâtes fermes non cuites : à croûte lavée.
- ✓ Le fromage à pâtes fermes cuites : à croûte avec ouverture, à croûte sans ouverture « Beaufort ».
- ✓ Le fromage à pâtes molles : à croûte fleurie comme le « Camembert », à croûte lavée définies, à croûte non définies et à croûte séchée.

Les fromages sont l'un des produits laitiers qui se conserve longtemps, surtout ceux à pâtes molles tel que, le fromage à croûte fleurie comme le « Camembert », mise à part ça, du point de vue nutritionnelle, ils représentent également une excellente source de phosphore, essentiel à la minéralisation des os et des dents, ainsi qu'à la régénérescence des tissus. Si une consommation excessive d'**acides gras saturés** favorise l'augmentation du « **mauvais** » **cholestérol sanguin (LDL)**, ces derniers jouent cependant un réel rôle pour la santé. Ils participent à la construction des membranes cellulaires et permettent l'utilisation des vitamines liposolubles - **A, D, E et K** - par l'organisme tel est le cas du « Camembert ».

C'est pour ces raisons que nous allons nous pencher dans notre travail sur le fromage et plus précisément sur celui à pâte molle que nous allons développer dans la seconde partie de ce chapitre.

## Deuxième partie : fromage produit fini

### II. Le fromage

#### II.1. Définition du fromage

Dans la réglementation française, la dénomination "fromage" désigne un produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi-dure, dure ou extra-dure, qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine ne dépasse pas celui du lait (**C.D.L.C., 1988**). Dans la conception traditionnelle, le fromage est le résultat de la coagulation du lait par un ensemble d'enzymes coagulantes, connu sous le nom de présure, suivie de l'élimination partielle du lactosérum (l'égouttage), ce qui laisse subsister un caillé, lequel est à l'origine du fromage. La teneur en matière sèche du produit doit être au minimum de 23 g pour 100 g de fromage, à l'exception de certains fromages frais (**ECK A., 1997**).

## II.2. Constituants du fromage

Les fromages représentent un groupe alimentaire très hétérogène dont la constitution est très variable selon la qualité de la matière première utilisée ou selon la technique de fabrication.

### II.2.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaires

L'extrait sec est le complément à 100% de la teneur en eau. Il est en fonction de la matière grasse du lait et de la crème ajoutée, et de l'importance de l'égouttage (LUQUET F.M., 1990).

**Tableau 7 : Teneur en eau des fromages (LUQUET F.M., 1990).**

	Teneur en eau (%)	Teneur moyenne en eau (%)
<b>Fromage blanc</b>	=80	=80
<b>Fromage à pâte molle</b>		
<b>Camembert 30% MG</b>	58	
<b>45% MG</b>	50	50
<b>50% MG</b>	45	
<b>60% MG</b>	43	
<b>Roquefort 50% MG</b>	40	
<b>Fromage à pâte demi-dure</b>		
<b>Edam 30% MG</b>	50	45
<b>40% MG</b>	45	
<b>45%</b>	42	
<b>Fromage à pâte dure</b>		
<b>Emmental 45% MG</b>	36	35
<b>Parmesan 40% MG</b>	25	
<b>Fromage fondu</b>	65	50
<b>25% MG</b>		
<b>45% MG</b>	52	
<b>60% MG</b>	48	

### II.2.2. Matière grasse

La teneur en matière grasse portée sur l'emballage du produit fini ou le panneau lorsque le fromage est vendu en vrac, correspond à la quantité de matière grasse contenue dans 100g d'extrait sec, c'est-à-dire sur ce qui reste du fromage après déshydratation complète (LUQUET F.M., 1990).

Le qualificatif accompagnant la dénomination fromage est lié au pourcentage de matière grasse par rapport à l'extrait sec. Le fromage porte la mention 0% de matière, lorsque ce dernier est fabriqué avec du lait écrémé. La majorité des fromages affinés commercialisés

provenant de lait non standardisée en matières grasses ont une teneur en matière grasse affichée aussi à 45%, ce qui ne préjuge en rien de leur teneur réelle en lipide rapportée à 100g du produit. La teneur minimale en matière grasse c'est-à-dire la teneur lipidique par rapport à 100g du produit et maintenant indiquée sur l'étiquetage (LUQUET F.M., 1990).

De point de vue qualitatif, la composition relative en lipide est celle du lait, c'est-à-dire en majeure partie sous forme de glycéride. Le cholestérol a subi la même concentration que le triglycéride, il peut atteindre 120 mg pour 100 g dans les fromages à pâte dure (LUQUET F.M., 1990).

**Tableau 8 : Teneur lipidique pour 100 g de fromage fromages (LUQUET F.M., 1990).**

Pour 100g	Fromage Blanc à 45%	Edam à 45%	Gruyère Fondus à 45%	Roquefort à 45%
<b>Matière grasse en g dans le produit fin</b>	Soit 9%	Soit 26%	Soit 23%	Soit 29%

### II.2.3. Les protéines

Lors de l'égouttage, les protéines du lait subissent une concentration. Le paracaseinate est la protéine la plus importante, dans les fromages affinés traditionnels, car les protéines solubles et les glycopeptides ont été éliminées avec le lactosérum. Par contre, dans les fromages obtenus par ultrafiltration préalable, toutes les protéines du lait sont présentes et ont été concentrées (LUQUET F.M., 1990).

**Tableau 9 : Teneur protéique des fromages (LUQUET F.M., 1990).**

Fromage	Teneur protéique En g pour 100g	Concentration par Rapport au lait
Fromage blancs	7 à 10	2.5 à 3
Pâte molle	20 – 21	6 à 7
Patte persillée	22	6 à 7
Pâte demi-dur	25 – 26	7 à 8
Pâte dure	28 – 30	8 à 9
Fromage fondu (pâte fraîche)	9 à 11	3
Fromage fondu (pâte dure)	14 à 20	4.5 à 7

### II.2.4. Les glucides

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4%, celle des fromages affinés et fondus est négligeable (2%), et elle est quasiment nulle dans les fromages à pâte pressée.

Le lactose a été entraîné lors de l'égouttage dans le lactosérum ou a été transformé par la flore lactique lors de caillage ou de l'affinage.

L'acide lactique construit, a une saveur rafraîchissante dans les fromages frais. Les acides volatils formés lors de la transformation du lactose par la microflore, tels que les acides acétiques, propénoïques, cétones .... Etc. Sont sapides et odorantes (LUQUET F.M., 1990).

### **II.2.5. Les minéraux**

#### **II.2.5.1. Sodium**

Les fromages ont subi l'adjonction de chlorure de sodium et/ou autres sels de sodium. De ce fait, l'augmentation de leur consommation constatée ces quinze dernières années a concouru au fort apport sodique de l'alimentation, pouvant intensifier les troubles cardiovasculaires (LUQUET F.M., 1990).

Voici la teneur en sodium pour 100g de fromage (LUQUET F.M., 1990) :

- ✓ Fromage blanc : 30 à 40 mg, mais le demi - sel : 1100mg.
- ✓ Fromage affiné : 800mg en moyenne.
- ✓ Fromage à pâte molle, à croûte moisie et à croûte lavée : 900mg valeur moyenne acceptable.
- ✓ Fromage à pâte demi-dure : 1000 mg valeurs moyennes acceptables. - Fromage fondu : 1500mg en moyenne.

#### **II.2.5.2. Calcium et phosphore**

Dans la majorité des fromages, le rapport calcium / phosphore, reste à peu près à la même approximation dans la majorité des fromages mesuré à 1,4 dans le lait, sauf dans les fromages à caillage lactique, à égouttage lent où il est de 1.2 (LUQUET F.M., 1990).

Le phosphore restant plus lié aux matières organiques. Dans les fromages fondus dans lesquels des poly phosphates ont été ajoutés, il est compris entre 0.5 et 1. La teneur en

magnésium est de 10 à 50 mg pour 100g en rapport avec la concentration en matières sèche (LUQUET F.M., 1990).

### II.2.5.3. Oligoéléments

Le lait a une teneur faible en oligoéléments. Dans les fromages, les oligoéléments se concentrent avec la matière sèche.

**Tableau 10** : Teneurs comparées en oligoéléments du lait et des fromages

(LUQUET F.M., 1990).

	<b>Fer</b>	<b>Cuivre</b>	<b>Zinc</b>	<b>sélénium</b>
<b>Lait</b>	0.05	0.01	0.38	0.0033
<b>Fromage</b>	0.2 à 1	0.08 à 0.5	0.5 à 4.5	0.006

### II.2.5.3. Vitamines

Les vitamines liposolubles A, D, E et K des fromages sont en fonction de la teneur en matière grasse des laits utilisés comme matières premières, de l'adjonction de crème et de la concentration en matière sèche réalisée lors de l'égouttage. On peut donc déterminer les teneurs vitaminiques des différents fromages en utilisant des facteurs multiplicateurs par rapport aux matières grasses de lait. Les teneurs en vitamines E restent faibles. Sauf la vitamine B12 qui augmente avec la concentration en matière sèche, les vitamines hydrosolubles sont en partie éliminées avec le lactosérum, la plupart des fromages sont peu intéressants comme sources d'apport en vitamines C et B. Cependant, certaines vitamines du groupe B sont synthétisées par les moisissures. Les fromages à moisissures internes contiennent alors une quantité quatre fois supérieure à celle du lait en vitamines B2, PP, B6. Lors de l'affinage, les minéraux et vitamines migrent vers la croûte du fromage : il est donc conseillé de consommer le maximum de fromage servi, tout en sachant que la croûte est la partie la plus contaminée des fromages par la flore microbienne (LUQUET F.M., 1990).

## II.3. Transformation du lait en fromage

La fabrication fromagère peut être considérée comme un phénomène d'agglomération, correspondant à une synérèse, associée à un phénomène d'écoulement. Il s'agit de l'agglomération des micelles de caséine (protéines du lait), plus ou moins modifiées, qui emprisonnent les autres constituants et, ensuite, de l'agglomération de morceaux de caillé moulés. Ce phénomène d'agglomération est associé à celui d'un écoulement de la phase liquide, composée de l'eau du lait et des éléments solubles emprisonnée dans des pores, puis libérée (**LUQUET F.M., 1990**).

Habituellement la fabrication du fromage passe par trois étapes : La formation d'un gel de caséines, c'est la coagulation du lait ; la déshydratation partielle du gel, c'est l'égouttage qui aboutit à un caillé et le salage. Les opérations s'arrêtent à ce stade pour les fromages frais. Les autres fromages acquièrent leurs caractères lors de l'affinage, (**voir Annexe 1**) ce sont les fromages affinés (Camembert, Roquefort, Gouda, Tulum,...) (**EVETTE J.L., 1975**).

### II.3.1. Coagulation du lait

La coagulation du lait résulte de l'association des micelles de caséine plus au moins modifiées. Cette agglomération mène à la formation d'un coagulum dont le volume est égal à celui du lait mis en œuvre. Ces modifications physico-chimiques des caséines sont induites soit par acidification soit par action d'enzymes coagulantes (**GASTALDI-BOUABID E., 1994**).

#### II.3.1.1. Coagulation par voie acide

La coagulation par voie acide résulte soit par les produits de fermentation de bactéries acidifiantes ou par des composés chimiques d'action acidifiante directe ou indirecte. L'abaissement simultané du pH a pour conséquence de faire atténuer l'ionisation des fonctions acides des caséines, induisant l'affectation progressive du calcium et du phosphate inorganique de la micelle vers la phase aqueuse. Ceci induit la désagrégation des micelles et un remaniement des sous unités micellaires (**BRULE G. et all., 1997**).

L'acidification microbienne du lait est un processus progressif, lent et homogène. Il est caractérisé par des difficultés liées à la maîtrise du développement microbien (cinétique de multiplication, état physiologique, facteurs de croissance, produits de métabolismes et autres). Le coagulum édifié est un ensemble de flocons caséiniques emboîtés les uns sur les autres (**ATTIA H. et all., 2000**).

Le taux et l'importance de l'acidification influencent la texture du gel en contrôlant son taux de déminéralisation (CAROLE L. ET VIGNOLA., 2002). Le gel acide résultant est friable, lisse et adéquat.

### II.3.1.2. Coagulation par voie enzymatique

La coagulation enzymatique, englobe divers types d'enzymes : protéolytiques d'origine animale (veau, taurillons, porc et poulets), végétale (artichaut, chardon) et microbienne (*Kluyvermyces*, *Mucor miehi*, *Mucorpusillset Endothiaparasitica*) sont utilisés (RAMET J.P., 1985 ; RAMET J.P., 1987 et ALAIS C. et LINDEN G., 1997).

L'enzyme la plus rencontrée en fromagerie est la présure, sécrétée dans la caillette des jeunes ruminants nourris au lait. Son agencement d'action fait apparaître trois étapes (ALAIS C. et LINDEN G., 1997 ; BRULE G. *et all.*, 1997) : hydrolyse enzymatique de la liaison peptidique phe<sub>105</sub>-Met<sub>106</sub> de la caséine k, ensuite agrégation des micelles de caséines déstabilisées et puis développement d'un réseau par réticulation et formation d'un gel.

Les gels produits sont agiles et peu cassant. Leur raffermissement est rapide et fondamental par rapport au gel lactique. Leur porosité est bonne, mais leur imperméabilité est forte (RAMET J.P., 1985).

