

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE-MICROBIOLOGIE



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie de la nutrition

Thème

**Evaluation de la qualité physico-chimique et
microbiologique du lait et du Camembert à la
fromagerie « LAMROUS SID ALI »**

Réalisé par :

BENMAKHLOUF Mouna

SIYOUCEF Hanane

Devant le jury :

M ^r HOUALI. K	Président du Jury	Professeur à l'UMMTO.
M ^r SEBBANE. H	Promoteur	Maître de conférence classe (A) à l'UMMTO.
M ^{me} IRATNI-AICHE.Gh	Examinatrice	Maître de conférence classe (B) à UMMTO.

Promotion 2020/2021



Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persévérance et de nous avoir permis de finaliser ce travail dans les meilleures conditions.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre reconnaissance et notre gratitude à tous ceux qui nous ont aidés dans la réalisation de ce manuscrit, qu'ils trouvent ici notre estime, notre sympathie ainsi que nos vifs remerciements.

*Nous tenons à exprimer, en premier lieu, nos remerciements et notre gratitude à M^r **SEBBANE.H**, Maître de conférence classe (A) à la FSBSA de l'UMMTO, pour avoir accepté d'encadrer et de diriger ce travail, un grand merci pour la confiance témoignée, l'autonomie accordée tout au long du déroulement du travail, pour sa bienveillance et sa disponibilité, ses conseils et ses observations qui nous ont été d'une grande utilité.*

*Nos remerciements vont également aux membres du Jury, M^r **HOUALI.K**, Professeur à la FSBSA de l'UMMTO et M^{me} **IRATNI-AICHE.Gh**, Maître de conférence classe (B) à la FSBSA de l'UMMTO, pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous remercions M^r **LAMROUS SID ALI** de nous avoir permis d'effectuer notre stage pratique au sein de son entreprise « Fromagerie **LAMROUS SID ALI** ». Nous le remercions pour tous les efforts fournis, sa bonne humeur, sa façon d'être et surtout pour la confiance qu'il a bien voulu nous accorder tout au long de notre étude.*

*Parce que la réalisation d'un projet de fin d'étude est aussi une grande aventure humaine, nous tenons à remercier les nombreuses personnes qui ont bien voulu nous aider, en particulier M^{me} **BEN MAKHLOUF-YOUSFI YASMINA**, Maître assistant classe (B) à la FSECSG de l'UMMTO, le personnel de la fromagerie « **LAMROUS SID ALI** » et du laboratoire physico-chimique pour leur patience et leurs précieuses aides tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

Enfin nous remercions tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie cet humble travail

A mon père et à ma mère

Pour leur indéfectible soutien, leur amour inconditionnel et leurs encouragements durant toutes ces années : je leur témoigne tout mon respect et mon affection ; car sans eux je ne serai parvenu à rien, que dieu me les garde. Puisse ce travail récompenser votre patience et persévérance et tous les sacrifices que vous avez consenti.

*A mes très chers frères « **Abdellaziz et Amer** » et mon adorable grande sœur « **Yasmina** »*

*A ma belle sœur « **Cylia** » et mon petit ange « **Mohamed Amine** »*

*A mon beau frère « **Ouali** »*

Pour leur soutien sans faille et leur encouragement et qui ont toujours été présents et disponibles à mes côtés, que dieu vous protège Je vous réserve toujours une place dans mon cœur et mes pensées.

A la mémoire de mes défunts grands pères

qui seront à jamais dans mon cœur. Qu'ils reposent en paix

*A mes deux grands mères « **Chabha et wardia** »*

A tous mes oncles, mes tantes, cousins et cousines

*A ma meilleure amie « **Cylia** », ainsi qu'à toute sa famille*

Rien au monde ne peut ébranler notre amitié

*A toutes mes amies : « **Sarah, Meriem, Chafia, Imane, Chahra, Amel, Dilia, Melissa** »*

Pour notre amitié et tous les bons moments partagés et à venir, un très grand merci à vous.

*A mon très cher et spécial ami « **Bilal** » pour sa présence et son encouragement, qu'il trouve ici l'expression de mon respect et ma sincère gratitude.*

*A mon binôme « **Hanane** », ainsi qu'à sa famille*

A toute la promotion de Biochimie de la nutrition 2020-2021

A tous ceux qui me sont chers.

Ainsi, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mouna

Dédicaces

Je dédie cet humble travail

A mes parents, à qui je dois ma réussite, pour leurs soutien, leur aide, leur patience et surtout pour leurs amour, encouragement et souhait de réussite.

A mes grands-parents qui tant j'aurais aimé qu'ils soient là, oncles et tantes

A mes proches et à toute ma famille;

A qui je dois toutes mes réussites. Aucune dédicace ne serait assez éloquente pour exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que je leur porte.

Puisse Dieu, le tout puissant, les préserver et les accorder santé, longue vie et bonheur.

*A mes très chers frères, **Abdenacer** et **Fawzi** ainsi que leurs femmes et leurs enfants pour leur soutien, et leur conseils que le bon Dieu les bénisse.*

*A ma très cher sœur **Leila**, son mari et ses filles et ma tendre sœur **Thanina** qui m'a soutenu et aidé tout le long de ce travail;*

*A **Mouna** avec qui j'ai partagé ce travail et tous les bons moments et à toute sa famille, en particulier sa sœur **Yasmina** qui nous a été d'une grande aide pendant la réalisation de ce mémoire;*

*Mes dédicaces ne seront pas complètes sans cité mes amies: **Assia**, **Khadidja**, **Meriem**, **Myriam**, **Siham**, **Turkja** et **Nacéra**; pour leurs soutient et encouragement,*

A toute la promotion de Biochimie de la nutrition 2020-2021

A tous ceux qui me sont chers. Ainsi, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la Réalisation de ce travail

Hanane

Liste des abréviations

α : Alpha

Abs : Absence

ATB: Antibiotiques

AFNOR : Association française de normalisation

AT: Acidité titrable (°D)

ANP : Apport non protéique

A_w : Activité de l'eau

β : Beta

BSA : Albumine de sérum bovin

°C : Degré Celsius

(C₁₈ :1) : Acide oléique

(C₁₆ :0) : Acide palmitique

(C₁₈ :0) : Acide stéarique

(C₁₂H₂₂O₁₁) : Lactose

CN : Caséines

CuSO₄: Sulfate de cuivre

°D : Degré dornic

DO : Absorbance

EST : Extrait sec total

ES : Extrait Sec

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

FMAT : Flore mésophile totale

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

H₂SO₄: Acide sulfurique

H₃O⁺: Ion hydronium

Ig : Immunoglobuline

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

κ : kappa

Kcal : Kilocalorie

MADR : Ministère de l'agriculture et du développement rural

MAT: La matière azotée totale

MS : Matière sèche

N : Normalité

NSLAB : Flore bactérienne secondaire ou Non-starter lactic acid bacteria

OMS : Organisation mondiale de la Santé

PCA: Plate Count Agar

SM: Solution mère

TB : Taux butyreux

TMG : Teneur en matière grasse (%)

TSE : Tryptone Sel Eau

VRBL : Milieu lactosé bilié au cristal violet et au rouge neutre

Liste des figures

Figure 1 : structure d'un globule de matière grasse	7
Figure 2 : structure de la micelle et la sous-micelle de caséine	9
Figure 3 : les constituants que contient une portion de camembert	22
Figure 4: diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type camembert	24
Figure 5 : découpage du caillé gélifié	27
Figure 6 : présentation du caillé dans les moules « moulage »	28
Figure 7 : démoulage du camembert	29
Figure 8 : le salage en bain de saumure	30
Figure 9: ressuyage du camembert après salage	30
Figure 10 : affinage du camembert dans les hâloirs	31
Figure 11 : lipolyse et β -oxydation des acides gras	32
Figure 12 : fromages envahis par la moisissure « <i>Mucor</i> » responsable de l'effet poil de chat	40
Figure 13 : croûte fromagère envahi par <i>Geotricum Candidum</i> provoquant l'effet « Peau de crapaud »	41
Figure 14 : surface d'un fromage touchée par des tâches bleuâtres provoquées par <i>Penicillium roqueforti</i>	41
Figure 15 : organigramme de l'organisation administrative de la laiterie LAMROUS sid ali ..	43
Figure 16 : test rapide de l'acidité du lait à sa réception	45
Figure 17 : diagramme de fabrication du camembert à la laiterie Le Friand de Tizi-Ouzou ...	46
Figure 18 : cuve principale à filtre (3300L)	47
Figure 19 : moulage du caillé	48
Figure 20 : salage du camembert « Bain de Saumur »	48
Figure 21 : affinage des fromages, 1 ^{er} jour d'affinage(A), 12 ^{ème} jour d'affinage (B)	49
Figure 22 : fromage à pâte molle type Camembert « Le familial du Friand »	49
Figure 23 : courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de Lowry et al., (1951)	54

Liste des tableaux

Tableau I : Composition moyenne du lait de vache	5
Tableau II : Composition moyenne en lactose de quelques produits laitiers (pour 100 g).	7
Tableau III : Classification des protéines	10
Tableau IV : La composition du lait en minéraux	11
Tableau V : La composition vitaminique moyenne du lait cru	12
Tableau VI : Caractéristiques des principales enzymes du lait	13
Tableau VII : Flore originelle du lait cru de vache	16
Tableau VIII : Composition moyenne comparée du lait et des fromages	19
Tableau IX : Classification des fromages	21
Tableau X : Composition du camembert pour 100g du produit frais	23
Tableau XI : Enzymes mises en évidence dans le lait	34
Tableau XII : Les principales bactéries lactiques intervenant lors de l'affinage des fromages et leurs fonctionnalités	36
Tableau XIII : Gamme étalon utilisée dans le dosage des protéines	54
Tableau XIV : Germes recherchés aux différents points d'échantillonnage	57
Tableau XV : Résultats des analyses physicochimiques du lait de vache cru	59
Tableau XVI : Résultats des analyses physicochimiques du produit en cours de fabrication	61
Tableau XVII : Résultats des analyses microbiologiques du lait pasteurisé	62
Tableau XVIII : Résultats d'analyse microbiologiques du Camembert « Le Friand »	63

Sommaire**Synthèse bibliographique****Liste des abréviations****Liste des figures****Liste des tableaux****Introduction** 1**Chapitre I : Le lait**

I.1. Filière lait en Algérie 3

I.1.1 Définition 3

I.1.2. Production laitière en Algérie 3

I.2.Lait 4

I.2.1.Définition 4

I.2.2.Composition biochimique 4

I.2.2.1. L'eau 5

I.2.2.2. Matière grasse 6

I.2.2.3. Glucides 7

I.2.2.4. Matières azotés 8

I.2.2.5. Les minéraux 10

I.2.2.6. Les vitamines 11

I.2.2.7. Enzymes 12

I.3. Facteurs de variations de la composition du lait 13

I.3.1 Facteurs intrinsèques 14

I.3.2. Facteurs extrinsèques 15

I.4. La microbiologie du lait 15

I.5. Composants indésirables du lait 17

I.5.1. Antibiotiques. 17

Chapitre II : Les fromages

Historique 18

II.1. Définition 18

II.2. Les constituants des fromages 19

II.3. La valeur nutritionnelle du fromage 20

II.4. Les différents types de fromages	20
II.5. Le Camembert	21
Définition	21
II.5.1. Composition et valeur nutritionnelle	22
II.5.2. La technologie du Camembert	23
II.5.2.1. Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type Camembert	23
II.5.2.1.1. Biochimie de l'affinage	32

Partie expérimentale

Présentation de l'unité (LAMROUS Sid ali)	43
---	----

Chapitre I : Diagramme de fabrication du Camembert

I.1. Matériel et méthodes	44
I.2. Objectif	44
I.3. Echantillonnage	44
I.4. Diagramme de fabrication du Camembert « Le friand »	44
I.5. Analyses physico-chimique et microbiologique	49
I.5.1. Analyses physicochimiques du lait et du Camembert	49
I.5.2. Analyses microbiologiques	54

Chapitre II : Résultats et discussions

II.1. Analyses physicochimiques	59
II.1.1. Lait de vache cru	59
II.1.2. Produit en cours de fabrication	61
II.2. Analyses microbiologiques	62
II.2.1. Lait pasteurisé	62
II.2.2. Résultats de l'évolution microbienne au cours de l'affinage du fromage	63
Conclusion	65

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Le lait de vache est connu depuis longtemps comme étant un aliment de haute valeur nutritionnelle car il est très riche en protéines, lipides, glucides et vitamines. Il est aussi considéré comme une bonne source d'oligo-élément tel que le calcium (Mahaut *et al.*, 2000).