**Tableau 11:** Caractéristiques des deux modes habituels de coagulation du lait (RAMET J.P., 1985).

Coagulation par	
Action des enzymes	Acidification

Processus biochimique	-action enzymatique (lactose non dégradé)	-fermentation lactique
Fermentation de la caséine	-transformation en Paracaséine, séparation d'une partie non protéique	-pas de modification de la protéine elle-même
Ph	6.8	Vers 4.6
Composition du coagulum	Phospho-paracaséinate de calcium	Caséine (démminéralisée)
Nature du coagulum	Gel élastique imperméable	Gel friable sans cohésion
Synérèse (réaction naturelle du gel et expulsion du sérum)	Rapide	Lente

### II.3.2. L'égouttage

L'égouttage est un phénomène dynamique et essentiel dans la fabrication fromagère, puisque c'est à cette étape que la qualité du fromage à venir va se déterminer dont sa dureté et son onctuosité. Cette étape se caractérise par la quantité de lactosérum éliminé durant le temps. En effet, l'égouttage fixe les caractéristiques physiques (pH et aw) et chimique du caillé et par conséquent l'affinage du fromage (**WEBER F., 1987**).

Ce processus est lié à des facteurs directs correspondant à des traitements de types mécanique et thermique, des facteurs indirects (l'acidification génératrice de porosité dans le caillé et la coagulation enzymatique) et des facteurs liés à la matière première (richesse en caséine laitière, et en protéines solubles et en matière grasse) (**RAMET J.P., 1997**).

### II.3.3. Le salage

En fromagerie le salage est une phase indispensable de la fabrication des produits affinés. La teneur en sel des fromages varie selon le type de fromage, en moyenne elle est de 0,5-2 g/100 g dans la plupart des fromages, dans certains cas (les fromages bleus et quelques fromages de chèvres), elle peut s'élever à 3-4 g/100g. Par contre, certains fromages orientaux conservés en saumure (=eau + sel) ont des teneurs assez élevées (8-15 g/100 g). Les modalités de salage sont

par saumurages (Emmental, et Camembert), salage à sec et salage en masse (ALAIS C. et LINDEN G., 1997). Le salage en masse est utilisé dans les fabrications traditionnelles de quelques fromages typiques du bassin méditerranéen. Il permet la préservation du lait, prolonge les phases de coagulation et d'égouttage du fromage (RAMET J.P., 1987 (b)).

Le sel permet d'atteindre l'humidité appropriée du fromage. Il exerce, selon sa concentration, une action microbienneselective et un effet inhibiteur sur l'activité des enzymes. A titre d'exemple, la croissance des bactéries lactiques des levains est inhibée à une teneur en sel supérieure à 2,5 g/100 g, est pratiquement nulle au-dessus de 5 g/100 g. L'effet du sel sur le développement de la flore microbienne des fromages ne peut toutefois être apprécié pleinement qu'en tenant compte de la tolérance des microorganismes au sel dans le milieu fromager et de la teneur en sel de la pâte fromagère (CHOISY C. *et al.*, 1997).

Brièvement, le salage joue un triple rôle dans la fabrication fromagère :

- ✓ Il complète l'égouttage et contribuera ainsi à la formation de la croûte.
- ✓ Il règle l'activité de l'eau et ainsi favorise ou freine le développement des microorganismes tout en régulant les activités enzymatiques.
- ✓ Il révèle la saveur propre du fromage en influençant le goût et en renforçant les arômes.

### II.3.4. L'affinage

C'est la phase ultime de la fabrication des fromages caillés qui lui permet d'acquies sa saveur caractéristique, elle se fait dans des conditions particulières de température de l'ordre de 13°C, d'humidité comprise entre 80-90%, et d'aération et cela pendant 30 jours, enfin les boules obtenues sont trempées dans une cire alimentaire de couleur jaune puis stockées (BENNETT R.J. et JOHNSTON K.A., 2004).

Selon (FOX P.F. *et al.*, 1993) l'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir :

- ✓ La dégradation des protéines.
- ✓ L'hydrolyse de la matière grasse.
- ✓ La fermentation du lactose.

## II.4. Technologie fromagère

### II.4.1. Voie technologie

L'obtention du fromage est faite après une multitude d'étapes de fabrication citons : la coagulation qui est une opération qui sert à la séparation du petit lait (lactosérum) et d'une matière gélatineuse, c'est cette pâte qui nous donne la base du fromage (caillé) ; l'égouttage, ce stade de la fabrication permet d'évacuer la proportion d'eau encore en trop dans le caillé pour obtenir une caillebotte, selon le type de fromage, on pressera plus ou moins longtemps et fortement ; le salage, qui agit en exhausteur de goût, en conservateur, et sa concentration aura un effet sur la souplesse du fromage ; et l'affinage de cette caillebotte, c'est une étape cruciale de la vie du fromage, il sera placé dans un environnement où il pourra s'épanouir gustativement et visuellement, ce stade permet la création de la croûte naturelle du fromage, elle va renfermer les odeurs et les saveurs jusqu'à son optimal de dégustation. Ce sont les différentes techniques associées à chacune de ces étapes qui déterminent les différences entre les types de fromages. L'agencement de ces étapes permet de donner une description du fromage basée sur sa méthode de fabrication, c'est-à-dire la voie technologique (VIGNOLA C.L., 2002).

### II.4.2. Classification des fromages

La classification des fromages est en fonction du caillé (lactique ou présure), du mode d'égouttage, et du type d'affinage.

Le Tableau suivant donne la classification des fromages seulement en fonction des différents types de coagulations et d'égouttages.

**Tableau 12 :** Caractéristiques des classes de fromage (VIGNOLA C.L., 2002).

Classification suivant le type de coagulation		
	Technique	Caractéristique de la caillebotte
Caillé Lactique	Faible quantité de présure Température de coagulation de 18-28°C Temps de coagulation entre 4 et 20h pH de décaillage 4.6-5.0	<ul style="list-style-type: none"><li>• Riche en eau, pauvre en calcium</li><li>• Faible cohésion</li><li>• Dure de conservation</li></ul>

Caillé Présure	Forte quantité de présure Température de coagulation de 30° à 40°C Temp de coagulation entre 20 et 60 mn pH de décaillage 6.0 à 7.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Egouttée, riche en calcium</li> <li>• Élastique et souple</li> <li>• Apte à l'affichage</li> </ul>
Classification suivant le type d'égouttage		
	Techniques	Caractéristique du fromage
Egouttage Lent	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en moule avec ou sans coupage</li> <li>• Séparation de sérum par filtration, ultra filtration ou centrifugation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riche en eau</li> <li>• Petit format</li> <li>• Conservation limitée à quelques semaines</li> <li>• Texture friable ou molle</li> </ul>
Pâte Pressée (non cuite)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décaillage, brassage du caillé</li> <li>• Prépressage</li> <li>• Mise en moule</li> <li>• Pressage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humidité intermédiaire</li> <li>• Format restreint (environ 1kg)</li> <li>• Affinage de quelques mois</li> <li>• Texture souple et moelleuse</li> </ul>

## II.5. Caractéristiques des fromages

Les caractéristiques sensorielles des fromages sont une préoccupation essentielle des filières. La qualité sensorielle des fromages varie en fonction de la technologie de fabrication et des caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première mise en œuvre. Ces dernières dépendent elles-mêmes de nombreux facteurs d'origine génétique, physiologique, alimentaire etc. Par exemple les vaches de race normande, Brune, ou Montbéliarde produisent un lait plus riche en protéines et de meilleure aptitude fromagère que celui de vaches Holstein conduites dans les mêmes conditions (FROC J. *et al.*, 1988). Le gel obtenu après adjonction de présure est plus ferme et les rendements fromagers sont plus élevés.

Le plus important de cet effet est lié d'une part aux différences de teneurs en caséines des laits d'une race à l'autre et d'autre part aux variations du polymorphisme génétique des lactoprotéines et en particulier à la fréquence du variant B de la caséine. En effet, il est maintenant bien établi que les variants de cette caséine, dont la fréquence diffère fortement d'une race à l'autre, influencent l'aptitude à la coagulation des laits (MISTRY V.V. *et al.*, 200)

## II.6. Microbiologie du fromage

La présence de certains microorganismes utiles est dispensable pour la fabrication du fromage. Ces germes vont déterminer le triomphe du fromage en lui donnant ses caractéristiques de texture, de saveur, d'aspect, etc. L'élaboration du fromage a pour nature de désigner et de promouvoir l'augmentation des germes utiles, tout en abrégant la contamination par des germes importuns et en entravant leur développement (LE JAOUEN J.C., 1993).

La présence des micro-organismes dans le fromage va dépendre du degré de contamination et des compétences de développement des germes dans le fromage, et l'absence totale de contamination est complexe, voire impossible à accomplir. Ce sont exclusivement les critères physico-chimiques du fromage et les paramètres d'affinage et de stockage, qui vont diriger le développement microbien (LE JAOUEN J.C., 1993).

Parmi les micro-organismes indésirables légitimes de contaminer le lait et les fromages, il faut distinguer deux catégories selon le degré de gravité :

- ✓ les pathogènes, dangereux pour la santé humaine qui ne doivent pas être présents,
- ✓ les germes nuisibles à la qualité organoleptique des fromages.

Les critères microbiologiques du fromage sont donnés dans le tableau suivant.

**Tableau 13:** Critères microbiologiques des fromages en fonction des germes (France., 1994).

Germe	Listeria Monocytogenes	Salmonella Spp	Staphylococcus Aureus	Escherichia Coli	Coliformes
Type de Fromages					
<b>Fromage A dure pate dure au lait cru</b>	Absence Dans 1 gramme n=5 :c=0	Absence Dans 1 gramme n=5 :c=0	M=10 000/g m=1 000/g n=5 : c=2	M=100 000/g m=10 000/g n=5 : c=2	-
<b>Fromage à pate molle au lait cru</b>	Absence Dans 25 gramme n=5 c=0	Absence Dans 1 gramme n=5 c=0	M=10 000/g m=1 000/g n=5 c=2	M=100 000/g m=10 000/g n=5 c=2	M=100000 m=10000 n=5 c=2
<b>Fromage Non affines au lait cru</b>					

## **II.7. Les grandes familles de fromage**

Il existe une multitude de variétés de fromages, répartis selon 6 familles, établies essentiellement selon la texture, la saveur et l'aspect de la pâte du fromage.

### **II.7.1. Fromages frais**

La pâte fraîche est la base de tout fromage, et existe au début de tout processus de fabrication, avant toute fermentation et tout affinage. La pâte fraîche est faite à partir de lait et pour certains de petit-lait (lactosérum) tiré du lait entier ou écrémé comme le fromage à la crème. D'autres peuvent être enrichis de crème (MALLAY A.M.N., 2012).

Le caillage du lait est obtenu par l'ajout de culture bactérienne et de présure au lait, puis s'amorce un processus d'égouttage léger qui permet d'obtenir une pâte d'une consistance plus ferme tout en lui conservant un taux d'humidité très élevé, de 60 à 80 % et une teneur en matière grasse réduite de 0.5 à 30 (MALLAY A.M.N., 2012).

La pâte fraîche est d'un blanc éclatant, d'une texture molle, granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée selon le fromage. Elle se mélange bien à d'autres ingrédients et arômes comme les fines herbes, l'ail, des épices ou des fruits (MAJDI A., 2009).

La durée de conservation des fromages frais est plutôt courte (environ 1 semaine) et varie selon la teneur en eau et les conditions d'entreposage.

#### Exemple

Fromages blancs divers Petits suisses, Double ou Triple-crème...Etc. (Chavroux, Carré Gervais, Brillat-Savarin...Etc.), Mascarpone, ricotta...Etc.

### **II.7.2. Fromages à pâte pressée**

On peut distinguer deux sous-catégories et qui sont les suivantes :

#### **II.7.2.1. Les pâtes pressées cuites**

La préparation du lait comporte une phase de standardisation en matière grasse et une maturation par ajout de ferments mésophiles et éventuellement thermophiles.

Après coagulation, le caillé subit une d'écaillage et un brassage pour le transformer en grains. D'une durée de 15 à 60 minutes. Cette opération est réalisée à une température variant entre 52 et 55 °C. Le caillé est ensuite moulé et pressé pendant 4 à 20 h. En fin de pressage les fromages sont salés en saumure puis affinés (MAJDI A., 2009).

L'affinage se fait généralement à deux températures : « cave froide » (vers 12°C) ou « cave chaude » (environ 20°C). Cette technique d'affinage permet le développement de la fermentation propionique. A savoir la production de gaz responsable de la formation de trous. Les soins accompagnant l'affinage ont pour but essentiel de contrôler ou d'interdire la prolifération de flores s'implantant spontanément à la surface du fromage(MAJDI A., 2009).

Ces fromages (Gruyère, Emmenthal, Raclette, Beaufort, Parmesan, Romano) sont ornés ou non d'une croûte résistante, qui est parfois enduite d'huile pour réduire la déshydratation, ou lavés et raclés, ce qui favorise la maturation de la pâte. La texture de la pâte est généralement ferme mais peut être parfois très granuleuse comme dans le cas du Parmesan et du Romano. Certaines meules de ces fromages pèsent entre 40 et 130 Kg (MAJDI A., 2009).

### **II.7.2.2. Les pâtes pressées non cuites**

Les fromages à pâte pressée non cuite ou fromage à pâte demi-ferme, subissent un procédé de fabrication différent : le caillé est réduit en petits grains, puis pressé et ensuite démoulé et trempé dans une saumure (MAJDI A., 2009).

### **II.7.3.Fromages à pâtes dures**

Les fromages à pâte dure sont technologiquement proches des fromages à pâte pressée cuite. Ils sont encore plus riches en matière sèche que les pâtes pressées cuites puisqu'ils en contiennent de 64 à 72 %. Ce sont des fromages saisonniers traditionnellement élaborés pendant la période de forte production de lait durant l'été. Leur forte teneur en matière sèche en fait des fromages de garde, pouvant être conservés de 2 à 3 ans. Leur, Coagulation se fait avec du lait très frais dont la crème est enlevé manuellement. Puis du sérum acidifié de la veille est utilisé pour inoculer le lait. Concernant l'égouttage, après un tranchage poussé, un brassage est effectué à chaud allant de 1 à 2 heures avec une température montée entre 55 et 58°C, ce qui permet d'atteindre l'extrait sec recherché. Le pressage s'effectuera entre 24 et 48

heures. Le salage, pendant plusieurs jours avec du sel sec. Et durant l'affinage, les fromages sont brossés et retournés régulièrement pour assurer une croûte sèche (MAJDI A., 2009).

*Exemple :*

Asiago, Grana padano, Parmesan...Etc.

En fabrication industrielle, les mêmes techniques sont utilisées que pour les pâtes pressées cuites si bien que souvent les fromages à pâte dure sont classés parmi les fromages à pâte pressée cuite(MAJDI A., 2009).

### **II.7.4.Fromages à pâtes filées**

Ce sont des fromages d'origine italienne comme la mozzarella ou le provolone.Ces fromages présentent une grande analogie avec la fabrication des pâtes pressées jusqu'à la fin du brassage en cuve. Après soutirage du lactosérum, les grains sont alors pressés, laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à un ES de 50 à 53% nécessaire pour avoir un bon filage. Le caillée est ensuite découpé en lamelles. Celles-ci sont alors immergées dans de l'eau ou du lactosérum de 70 à 85°C, pendant 10 à 20 min afin de favoriser l'élasticité et le filage. Le conditionnement de ces fromages est varié, il peut être sous forme de balle, de cylindre ou de disque (MAJDI A., 2009).

### **II.7.5.Fromages fondus**

A l'origine, la fabrication du fromage fondu permettait de recycler la fabrication défectueuse de gruyère. Actuellement, toutes les catégories de fromages sont utilisées en plus de beurres, de la caséine et de la protéine de lactosérum. Le procédé de fonte de fromage a pour fonction de transformer par la chaleur et avec l'aide de sels de fonte le gel de paracaseine insoluble en un sol de paracaseine c'est-à-dire de le faire passer à un état homogène et fluide ou la masse de fromage peut être pasteurisée, et le sol se transforme en gel homogène. Les sels de fonte agissent comme émulsifiants et chélatants, ils sont autorisés dans la limite de 3% du poids du produit fini. Ceux qui sont autorisés par législation :

- 1) Les polyphosphates de sodium ;
- 2) Les orthophosphates de sodium ;
- 3) Le citrate de sodium ;
- 4) L'acide citrique.

La cuisson et le brassage sont généralement effectués dans des pétrins à double paroi pour atteindre des températures de 90- 95 °C, voire 120- 125 °C pour la stérilisation. La durée de conservation exceptionnelle permet son exportation dans les pays chauds (**St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002**).

### **II.7.6.Fromages à pâtes molle, à croûte lavée ou fleurie**

Il s'agit de fromages affinés ayant subi indépendamment de la fermentation lactique d'autres fermentations et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée.

Le lait estensemencé à 32-34°C en ferments thermophiles. La formation du coagulum se fait généralement sous l'action dominante de la présure. Le coagulum obtenu présente, de façon plus ou moins accentuée en fonction du fromage, une bonne perméabilité et aptitude à l'égouttage spontané. L'égouttage dure environ 22h dans des salles conditionnées en température et en humidité et peut être accéléré par tranchage ou brassage léger. Plusieurs retournes sont nécessaires pour obtenir la platitude des deux faces.

Les pâtes obtenues ont une teneur en matière sèche comprise entre 42 et 55 %, un pH bas (4.2-4.5), puisque lors de l'égouttage des ferments lactiques se développent et acidifient le caillé. L'affinage est de durée variable, mais toujours assez courte (de 10 jours à 2 mois). Pour le camembert l'affinage dure de 10 à 18 jours (**St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002**).

Le taux d'humidité varie entre 50 et 60 % et les matières grasses représentent 20 à 26 % du poids du fromage. Ils acquièrent une croûte plus ou moins veloutée.

Les fromages à pâte molle se répartissent en 3 catégories définies par l'aspect de la croûte et par le procédé de salage (**St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002**):

#### **II.7.6.1. Fromages à pâtes molle, à croûte fleurie**

Les fromages à croûte fleurie sont recouverts d'une mince couche blanche de moisissure, d'aspect velouté (Camembert, Brie, Brillat-Savarin, Coulommiers). Le salage se fait à sec avec du sel fin additionné de *Penicillium*. Cette croûte fleurie est comestible mais peut avoir un goût prononcé (**St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002**).

### II.7.6.2. Fromages à pâtes molle, à croûte lavée

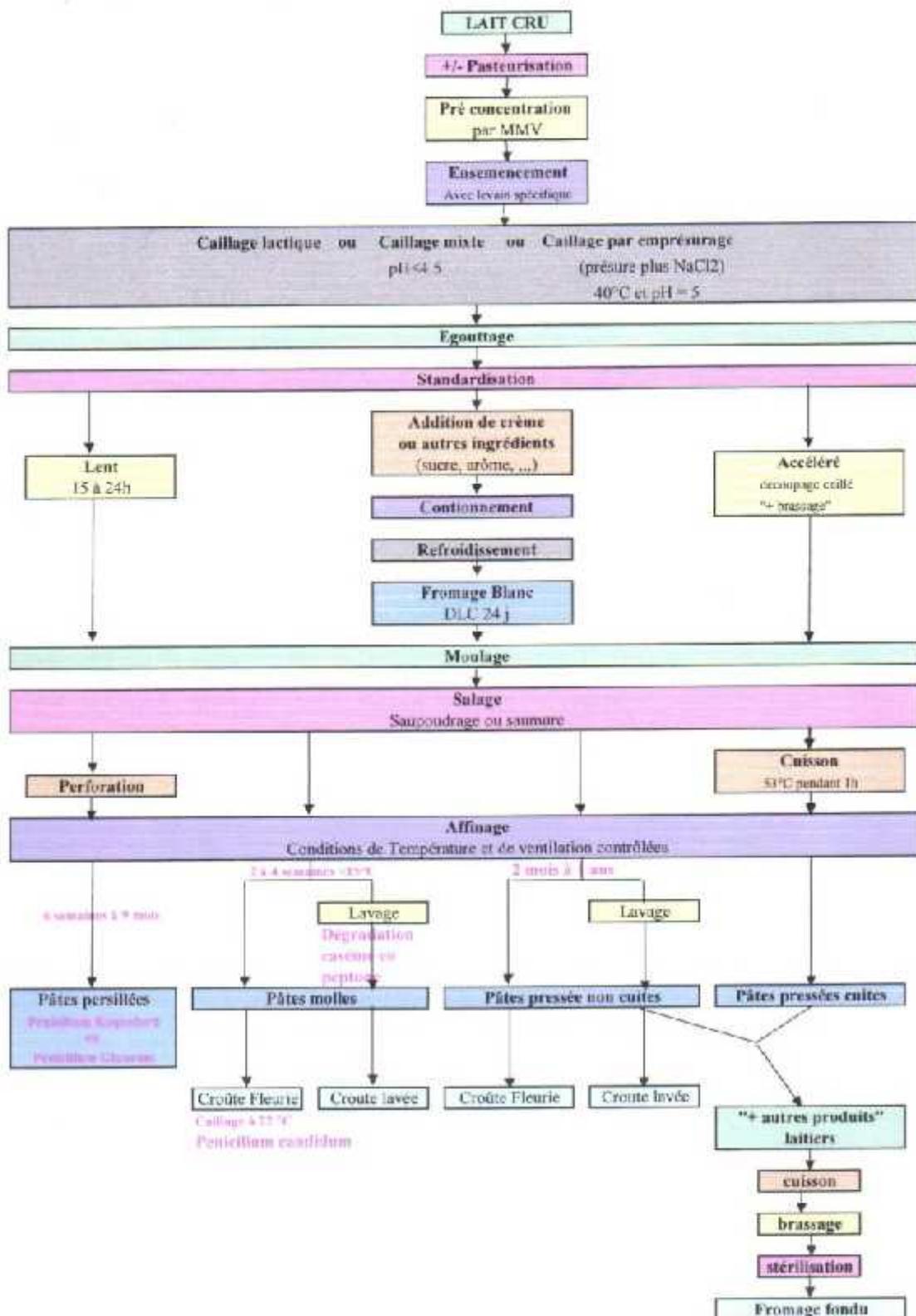
Les fromages à croûte lavée sont soumis à des lavages en saumure légère qui ont pour but de maintenir l'humidité, la souplesse de la pâte et de la croûte, et d'éliminer certains ferments (Munster, Pont-l'évêque, Livarot, Maroille). Pour assurer un taux d'humidité interne convenable et une fermentation adéquate, ces fromages sont placés en atmosphère humide (près de 90 % d'humidité), et à une température tempérée (entre 12 et 15 °C). L'affinage de certains de ces fromages se termine par un trempage dans un alcool, comme le vin ou la bière (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002).

### II.7.6.3. Fromages à pâtes molle, à croûte persillée

Il s'agit de fromages affinés à pâte légèrement salée, malaxée et d'aspect persillé en raison des moisissures internes de couleur bleue. Les fromages à pâte persillée (bleue) sont des fromages ni cuits, ni pressés, dont le caillé est d'abord réduit en morceaux, moulé, égoutté, salé, puisensemencé de moisissures telles que *Penicillium roquefortii* ou *P.gorgonzola* déposées dans la pâte à l'aide de longues aiguilles. La fermentation s'effectue de l'intérieur vers l'extérieur. Tout un réseau de veinures bleu-vert se constitue sous l'action des moisissures, réseau qui se densifie avec le temps. Ces fromages (Roquefort, Gorgonzola, Bleu de Bresse, Bleu Danois, Stilton) ont un goût poivré. Fort et piquant et leur texture est habituellement friable (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002).

**Figure1** : Organigramme de fabrication des différents types de fromages.

(St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002)



### II.8. Les fromages en Algérie

Fromage : marché estimé à 100 000 tonnes par an Il y a peu de fromages typiquement algériens. La production locale consiste essentiellement en fromage fondu (80-90 000 t/an), en fromage à pâte molle de type Camembert-Brie (7-8 000 t/an) et en fromages type petits suisses natures ou aromatisés (6-7 000 t/an). La production de pâtes pressées est faible (2000 t/an) et se développe lentement (manque de lait et de tradition)(M.I.A.A., 2015).

Les principaux producteurs de pâtes molles en Algérie sont Beni Tamou/Président, Safilait, Tifra lait/Tigre de Marzana, Trèfle/Sidi Saada, DBK (Tassili), Pâturages d'Algérie (M.I.A.A., 2015).

Les producteurs de fromages frais sont Lactalis LBT, Aurès, Tell, Soummam, Danone, Hodna, Giplait(M.I.A.A., 2015).

BEL/La vache qui rit est leader incontesté du marché des fondus devant Algérie Crème/La Jeune Vache, Priplait/ Ikil, Falait/Tartino, Goumidi-O'Kids, Lactalis/Alvita,... Parallèlement, l'Algérie importe 6 000 t/an de Maasdam (portionné et emballé en Algérie), 3 000 t de Kiri venant de Pologne, et très peu de spécialités de France, du Danemark et d'Italie (M.I.A.A. 2015).

 **La production locale consiste en fromage à pâte molle de type Camembert-Brie (7-8 000 t/an), ainsi, que les principaux producteurs de pâtes molles en Algérie sont Beni Tamou/Président, Safilait, Tifra lait/Tigre de Marzana, Trèfle/Sidi Saada, DBK (Tassili), Pâturages d'Algérie.**

**Originaire de France, le camembert, un fromage à pâte molle et à croûte fleurie, fait désormais partie des productions les plus importantes d'industries alimentaires Algérienne, acquérant une réputation nationale, ce fromage est victime de son éclatant succès au prêt des algériens. La popularité de cette star de la gastronomie mondiale et locale, d'une part, mais aussi étant un fromage à grande œuvre de bactéries, surtout sa croute légèrement moisie d'une autre part nous a mené à étudier de prêt ce fromage en question, en focalisant notre présent travail sur une analyse de la concentration de la flore microbienne, et de la composition physico-chimique de ce dernier qui sera mise en œuvre dans le (chapitre II), mais avant nous allons faire une petite recherche bibliographique énoncer dans cette troisième partie du chapitre.**

## Troisième partie : Camembert : fromage à pâte molle, et à croûte fleurie

### III.1. Caractéristiques et valeur nutritionnelle

#### III.1.1. Définition

Selon (VEISSEYRE R., 1979), le Camembert est défini comme étant un fromage à pâte molle, à caillé non divisé en forme de cylindre plat. Il a un diamètre de 10 à 11 cm et une épaisseur de 3 cm. Il renferme au moins 40 % de matière grasse et 110 g de matière sèche. C'est un fromage affiné à moisissures superficielles, originaire de Normandie (France).

#### III.1.2. Composition et valeur nutritionnelle

Selon son mode d'élaboration, le Camembert renferme 30 à 50 % de matière azotée / matière sèche. Il s'inscrit ainsi parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée (MIETTON B., 1995).