De ce fait, le lait occupe une place incontestable dans la ration alimentaire des algériens. C'est le compagnon indispensable d'une alimentation équilibrée pour l'être humain (Debry, 2001).

Le lait de vache, constitue une excellente matière première pour l'industrie laitière, il est soit consommé à l'état frais soit transformé en fromage et autres dérivés (Benalia *et al.*, 2013). Cependant, le lait qui échappe au contrôle de qualité constitue un risque pour le consommateur (Aggad *et al.*, 2009).

Le lait bovin n'est pas réputé seulement pour sa grande valeur nutritive, il constitue aussi un milieu de culture idéal pour la prolifération des microorganismes indigènes, d'altération et pathogènes. Ces derniers sont responsables d'intoxications et toxi-infections alimentaires dangereuses pour la santé humaine (Amiot *et al.*, 2002). Par conséquent, la production du lait, se heurte souvent au problème de gestion de la qualité qui pénalise tant les producteurs que les transformateurs. Les conditions d'hygiène au niveau des fermes, le maintien de la chaîne du froid tout le long du circuit de la production jusqu'à l'arrivée du lait à la laiterie, comportent autant de sources de contaminations à maîtriser afin de préserver la qualité hygiénique du lait (Faye et Loiseau, 2002).

Selon l'organisation mondiale de l'alimentation (F.A.O.), 40% du lait fabriqué dans le monde est transformé en fromage. L'intérêt majeur de la transformation du lait en fromage était de conserver les principaux constituants du lait. De nos jours, il s'agit plutôt d'un aliment, possédant des qualités nutritionnelles indéniables (Fredot, 2005).

Le fromage a toujours été une valeur sûre de l'alimentation humaine. C'est le résultat d'une transformation du lait très ancienne. Source précieuse de protéines, il a été l'un des premiers moyens de conservation du lait, matière première rapidement périssable. Cependant, la coagulation du lait et l'égouttage du caillé qui en résulte n'offrent qu'une stabilité relative et variable selon les fromages qui sont des produits laitiers « Vivants » (Boutonnier, 2000).

Selon Mahaut *et al.*, (2000), il existe environ 2000 variétés de fromages dans le monde, dérivants d'une vingtaine de types élaborés selon une technique de base commune.

Parmi ces variétés, on trouve le Camembert qui est un fromage à pâte molle à croûte fleurie, à base de lait cru, qui est probablement l'un des fromages les plus consommés et appréciés.

Introduction

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 couche externe 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 *et al.*, 2008).

La qualité finale du camembert est intimement liée à toutes les matières premières mises en œuvre ; elle est largement influencée par les techniques et les conditions de son élaboration.

Le Camembert passe par plusieurs étapes de fabrications dont chacune est dépendante de l'étape qui la précède, ses caractéristiques sont déterminées par un grand nombre de facteurs liés à la nature et à l'état du lait, des ingrédients de fabrication et des facteurs technologiques liés particulièrement à la conduite de la fabrication ; c'est de leur maîtrise que dépendra la qualité recherchée par le consommateur. Afin de garantir cette qualité, il est indispensable aux entreprises de fabrication d'établir une stratégie de maîtrise de la chaîne de fabrication de son produit.

Il est important, qu'un contrôle rigoureux de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait et du produit fini « Camembert » soit instauré. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude réalisée au sein de la fromagerie « Le Friand » dont le principe consiste à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait et du produit.

L'étude réalisée est scindée en deux parties : une synthèse bibliographique englobant des généralités sur la matière première (le lait de vache) et le fromage fabriqué (camembert), une partie expérimentale dans laquelle le matériel, techniques utilisées pour l'appréciation de la qualité recherchée du lait collecté et du fromage, sont décrits et les résultats obtenus sont représentés et discutés.

I.1. Filière lait en Algérie**I.1.1. Définition**

La filière laitière est l'un des leaders du secteur agroalimentaire, elle représente une industrie ayant un poids économique important dans le monde. Cette importance est due à la combinaison des deux secteurs de l'industrie et de l'élevage et aussi à la place prépondérante qu'occupe le lait dans le modèle de consommation et d'alimentation moderne. Cette filière est définie à travers quatre principaux maillons : la production, la collecte, la transformation-commercialisation, et la consommation. A cela s'ajoute l'importation de la poudre de lait et ses dérivés (Souki, 2009).

Le lait et les produits laitiers constituent des denrées alimentaires d'origine animale de très grande valeur nutritive en raison de leur richesse en protéines, ce qui leurs permet de fournir la plus grande ration protéique animale, également riches en calcium et en vitamines (Souki, 2009).

I.1.2 Production laitière en Algérie

La filière lait occupe une place importante dans l'économie algérienne. En effet, Le lait représente un produit de base dans le modèle de consommation algérien, avec une moyenne de 110 litres par an et par habitant, l'Algérie est classée comme le premier consommateur laitier au Maghreb (Bekhouch, 2004).

La production nationale du lait tourne autour de 600 à 800 millions de litres/an, alors que les besoins annuels sont de 4,5 à 5 milliards de litres/an (Bekhouch, 2004).

Pour maintenir un même niveau de consommation par habitant et un même taux de couverture de la demande par l'offre de lait cru, l'Algérie fourni un effort non négligeable où la production nationale est estimée à 3 milliards de litres en 2010, dont 2.2 milliards est assurée essentiellement par le cheptel bovin qui représente 75 % de la production laitière algérienne (Partsch, 2013).

Malheureusement, plusieurs facteurs dont : le manque de terres agricoles, les conditions naturelles difficiles, la sécheresse, la faible mécanisation, l'usage insuffisant d'engrais, la faiblesse des productions fourragères et la pauvreté des parcours sur lesquels sont élevés les troupeaux, la croissance démographique, font que l'Algérie est déficitaire à hauteur de 60 % en lait et sa production nationale ne couvre qu'un tiers de la consommation annuelle. Cette situation a créé un clivage entre la consommation et la production laitière dont le déficit de collecte était comblé par un recours quasi-exclusif à des importations des matières premières lactées « poudre de lait, matière grasse de lait anhydre » (Benyoucef, 2005).

Malgré le recours à l'importation de ces dernières, la filière lait en Algérie se trouve toujours dans une phase critique qui est due à la flambée des prix de cette matière première sur le marché international conduisant les pouvoirs publics à mettre en œuvre un programme quinquennal (2009-2010) d'intensification des productions agricoles, à l'effet d'augmenter la production de lait de vache et de l'intégrer dans les circuits de la production (MADR, 2009).

I.2. Le lait

I.2.1. Définition

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 et Goursaud, 2001).

Selon Aboutayeb (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 nourrissons ou des jeunes animaux.

I.2.2. Composition biochimique

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache. Du point de vue physicochimique, sa composition est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants ; ceux-ci sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels et aux possibilités digestives du jeune animal qui y trouve tous les éléments nécessaires à sa croissance (Debry, 2005).

Quatre composants sont dominants du point de vue quantitatif (Tableau I) : l'eau, les matières grasses, les protéines et le lactose; les composants mineurs sont représentés par les matières minérales, les enzymes, les vitamines et les gaz dissous (Ramet, 1985).

Tableau I : Composition moyenne du lait de vache (Alais *et al.*, 2008)

Constituants	Composition (grammes par litres)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) + eau liée
Glucides : Lactose	49	(3,7%) solution
Lipides	35	Emulsion des globules gras (3 à 5 microns de diamètre.)
Matière grasse proprement dite	34	
Lécithine (phospholipides) partie insaponifiable, stérols carotènes, tocophérols	0,5	
	0,5	
Protides	34	Suspension micellaire de Phosphocaséinate de calcium solution (colloïdale) solution (vraie)
Caséines	27	
Protéines 'solubles' (globulines, albumines) Substances azotées non protéiques	5,5	
	1,5	
Sels :	9	Solution ou état colloïdal
- l'acide citrique	2	
- l'acide phosphorique	2,6	
- l'acide chlorhydrique (HCl)	1,7	
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces	
Extrait sec (total)	127	
Extrait sec non gras	92	

Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (Vignola, 2002).

I.2.2.1. L'eau

Quantitativement l'eau (H₂O) est l'élément le plus important, d'après Amiot *et al.*, (2002), elle est le constituant le plus abondant dans le lait (900 à 910 g par litre). La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire, elle se trouve sous deux formes :

- ✓ L'eau libre avec une proportion de 96%, sert de solvant au lactose, à une partie des matières salines, aux acides aminés et autres éléments. Elle sert aussi à la dissémination des microorganismes dans le milieu;
- ✓ L'eau liée avec une proportion de 4%, elle est fortement liée aux protéines, elle n'est disponible ni comme solvant, ni comme élément aidant au développement des microorganismes.

Le 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 (Mathieu, 1998). Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne peuvent pas se dissoudre et forment une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui vont former une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides (Mathieu, 1998).

I.2.2.2.Matière grasse

La matière grasse (MG) ou taux butyreux représente 25 à 45 g/litre (Luquet, 1985), elle est parmi les composants importants du lait. Constituée de 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides et 0,5% de substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (Goursaud, 1985). La matière grasse est dispersée en émulsion, sous forme de microgouttelettes de triglycérides entourées d'une membrane complexe, dans la phase dispersante qui constitue le lait écrémé (Boutonnier, 2008). Comme le démontre la (Figure 1)

La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Celle-ci est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme :

- une très grande variété d'acides gras (150 différents) ;
- une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes ;
- une teneur élevée en acide oléique ($C_{18}:1$) et palmitique ($C_{16}:0$) ;
- une teneur moyenne en acide stéarique ($C_{18}:0$). Jeantet *et al.*, (2008)
 - Les Phospholipides : sont classés comme lipides complexes. Nous en distinguons trois types : les lécithines, les céphalines et les sphingomyelines (Cayot et Lorient, 1998). Leur plus importante caractéristique est leur propriété émulsifiante (Jenness, 1986).
 - Les Triglycérides : ce sont des esters du glycérol, c'est-à-dire qu'ils sont formés par condensation de trois molécules d'acides gras sur une molécule de glycérol (Walstra, 1999).
 - Les Fractions insaponifiables : l'insaponifiable regroupe l'ensemble des constituants de la MG qui ne réagissent pas avec la soude ou la potasse pour donner des savons. On y retrouve essentiellement dans ces fractions : des stérols, les caroténoïdes les xanthophylles et les vitamines A, D, E et K (Peereboom, 1969).

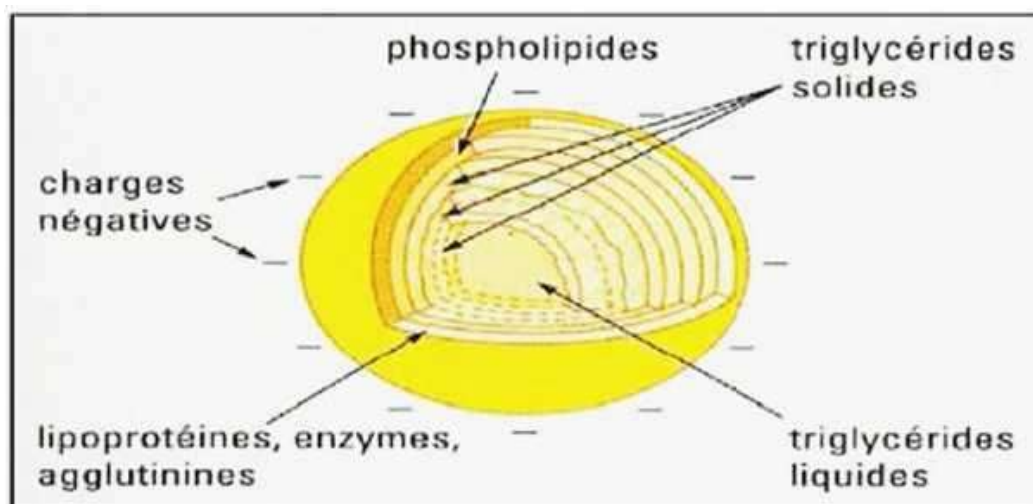


Figure 1: structure d'un globule de matière grasse (Vignola, 2002)

I.2.2.3. Glucides

Mathieu (1999), évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose (Tableau II) car il représente 99% des glucides du lait de vache et de monogastriques. C'est le constituant le plus abondant du lait et des produits laitiers après l'eau. Le lactose est un sucre réducteur, il est synthétisé à partir du glucose prélevé dans le sang par la mamelle (Goursaud, 1985).

Tableau II : Composition moyenne en lactose de quelques produits laitiers (pour 100 g)
(Marteau et Olivier, 2017).

Produits laitiers	Teneur en lactose (g/100g)
A base de lait de vache	
Lait entier ou demi-écrémé	4,6g
Yaourt nature brassé	4,4g
Crème légère, épaisse	3,4g
Beurre	0,4g
Fromage de type « Camembert »	Traces
A base de lait de chèvre	
Lait de chèvre entier ou demi-écrémé	4,1g-4,3g
Yaourt nature	2,8g
Bûche de chèvre	traces

Le lactose est un sucre spécifique du lait ; en effet, il est utilisé comme source d'énergie vu qu'il constitue la matière carbonée principale pour le développement des bactéries lactiques (Amiot *et al.*, 2002). La transformation "dégradation" du lactose en acide lactique entraîne

une baisse du pH du lait et la déstabilisation de ses éléments dispersés, elle force la déminéralisation des micelles de caséines, favorise la synérèse du caillé et la coagulation et inhibe en même temps la croissance de certains microorganismes indésirables (Hoden et Coulon, 1991). L'indice de dégradation du lactose est mesuré par l'acidité titrable du lait en degré Dornic (Amiot *et al.*, 2002).

I.2.2.4. Matières azotés

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes, elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers. Le lait se caractérise par une teneur élevée en protéines (34g/litre pour le lait de vache). Leur composition en acides aminés indispensables confère aux protéines laitières une très bonne valeur nutritionnelle (Dalgeish, 1982).

La matière azotée totale (MAT) est aussi nommée taux protéique du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (Goursaud, 1985). L'urée en est le constituant principal, représente la moitié de l'ANP. Parmi les autres constituants figurent les acides aminés libres, la créatine, acide urique, créatinine et ammoniacque (Colin, 1990).

Les protéines sont constituées soit d'acides aminés seulement (α -lactoglobulines, β -lactalbumine), soit d'acides aminés et d'acide phosphorique (caséines α et β) avec une partie glucidique (caséine k) (Courtet Leymarios, 2010). Vingt acides aminés interviennent dans la composition de ces protéines, leur séquence confère à chaque protéine des propriétés propres. C'est sur la base de la précipitation à pH 4,6 (à 20°C) ou sous l'action de la présure qu'on sépare deux constituants : La ou plutôt les caséines (α , β , γ et κ) et les protéines solubles ou protéines du lactosérum (Guillou *et al.*, 1986). Comme le démontre le (tableau III).

Selon Jeantet *et al* (2007), les protéines du lait forment un ensemble assez complexe, elles sont réparties en deux fractions distinctes :

- ✓ Les caséines (phase micellaire) qui précipitent à pH 4,6, représentent 80 %des protéines totales ;
- ✓ Les protéines sériques solubles à pH 4,6, représentent 20 %des protéines totales. β -lactoglobulines, α -lactalbumines, sérumalbumines, immunoglobulines, etc... (Eck *et al.*, 2006).

- **Les caséines**

Jean et Dijon (1993), rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, elle est le résultat de la polycondensation de différents aminoacides.

Ces protéines sont en suspension colloïdale, elles précipitent à pH 4,6 et représentent

80% des protéines totales (Masle *et al.*, 2001). Elles sont au nombre de quatre, illustrées dans le Tableau III (Razanajatovo *et al.*, 1977 ; Boulanger *et al.*, 1984).

La caséine participe à la structure microscopique du lait et confère au lait sa couleur blanche. Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation pour donner le caillé (Ramet, 1985).

- **Structure de la micelle de caséine**

Les caséines sont en forme sphérique d'un diamètre moyen de 180 nm formées par l'association des différentes caséines et de composants salins (Pierre *et al.*, 1998 ; Marletta *et al.*, 2007). Ces micelles sont formées de sous micelles (Figure 2) reliées ensemble par des ponts phosphate de calcium. Les caséines β et α S1 sont plus présentes au centre (cœur hydrophobe) tandis que la partie externe de la micelle est formée de caséines : α S1, α S2 et k (Lorient *et al.*, 2000).

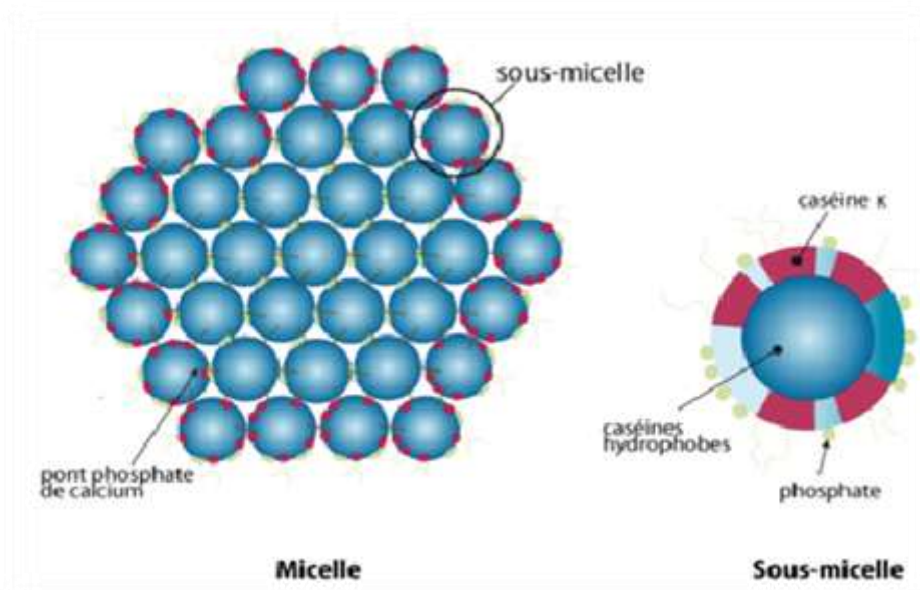


Figure 2 : structure de la micelle et la sous-micelle de caséine (Schmidt, 1982).

- **Protéines solubles ou protéines du lactosérum**

D'après Thapon (2005), les protéines du lactosérum sont définies comme des protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane.

Ces protéines sériques sont nettement moins abondantes que les caséines qui sont représentées dans le tableau III, elles ne représentent que 15 à 22% des protéines du lait de vache, environ 17% de ses matières azotées totales. Elles flocculent difficilement en présence de présure (Mathieu, 1998).

Leurs constituants essentiels (50-55%) sont la β -lactoglobuline bovine et l' α -

lactalbumine (Vignola, 2002). Parmi les protéines solubles restantes, nous trouvons :

- ✓ Les sérum-albumine: qui ont une faible valeur nutritionnelle, représentent environ 7% des protéines du sérum et sont identiques au sérum albumine sanguin (Vignola, 2002).
- ✓ Les immunoglobulines : Ce sont des glycoprotéines spécifiques de haut poids moléculaire responsable de L'immunité. Nous pouvons distinguer trois grandes classes d'immunoglobulines: IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (Thapon, 2005).
- ✓ Protéoses-peptones : elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4,6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasmine de la caséine β (Debry, 2001).

Tableau III: Classification des protéines (Brunner, 1981)

NOMS	% des protéines	Nombre d'AA
CASEINES	75-85	
Caséine α S1	39-46	199
Caséine α S2	8-11	207
Caséine β	25-35	209
Caséine k	8-15	169
Caséine g	3-7	
PROTEINES SERIQUES	15-22	
-Lactoglobuline	7-12	162
-Lactalbumine	2-5	123
- Sérum-albumine	0,7-1,3	582
Immunoglobulines (IgA, IgG, IgM)	1,9-3,3	-
- Protéoses-peptones	2-4	-

I.2.2.5. Les minéraux

Le lait est connu pour son apport abondant en minéraux (Tableau IV). Il est la meilleure source nutritionnelle de calcium, assure un rapport favorable calcium / phosphore (Vignola, 2002).

Selon Campbell et Marshall (2016), la fraction minérale est composée de macroéléments (Ca, Mg, Na, K, et P) et microélément (Fe, Cu, Zn, Se). En fonction de leur

nature, les macroéléments sont répartis différemment dans les phases aqueuses et micellaires du lait, les ions K, Na et Cl sont principalement dans la phase aqueuse, alors que (Ca, P et Mg) sont partiellement liés aux micelles de caséines et forment ainsi les pontages entre les submicelles de phosphate de calcium (Carole *et al.*, 2002).

Tableau IV : La composition du lait en minéraux (mg pour 100g) (Vierling, 2008).

Minéraux	Teneurs moyenne
Fer	0,05
Cuivre	0,01
Zinc	0,38
Silicium	0,0033
Calcium	120
Magnésium	11

I.2.2.6. Les vitamines

Selon Vignola (2002), les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie. Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variée ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique et participent dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires (Tableau V).

Les vitamines sont classées en deux grandes catégories :

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait ;
- 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 (Debry, 2001).

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

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40pg/100ml
Vitamine D	2,4pg/100ml
Vitamine E	100 pg/100ml
Vitamine K	5pg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45pg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175 pg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50pg/100ml
Vitamine B12(cyanocobalamine)	0,45 pg/100ml
Niacine et niacinamide	90pg/100ml
Acide pantothénique	350 pg/1 00ml
Acide folique	5,5 pg/1 00ml
Vitamine H (biotine)	3 ,5pg/1 00ml

I.2.2.7. Enzymes

D'après Pansar *et al.*, (2010), le lait contient plus de 60 différentes enzymes endogènes et la grande majorité est associée à des membranes sériques de type lipoprotéine (Bosze, 2008). Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénase. Ces derrières sont les lipases, galactase, phosphatase, réductase, catalase et peroxydase (Vignola, 2002). Comme l'indique le Tableau VI.

Les deux principaux facteurs qui influent sur l'activité enzymatiques sont le pH et la température. En effet, chaque enzyme possède un pH et une température d'activité maximale (Vignola, 2002).

Tableau VI : Caractéristiques des principales enzymes du lait (Vignola, 2002)

Activité maximale				
Groupes d'enzymes	Classe d'enzyme	pH	Température	Substrat
Hydrolases	Estérases :			
	Lipases	8,5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatas acide	4,0-5,2	37	Esters phosphoriques
	Protéases :			
	Lysozyme	7,5	37	Paroi cellulaires microbiennes
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénases ou oxydases	Sulfhydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8,3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6,8	20	Composés réducteurs
	catalase	7	20	+H ₂ O ₂ H ₂ O ₂

Les enzymes du lait jouent un rôle très important en fonction de leurs propriétés (Ouahghiri, 2009) :

- Comme la lyse des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipase, protéase) ;
- Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme)

I.3. Facteurs de variations de la composition du lait

Selon Coulon (1994), la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces derniers sont bien

connus et sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation).

I.3.1. Facteurs intrinsèques

I.3.1.1. Facteurs génétiques

Il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces, les races et les intra-races, mais les études de composition ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée (Veisseyre, 1979).

I.3.1.2. Stade de lactation

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2ème mois de celle-ci après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (Meyer et Denis, 1999).