De plus, la haute valeur biologique de ces protéines lui est conférée tant par leur composition équilibrée en acides aminés, que par leur propriété de former une pâte fromagère très appréciée par les consommateurs dans de nombreuses régions du monde.

La matière grasse du *Camembert* (25 à 40%) conditionne l'onctuosité de la pâte et constitue une source importante de la saveur particulière conférée au produit fini (NEELAKANTEN J. et al., 1971).

Concernant le lactose, il faut noter que les fromages affinés sont pratiquement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose, restant dans le caillé après égouttage, est transformée en acide lactique au cours de l'affinage.

Pour les autres nutriments, le Camembert constitue un apport important en calcium. (200 à 700 mg/ 100g), en phosphore, en sodium et en vitamines (notamment du groupe B), (ECK A., 1990).

Notons enfin que la dénomination petit Camembert est réservée à un fromage de diamètre réduit (80-85 mm de diamètre) dont l'extrait sec ne doit pas être inférieur à 60g et que la dénomination Véritable Camembert de Normandie est protégée par un label de qualité définissant notamment une aire de production.

## III.2. Les étapes de la fabrication

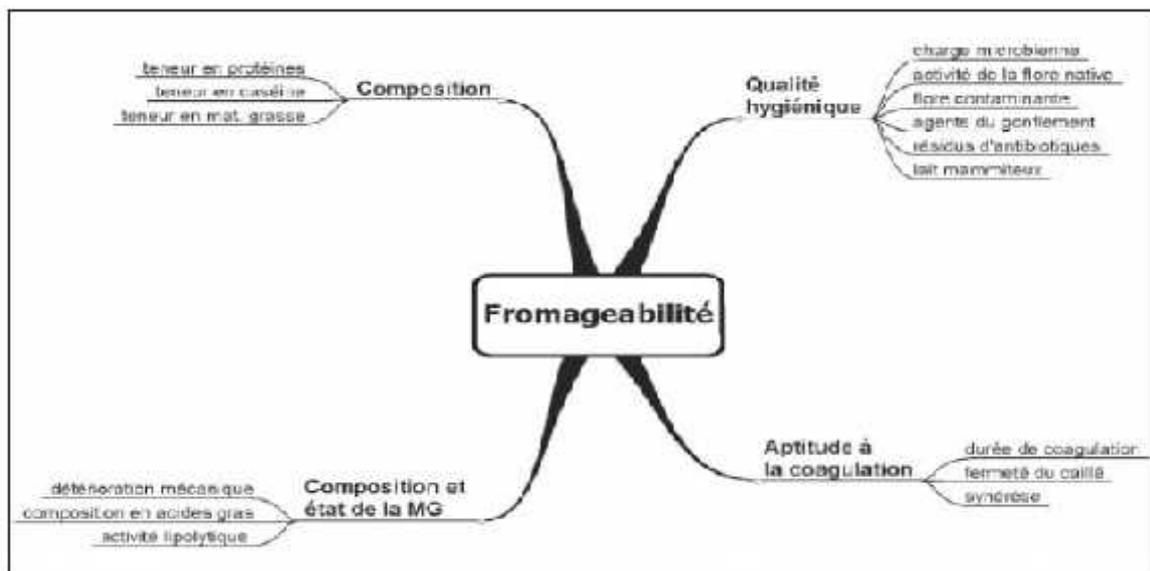
### III.2.1 Nature de la matière première

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'emploi d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grandes traditions fromagères tel que la France, ce fromage est élaboré, soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé. Dans les pays où la production en lait cru est déficitaire (cas de l'Algérie où cet apport ne couvre que 40% des besoins), il est fait appel au lait reconstitué, constitué de produits d'importation (poudre de lait et matière grasse laitière anhydre : MGLA) auxquels sont additionnés des volumes appropriés d'eau de reconstitution.

(REMEUF F. et *all.*,1991), indiquent d'autre part que l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont :

- ✓ Sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines) ;
- ✓ Sa charge microbienne et la nature de sa microflore ;
- ✓ Son aptitude au développement des bactéries lactiques ;
- ✓ Enfin, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante à savoir la présure.

**Figure 2** : Critères de fromageabilité du lait (Jakob E. et Hänni J-P., 2004).



## III.2.2. Traitements préliminaires du lait

Aussitôt leur réception à l'usine, les laits sont triés en éliminant ceux impropres à la transformation fromagère (laits plus ou moins acides ayant une charge microbienne importante). Après un entreposage à basse température (3-4°C), ils vont subir certains traitements technologiques (dont notamment l'homogénéisation et le traitement thermique) qui ont pour objectifs de permettre l'obtention d'un produit dérivé de qualité appréciable et ce avec un bon rendement de fabrication (**LENOIR J. *et all.* 1974; MIRANDA G. et GRIPON J-C., 1986**). Néanmoins, il a été établi que ces traitements, quand ils sont pratiqués de façon anarchique engendrent plutôt des modifications physico-chimiques et nutritionnelles préjudiciables (**FEUILLAT M. *et all.*, 1976 ; LEMIEUX L. et SIMARD R.D.,1994**).

### III.2.2.1. 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 (qui doit se situer autour de 28 g/l de lait) et parfois du taux de protéines (qui doit être supérieur à 31 g/kg de fromage) (**BERTRAND F., 1988**).

### III.2.2.2. 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 J. M. et LUQUET M.F., 1991**).

### III.2.2.3. Les traitements thermiques

Les laits mis en œuvre dans l'industrie fromagère subissent des traitements thermiques préalables dont l'importance se manifeste dans leur assainissement ainsi que dans leur stabilisation. Selon la température atteinte et la durée du chauffage, le traitement thermique utilisé influe, d'une part, sur la concentration de la flore microbienne initiale et, d'autre part, sur la composition physico-chimique du lait. Les modifications qui en découlent engendrent dans la plupart des cas un changement des caractéristiques du lait et conditionnent pour une grande part la qualité du produit fini en particulier sa valeur nutritive (**ECK A., 1990**).

Ainsi, la thermisation (traitement qui a lieu à 64°C pendant 15 à 20 secondes) est surtout utilisée pour détruire les bactéries psychrotrophes, qui se développent dans un lait ayant subi, soit une réfrigération à la ferme, soit un stockage réfrigéré au niveau de la fromagerie. Ces bactéries surtout 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 J. et all., 1983**). Ces enzymes peuvent être responsables de goûts désagréables (malté, amer, rance), et de pertes de rendements fromagers.

Comme ce traitement ne peut présenter une protection sûre pour la santé du consommateur, car il ne détruit que partiellement les germes dangereux (**BERTRAND F., 1988**), il est souvent fait recourt dans les industries fromagères à la pasteurisation qui présente l'avantage de détruire la totalité des germes pathogènes susceptibles de se trouver dans le lait et de réduire sa flore banale.

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

- ✓ Pasteurisation basse → 63 °C pendant 30 minutes ;
- ✓ Pasteurisation haute —(HTST) 72°C pendant 20 secondes (**BOURDIER J. M. et LUQUET M.F., 1991**).

### III.2.3. Les étapes clés de la fabrication du Camembert

L'élaboration de ce type de fromage à caractéristiques organoleptiques particulières passe par la réussite de nombreuses étapes technologiques dont principalement : l'ensemencement – maturation, la coagulation, l'égouttage et enfin l'affinage.

#### III.2.3.1. La phase d'ensemencement – maturation

C'est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée qui va participer, d'une part, à la coagulation du lait (en provoquant l'acidification), et d'autre part, à l'affinage du fromage (rôle dans l'activité protéolytique).

Le lait (un petit volume) estensemencé par des ferments lactiques mésophiles à une dose de 1,5 à 2% (**LENOIR J. et all., 1983**). Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées (**BERTRAND F., 1988**). Une fois ses souches revivifiées, le levain (tel que

préparé) servira à ensemercer les grandes cuves de coagulation. 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*.

### III.2.3.2. La coagulation

La coagulation se traduit par la formation d'un gel (ou coagulum) qui résulte dans le cas du Camembert, des modifications physico-chimiques qui interviennent autour des micelles de caséines et qui concourent à leur déstabilisation extrême.

Pour les fromages à pâtes molles, la coagulation est généralement mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) et les bactéries lactiques (coagulation acide).

Dans le cas de la coagulation acide (provoquée par l'acide lactique d'origine bactérienne), l'abaissement du pH induit la solubilisation du calcium et du phosphate inorganique. Par équilibre, le pont salin dégarni peu à peu les micelles. Ces dernières, vont se lier entre-elles et former un gel cassant, très friable et peu élastique (MIETTON B., 1995).

La coagulation enzymatique est quant à elle due à l'action de la présure qui est une enzyme protéolytique provenant de caillettes de veaux non sevrés. Cette enzyme correspond en réalité à deux fractions actives : l'une majeure (80 %), constituée par la chymosine, l'autre mineure (20 %), est représentée par la pepsine (ECK A., 1990).

Il a été établi qu'au cours de la coagulation enzymatique, 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 R., 1979).

### III.2.3.3. L'égouttage

C'est l'étape qui permet la séparation du lactosérum du caillé. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé mais aussi la minéralisation de ce dernier et son délactosage.

Selon (BERTRAND F., 1988), il est possible de distinguer dans cette phase deux actions complémentaires :

- ✓ Expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre (synérèse) ;

- ✓ Séparation du sérum et du caillé par action physique.

La pâte obtenue est salée par addition de chlorure de sodium. Le sel inhibe certaines proliférations microbiennes, complète l'égouttage du caillé et relève la saveur du fromage.

La période d'affinage du Camembert est généralement courte, soit entre 12 et 45 jours et se déroule à une température variant habituellement entre 12 et 14 C°. Les fromages sont généralement entreposés dans un lieu d'affinage permettant de contrôler l'humidité relative entre 85 et 95 % (ALAIS C. et LINDEN G., 1997).

### III.2.3.4. L'affinage

L'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique où sous l'action d'enzymes, pour la plupart élaborées par la flore microbienne présente, les constituants du caillé sont dégradés. La pâte est ainsi modifiée dans son aspect, sa texture et sa consistance, ce qui lui permet de passer sous la forme d'un produit élaboré dénommé fromage.

Selon (MIETTON B., 1995), L'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir :

- ✓ La dégradation des protéines ;
- ✓ L'hydrolyse de la matière grasse ;
- ✓ La fermentation du lactose.

### III.3. L'écosystème Camembert

Le fromage est souvent qualifié d'aliment – vivant –, car il abrite une diversité microbienne imposante toute. Au delà de sa fabrication et de son affinage, des microorganismes se partagent les nutriments disponibles, profitent des métabolites de certains ou meurent et permettent la croissance d'autres. La flore microbienne du fromage varie entre autre selon l'espèce de vache laitières, le pâturage où celle-ci se nourrissent, les traitements, physiques que le lait subit avant de devenir fromage et le type de ferment ajouté (CHAMPIGNY P.L., 2011).

## III.3.1 Les bactéries

Les bactéries nécessaires à la fabrication des fromages de type Camembert se regroupent en deux principales catégories : les cultures lactiques et les cultures d'affinage.

### III.3.1.1 Les ferments lactiques

La principale fonction des bactéries lactiques est d'acidifier le lait. Cette activité est possible d'abord grâce à la présence de l'enzyme  $\beta$ -galactosidase, qui permet de scinder le lactose en glucose et en galactose. Les sucres simples ainsi produits peuvent entrer dans la voie de la glycolyse et être convertis en acide lactique (ROOSITA R. et FLEET GH., 1996). Les micro-organismes utilisés comme ferment lactique sont principalement fermentaires et ne nécessitent pas la présence d'oxygène. Parmi ces bactéries fermentaires, on retrouve deux types : les homo- et les hétéro-fermentaires (KANDLER O., 1983). La fermentation dite homolactique se définit comme la transformation du lactose présent dans le lait en acide lactique. Lors de la fermentation hétérolactique un mélange d'acide lactique, d'acide acétique, de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'éthanol sont produits. La production d'acide amène un abaissement du pH qui, s'il atteint une valeur inférieure ou égale à 4,6, permet la coagulation des protéines de lait. Cette acidification se caractérise aussi par des odeurs et des saveurs sûres (SPINLER H.E. et GRIPON J.C., 2004).

La fermentation lactique contrôlée est utilisée pour la plupart des produits laitiers fermentés fabriqués en Amérique du Nord. Elle est généralement le résultat de l'utilisation de souches de *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Streptococcus* (FLEET G.H., 1999). Le genre de bactéries utilisées dépend du fromage à produire, selon la vitesse d'acidification, le métabolisme, la température et la teneur en sel nécessaires dans le procédé de transformation.

*Lactococcus lactis* est un ferment mésophile, peu thermorésistant et homofermentaire, c.-à-d. que son produit majeur dérivé de la fermentation est l'acide L-lactique (KANDLER O., 1983). Pour sa part, *Streptococcus thermophilus* est un ferment thermophile utilisé surtout pour les fromages à pâte pressée cuite et la Mozzarella (AUCLAIR J. et ACCOLAS J.P., 1983). Dans les fromages Camembert, l'ajout de ferments thermophiles a donné naissance aux fromages dits stabilisés, en opposition aux caillés traditionnels qui n'en contiennent pas.