I.3.2.3. Effets de l'âge au premier vêlage

L'âge au premiers vêlage est associé au poids corporel qui doit être d'environ 60 à 70% du poids de l'adulte, le fait de diminuer le poids de vache laitière au vêlage entraîne la diminution de la production laitière en première lactation (Biochard, 1986). En France, dans une région peu étendue et au sein de la même race, les génisses vèlent à des âges très différents. D'autres auteurs ont montré la grande variation de l'âge au premier vêlage selon les races, pouvant aller jusqu'à sept mois (Craplet *et al.*, 1973).

I.3.1.4. Etat sanitaire

Lors d'une infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait (Badinand, 1994). Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers et sont à l'origine d'une modification des composants du lait induisant, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager (Toureau *et al.*, 2004).

I.3.2. Facteurs extrinsèques

I.3.2.1. Facteurs alimentaires

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du 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) (Coulon et Hoden, 1991). Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur aux 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 (Pougheon et Goursaud, 2001).

I.3.2.2. Facteurs climatiques et saisonniers

La saison a une influence importante qui se rajoute à d'autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge, etc.) de façon immuable, le taux butyreux (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 l'herbe et à la fin de la période du pâturage (Pougheon et Goursaud, 2001).

I.4. La microbiologie du lait

Les aliments quelque soit leur origines, animal ou végétale, par leur richesse en eau, en éléments organiques et minéraux sont d'excellents milieux de culture, ils sont donc souvent très altérables. Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, sa richesse et sa fragilité font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement (Gosta, 1995).

L'étude microbiologique permet de caractériser et de contrôler les quatre principaux groupes de micro-organismes présents dans l'environnement alimentaire et laitier. Les plus rencontrés sont les bactéries, mais des levures, des moisissures, des virus et divers protozoaires peuvent également être présents (Leclerc, 1969). Ils diffèrent notamment par leur taille et leur niveau de complexité.

Avant de subir une transformation le lait possède une flore initiale (flore normale ou originelle), à cette flore initiale s'ajoute la flore de contamination qui est elle-même subdivisée en deux sous-classes: la flore d'altération et la flore pathogène (Plommet, 1987).

I.4.1. Flore indigène ou originelle

Le lait d'un animal parfaitement sain traité aseptiquement, est normalement dépourvu de micro-organismes. A la sortie de la mamelle le nombre de germes est très faible généralement inférieur à 10^3 germes/ml (Cuq, 2007).

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles (Vignola, 2002). Il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles (Tableau VII).

Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation (Guiraud, 2003), et n'ont aucun effet significatif sur la qualité du lait et sur sa production (Varnam et Sutherland, 2001).

Tableau VII : Flore originelle du lait cru de vache (Vignola, 2002)

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

I.4.2. La flore de contamination

Par sa composition, le lait est un aliment de choix : il contient des lipides, du lactose, des protéines, des sels minéraux, des vitamines et 87 % d'eau. Son pH est de 6,7, il se contamine par des apports microbiens d'origines diverses : conditions d'hygiène dans lesquelles sont effectuées ces manipulations, à savoir l'état de propreté de l'animal et particulièrement celui des mamelles, du milieu environnant (étable, local de traite), du trayon, du matériel de récolte du lait (seaux à traire, machines à traire) et, enfin du matériel de conservation et de transport du lait (bidons, cuves) (Vignola, 2002). Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées "Lacténines" mais leur action est de très courte durée (1 heure environ) (Guiraud, 1998).

Cette flore regroupe l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (Vignola, 2002).

a) Flore d'altération

Incluse dans la flore contaminante, la flore d'altération causera des défauts sensoriels de goût, d'arômes, d'apparence ou de texture et réduira la vie de tablettes du produit laitier. Parfois, certains microorganismes nuisibles peuvent aussi être pathogènes. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont : *Pseudomonas sp*, *Proteus sp*, les coliformes soit principalement les genres : *Escherichia* et *Enterobacter*, les sporulées telles que *Bacillus sp*, *Clostridium sp* et certaines levures et moisissures (Vignola, 2002).

b) Flore pathogène

Elle fait partie de la flore contaminante du lait. Les bactéries pathogènes pour l'homme peuvent être présentes dans le lait cru, ou dans les produits laitiers qui en dérivent. Elles sont capables de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits. Les bactéries les plus importantes de cette flore pathogène sont le plus souvent mésophiles et les principaux microorganismes pathogènes associés aux produits laitiers sont : *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Shigella sonnei* et certaines moisissures (vignola, 2002).

I.5.Composants indésirables du lait

La mamelle est un émonctoire et le lait peut contenir des substances ingérées ou inhalées par l'animal, sous la forme soit du constituant original, soit de composés dérivés métabolisés. Les substances étrangères peuvent provenir des aliments (engrais et produits phytosanitaires), de l'environnement (pesticides), de traitements prescrits à l'animal (produits pharmaceutiques, antibiotiques, hormones) (Mahieu *et al.*, 1977).

I.5.1.Antibiotiques.

Le traitement des mammites représente la responsable source de contamination du lait par les antibiotiques (Boultif, 2015). La mauvaise utilisation des antibiotiques par les éleveurs et le non-respect de délais d'attente après le traitement, conduisent à la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait (Mensah *et al.*, 2014).

D'après Hilan et chemali (1988), la présence d'antibiotiques dans le lait est néfaste pour le consommateur et ils inhibent les bactéries utiles à la transformation du lait (*Lactococcus thermophilus*, *Streptococcus*). Selon Boultif 2015, le lait d'une seule vache sous antibiotiques suffit pour rendre impossible la transformation du lait.

Historique

L'origine exacte de la transformation du lait est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans. Les Romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 av.j-c.et 300 après Jésus Christ (St-gelais et Tirard-Collet, 2002).

Qu'il soit de lait de chamelle, de bufflonne, de zébu, de bisonne, de mouflon, de vache ou de chèvre, le fromage existait déjà dans les temps les plus anciens (Fonteneau, 1997).

Au néolithique (10 000 ans av. J.C), on garde et transporte le lait dans des estomacs de chèvre et on constate qu'il durcit. Mille ans plus tard (9000 av. J.C), le lait caillé est affiné, égoutté (invention des faisselles), salé pour augmenter la durée de conservation. Les traces de cette activité sont retrouvées à Neufchâtel (Suisse). Les Grecs fabriquent des fromages de chèvre et de brebis (la feta) et utilisent le fromage en pâtisserie comme matière grasse (le tyros). Les Romains améliorent la qualité des caillés, utilisent le pressoir pour accélérer l'égouttage et commercialisent les produits en méditerranée (Fonteneau, 1997).

La coagulation est obtenue en faisant tromper des estomacs de ruminants non sevrés dans le lait. Plus tard, Charlemagne découvre et apprécie le roquefort. Il contribue à sa notoriété. Durant le Moyen Age, les monastères gèrent les troupeaux et ont le monopole de la fabrication des fromages de commerce (Amiot *et al.*, 2002).

Les technologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découvertes, sur les rives du lac Neuchatel, de moules à cailler datant de 5000 ans av. J-C (Amiot *et al.*, 2002). Selon Mahiout et Zaidi (2012), Il aurait été découvert, tout à fait par hasard, au Moyen Orient, par un nomade, lord d'une traversée de désert. Le lait qu'il transportait depuis quelques jours s'était transformé en fromage ; il fut, le premier à «Faire le baptême » de cet aliment.

A partir du XIXème siècle, la fabrication du fromage passera du stade artisanal au stade industriel, donnant alors naissance à un marché de fromage inévitablement de moindre qualité gustative (Mahiout et Zaidi, 2012).

II.1. Définition

Le terme "fromage" dérivé de l'ancien français "formage" par métathèse, est issu du latin formaticum qui signifie : "ce qui est fait dans une forme" (Rey, 1994).

Ce terme est réservé au produit obtenu à partir de matières d'origine exclusivement laitières. La base essentielle du fromage est le lait. Il peut être de diverses origines, de vache principalement, mais également de brebis, de chèvre, de bufflonne ou d'autres mammifères. Ce produit peut être fermenté ou non, affiné ou non, utilisé seul ou en mélange, coagulé en

totalité ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de son eau. Il constitue alors un moyen de conservation alimentaire (Morel, 2012).

II.2. Les constituants des fromages

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 choisie (voir le Tableau VIII).

Tableau VIII : Composition moyenne comparée du lait et des fromages (Alais et Linden, 1993).

Constituants	Lait	Fromage
Eau	Environ 87%	Éliminée en partie par la fabrication. Teneur en eau varie de : 35 % (pâte cuite dure), 50 % (pâte molle), 80 % (Fromage frais)
Glucides	- Lactose 5% Les ferments lactiques transforment le lactose en acide lactique, ce sucre peut être également transformé en alcool	- Pratiquement éliminé avec l'eau par la fabrication.
Lipides	- Environ 4 % * Sous forme de globules gras très petit en émulsion dans le liquide ; Ce sont en majeure partie des triacylglycérols (beaucoup d'oléine) avec un peu de lécithines.	- Se retrouvent dans la majorité des fromages sauf dans les fromages «maigres » ; 23 % fromages à pâte molle ; 30 % fromages à pâte dure.
Protéines	- Environ 3,5 %. Les plus importantes en quantités sont les caséines : 3 %, Les protéines du sérum sont aussi d'un apport non négligeable.	- La caséine coagulant avec la présure, est l'élément essentiel de tous les fromages (même maigre) : <ul style="list-style-type: none"> • 18 % fromages à pâte molle, • 19 % fromages blancs au lait écrémé, • 24 % fromages à pâte ferme.
Minéraux	- Très intéressante valeur minérale car très riche en calcium et en phosphore. Le calcium étant plus abondant que le phosphore, le rapport Ca / p= 1,39 donc le lait est recalifiant. Contient aussi potassium et chlorure de sodium : - Pas de fer	- Grande richesse en calcium et en phosphore, surtout dans les fromages à pâte ferme rapport Ca / p= 1,26 en moyenne, donc c'est un aliment recalifiant; - Plus au moins riches en chlorures de sodium selon leur fabrication (adjonction de sel, pâte lavée à l'eau salée, etc.).
	- B1 en petite quantité - B2 assez importante - C en quantité variable dans le lait frais, mais pratiquement détruite au contact de	- Les fromages fermentés à pâte molle, notamment les fromages bleus, sont de bonnes sources de vitamines B, du fait des synthèses

vitamines	l'air durant les manipulations et le transport et par la pasteurisation et l'ébullition. - A en quantité importante dans la MG, donc absente dans les laits écrémés. - D en quantité variable selon la saison.	réalisées par les moisissures. - Se retrouve dans le fromage selon la teneur en MG.
-----------	--	---

II.3. La valeur nutritionnelle du fromage

Vue sa richesse en protéines et en lipides ainsi que ses différentes caractéristiques sensorielles, le fromage est devenu un aliment nutritif très apprécié. Plusieurs chercheurs en nutrition ont mis en évidence la contribution du fromage dans l'alimentation et la sante (Walther *et al.*, 2008).

Sur le plan nutritionnel, l'intérêt des fromages est très variable : il dépend d'abord des parts respectives d'eau, de graisses et de protéines; leur apport vitaminique et minéral est également sous la dépendance directe des facteurs technologiques. D'une manière schématique, ce sont des produits à la fois énergétiques (sauf les produits maigres) et protidiques avec des teneurs minérales et vitaminiques souvent élevées. Mais ils sont caractérisés par le fait qu'ils sont « Prédigérés » grâce aux actions hydrolytique des flores se développant pendant l'affinage (Adrian *et al.*, 2003).

Les fromages affinés peuvent contenir des amines biogènes comme l'histamine. Si la quasi-totalité des fromages est salée et constitue un apport important en sodium, les fromages fondus et à pâte filante sont probablement les matières alimentaires les plus riches en cet élément (Adrian *et al.*, 2003).

II.4. Les différents types de fromages

Il existe plusieurs centaines de dénominations commerciales de fromages, mais probablement moins d'une cinquantaine de types de préparations, qu'on peut classer selon divers critères : mode de coagulation (Tableau IX), dureté de la pâte (teneur en eau), existence d'une phase d'affinage, formation de gaz, etc. Il n'existe pas de classement idéal ou officiel, quoique de nombreux fromages soient dotés d'une définition légale (Cheftel et Cheftel, 1992).

Tableau IX : Classification des fromages (Paradal, 2012)

Classification selon le mode de coagulation	Classification selon le type de pâte fromagère
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fromages à coagulation lactique naturelle lente : Parmi eux se trouvent tous les fromages frais et les faisselles qui se caractérisent par une pâte fraîche. ➤ Fromages à coagulation mixte de type coagulation lactique : Ils se caractérisent par une pâte molle et souple. ➤ Fromages à coagulation mixte de type coagulation présure : ils se caractérisent également par une pâte molle et souple. ➤ Fromages à coagulation de type présure. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fromage à pâte fraîche. ➤ Fromage à pâte pressée : <ul style="list-style-type: none"> • Fromage à pâte pressée cuite. • Fromage à pâte pressée non cuite. ➤ Fromage à pâte persillée ➤ Fromage à pâte molle <ul style="list-style-type: none"> • Fromage de pâte molle à croûte fleurie. • Fromage de pâte molle à croûte lavée

❖ **Fromage à pate molle**

Ce sont tous les fromages fermentés qui ne sont ni pressés, ni cuits. Ils restent généralement souples et leur taux d'humidité est d'environ 50%. Dans ce grand groupe, on trouve « Pâtes molles » comme le Camembert, le munster et le brie ; les « Pâtes persillées » comme les bleus et le roquefort et aussi les « Fromages de chèvre » (Cholet, 2006).

II.5. Le camembert

Définition

Le Camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface par une microflore fongique et possède une croûte fleurie, à caillé non-divisé en forme de cylindre plat de 10 à 11 cm de diamètre et de 3 cm d'épaisseur (Mc Sweeney *et al.*, 2004). Il peut être fabriqué à partir de lait de vache emprésuré, à pâte légèrement salée, à moisissures superficielles, renferment au moins 40g de matière grasse pour 100g de fromage après complète dessiccation ; et dont le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 110g, généralement son poids est de 250g (Eck et Gillis, 2006); il contient généralement entre 50 et 56% d'humidité et entre 17 et 21% de protéines (Gillis, 2004). Le pH en fin d'affinage du camembert atteint environ 7,4 en surface et 6,9 au centre (Genigeorgis *et al.*, 1991).

II.5.1. Composition et valeur nutritionnelle

Du point de vue nutritionnelle, les fromages à pâte molle constituent des concentrés protéiques de grande valeur et souvent très stables. L'élimination du lactosérum représente un appauvrissement du fromage en sels minéraux et en vitamines hydrosolubles et en protéines intéressantes à propriétés fonctionnelles (protéines sériques) (Cheftel et Cheftel, 1992) (voir Tableau X).

Le camembert renferme 30 à 50 % de matière azotée / matière sèche, selon son mode d'élaboration. Il s'inscrit ainsi parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée (Mietton, 1995). De plus, la haute valeur biologique de ces protéines lui y 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 flaveur particulière conférée au produit fini (Neelakanten *et al.*, 1971). Concernant le lactose, il faut noter que les fromages affinés sont pratiquement dépourvus des 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 (Eck, 1990) (voir Figure 3).

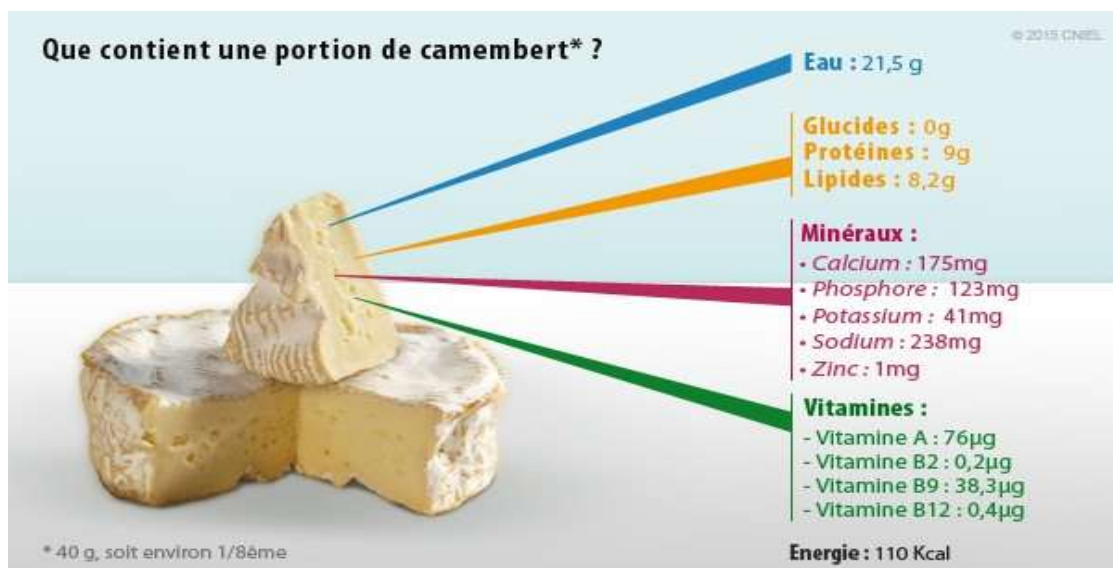


Figure 3 : les constituants que contient une portion de Camembert (Alais et Linden, 1993).

Tableau X : Composition du Camembert pour 100g du produit frais (Adrian *et al.*, 2003)

Constituants	Composition pour 100g de produit
Eau (g)	50
Kcal	290
KJ	1215
Protéines (g)	21,4
Lipides (g)	22,6
Glucides (g)	0,3
Ca (mg)	265
Fe (mg)	0,7

II.5.2. La technologie du Camembert

II.5.2.1. Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type

Camembert

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'emploi d'un lait de bonne 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 (Mietton, 1995).

L'élaboration de ce type de fromage à caractéristiques organoleptiques particulières passe par la réussite de nombreuses étapes technologiques : la coagulation, le tranchage et le moulage, l'égouttage, le salage et l'affinage ; ces étapes visent à organiser la microstructure du caillé et ainsi obtenir la fermeté, la consistance et l'élasticité désirée au produit (Lessard, 2014). Ces étapes de fabrication sont résumées dans la Figure 4 suivante:

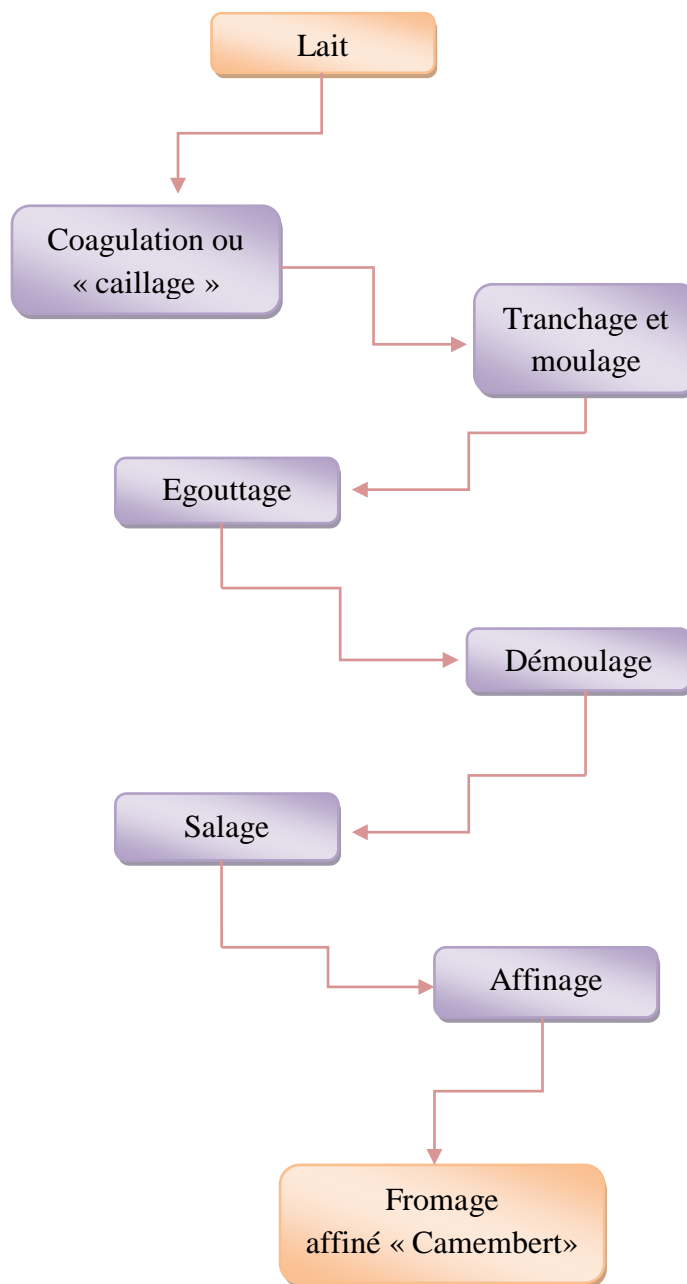


Figure 4 : diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type camembert

➤ **Prétraitements du lait**

A leur arrivée à l'usine, les laits crus 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 (homogénéisation, standardisation 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 (Ouali, 2003).

Cette étape consiste à donner au lait la composition correspondant à celle du fromage

et à créer les conditions bactériologiques nécessaires à la coagulation du lait (Bertrand, 1988).

Elle comprend:

✓ **Standardisation**

La standardisation consiste à régler la composition du lait de mélange afin d'obtenir une teneur minimale en ES (Extrait Sec) et en MG (Matière Grasse) dans le fromage commercialisé.

Autrement dit, elle est une nécessité pour répondre aux normes légales et technologiques et améliorer le rendement fromager (Armendariz *et al.*, 1993).

L'ajustement de la teneur en matières grasses se fait soit par apport de lait écrémé dans du lait entier, soit par apport de crème dans le lait entier (la teneur en matière grasse doit se situer autour de 28 g/l de lait) (Bertrand, 1988). La standardisation en matières protéiques se fait par ajout au lait de poudre de lait, de caséine ou de caséinates. La teneur en protéines du lait de fromagerie est le plus souvent comprise entre 33 et 40 g/litre au maximum (Vignola, 2002).

✓ **Homogénéisation**

Après standardisation il y a lieu d'homogénéiser tout le liquide, afin de stabiliser l'émulsion de matière grasse. L'homogénéisation est une action mécanique réalisée à une température supérieure à 60°C dans un homogénéisateur. Elle a pour but de stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait par la réduction du diamètre des globules gras à environ 1 micron et ce grâce à une pression exercée sur le lait de 100 à 200 bars (Bourdier et Luquet, 1991).

L'homogénéisation est un traitement physique, qui consiste à faire éclater sous une forte pression les globules de matières grasses en très fines particules. Ce procédé permet ainsi de retarder la remontée de globules de gras (Pouliot *et al.* 1997).

La matière grasse se trouve ainsi répartie d'une façon homogène dans tout le volume (Eck, 1997).

✓ **La pasteurisation**

Le fromage est un produit vulnérable, il faudra attendre Pasteur et la pasteurisation du lait pour le conserver sur de longues durées et le commercialiser sur de longues distances (Roudaut et Lefrancq, 2005).

La pasteurisation est un chauffage suffisant pour détruire avec certitude tous les germes pathogènes. La température de la pasteurisation la plus fréquente est comprise entre 65 à 75 C et parfois 80°C pendant 15 à 20 secondes (Veisseyre, 1975).

Le but de ces traitements thermiques du lait utilisables en fromagerie est d'assurer

l'assainissement du lait par destruction de la flore pathogène transmise par le fromage et de limiter les risques d'accidents de fabrication par destruction des germes Indésirables (Hermier et Cerf 2006). Cependant, l'efficacité de ces traitements est toujours un compromis entre l'effet souhaité d'élimination des micro-organismes et l'effet redouté sur les constituants du lait, donc sur la qualité du produit fini en particulier sa valeur nutritive (Eck, 1990).

➤ **Ensemencement et 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) (Sicard, 2010).