L'intérêt pour les pâtes stabilisées vient du fait qu'elles s'affaissent moins une fois coupées, ce qui est recherché par certains consommateurs. Plusieurs stratégies peuvent être adoptées pour produire des fromages stabilisés : l'utilisation d'une plus faible quantité de ferments, l'utilisation de ferments sans protéinases, ou l'utilisation de ferments thermophiles à une température inférieure à leur température optimale de croissance (**Lawrence R.C., et al. 1987**). Dans ces fromages stabilisés, l'acidification de la pâte est ralentie, et le pH atteint des valeurs autour de 5,2. Dans ces conditions, le calcium est davantage retenu dans la matrice fromagère, ce qui favorise l'apparition d'une texture plus élastique, et donc moins coulante (**Lawrence R.C. et al., 1987**).

### III.3.1.2. Les ferments d'affinage

La majorité des bactéries isolées de fromages à pâte molle ont le potentiel de contribuer à l'arôme des fromages en dégradant les lipides, les protéines et les acides aminés. Ces bactéries appartiennent aux familles des *Micrococacceae* (*Micrococcus* sp. et *Staphylococcus* sp.) et des *Corynebacteriaceae* (*Arthrobacter* sp., *Brachybacterium* sp., *Corynebacterium* sp.), mais la principale espèce de bactérie corynéforme qui participe à l'affinage des fromages de type Camembert est *Brevibacterium* (**MOUNIER J. et al., 2007**).

De par sa production de caroténoïdes, *Brevibacterium* est responsable de la couleur orangée de la croûte, un attrait pour les fromages à croûte lavée comme le Munster et le Livarot (**MOUNIER J. et al., 2007**). Pour le fromage Camembert (croûte fleurie), cette couleur orangée peut être considérée comme un défaut dans l'apparence des jeunes fromages. Toutefois, comme la croissance de *Brevibacterium* est fortement inhibée par *P. camemberti*, les risques d'apparition précoce de cette couleur sont faibles (**LECLERCQ-PERLAT M.N. et al., 2004**). Bien que l'utilisation de *Brevibacterium linens* en tant que ferment d'affinage dans les fromages de type Camembert semble relativement peu répandue, cette bactérie possède des capacités technologiques intéressantes (**MOUNIER J. et al., 2007**). Il a été démontré que *B. linens* possède une activité protéolytique et lipolytique et est en mesure de produire des substances antimicrobiennes. Sa fonction biochimique la plus intéressante reste la production de composés soufrés, particulièrement le méthanthiol (MTL), grâce au catabolisme de la méthionine, ce qui confère aux fromages des arômes de chou (**FERCHICHI M. et al., 1986**). Malgré leur caractère acido-sensible, les bactéries du genre *Brevibacterium* se développent à la surface des fromages à pâte molle grâce à leur interaction de commensalisme avec les levures. Ces dernières utilisent le lactate et produisent de

l'ammoniac, ce qui permet au pH de surface d'augmenter, favorisant l'implantation d'autres bactéries (ARFI K. *et all.*, 2003).

### III.3.2. Les levures

Les espèces de levures habituellement retrouvées dans les fromages de types Camembert sont *Debaryomyces hansenii*, *Geotrichum candidum*, *Kluyveromyces lactis*, *Kluveromyces lactis*, *Kluveromyces maxianus*, *Saccharomyces cerevisiae* et *Yarrowia lipolytica*. *Geotrichum candidum* est une espèce particulière car elle est dimorphique. C'est-à-dire qu'elle adopte des formes différentes dépendamment des souches. En effet, elle peut se répliquer en formant un mycélium comme le fait traditionnellement une levure. Sur le plan écologique et moléculaire *G. candidum* se comporte plutôt comme une levure.

Les levures sont des microorganismes faisant surtout partie de la flore des fromages à croûte fleurie tel le Camembert. Reconnues pour tolérer de bas PH, elles se développent lentement mais avec constance dans ces fromages. Selon les souches, les levures consomment le lactose, le lactate, et/ou le galactose. Certaines espèces comme *G. candidum* sont aérobies; celles-ci ne peuvent donc que se développer en surface. Les levures et les moisissures contribuent à la remontée de PH de la matrice fromagère en métabolisant le lactate en H<sub>2</sub>O et en CO<sub>2</sub>. Leur protéolyse participe aussi à cette remontée en libérant le groupement NH<sub>3</sub> des acides aminés (BERESFORD T. et WILLIAMS A., 2004).

Les métabolites produits par les levures contribuant à la maturation sont l'éthanol, l'acétaldéhyde et le CO<sub>2</sub>. De plus, certaines levures ne sont aptes à la protéolyse et à la lipolyse. Toutefois, les souches de levures responsables de l'affinage doivent être bien contrôlées. En effet, certaines souches de levures altèrent le produit en lui conférant des saveurs fruitées ou amères parfois jugées indésirables en fonction de la concertation. Aussi une production trop élevée de dioxyde de carbone gazeux peut gâcher la texture d'un Camembert. Comme les souches ne sont pas toutes tolérantes au sel, le salage du fromage permet entre autres de les sélectionner.

Enfin, l'implantation des levures à la surface d'un fromage précède souvent la venue d'un autre type de microorganisme qui est les moisissures. Les levures contribuent indirectement à leur croissance en hydrolysant les protéines et la matière grasse (BERESFORD T. et WILLIAMS A., 2004).

### III.3.3. Les moisissures

En fromagerie, les deux principales espèces de *Penicillium* utilisées pour leurs caractères technologiques sont *P. camembertii* et *P. roqueforti*. Elles sont respectivement utilisées pour les fromages Camembert et les fromages bleus. *Penicillium camembertii* est une moisissure filamenteuse qui confère aux fromages à pâte molle et à croûte fleurie leur aspect blanc uniforme et duveteux. Elle est considérée comme étant la forme domestiquée de *P. commune*. On lui connaît les synonymes *P. candidum*, *P. rogeri*, *P. album* et *P. caseicola* (ABBAS A. et DOBSON A.D.W., 2011). *Penicillium camembertii* est classée dans le règne des Fungi, dans la division des Ascomycota, de la classe des Eurotiomycetes, de l'ordre des Eurotiales, de la famille des Trichocomaceae, du genre *Penicillium* et de l'espèce *camemberti*.

*P. camembertii* est une moisissure qui peut croître à des températures de 4 à 37 °C, à un pH entre 2 et 8,5 (avec un optimum entre 3,5 et 6,5), des caractéristiques générales de croissances similaires à celles de *P. roqueforti* (ABBAS A. et DOBSON A.D.W., 2011). Non seulement elle tolère 20-25 % de NaCl, mais une concentration autour de 2 % stimule sa croissance. Elle est donc adaptée aux conditions fromagères. Malgré qu'elle soit retrouvée presque exclusivement dans l'environnement fromager, cette moisissure est également utilisée dans la production de saucissons fermentés (CERNING J. et al., 1987).

Les souches de *Penicillium* utilisées comme ferment d'affinage sont généralement ensemencées directement dans le lait sous forme de spores. Comme leur activité dépend de leur état physiologique (incluant les taux de germination, de croissance et de sporulation), les conidies sont préalablement réhydratées et activées avant d'être ensemencées (St-Gelais D. Tirard-Collet P., 2002). L'état physiologique est donc déterminant pour la cinétique d'implantation de *P. camemberti*, et pour s'assurer que les propriétés de l'inoculum utilisé sont reproductibles afin d'obtenir des fromages constants d'une production à l'autre.

# Chapitre 2

## « Expérimentation et discussions des résultats »



### INTRODUCTION

Le fromage à pâte molle à croûte fleurie du type « Camembert » est un produit très riche en éléments nutritifs qui peuvent favoriser la croissance de divers micro-organismes surtout dans le cas où l'hygiène et les conditions de fabrication, ainsi que celles du conditionnement ne sont pas respectées c'est pour cette raison qu'on réalise des analyses de contrôle de la qualité de ce type de fromage en question avant la reconstitution.

De ce fait, l'objectif général de notre travail c'est l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique d'une marque de fromage à pâte molle du type « Camembert » fabriqué et commercialisé en Algérie.

#### **Observation :**

##### ❖ **La stérilisation du matériel de prélèvement :**

Tout le matériel de prélèvement des échantillons doit être parfaitement propre et stérile, afin d'éviter son influence sur les propriétés physico-chimiques, micro- biologiques et sur la composition du produit analysé.

Pour cela le matériel doit être :

- Lavé à l'eau courante pour éliminer les traces des précédents prélèvements,
- Puis brossé, lavé à l'eau contenant une solution détergente (hypochlorite de sodium).
- Rincé à l'eau de robinet et finalement par l'eau distillée,
- Après séchage le matériel sera stérilisé dans un auto clave à l'air humide à 134° C.

### **Première partie : Analyse Bactériologique / Microbiologique du « Camembert »**

#### **Objectif :**

L'objectif de l'analyse microbiologique alimentaire consiste à vérifier par recherches ou dénombrements microbiens la conformité du produit est de s'assurer si le produit est propre ou non à la consommation.

### I. Matériels et milieux de cultures (voir Annexe 4)

### II. L'échantillonnage

Introduire et diluer aseptiquement 25 g de l'échantillon du fromage à pâte molle à analyser (produit laitier « camembert »), qui constitue l'unité d'analyse dans un sachet stomacher, contenant au préalable 225 ml **D'EPT (Eau Peptonée Tamponnée)**, qui va permettre de revitaliser les microorganismes présents. On scelle ensuite ce sachet pour qu'il puisse être utilisé dans le stomacher. Cet appareil, par une action mécanique, va assurer le broyage et l'homogénéisation, afin d'obtenir une dilution  $10^{-1}$  par rapport au produit de départ.

### III. Les germes recherchés pour cette denrée et leurs dénombrements

L'objectif de cette partie d'étude est d'évaluer la qualité microbiologique du fromage à pâte molle du type « Camembert ». D'une manière spécifique il s'agira de rechercher et dénombrer des germes recherchés dans le produit laitier, et qui sont :

- ✓ Les bactéries témoins de contamination fécale :
  - ❖ Les coliformes totaux ;
  - ❖ Les coliformes fécaux ;
  - ❖ Les staphylococcus aureus;
  - ❖ Les clostridium Sulfito-Réducteurs .
  - ❖ Les salmonelles.

#### III.1. Dénombrement des Coliformes totaux

##### III.1.1. Rappel

Les coliformes totaux se définissent comme des bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet. Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau).

### III.1.2. Principe

Numération des colonies caractéristiques des coliformes totaux qui se sont développées en 24 h à 30°C. Dans le produit laitier, sur gélose VRBL puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes totaux.

### III.1.3. Mode opératoire

- ✓ L'opération s'effectue à proximité d'une flamme ;
- ✓ Porter aseptiquement 1ml de la dilution  $10^{-1}$ , à mettre dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose **VRBL** préalablement liquéfié et refroidit à  $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ;
- ✓ Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout ;
- ✓ Laisser solidifier le mélange sur une paillasse ;
  - ❖ Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 ml de la même gélose : cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations ;
- ✓ laisser solidifier à nouveau ;
- ✓ La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 30°C pour la recherche des coliformes totaux ;
- ✓ La recherche des coliformes totaux se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur double couche : on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture **VRBL**, après que la gélose soit à peu près solide on rajoute une seconde couche de gélose. Cette méthode a pour but d'éviter que les colonies s'étalent. Ce qui permet un meilleur dénombrement.

### III.1.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ **Les coliformes totaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur mauve violette fluorescente et de 0.5 mm de diamètre, ou plus et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.**

### III.2. Dénombrement des Coliformes fécaux

#### III.2.1. Rappel

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet, capable de se développer à 44 °C en moins de 24 h se qui les distingues des coliformes totaux, ces bactérie apparaissent toujours en grandes quantités dans les déjections animales et humaines et ne se trouve qu'exceptionnellement dans les sols et les eaux qui n'ont pas été l'objet d'une pollution fécale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a contamination récente ou constante.

#### III.2.2. Principe

Numération des colonies caractéristiques des coliformes fécaux qui se sont développées en 24 h à 44°C dans le produit laitier, sur gélose VRBL puis confirmation du nombre de colonies par fermentation du lactose. Il s'agit d'un dénombrement de coliformes fécaux.

#### III.2.3. Mode opératoire

- ✓ L'opération s'effectue à proximité d'une flamme ;
- ✓ Porter aseptiquement 1ml de la dilution  $10^{-1}$ , à mettre dans une boite de pétri vide préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose **VRBL** préalablement liquéfié et refroidit à  $45^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  ;
- ✓ Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout ;
- ✓ Laisser solidifier le mélange sur une pailleasse ;
  - ❖ Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5 ml de la même gélose : cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations ;
- ✓ laisser solidifier à nouveau ;

- ✓ La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 44°C pour la recherche des coliformes fécaux ;
- ✓ La recherche des coliformes fécaux se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur double couche : on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture **VRBL**, après que la gélose soit à peu près solide on rajoute une seconde couche de gélose. Cette méthode a pour but d'éviter que les colonies s'étalent. Ce qui permet un meilleur dénombrement.

### III.2.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ **Les coliformes fécaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur mauve violette fluorescente et de 0.5 mm de diamètre, ou plus et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.**
- ✓ **Les résultats sont exprimés en nombre de coliformes / ml du produit.**

### III.3. Dénombrement des *Staphylococcus aureus*

#### III.3.1. Rappel

*Staphylococcus aureus* est une coccobactérie Gram positif, catalase positive, ce dernier a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5  $\mu\text{m}$ , non sporulé, immobile et facultativement anaérobique, qui fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau.

*Staphylococcus aureus* est une bactérie à l'origine de nombreuses infections ou intoxications alimentaires.