Le lait (un petit volume) estensemencé par des ferments lactiques mésophiles à une dose de 1,5 à 2 %. Dans le but d'élever son acidité, les bactéries commencent la dégradation du lactose en acide lactique, ensuite le phosphate mono-calcique et le calcium sont ajoutés afin de faciliter l'égouttage et de rétablir le temps de prise et de coagulation (Lenoir *et al.*, 1983). Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées. Une fois ses souches revivifiées, le levain (tel que préparé) servira à ensemenecer les grandes cuves de coagulation (Eck, 1990). 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* (Mahaut *et al.*, 2000).

La maturation du lait a deux objectifs :

1. rétablir les équilibres physico-chimiques du lait donnant une meilleure aptitude à la coagulation ;
2. permettre le développement d'une flore dominante de bactéries lactiques au détriment des germes nuisibles qui ont échappé à la pasteurisation.

➤ **Emprésurage et coagulation**

a) Emprésurage

Après maturation, le lait est additionné de la présure qui est une enzyme coagulante. Son activité protéolytique modifiera la texture du lait (Eck, 1990).

La température de l'emprésurage est comprise entre 36 à 37°C. Cette étape a pour but de modifier l'état du lait, il passe de l'état liquide à l'état de gel dans un temps calculé, le temps de prise est compris entre 10 et 15 min, il est obtenu par chronométrage à partir du moment de l'emprésurage jusqu'à l'apparition des flocons.

b) 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 (Mathieu, 1998).

Pour le camembert, la coagulation est mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) 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 %), représentée par la pepsine. Il a été établi qu'au cours de la coagulation enzymatique, la présure en hydrolysant la caséine κ 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 (Eck, 1990).

La seconde coagulation est initiée par les bactéries lactiques (coagulation acide), cette coagulation est 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, 1995).

➤ Découpage

Juste après la gélification du lait, le lactosérum remonte et vient l'étape suivante qui est le découpage. Cette technique aussi appelée « Tranchage » consiste à découper en portions égales la masse du lait coagulé, il se fait manuellement par la tranche caillée qui est une pièce de métal inoxydable, de forme d'arc (demi-cercle) menu des files (fil de pêche) à un espacement entre les fils égale à 1,5cm (Figure 5).

Cette opération permet d'augmenter la surface totale d'exsudation du sérum et de favoriser l'égouttage. Le caillé est tranché en petits cubes pour favoriser le déplacement des bactéries et leurs proliférations (Bertrand, 1988).

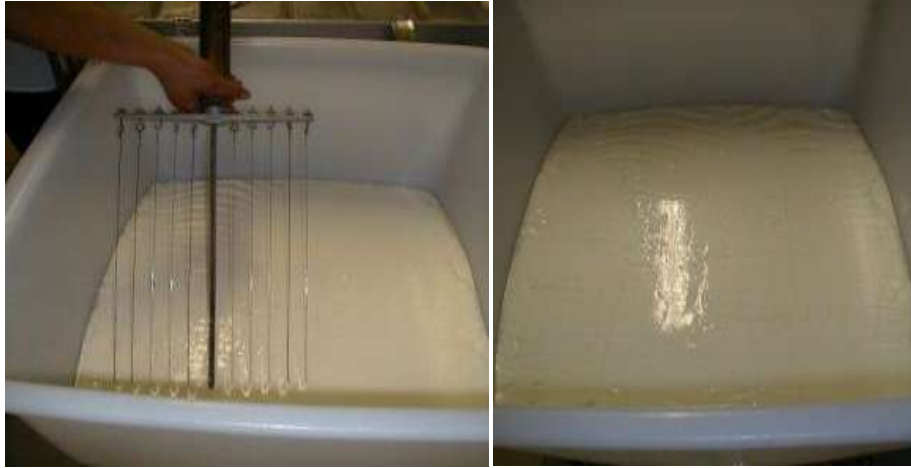


Figure 5 : découpage du caillé gélifié (Farkye, 1999)

➤ **Brassage**

Après tranchage, le caillé découpé subit deux brassages :

- 1^{er} brassage se fait 15 minutes après découpage ;
- 2^{ème} brassage se fait 15 minutes après le 1^{er} brassage.

L'agitation mécanique des grains de caillé dans le lactosérum a pour effet d'éviter leur agglomération et d'accélérer leur déshydratation, évacuer le lactosérum et gérer la fermentation. Elle doit être conduite de façon à empêcher le bris des grains de caillé et d'entraîner ainsi des pertes (Veisseyre, 1975).

➤ **Moulage**

Le moulage est la répartition du caillé dans des moules en métal ou en matière plastique (Figure 6), dont la forme et les dimensions varient avec les types de fromages. Ces moules sont perforés et disposés sur les plateaux d'égouttages.

Cette étape a pour but de donner au fromage sa forme définitive. La mise en moule se fait manuellement ou automatiquement (Veisseyre, 1975).

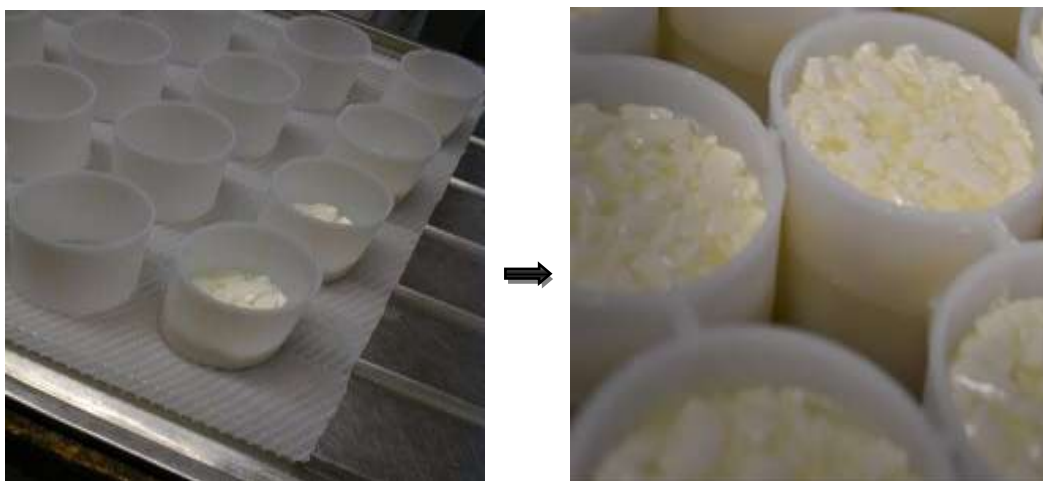


Figure 6 : présentation du caillé dans les moules « Moulage » (Farkye, 1999)

➤ Egouttage

L'égouttage est une étape importante, commune dans beaucoup de procédés de fabrication fromagère. Il a lieu en salle de préparation à une température allant de 20 à 25°C, permet d'évacuer le sérum excédentaire libéré par la contraction des micelles de caséine et d'assurer la formation du coagulum « Caillé » (Pradal, 2012). Cette phase consiste en l'élimination plus ou moins grande du lactosérum emprisonné dans les mailles du gel formé par voie acide et/ou enzymatique. Elle commence lors de la coagulation, puis se poursuit dans les moules et enfin en hâloirs (Jeantet *et al.*, 2008).

Dans la majorité des cas l'égouttage, permet d'accélérer la synérèse puis de séparer le lactosérum du caillé. Lors de cette étape, la plus grande partie des éléments solubles sont éliminés dans le lactosérum. On peut donc considérer qu'il s'agit d'une déshydratation partielle du caillé (St-gelais *et al.*, 2002).

Selon Mahaut *et al.*, (2000), lors d'un égouttage insuffisant dû à une acidification du lait trop lente, on obtient une pâte coulante. Par contre, un égouttage trop poussé à cause d'un travail mécanique intense provoque la formation d'un fromage trop ouvert.

L'égouttage est accéléré par une série de retournement que les fromages subissent pendant qu'ils sont encore dans les moules. Ce procédé se fait manuellement à l'aide d'une plaque métallique qui est ajoutée sur le dessus des grilles appelées « Claies » qui portent les fromages. Les retournements permettant de favoriser l'égouttage et garantir également que le produit reste bien plat afin qu'il puisse s'égoutter de l'autre côté (Veisseyre, 1975).

➤ Démoulage

Lorsque le fromage est suffisamment égoutté, il est démoulé puis placé sur des grilles appelées « Claies » (Figure 7) afin d'être salé. Le démoulage, s'effectue après 24 à 48 h d'égouttage, il reste un travail délicat, le fromage étant encore très frais et fragile (Mietton, 1987).



Figure 7 : démoulage du camembert (Farkye, 1999)

➤ Salage

Le salage est une phase essentielle dans la fabrication du fromage, car l'ajout du sel joue un rôle majeur dans la texture, la saveur et la qualité microbienne du produit (Hardy, 1997).

C'est une opération d'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à des doses de 1 à 2% (Eck, 1990).

Cette étape complète l'égouttage du fromage en favorisant le drainage du lactosérum. Il apporte ainsi le goût caractéristique du fromage et il agit sur l'activité de l'eau qui influence sur le développement des micro-organismes et l'activité des enzymes et de ce fait agit sur la phase d'affinage (Eck, 2006).

Le salage s'effectue soit en saupoudrant la surface des fromages par du sel, ou en immergeant les fromages dans une saumure, comme l'indique la Figure 8 (Jeantet *et al.*, 2008).



Figure 8 : le salage en bain de saumure (Farkye, 1999)

➤ Ressuyage

Cette opération s'effectue avant l'affinage, elle consiste en un séchage en surface (élimination de la pellicule d'eau), ce qui permet d'éviter toute contamination par l'eau (Figure 9). La pulvérisation du *Penicillium* est réalisée en même temps qu'un ressuyage de la surface (Jouve, 1996). Cette étape a pour fonction d'assécher la surface du fromage dans une salle dédiée. L'objectif de cette opération est de favoriser le développement de la flore recherchée, en limitant celui des bactéries et autres indésirables (Eck, 2006).



Figure 9 : ressuyage du camembert après salage (Farkye, 1999)

➤ **Affinage**

Une fois fabriqués, tous les fromages démarrent la phase de l'affinage afin d'acquérir leur texture définitive et développer leurs arômes et leurs saveurs.

L'affinage est défini comme étant une étape finale qui consiste à réaliser la maturation du fromage par voie enzymatique dans des hâloirs (Figure 10) où s'effectue le développement de la croûte fleurie de *Penicillium* pendant une durée s'étalant de (12 à 14 jours) à une température de 12 à 13°C et une hygrométrie (humidité) s'échelonnant de 85-90% (Cholet, 2006).



Figure 10 : affinage du camembert dans les hâloirs (Ramet, 2009)

La composition intrinsèque du fromage (pH, Aw) et les facteurs environnementaux (température, humidité relative, débit d'air, composition atmosphérique dans le hâloir) ont également une grande influence sur le développement de l'apparence et des propriétés sensorielles des fromages de par leur action sur la croissance microbienne et l'activité enzymatique (Van den tempel, 2000).

Selon Molimard (1996), ces propriétés sensorielles se développent grâce à une variété de réactions biochimiques comme l'utilisation des sucres, des acides organiques, des protéines

et des lipides du caillé Les enzymes naturelles du lait (plasmine, lipoprotéines, phosphatases, protéases), les enzymes coagulantes (pepsine, chymosine) et les enzymes protéolytiques et lipolytiques microbiennes (provenant des ferments lactiques et des agents d'affinage) participent grandement à l'apparition des propriétés organoleptiques des fromages (Fox *et al.*, 1994).

II.5.2.1.1. Biochimie de l'affinage

Lors de cette étape, plusieurs types de dégradation s'effectuent simultanément ou successivement dans la pâte fromagère (Mcsweeney et Sousa, 2000). Ces dégradations sont les suivantes :

- a. La fermentation du lactose;
- b. la lipolyse;
- c. la protéolyse

a. La fermentation du lactose

La transformation du lactose en acide lactique précédemment développée pendant la coagulation et l'égouttage se poursuit pendant l'affinage où la glycolyse se prolonge une à deux semaines jusqu'à disparition quasi-complète du lactose (Veisseyre, 1975), ce sucre disparaît en général dans les premiers jours de la maturation suite à une série de fermentations variées, dues en particulier aux bactéries lactiques et coliformes, aux levures et moisissures (Esk, 1990).

b. La lipolyse

La lipolyse est un phénomène qui se traduit dans une première étape par l'hydrolyse des triglycérides en glycérides partielles et acides gras libres (Eck, 1990). Cette dégradation se fait soit par l'action des enzymes lipolytiques « Les lipases » qui proviennent du lait, de la présure et des micro-organismes ; soit par l'action des bactéries telles que les lactocoques (Mdahou, 2017).

L'hydrolyse de la matière grasse contribue à trois caractéristiques organoleptiques majeures soit la texture, la solubilité de certains composés aromatiques et la production de précurseurs de saveurs (Leclercq *et al.*, 2007).

La lipolyse observée dans le camembert est causée par les estérases des bactéries lactiques des ferments, les lipases résiduelles du lait et les lipases de la microflore fongique. Malgré que ce soit surtout les moisissures qui sont connus comme étant lipolytiques, les levures d'intérêt fromager possèdent des gènes codant pour des lipases (Eck, 1990). La suite de la dégradation lipolytique est illustrée dans la (Figure 11).

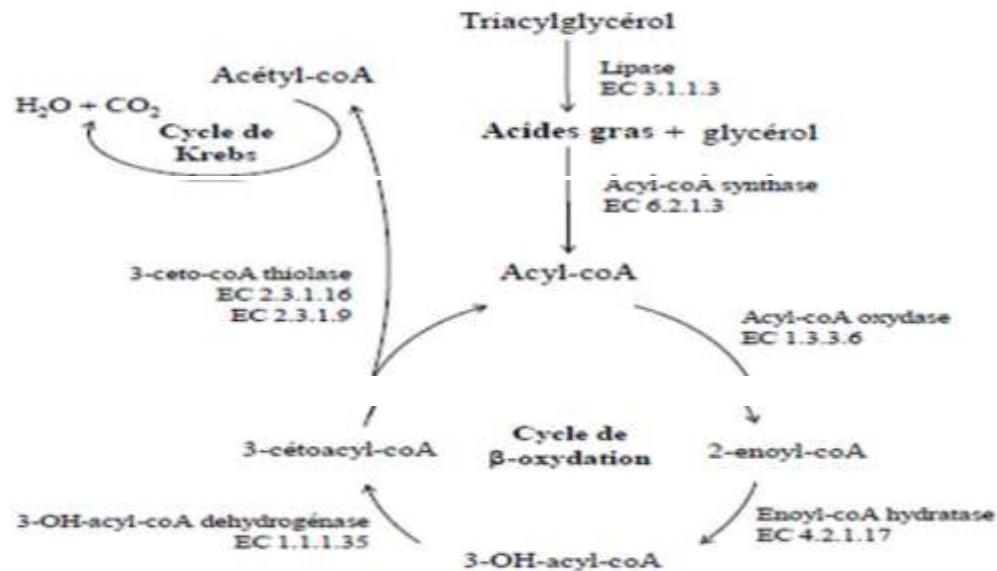


Figure 11 : lipolyse et β -oxydation des acides gras (Kinsella *et al.*, 1976).

c. la protéolyse

La protéolyse se définit comme étant l'hydrolyse des protéines et de peptides en acides aminés (Upadhyay *et al.*, 2004). Elle est le processus biologique le plus complexe et le plus important qui a lieu pendant l'affinage des fromages (Leclercq *et al.*, 2004). Elle participe au développement de la texture étant donné l'hydrolyse de la matrice fromagère, l'abaissement de l' A_w par la libération de molécules d'eau engendrée par cette hydrolyse permet indirectement l'augmentation du pH par la libération d'ammoniac lors de la désamination des acides aminés (Mc Sweeney *et al.*, 2000).

En plus, la protéolyse joue un rôle majeur dans le développement des saveurs du fromage en générant de courts peptides ainsi que des acides aminés libres qui seront éventuellement transformés en composés d'arômes (Yvon *et al.*, 2001).

La protéolyse dépend des protéinases et des peptidases qui proviennent principalement du coagulum, du lait, des ferments lactiques et de la microflore secondaire lactique (NSLAB) et non-lactique qui comprend entre autres les mycètes d'affinage (Lessard, 2014).

➤ Agents d'affinage

L'affinage qui est un ensemble de réactions enzymatiques, va progressivement transformer les constituants du fromage jeune, obtenu en fin d'égouttage, en une multitude de composés rendant la pâte plus ou moins onctueuse et fondante et lui conférant son arôme et son goût. Les enzymes responsables de ces transformations ont trois origines : celles présentes naturellement dans le lait, les agents coagulants ajoutés et celles des différents microorganismes bactériens, levures et moisissures (Goudebranché *et al.*, 2006).

1. Enzymes du lait

Dans des conditions normales, les laits contiennent une grande variété d'enzymes, qui proviennent de différentes sources. Elles peuvent être transférées d'organes dans le sang, où elles sont déjà présentes et d'où elles sont transportées à la glande mammaire (Mahaut *et al.*, 2000).

Dans le Tableau XI, nous énumérons les multiples groupes d'enzymes découvertes jusqu'à présent dans les laits de vache.

Tableau XI : Enzymes mises en évidence dans le lait (Jeantet *et al.*, 2008, Mahaut *et al.*, 2000).

Enzymes	Rôles
La plasmine	<ul style="list-style-type: none"> Protéase thermorésistante, elle intervient dans les fromages à pâte pressée cuite et non cuite à affinage lent.
La lipase	<ul style="list-style-type: none"> Détruite par la pasteurisation, elle aurait un rôle uniquement dans les fromages issus de lait cru
La phosphatase alcaline	<ul style="list-style-type: none"> Enzyme thermolabile, elle n'intervient que dans les fromages au lait cru. Elle hydrolyse préférentiellement les acides gras à courte chaîne. Son action est plus marquée dans le lait de brebis et de chèvre que de vache car les globules gras sont plus petits ; elle conduit à des fromages plus typés

2. Enzymes coagulantes

La fabrication d'un fromage commence toujours par la coagulation du lait à l'aide d'une préparation enzymatique coagulante (Alais, 1984).

L'agent coagulant le plus anciennement utilisé pour la transformation du lait en fromagerie est la présure. Cette enzyme est d'origine animale, notamment obtenue par macération du 4^{ème} estomac (4^{ème} poche de l'estomac) des jeunes ruminants non sevrés, appelé « Caillette ». Elle contient deux enzymes coagulantes : la chymosine et la pepsine (Bauer *et al.*, 2010).

Une fois introduite dans le lait, la présure entraîne une coagulation rapide : les protéines du lait s'amalgament et tombent au fond du récipient pour former le caillé (Bauer *et al.*, 2010).

3. Enzymes d'origine microbienne

Parmi les enzymes qui interviennent au cours de l'affinage on a celles qui sont d'origine microbienne et proviennent de nombreuses espèces de micro-organismes.

D'après Jeantet *et al.*, (2008), différents groupes microbiens peuvent générer ces enzymes, on peut citer :

3.1. Les bactéries

Dans cette catégorie, deux principales familles vont participer à l'affinage des fromages : Bactéries lactiques et les Bactéries d'affinage (Choisy *et al.*, 1997b).

3.1.1. Les bactéries lactiques

Dans le processus de transformation du lait en fromage à coagulation lactique ou mixte, la microflore lactique est la première flore à intervenir. Les bactéries lactiques appartiennent à un groupe de micro-organismes non-pathogènes de catégorie alimentaire (Labioui et Elmoualdi, 2005).

Dans l'industrie agroalimentaire ces bactéries occupent une place importante parmi les auxiliaires de fabrication. Dans le secteur laitier, leur fonction principale est de dégrader le lactose « Sucre majoritairement contenu dans le lait », pour produire de l'acide lactique (fermentation lactique) (Dortu & Thonart, 2009; Moraes *et al.*, 2010).

Certaines bactéries lactiques sont dites homofermentaires alors que d'autres sont hétérofermentaires (Helmut et Jürgen, 2009). Ce qui leur donne la capacité de fermenter les sucres en acide lactique par deux voies (Savadogo, 2004). A savoir :

- La voie homofermentaire ou glycolyse qui donne deux molécules de lactate par molécules de glucose ;
- La voie hétérofermentaire ou voie des pentoses phosphates (ou 6-phosphogluconate) qui permet l'obtention en plus d'une molécule d'acide lactique, de CO₂, d'une molécule d'ATP et d'une molécule d'éthanol ou de l'acétate, à partir d'une molécule de glucose (Savadogo, 2004).

Les bactéries lactiques sont classées en différents genres, selon la composition de leur paroi cellulaire, leurs caractéristiques biochimiques et génétiques (Stiles & Holzappel, 1997). Les principales bactéries lactiques intervenant lors de l'affinage des fromages et leurs fonctionnalités sont illustrées dans le Tableau XII :

Tableau XII : Les principales bactéries lactiques intervenant lors de l'affinage des fromages et leurs fonctionnalités (Gutarni, 2007).

Famille	Genres et espèces	Fonctions
Bactéries lactiques	Lactocoques et Streptocoques (<i>Lactococcus cremorris</i> , <i>L.lactis</i> , <i>Streptococcu thermophilus</i>)	Acidification et contribution à la protéolyse
	Leuconostocs	Ouverture de la pâte (production de gaz), acidification et production de composants d'arômes
	Entérocoques (<i>Enterocuccus faecium</i> , <i>E.faecalis</i>)	Acidification, protéolyse et contribution à la lipolyse, coloration des croûtes
	Lactobacilles mésophiles (<i>Lactobacilus casei</i> , <i>Lb.plantarum</i> ...)	Production de composants d'arômes

3.1.2. Les bactéries d'affinage

- **Les bactéries de surface**

Les bactéries de surface comprennent les microcoques et les bactéries corynéformes. Ces bactéries se développent en présence d'oxygène, c'est-à-dire en milieu aérobie, sont halophiles : elles croissent en milieu salé. La surface des fromages à croûte fleurie ou lavée contient ce type de bactéries, aux propriétés protéolytiques (qui clivent les protéines) et lipolytiques (qui clivent les lipides). Parmi les bactéries corynéformes, on compte notamment *Brevibacterium linens*, responsable de la coloration orangée de certains fromages comme le livarot (Playne, 1985).

3.2. Levures

Par leur caractère ubiquitaire, les levures se retrouvent présentes à la fois dans le lait et dans les fromages. Elles appartiennent à la flore banale du lait cru avec des teneurs moyennes de 10⁴ ufc/mL (Baroiller et Schmidt, 1990).

Les surfaces des fromages à pâte molle sont un habitat particulièrement favorable à la croissance des levures en raison du caractère acide des caillés (limitant ainsi le développement des flores bactériennes) et de l'abondance d'oxygène (Fröhlich-Wyder, 2003).

Les principales sources de contamination en levures proviennent de la saumure, qui à elle seule peut fournir jusqu'à 10³ ufc/g de levures (Viljoen *et al.*, 2003), et des locaux de

fabrication et d'affinage (air, sols, murs, étagères, équipement) (Baroiller & Schmidt, 1990 ; Fleet, 1990 ; Viljoen *et al.*, 2003).

Une étude menée sur la diversité microbienne à la surface des fromages a révélé que les levures les plus fréquemment isolées au cours de l'affinage appartenaient aux espèces *D. hansenii*, *Geotrichum candidum* qui se développent, en consommant l'acide lactique (Choisy *et al.*, 1997).

Le rôle des levures au cours de l'affinage commence au cours de l'égouttage et se poursuit pendant la maturation. La désacidification progressive de la surface des fromages par les levures est une étape primordiale de l'affinage, à partir de laquelle toutes les actions majeures suivantes découlent (Vassal *et al.*, 1986).

Leurs activités se traduisent par la libération de composés aromatiques, et contribuent donc directement à l'élaboration des caractéristiques sensorielles des fromages (Choisy *et al.*, 1997a).