#### III.3.2. Principe

Avec la dilution initiale  $10^{-1}$ , on ensemence en surface de gélose Baird Parker recoulée en boîte de pétri à l'avance.

Après une incubation de 48 h à 37 °C, les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques apparues sont dénombrées dans le produit laitier « Camembert ».

### III.3.3. Mode opératoire

Par cette méthode, les *Staphylococcus aureus* fait l'objet d'une recherche et dénombrement sur le milieu Baird Parker.

- ✓ Sécher la boîte de gélose dans une étuve à  $46\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  jusqu'à disparition complète des gouttelettes à la surface du milieu (couvercle enlevé et surface de la gélose tournée vers le bas) ;
- ✓ Homogénéiser la dilution décimale  $10^{-1}$  avant inoculation à la surface de la boîte gélosée ;
- ✓ Déposer ensuite 0.1 ml, de dilution décimale  $10^{-1}$ , réalisée préalablement à la surface de la gélose Baird Parker ;
- ✓ Étaler, par la suite, soigneusement la dilution, et le plus rapidement possible sans toucher les bords de la boîte à l'aide d'une pipette stérile (pipette râteau) ;
- ✓ Laisser la boîte, couvercle fermé, pendant 15 minutes à température ambiante ;
- ✓ Incuber à l'étuve pendant 48 h à  $37\text{ °C}$  ;
- ✓ La recherche des *Staphylococcus aureus* se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface où son principe est de couler déjà le milieu qu'on laisse refroidir, puis d'étaler la solution à l'aide d'un étaleur stérile, comme il l'a été soigneusement explicité précédemment.

### III.3.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ **Les colonies caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires brillantes et convexes dont le diamètre est au minimum de 1 mm et au maximum de 2.5 mm entourées d'un halo d'éclaircissement et de précipitation.**
- ✓ **Les colonies non caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires et brillantes avec ou sans bord blanc étroit avec des halos d'éclaircissement et de précipitation absents ou à peine visibles. Elles peuvent être grises dépourvues de zone claire.**
- ✓ **Les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques sont dénombrés manuellement, si la boîte contient moins de  $10^2$  de colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques selon la norme, alors cette dernière est retenue.**

### III.4. Dénombrement des Clostridium Sulfito-Réducteurs

#### III.4.1. Rappel

Les Clostridium Sulfito-Réducteurs sont des germes qui se développent sans oxygène (anaérobie), et qui résistent à la cuisson en sporulant, ces derniers, appartiennent à la famille des Bacillacées. Leur présence dans les produits laitiers est un signe d'intoxications alimentaires.

#### III.4.2. Principe

La recherche des clostridium sulfito-réducteurs est basée pour la plupart des milieux sur une croissance dans de milieu contenant du sulfite de sodium, et sur leur pouvoir de réduire le sulfite de sodium et de donner en présence de fer du sulfure de fer, d'où une coloration noire.

#### III.4.3. Mode opératoire

- ✓ Ensemencer dans un tube à essai stérile 1 ml de la dilution  $10^{-1}$ , puis remplir le reste de tube avec 20 ml de la gélose TSN ;
- ✓ Homogénéiser l'ensemble par un mouvement circulaire vertical en évitant toute introduction d'air (anaérobiose : absence d' $O_2$ ) ;
- ✓ Placer le tube à  $46^\circ C$  et observer après 24 h ;
- ✓ La recherche des Clostridium Sulfito-Réducteursse fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur.

#### III.4.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ Les Clostridium Sulfito-Réducteurs apparaissent sous forme de colonies entourées d'un halo noir dues à la réduction des sulfites qui se précipitent avec les ions de fer, chaque colonie noire est issue d'une spore.
- ✓ Dénombrer ces colonies et exprimer le résultat en nombre de spores par ml de produit.

### III.5. Dénombrement des Salmonelles

#### III.5.1. Rappel

Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à gram négatif et qui se développent à une température de 37°C de 24 à 72h sur milieu Hektoen, formant de petites colonies, pigmentées en vert ou en bleu vert.

#### III.5.2. Principe

Du fait de leur rareté, il s'applique un processus de revivification et de multiplication, correspondant à un enrichissement voire un pré enrichissement de cellules. Ces opérations sont suivies d'isolements sur divers milieux gélosés sélectifs.

#### III.5.3. Mode opératoire

##### 1) Pré enrichissement non sélectif :

**Cette première étape consiste à :**

- ✓ Prélever un fragment de « Camembert » de 25g, avec une sonde stérile, ce morceau de fromage à pâte molle, constitue l'unité d'analyse, placer en suite ce dernier, dans un mélangeur (sachet stérilisé stomacker) avec 225ml d'EPT, et bien homogénéiser ;
- ✓ Incuber à 37°C pendant 18h.

##### 2) Enrichissement sélectif :

**Cette seconde étape consiste à :**

- ✓ Prélever 0.1 ml de l'échantillon c.-à-d. du milieu de pré enrichissement incubé à l'aide d'une pipette stérile, et l'introduire dans un tube contenant 10ml de bouillant de RAPPAPORT ;
- ✓ Homogénéiser la solution à l'aide d'un vortex ;
- ✓ Incuber le tube à 37°C pendant 24h.

### 3) Isolement

Cette troisième étape consiste à :

- ✓ Mettre dans une boîte de pétrie l'échantillon (Rappaport + 0.1 ml échantillon : du milieu d'enrichissement) à l'aide d'une lance de platine, contenant la gélose **HEKTEON** ;
- ✓ Prélever avec une pipette pasteur une goutte de l'échantillon et ensemercer par technique de strie ;
- ✓ Incuber à 37°C pendant 24h ;
- ✓ La recherche des Salmonelles se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface c.-à-d. en strie comme il vient d'être cité préalablement.

### III.5.4. Sélection et numération des colonies

- ✓ Soumettre à l'épreuve biochimique un nombre suffisant de colonies caractéristiques, colonies transparentes à centre noir.

## Deuxième partie : Analyse physico-chimique du « Camembert »

### Objectif :

Les analyses physico-chimiques contribuent à la protection du consommateur pour tous les paramètres qui n'entraînent pas de modifications visibles des caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas détectable visuellement).

Notre analyse physico-chimique est basée sur la détermination de la teneur en extrait sec, ainsi que la teneur en matière grasse totale, et enfin, la mesure de pH.

#### I. Matériels utilisés (Voir Annexe 4)

#### II. Détermination de l'extrait sec

L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation de 5g d'échantillon (fromage à pâte molle « Camembert ») à l'étuve à la température de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , pendant  $4\text{h} \pm 10\text{min}$  (voir Annexe 5). Cette teneur, exprimée en g de matière sèche pour 100g de fromage, est calculée selon la formule suivante.

$$ES (\%) = (M - m) \cdot 100 / E$$

Avec :

m: Poids d'une capsule de 28g de sable après sa sortie de l'étuve.

M: Poids d'une capsule de 28g de sable avec 5g de l'échantillon émiété avant dessiccation à l'étuve.

E : la masse en gramme de la prise d'échantillon (5g).

### III. Détermination de la teneur en matière grasse

La méthode est basée sur la méthode acido-Butyrométrique de Van Gulik.

#### III.1. Principe :

Après dissolution des protéines du fromage 1g par addition d'acide sulfurique 10 ml, la matière grasse a été séparée par centrifugation dans un butyromètre de Van Gulik. Cette séparation est favorisée par addition d'une petite quantité d'alcool isomylique 1 ml. La matière grasse est obtenue, en gramme par 100 grammes de fromages, par lecture directe sur l'échelle du butyromètre, si aucune correction n'est nécessaire.

#### III.2. Mode opératoire :

1 g de l'échantillon émiété sont introduits dans des godets en verre préalablement tarés. L'acide sulfurique (masse volumique = 1.522 g/ml) est par la suite ajouté par l'ouverture de la tige du butyromètre (en ayant soin de ne pas mouiller son col jusqu'à ce que son niveau dépasse le godet de 2 mm environ).

Le butyromètre, le col en bas, est placé pendant 10 mn dans un bain-marie à  $65 \pm 2^\circ\text{C}$ , et ensuite retiré du bain en position verticale, le col en bas. Il est par la suite agité énergiquement suivant le plan horizontal pendant 10 secondes en évitant que les particules de fromage ne pénètrent dans sa tige. Ce dernier est placé de nouveau dans le bain-marie chaud et cette opération est répétée plusieurs fois jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai (1h).

## CHAPITRE II | EXPERIMENTATIONS ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

---

Une fois que le butyromètre est retiré du bain marie, on introduit 1 ml d'alcool isoamylique à l'aide d'une pipette. L'acide sulfurique dilué, est ajouté par la suite jusqu'au trait de 35 de la graduation. Le butyromètre, col en bas, est bouché et placé de nouveau dans le bain-marie chaud pendant 5 mn. Après 5 mn de centrifugation, bouchon est retiré du bain, le bouchon du butyromètre est ajusté de façon à faire coïncider le plan inférieur de la matière grasse avec une division principale de l'échelle graduée.

La lecture doit être effectuée en 10 secondes, sinon le butyromètre est replongé dans le bain d'eau pendant 5 mn pour une seconde lecture.

### III.3. Expression des résultats :

La teneur en matière grasse (MG), exprimé en gramme pour cent gramme de fromage est donnée par la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = \text{B} - \text{A}$$

Avec :

A : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de MG ;

B : la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de MG.

## IV. Détermination de pH

### IV.1. Définition

La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'elle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité. On détermine le pH à l'aide de pH-mètre. L'électrode de référence pour la mesure de la concentration en ions H<sup>+</sup> (donc du pH) est l'électrode à l'hydrogène. Celle-ci en platine, spécialement traitée est immergée dans la solution dont le pH doit être mesuré.

## CHAPITRE II | EXPERIMENTATIONS ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

### IV.2. Mode opératoire :

Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode combinée, placée 30 s au contact d'un broyat de 1g de fromage dans 9 ml d'eau distillée.

### Troisième partie : Résultats obtenues de l'analyse microbiologique et physico-chimique du « Camembert »

#### I. Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du « Camembert »

Tableau 15 : Résultats obtenues de l'analyse microbiologique du « Camembert »

<i>Bactérie</i>	<i>Milieu de culture</i>	<i>T° d'incubation</i>	<i>Temps d'incubation</i>	<i>Résultats</i>	<i>Norme</i>	<i>Référence</i>
<b>Coliformes totaux</b>	<i>V.R.B.L</i>	<i>30°C</i>	<i>24h</i>	<i>100</i>	<i>10<sup>2</sup></i>	<b>Journal officiel N°5 27 mai 1998</b>
<b>Coliformes fécaux</b>	<i>V.R.B.L</i>	<i>44°C</i>	<i>24h</i>	<i>50</i>	<i>10</i>	<b>Journal officiel N°5 27 mai 1998</b>
<b>Clostridium S.R</b>	<i>T.S.N</i>	<i>46°C</i>	<i>24h</i>	<i>Négative (Abs)</i>	<i>1</i>	<b>Journal officiel N°5 27 mai 1998</b>
<b>Staphylococcus aureus</b>	<i>B.P</i>	<i>37°C</i>	<i>48h</i>	<i>Négative (Abs)</i>	<i>10<sup>2</sup></i>	<b>Journal officiel N°5 27 mai 1998</b>
<b>Salmonelles</b>	<i>E.P.T RAPPAPORT HEKTEON</i>	<i>37°C 37°C 37°C</i>	<i>18h 24h 24h</i>	<i>Négative (Abs)</i>	<i>Abs</i>	<b>Journal officiel N°5 27 mai 1998</b>

#### II. Résultats obtenues de l'analyse physico-chimique du « Camembert »

##### II.1. Résultat de la teneur en extrait sec du « Camembert » :

- Mode de calcul et formule :

## CHAPITRE II | EXPERIMENTATIONS ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

---

La teneur en extrait sec de l'échantillon est égale à :

$$ES (\%) = (M - m) \times 100 / E$$

Avec :

m: Poids d'une capsule de 28g de sable après sa sortie de l'étuve.

M: Poids d'une capsule de 28g de sable avec 5g de l'échantillon émiété avant dessiccation à l'étuve.

E : la masse en gramme de la prise d'échantillon (5g).

➤ Application numérique :

❖ Poids de la capsule vide  $m = 28.2081$

❖ Masse en gramme de la prise d'échantillon  $E = 5.0333$  (g)

❖ Poids de la capsule avec le résidu sec  $M = 30.3448$

$$ES = (30.3448 - 28.2081) \times 100 / 5.0333$$

$$ES = 0.424512 \times 100$$

$$ES = 42.4512\%$$

**Observation :** l'extrait sec est conforme en comparaison aux normes du Journal officiel N°54. 30 aout 2000.

### II.2. Résultat de la teneur en matière grasse du « Camembert » :

➤ Mode de calcul et formule :

La teneur en matière grasse totale de l'échantillon est égale à :

$$MG (\%) = B - A$$

Avec :

A : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de MG ;

B : la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de MG.

## CHAPITRE II | EXPERIMENTATIONS ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

- Application numérique :

$$MG = (B-A) \times 10$$

$$MG = 2 \times 10$$

→ On multiplie par 10 (le volume d'eau de la dilution : volume d'eau = 10 ml)

$$MG = 20\%$$

**Observation :** La matière grasse totale est conforme en comparaison aux normes du Journal officiel N°54. 30 aout 2000.

### II.3. Résultat du rapport matière grasse et extrait sec du « Camembert » :

- Mode de calcul et formule :

$$G/S (\%) = MG / ES$$

Avec :

G/S : rapport matière grasse et extrait sec du « Camembert » exprimé en (%)

MG : teneur en matière grasse du « Camembert » exprimé en (%)

ES : teneur en extrait sec du « Camembert » exprimé en (%)

- Application numérique :

$$G/S = MG / ES$$

$$G/S = 20 / 42.4512$$

$$G/S = 47.11\%$$

Le rapport G/S dépasse l'égerment de 2% en les normes spécifiques au « Camembert ».

**Tableau 16 :** résultats du rapport G/S.

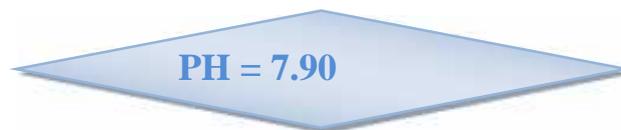
Détermination	Résultats	Norme	Référence
G/S	47 %	Max 45%	Journal officiel N°54. 30 aout 2000

### II.4. Résultat de la mesure du PH du « Camembert » :

- Mode de mesure :

Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode combinée, placée 30 s au contact d'un broyat de 1g de fromage « Camembert » dans 9 ml d'eau distillée.

- Lecture :



**Observation :** La mesure du PH est conforme en comparaison aux normes du Journal officiel N°54. 30 août 2000.

### Quatrième partie : Discussion des résultats obtenus de l'analyse microbiologique et physico-chimique du « Camembert »

#### I. Discussion de l'analyse microbiologique de « Camembert »

Les analyses microbiologiques permettent de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit.

Il convient donc de s'assurer, par des tests microbiologiques, que le produit va être sain et de bonne qualité marchande tout au long de sa durée de vie.

Notre analyse microbiologique a montré une absence de certains germes recherchés tels que les staphylococcus aureus, les clostridium, et les salmonelles, par contre, elle a montré une présence de 100 coliformes/ml des coliformes totaux qui est conforme à la norme égale à  $10^2$ , et enfin un taux nettement élevé dénombré par 50 coliformes/ml concernant les coliformes fécaux en comparaison à leur norme égale à 10, dans différents milieux de culture et à une  $T^\circ$  qui diffère selon le temps d'incubation.

- Donc, notre produit est de qualité microbiologique non satisfaisante concernant le germe de coliforme fécaux et ceci conformément à l'arrêté interministériel n°35 du 24/01/98 du journal officiel.

### II. Discussion de l'analyse physico-chimique de «Camembert»

L'analyse physico-chimique est un outil important dans le processus qui consiste à mettre à la disposition du consommateur des produits sains et loyaux.

Ces analyses permettent de vérifier :

- ✓ la composition des produits (loyauté de la transaction commerciale),
- ✓ les fiches techniques du produit,
- ✓ le respect des normes et des dispositions réglementaires,

Notre analyse physico-chimique a précisé que le produit est conforme pour les déterminations effectuées conformément à l'arrêté interministériel n°54 du 24/07/2000 (journal officiel), vu les différentes valeurs d'analyse accomplies, tel que la matière grasse totale pour une valeur de 20% , la teneur en extrait sec pour une valeur de 42.45%, le PH pour une valeur de 7.90, ainsi que le rapport MG/ES pour une valeur de 47.11% avec un léger écart en comparaison avec la norme fixée à 45%

#### **Conclusion :**

D'après les résultats d'analyse microbiologique, physico-chimique obtenues, on peut dire que notre produit est de qualité alimentaire et sanitaire médiocre, et qui ne répond pas à toutes les normes internationales.

# *Conclusion Générale*



# Conclusion générale :

---

En Algérie, l'industrie fromagère est en voie de développement. Actuellement il existe 71 laiteries localisées au niveau des trois principales régions du pays (Est, centre et ouest). Le fromage doit répondre à des critères de qualité stricts et contrôlés en permanence (qualité physico-chimique, qualité microbiologique et qualité hygiénique).

Mais il existe un certain nombre de micro-organismes, indicateurs d'un ou de plusieurs problèmes rencontrés lors du procédé de fabrication du fromage ou susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine lors de la mise sur le marché.

Dans le but du contrôle de la flore microbienne dans l'industrie fromagère, notre travail s'est articulé autour de deux axes de recherche

- le premier concerne la technologie de lait ainsi que celle du fromage et plus particulièrement notre produit laitier qui est le fromage à pâte molle et à croûte fleurie « Camembert » une reconstitution du lait de vache.
- En la seconde partie, nous nous sommes intéressés à l'activité du laboratoire dans le cadre du contrôle de la qualité du produit « Camembert » en réalisant des analyses microbiologiques (dénombrement de certains germes tels que : *Les coliformes totaux et fécaux*; *Les Clostridium Sulfite-Réducteurs*; *Les Staphylocoques aureus*; *Les Salmonelles*) et physico-chimiques (en évaluant la teneur en humidité, densité, acidité lactique, matière grasse, ainsi que le PH) de ce dernier.

De ces analyses on en tire :

- Du point de vue microbiologique le produit laitier est de qualité microbiologique non satisfaisante avec une absence de certains germes recherchés qui sont les staphylococcus aureus, les clostridium, et les salmonelles, par contre, il y a une présence de 100 coliforme/ml des coliformes totaux qui est conforme à la norme égale à  $10^2$ , et enfin un taux nettement élevé dénombré par 50 coliforme/ml concernant les

coliformes fécaux en comparaison à leur norme égale à 10 et ceci conformément à l'arrêté interministériel n°35 du 24/01/98 JO.

- Ainsi, que les analyses physicochimiques démontrent que la teneur en extrait sec de ce produit est égale à 42.45 % et de la matière grasse égale à 20 %, d'où le petit écart du rapport matière grasse et extrait sec égale à 47.11 % en comparaison avec la norme égale à 40 %, et un PH à 7.90

Notre analyse physico-chimique a précisé alors que le produit est conforme pour les déterminations effectuées conformément a l'arrêté interministériel n°54 du24/07/2000 (journal officiel).

De l'ensemble de ces résultats on peut dire que notre produit est de qualité non satisfaisante, et de qualité alimentaire et sanitaire médiocre, et qui ne répond pas à toutes les normes internationales

Comme perspectives, dosage des vitamines , humidité ect..

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

---

**ABBAS A, DOBSON ADW., 2011.** Yeasts and Molds | *Penicillium camemberti*. In: Editor-in-Chief: John WF, editor. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition). San Diego: Academic Press. pp. 776-779.

**ABOUTAYEB R., 2009 .** Technologie du lait et dérivés laitiers

**ALAIS C. et LINDEN G., 1997.** Abrégé de biochimie alimentaire. 4ième éd. , Masson,248p.

**AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait *In VIGNOLA C.L*, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29 (600 pages).

**ARIF K, AMARITA F, SPINLER HE, BONNAMERP., 2003** Catabolism of volatile sulfur compounds precursors by *Brevibacterium linens* and *Geotrichum candidum*, two microorganisms of the cheese ecosystem. J Biotechnol 105: 245-253.

**ATTIA H., KHERONATOU N. et AYADI J., 2000.** Acidification chimique directe du lait. Corrélations entre la mobilité du matériel micellaire et micro et macrostructure des laits acidifiés. Sci. des aliments, 20, 289-307.

**AUCLAIR J, ACCOLAS JP., 1983.** Use of thermophilic lactic starters in the dairy industry. Antonie Van Leeuwenhoek 49: 313-326.

**BENNETT R.J. and JOHNSTON K.A., 2004.** General Aspects of Cheese Technology.Pp 23-50. In Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major CheeseGroups. Third edition, Ed. P.F. FOX, P.L.H. MCSWEENEY, T M. COGAN and T.P.GUINEE. AMSTERDAM. 434p.

**BERESFORD T. et WILLIAMS A., 2004.** The Microbiology of Cheese Ripening – Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition, Volume 1: General Aspects, Éd. Fox P., McSweeney P., Cogan T., Guinee T., Academic Press.

**BERTRAND F., 1988.** Le fromage grand œuvre des microbes .revue générale de froid, 78,519-527.

**BOUDIER J.F et LUQUET F.M., 1981** Dictionnaire laitier. 2ème Ed.- Paris : Ed. technique et documentation, 729p.

**BOURDIER J. M LUQUET M.F., 1991.** Dictionnaire laitier. Techniques et documentation, Lavoisier, 2ème édition, Paris.

**BOUTONNIER JL., 2008.** Matière grasse laitière Composition, organisation et propriétés. Dans Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.

**BLANC B., 1982.** Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. International dairy journal, 62. pp :350-395

**BRULE G., LENOIR J. et RAMET F., 1997.** Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage Chapitre 1 : La micelle de caséine et la coagulation du lait. Dans Le fromage p. 7, 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier.

**BRULE G., 1987 .** Les minéraux. In Cepil (1987). Le lait matière de l'industrie laitière. Cepil-INRA, Paris. 87-98.

**CAROLE L., VIGNOLA., 2002.** Science et Technologie du lait. 598p.

**C.D.L.C., 1988.** FRANCE. Décret N° 88-1206 du 30 décembre 1988. *Code de la consommation.*

**C.E.L.P.C., 2000.** CENTRE D'ENSEIGNEMENT LAITIER PAR CORRESPONDANCE. - Qu'est ce que le lait ? Ecole Nationale d'Industrie Laitière et des Industries Agro-Alimentaires. Surgères: 99-2000. 61p.

**CERNING J, GRIPON J, C., LAMBRET G, LENOIR J., 1987.** Les activités biochimiques des *Penicillium* utilisés en fromagerie. Lait 67: 3-39.

**CHAMPIGNY P.L., 2011.** Biocompatibilité des bactéries lactiques probiotiques et d'affinage avec des mycètes du camembert isolées de laits de terroir québécois, mémoire présenté à la faculté des études supérieures de l'université Laval, 90 pages.

**CHOISY C., DESMAEAUD M., GUEGUEN M., LENOIR J., SCHMIDT J., et  
TOURNEUR C., 1997.** Les phénomènes microbiens, Dans Le fromage, 3ème ed., Tec et Doc. Lavoisier. pp 377.

**COULON J.B., 1994.** Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. INRA Prod. Anim. (4) : 303-309, Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 59 (102 pages).

**DEBRY G., 2001.** Lait, nutrition et santé technique et documentation, Lavoisier Paris.

**DENAMEUR R., 1965.** The hypothalamo neuro physico-system and the milk ejection reflex.

**ECK A., 1990.** Le Fromage 3ème Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.

**ECK A., 1997.** - Qu'est-ce que le fromage ?

In : ECK, A. et GILLIS, J.C. - Le fromage.

3e éd. Paris : Technique et documentation Lavoisier, 1997. Chap.21, 711-712.

**EVETTE J.L., 1975.** La fromagerie.- Paris : Presses universitaires de France, 140 p.

**Fleet GH., 1999.** Microorganisms in food ecosystems. Int J Food Microbiol 50: 101-117.

**FEUILLAT M. LE GUENNEC S et OLSSON A., 1976.** Contribution à l'étude de la protéolyse des laits réfrigérés et incidence sur le rendement de fabrication de fromages à pâte molle. Lait, 55, 521-536.

**FOX P.F., LAW J., MCSWEENEY P.L.H. and WALLACE J., 1993.** Biochemistry of cheese ripening. Pp. 389-438. In Cheese: Chemistry, physics and microbiology, volume I, General aspects, second edition. (Ed. P.F. FOX), Springer-Science+Business Media, B.V., 601p.

**FERCHICHI M, HEMME D, BOUILLANE C., 1986.** Influence of oxygen and pH on methanethiol production from L-methionine by *Brevibacterium linens* CNRZ 918. Appl Environ Microbiol 51: 725-729.

**FRANCE. MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE. ARRETE MINISTERIEL DU 30 MARS., 1994.** Critères microbiologiques auxquels doivent satisfaire les laits de consommation et les produits à base de lait lors de leur mise sur le marché. *Journal officiel* du 21 avril 1994, 5883.

**FRANWORTH E. et MAINVILLE I ., 2010.** Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, Centre de recherche et développement sur les aliments, Saint-Hyacinthe.

**FROC J., GILIBERT J., DALIPHAR T., DURAND P., 1988.** Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-Noires. 1. Effet de la race. INRA Prod. Anim., 1, 171-177.

**GASTALDI-BOUABID E., 1994.** Etude de l'évolution des micelles de caséine au cours de l'acidification : mise en évidence d'un état de transition entre pH 5.5 et pH 5.0 - Thèse Doctorat Académie de Montpellier. Université de Montpellier II.

**GAUCHERON F., 2004.** Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier:783 (922 pages).

**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.

**GUEGUEN L., 1979 .**Apports minéraux par le lait et les produits laitiers Cah natur Diet : 3 : 213 – 217.

**HODEN P., et COULON H., 1991.**Composition chimique du lait.

**JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G., 2007.** Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17 (456pages).

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

**KANDLER O., 1983.** Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek* 49: 209-224.

**LAWRENCE RC, CREAMER LK, GILLES J., 1987.** Texture development during cheese ripening. *J Dairy Sci* 70: 1748-1760

**LECLERQC-PERLAT MN, BUONO F, LAMBRET D, LATRILLE E, SPINLER HE, et al., 2004.** Controlled production of Camembert-type cheeses. Part I: Microbiological and physicochemical evolutions. *J Dairy Res* 71: 346-354.

**LE JAOUEN J.C., 1993.** Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière. Paris, 1è éd.: Institut de l'élevage. 145-154.

**LEMIEUX L. and SIMARD R.D., 1994.** Bitter flavour in Dairy Products. *Lait*, 72, 335-382.

**LENOIR J. et VEISSEYRE R. et CHOISY C., 1974.** Le lait réfrigéré, matière première de fromagerie moderne. *Revue Laitière Française*, 322, 453-465.

**LENOIR J. LAMBERT G et SCHMIODT J.L., 1983.** L'élaboration d'un fromage l'exemple du Camembert. *Pour la Science*, 69, 30-42.

**LUQUET F. M., 1985.** Lait et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les laits De la mamelle à la laiterie. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris.

**LUQUET F.M., 1990.** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.

**MADJI A., 2009.** Séminaire sur les fromages AOP ET IGP. INAT. Tunisie

**MAJDI A., 2009.**Séminaire sur les fromages AOP et IGP .INT-Ingénieur agronomie  
.88pages.

**MALLAY A.M.N., 2012.**Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache coagulé par la papaïne naturelle. Mémoire de diplôme de master en qualité des aliments de l'homme ; Université CHEIKEN ANTA de Dakar, 31 pages.

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

**M.I.A.A., 2015.** Le Marché des Industries Alimentaires en Algérie 2015. L'ESSENTIEL DE L'AGROALIMENTAIRE ET L'AGRICULTURE N°97 Novembre / Décembre 2015.

**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, 19-27.

**MITTAINÉ J., 1980.**Les laits autres que le lait de vache, [http://whqlibdoc.who.int/monograph/ who mono](http://whqlibdoc.who.int/monograph/who_mono).

**MIRANDA G. et GRIPON J-C.,1986.** Origin, nature and technological significance of proteolysis in milk . International dairy journal, n°66. pp:1-18.

**MISTRY V.V., BROUK M.J., KASPERSON K.M., MARTIN E., 2002.** Cheddar cheese from milk of Holstein and Brown Swiss cows. Milchwissenschaft, 57, 19-23.

**MOUNIER J, REA MC, O'CONNOR PM, FITZGERALD GF, COGAN TM., 2007.** Growth characteristics of *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Microbacterium*, and *Staphylococcus* spp. isolated from surface-ripened cheese. Appl Environ Microbiol 73: 7732-7739.

**NEELAKANTEN J., SHAHANI K.M., ARNOLD R.G., 1971.** Lipases and flavor development in some italian cheese varieties. *Food Production Development*, 5,52-58.

**PADILLA M., GHERSI G., 2001.** Le marché international du lait et des produits laitiers. Options méditerranéennes, CIHEAM-IAM Montpellier, France, sér. B, n. 32, 15 p.

**REMEUF F., COSSI N., DERVIN. et TMASSON R., 1991.** Relation entre les paramètres physico-chimiques du lait et son aptitude fromagère. Tec et Doc Lavoisier, Paris. 549p.

**POUGHEON S., 2001.** Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France: 34 (102 pages).

**POUGHEON S .et GOURSAUD J., 2001.** Le lait caractéristiques physicochimiques *In* DEBRY G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc,Paris : 6(566 pages).

**RAMET J.P., 1985.** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéens. Ed. Etude FAO. Production et santé animale, 187 P.

**RAMET J.P., 1987(b).** La préparation du caillée, 1- : La présure et les enzymes coagulantes. Dans *Le fromage* , Tec et Doc. Lavoisier, pp 101-107, 539 p.

**RAMET J.P., 1997.** L'égouttage du coagulum. Dans *Le fromage*. 3ème édition, Ed. Tec et Doc. Lavoisier. p. 43.

**RAMET J.P., 1997 (b).** La préparation du caillée, 1- : La présure et les enzymes coagulantes (p. 101-107). Dans *Le fromage* , 3ème ed. Tec et Doc.Lavoisier.

**ROOSITA R, FIEET GH., 1996.**The occurrence and growth of yeasts in Camembert and blue-veined cheeses. *Int J Food Microbiol* 28: 393-404.

**ROUDAUT H. et LEFRANQC E., 2005.** Alimentation théorique. Edition Sciences des Aliments.

**SPINNILER HE, GRIPON JC., 2004.** Surface Mould-Ripened Cheeses. In: Fox PF, McSweeney PL, Cogan TM, Guinee TP, editors. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. 3rd ed. pp. 157-174.

**ST-GELAIS D. TIRARD-COLLET P., 2002.** Chapitre 6: Fromage; Vignola C, editor. Montréal: Presses internationales Polytechnique. 600 p.

**VEISSEYRE R. ? 1979.** Technologie du Lait. 3eme Edition, Maison Rustique,Paris.

**VIGNOLA C.L., 2002.** Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal,ISBN: 29-34 (600 pages).

**WEBER F., 1987.** L'égouttage du coagulum. Dans le fromage , 2eme édition. p122.

# *Annexes*



**Annexe 1 : Les étapes de fabrication du fromage**  
**(Coagulation, égouttage, salage, affinage)**



**Coagulation**



**Egouttage**



**Salage**



**Affinage**

## Annexe 2 : Les grandes familles du fromage



		
<p>Fromage frais</p>	<p>Fromage à pâte pressée</p>	<p>Fromage à pâte dure</p>
		
<p>Fromage à pâte filées</p>	<p>Fromage fondu</p>	<p>Fromage à pâte molle</p>

**Fromages commercialisés en Algérie selon leur type approprié**

## Annexe 3 : Fromage à pâte molle et croûte lavée du type



Marque de certains camembert commercialisés en Algérie

## Annexe 4 : Matériels et milieux de cultures

### 1. Analyse microbiologique

*Différents milieux de cultures utilisés pour les analyses microbiologiques :*

#### a) GELOSE VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar)

La gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) est un milieu sélectif utilisé pour la recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau, le lait, les produits laitiers et les autres produits alimentaires tels que les viandes et les produits à base de viande.

**b) GELOSE TSN (Tryptone-Sulfite-Néomycine)**

La gélose TSN est principalement destinée au dénombrement, à 46°C, des microorganismes sulfitoréducteurs (spores de Clostridium sulfito-réducteurs et Clostridium perfringens) dans certaines denrées animales ou d'origine animale.

**c) GELOSE Baird-Parker (Milieu Baird Parker)**

C'est un milieu différentiel modérément sélectif servant à l'isolement et à l'énumération des Staphylococcus aureus issus d'échantillons alimentaires, environnementaux et cliniques, ce dernier contient une base nutritive riche, il contient des accélérateurs de la croissance : le pyruvate de sodium et le glycolle.

**d) GELOSE EPT (Eau Peptonée Tamponnée)**

- ✓ Pour la préparation des suspensions mères de laits en poudre et concentrés, de yaourts, de produits laitiers, de produits d'origine animale et d'autres produits alimentaires ;
- ✓ Egalement utilisé pour le pré-enrichissement préalable aux phases d'enrichissement sélectif et d'isolement des salmonelles en permettant notamment de revivifier les microorganismes ayant subi des traitements sublétaux ;
- ✓ Utilisé comme milieu de suspension et de revivification pour le dénombrement des Listeria monocytogenes ;
- ✓ Aussi employé pour effectuer les dilutions en vue de l'examen microbiologique.

**Composition (g) pouvant être modifiée pour 1 litre de milieu :**

Composants	Concentrations
Mélange de pétones	10.0g/litre
Chlorure de sodium	5.0g/litre
Hydrogénophosphate disotique	3.5g/litre
Hydrogénophosphate de potassium	1.5g/litre
<b>pH final :7.2±0.2</b>	

**Tableau 14 :** composition de l'eau peptone tamponné

**e) GELOSE RAPPAPORT**

Le milieu Rappaport Vassiliadis est un milieu d'enrichissement des Salmonelles. Il permet une multiplication de ces bactéries, et permet de faire une recherche plus facilement.

**f) GELOSE HEKTOEN**

La gélose Hektoen est un milieu de culture selectif servant à isoler et à différencier les *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*.

Différents matériels utilisés pour les analyses microbiologiques :

- ✓ Pipettes graduées 10 ml, 1 ml ;
- ✓ Tubes à essais en verre de 25 ml ;
- ✓ Flacon de verre de et 250 ml ;
- ✓ Boîtes de pétri ;
- ✓ Etuves de 30° C, 37° C, 44° C, 46° C (HERAEUS) ;
- ✓ Agitateur électromagnétique ;
- ✓ Un sachet stomacher en plastique stérilisés ;
- ✓ Bec Bunsen ;

**2. Analyse physico-chimique**

Différents matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques :

- ✓ Electrode combinée ;
- ✓ Centrifugeuse ;
- ✓ Butyromètre (GERBER) ;
- ✓ Pipettes de 1 ml, 2 ml, 5 ml, 11 ml ;
- ✓ Eprouvettes, burettes, béchers entonnoir, fioles ;
- ✓ Minis burette ;
- ✓ Balance analytique ;
- ✓ Erlenmeyer de 225ml;
- ✓ Lactodensimètre ;

- ✓ Acidimètre Dornic ;
- ✓ Agitateur;
- ✓ Baguette en verre;
- ✓ Conductivimètre;
- ✓ Turbidimètre.
- ✓ Dessiccateur.

## Annexe 5 : Méthodologie pour trouver l'extrait sec du fromage



Le lait est un produit très périssable et doit donc subir de nombreux traitements dans le but de prolonger sa durée de conservation, le fromage est l'une des formes les plus usuelles de le préserver, dont son étude est le point fondamentale de notre travail et plus particulièrement le « camembert » qui est un fromage au lait cru de vache, à pâte molle légèrement salée, à croûte fleurie, et à caillé non divisé en forme de cylindre plat.

Dans le cadre de ce travail, on a prie comme échantillon un camembert, fabriqué et commercialisé en Algérie, on a réalisé une analyse microbiologique .Cette dernière a montré une absence de certains germes rechercher tel que les Staphylococcus aureus, les clostridium, et les salmonelles, par contre, elle a montré une présence de 100 coliforme/ml des coliformes totaux qui est conforme à la norme égale à  $10^2$ , et enfin un taux nettement élevé dénombrer par 50 coliforme/ml concernant les coliformes fécaux en comparaison à leur norme égale à 10, dans différents milieux de culture et à une T° qui diffère selon le temps d'incubation. Puis on a réalisé une analyse physico-chimique, on a trouvé la matière grasse totale avec une valeur de 20%, la teneur en extrait sec avec une valeur de 42.45%, un PH de 7.90, ainsi que le rapport MG/ES de 47.11% avec un léger écart en comparaison avec la norme fixé à 45%.

De ces résultats, on peut dire que notre produit est de qualité alimentaire et sanitaire médiocre, et que le produit est non conforme en le comparant aux normes.

**Mots clés :** lait, camembert, micro-organismes, physico-chimique.

#### Summary :

Milk is a very perishable product and must therefore undergo numerous treatments in order to extend its shelf life, cheese is one of the most usual forms of preserving it, the study of which is the fundamental point of our work and More particularly the "camembert", which is a raw milk cheese made from cow, with a lightly salted soft cheese, a flowery rind and undivided curds in the shape of a flat cylinder.

In this work, a camembert was sampled, manufactured and marketed in Algeria, and a microbiological analysis was carried out. The latter showed an absence of certain germs, such as Staphylococcus aureus, clostridium, and salmonella , On the other hand, it showed a presence of 100 coliforms / ml of total coliforms which conforms to the norm equal to  $10^2$ , and finally a very high rate to count per 50 coliforms / ml concerning fecal coliforms compared to their standard equal to 10, in different culture media and at a T ° which differs according to the incubation time. A physico-chemical analysis was then carried out, the total fat content was found to be 20%, the dry extract content was 42.45%, pH 7.90 and the MG / ES ratio 47.11 % With a slight deviation from the standard set at 45%.

From these results it can be said that our product is of poor food and health quality, and that the product is non-compliant by comparing it to standards.

**Key words:** milk, camembert, microorganisms, physico-chemical.

:

الحليب هو منتج تلف للغاية ويجب أن تخضع العديد من العلاجات من أجل تمديد مدة صلاحيتها، والجبن هي واحدة من الأشكال الأكثر شيوعا من الحفاظ، والتي دراسته هي النقطة الأساسية لعملا و خصوصا "فطيرة" هو الجبن المصنوع من الحليب الخام البقر، المالحة قليلا لينة، قشرة bloomy واللبن الرائب وغير مقسمة اسطوانة مسطحة الشكل. وكجزء من هذا العمل، ونحن نصلي كما عينة أجري فطيرة وتصنيعها وتسويقها في الجزائر التحليل الميكروبيولوجي أظهرت. هذا الماضي عدم وجود بعض الجراثيم تبدو المكورات العنقودية الذهبية، كلوستريديوم والسالمونيلا من ضد، أظهرت وجود 100 القولونيات / مل من مجموع القولونيات الذي يتوافق مع معيار يساوي 102، وأخيرا العد نسبة عالية بشكل 50 القولونية / مل لاقولونيات البرازية بالمقارنة مع مستوى مساو ل 10 T .  
بإجراء تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية، وجدنا أن الدهون إجمالي بقيمة 20 ، ومحتوى المواد الصلبة بقيمة 42.45 MG / ES 47.11 7.90  
مع وجود فجوة طفيفة بالمقارنة مع مجموعة قياسية عند 45 .  
من هذه النتائج، يمكننا القول بأن منتجنا هي من نوعية الغذاء وسوء الحالة الصحية، وأن المنتج غير متوافق بمقارنة المعايير.

**كلمات البحث:** الحليب، جبن الكمببر، والكائنات الدقيقة، الفيزيائية.