3.3. Moisissures

La présence de moisissures internes ou superficielles caractérise divers types de fromages. Sur le plan technologique, les espèces les plus étudiées appartiennent au genre *Penicillium*. Elles contribuent, en métabolisant l'acide lactique, à la neutralisation de la pâte et produisent de nombreuses enzymes qui participent à la maturation du fromage. Elles sont soit directement inoculées dans le lait servant à la fabrication du fromage, soit pulvérisées sur les caillés (Bockelmann *et al.*, 1999). *Penicillium camemberti* est le champignon des fromages à pâte molle et à croûte fleurie, type camembert (Lenoir *et al.*, 1983).

Ce champignon possède un système protéolytique complexe et une activité lipasique importante, ce qui lui confère un rôle important dans l'aromatisation des fromages (Lenoir *et al.*, 1983). *P. camemberti* joue également un rôle majeur dans la maturation des fromages à croûte fleurie, notamment en consommant le lactate et en produisant de grandes quantités de CO₂ qui changent l'environnement gazeux des hâloirs. De plus, en se développant, le mycélium de *P. camemberti* forme une barrière qui empêche la prolifération de bactéries pathogènes et de moisissures (Bockelmann *et al.*, 1999).

➤ Les paramètres influençant l'affinage

Tous les facteurs susceptibles d'agir sur le développement microbien et les activités enzymatiques jouent un rôle déterminant sur la dynamique de l'affinage. Ils peuvent être classés en deux catégories : les facteurs internes qui sont propres aux fromages et les facteurs externes liés à l'environnement (Eck, 1990).

A. Facteurs internes

A.1. Le pH

Durant toutes les étapes de l'affinage, le pH joue un rôle prépondérant. En effet c'est un paramètre fondamental pour le développement microbien, mais aussi pour les réactions enzymatiques qui s'y déroulent et pour la texture des fromages (Lenoir *et al.*, 1985).

Les micro-organismes intervenant dans l'affinage provenant d'un ensemencement naturel ou volontaire présentent une sensibilité spécifique au facteur pH. Parmi les micro-organismes, seules les bactéries lactiques (Dellaglio *et al.*, 1994) et les levures (Van den Tempel and Nielsen, 2000) peuvent se développer à des pH inférieurs à 5 (pH qui n'autorise pas la croissance de bactéries d'altération comme les coliformes).

Dans les fromages de type Camembert, le pH remonte rapidement et atteint en surface une valeur proche de 7 bien avant la fin de l'affinage, alors que l'augmentation du pH à l'intérieur de la pâte est beaucoup plus lente (Lenoir *et al.*, 1985; Leclercq-Perlat *et al.*, 2004a).

A.2. L'activité de l'eau

Pendant l'affinage, l'activité de l'eau (A_w) est un paramètre aussi important que la température et le pH pour le développement des micro-organismes et la vitesse de certaines réactions enzymatiques (Acker, 1996).

Les bactéries, levures et moisissures ont des tolérances différentes à l' A_w du produit, cette dernière est comprise entre 0 et 1. Plus l'activité de l'eau est élevée, plus la quantité d'eau libre n'est importante, 1 étant le maximum. On peut définir une A_w limite de chaque groupe microbien, en-dessous du quel cette espèce ne se développe plus. Les valeurs d' A_w où la croissance est encore possible varient de 0,9 à 1 pour les bactéries, de 0,8 à 1 pour les levures et de 0,6 à 1 pour les moisissures (Gäuzere *et al.*, 2016). Si l'activité de l'eau diminue, l'activité des micro-organismes va également diminuer, car un abaissement à un taux inférieur à 0,5 ralenti cette activité et ne permet pas la multiplication des micro-organismes (il y'a augmentation de la phase de latence et diminution sélective de la vitesse de croissance), (Acker, 1996). C'est pour cette raison que les pâtes humides s'affinent plus rapidement (Gäuzere *et al.*, 2016).

A.3. La diffusion des solutés dans la matrice fromagère

La structure du fromage est une maille faite de micelles qui constitue une structure à l'intérieur de laquelle se trouve la phase aqueuse où se diffusent les molécules (Hardy, 1997).

B. Les facteurs externes

Il s'agit de facteurs liés aux conditions d'environnement physico-chimique dans lesquelles s'effectue l'affinage au sein d'un hâloir, dédié à cet effet.

B.1. La température de l'enceinte d'affinage

Pour un fromage donné, une température plus basse ou plus élevée que la normale se traduit par un affinage plus ou moins rapide. Cependant, toute modification de la température n'a pas pour seul effet de changer globalement la vitesse d'affinage. En effet, selon le groupe microbien ou le processus enzymatique, son influence sera plus ou moins grande et la dynamique interne du phénomène sera profondément modifiée (Lenoir *et al.*, 1985). Toute variation de température provoque donc des différences dans les caractéristiques des fromages notamment sur la protéolyse et la texture (Al Otaibi et Wilbey, 2004). Une température d'affinage trop élevée peut, aussi, conduire à la production de composés indésirables qui affectent négativement les propriétés organoleptiques des fromages (Kujawski *et al.*, 2003).

B.2. L'humidité relative de l'enceinte d'affinage

L'humidité relative, ou teneur en vapeur d'eau, de l'atmosphère des hâloirs joue un rôle important dans l'évolution de l'affinage des fromages. En effet, elle influence, à la fois, la perte de poids des fromages et l'activité de l'eau à leur surface (Fox *et al.*, 1993).

Dans les hâloirs, l'hygrométrie est inférieure à 100 %, de sorte qu'il se produit toujours une évaporation de l'eau de la surface du fromage vers l'atmosphère (Riahi, 2006).

L'hygrométrie influence le développement microbiologique de surface et la formation de la croûte. Un local humide favorise le développement de moisissures, levures et bactéries de surface tandis qu'un local sec favorise le croûtage des fromages (Ramet, 1997). L'évaporation varie en fonction de la quantité d'eau libre dans le fromage, de sa surface spécifique (surface / volume), de l'état de sa croûte, du temps de séjour en cave et de la vitesse de renouvellement de l'air dans la cave (Sicard, 2010).

B.3. La composition gazeuse de l'atmosphère de l'enceinte d'affinage

Elle concerne essentiellement trois gaz présents dans le voisinage des fromages au cours de l'affinage : le dioxyde de carbone, l'oxygène et l'ammoniac (CO_2 , O_2 , NH_3). Ces trois gaz, et leurs concentrations respectives, influencent la physiologie et l'activité respiratoire de la flore d'affinage ainsi que l'apparence des fromages. Ils vont donc agir sur la dynamique (cinétique) d'affinage (Riahi, 2006).

B.4. L'aération et la vitesse de l'air dans l'enceinte d'affinage

Après le salage, les fromages sont dirigés vers les hâloirs, une salle d'affinage de surface avec ventilation, où les atmosphères confinées sont à éviter, car ils rendent difficile la

croissance de la flore souhaitée et favorisent le développement de micro-organismes indésirables. De ce fait, les caves sont régulièrement aérées pour permettre le renouvellement de l'atmosphère (Ramet, 1985). Il y a intérêt à filtrer celui-ci pour éviter le risque de contamination des locaux et des fromages (Le frileux *et al.*, 2016).

➤ **Les défauts d'affinage**

L'affinage est un processus biochimique complexe et une non-maitrise de ses facteurs clés contribue à l'apparition des défauts qu'on peut classer en trois catégories (Riahi, 2006).

1. Défauts d'aspect et de croutage

• **Poils de chat**

Ce problème est lié à une moisissure contaminante, *Mucor*. La surface blanche du fromage est envahie par des petites taches noires (Figure 12) responsable d'une odeur de moisi. Il se manifeste si le fromage est trop humide ou peu salé, s'il y a une condensation en surface des fromages provenant de l'humidité excessive de la cave et si le développement du *Penicillium* est trop lent (ST-Gelais *et al.*, 2002).



Figure 12 : fromages envahis par la moisissure « *Mucor* » responsable de l'effet poil de chat (ST-Gelais *et al.*, 2002).

• **Peau de crapaud**

Ce défaut provient du développement excessif de *Geotricum Candidum*, la croûte devient visqueuse et coulante (Figure 13) et se décolle légèrement du reste de la meule. Cet hyper développement apparaît lors d'un salage insuffisant ou si la température est trop élevée en fin d'égouttage, ou lors d'une hygiène défectueuse (ST-Gelais *et al.*, 2002).



Figure 13 : croûte fromagère envahi par *Geotrichum Candidum* provoquant l'effet « Peau de crapaud » (ST-Gelais *et al.*, 2002).

- **Tâches bleuâtres**

Ce défaut est caractérisé par l'apparition en surface des taches blanchâtres ou verdâtres (Figure 14) provoquées par *Penicillium roqueforti* suite à un défaut d'acidification (ST-Gelais *et al.*, 2002).



Figure 14 : surface d'un fromage touchée par des tâches bleuâtres provoquées par *Penicillium roqueforti* (ST-Gelais *et al.*, 2002).

2. Défauts de saveur et d'arome

Une lipolyse accentuée peut entraîner l'apparition de saveurs et d'arômes indésirables. Des traitements technologiques brutaux, par exemple un brassage mécanique excessif ou une mauvaise conservation du lait cru, peuvent provoquer le bris des globules gras et rendre facilement accessibles les triglycérides aux lipases du lait (goût de rance) avant ou pendant le procédé de fabrication (ST-Gelais *et al.*, 2002).

Parmi ceux-ci, on distingue :

- Les défauts d'amertume : ils sont fréquemment rencontrés dans les fromages de type pâte pressée, bleu et pâte molle. Ce défaut de saveur provient de deux causes principales, une dose de présure ou de chlorure de calcium excessive, ou un mauvais

équilibre des ferments d'affinage par des conditions anormales dans la caillebotte ou dans le hâloir, ce déséquilibre conduit à la formation de peptides amers ;

- Le goût de rance : il apparaît lorsqu'il y a lipolyse excessive qui donne naissance à une quantité élevée d'acides gras libres à chaîne courte et moyenne. Les agents responsables sont les bactéries psychrotrophes, les lipases naturelles ou d'origine microbienne (germes contaminants, thermorésistants, levains, etc...) (Jeantet et al., 2008).
- Saveur sucrée : Elle est due à une teneur excessive d'acétaldéhyde ou d'esters produits par certaines souches de bactéries lactiques (Mahaut *et al.*, 2000).

3. Défauts de texture et de gonflement

Ces défauts peuvent avoir des origines technologiques (pâte sèche, coulante, fromage laine, sans ouverture ou trop ouvert, etc...) ou microbiologiques (gonflements précoces ou tardifs) (Jeantet *et al.*, 2008).

➤ Emballage et Conditionnement

Le conditionnement du camembert en vue de sa vente bien évidemment, doit assurer sa protection contre les agents extérieurs, durant ce délai qui a pour origine le conditionnement. Il consiste à emballer le produit fini « Camembert » dans du papier cellulosique et le placer dans des boîtes en carton (Eck et Gillis, 1997). Cet emballage doit :

- ✓ Etre non toxique ;
- ✓ Assurer une protection chimique ;
- ✓ Etre imperméable et protéger le produit contre : les chocs mécaniques, la déshydratation, la contamination par des microorganismes surtout les pathogènes, la perte des arômes et la pénétration de l'oxygène qui cause le phénomène d'oxydation ainsi que de la lumière qui l'accélère ;
- ✓ Etre étiqueté avec précision (date de fabrication et de péremption, composition du produit, etc...).

Une fois cette opération réalisée, les fromages sont prêts à être commercialisés soit à partir de l'unité, ou à partir des points de vente.

Partie expérimentale

❖ Présentation de l'unité (LAMROUS Sid ali)

Le fromage industriel « Le Friand » est fabriqué par la laiterie LAMROUS Sid ali créée le 04/03/2014 et spécialisée dans la fabrication du Camembert au lait de vache pasteurisé. Elle se situe au niveau de la zone d'activité Tala Allem à la sortie ouest de la wilaya de Tizi-Ouzou. Sa structure organisationnelle est représentée dans l'organigramme de la Figure 15. Son objectif est de produire un produit de qualité qui répond aux attentes des consommateurs et de dégager un bénéfice après avoir couvert toutes les charges générées de la production.

L'unité comporte un effectif de 34 employés compétents, ambitieux et qualifiés et bien formés aux pratiques indispensables dans une industrie agro-alimentaire. Sa capacité de production est de 22000litres/jour.

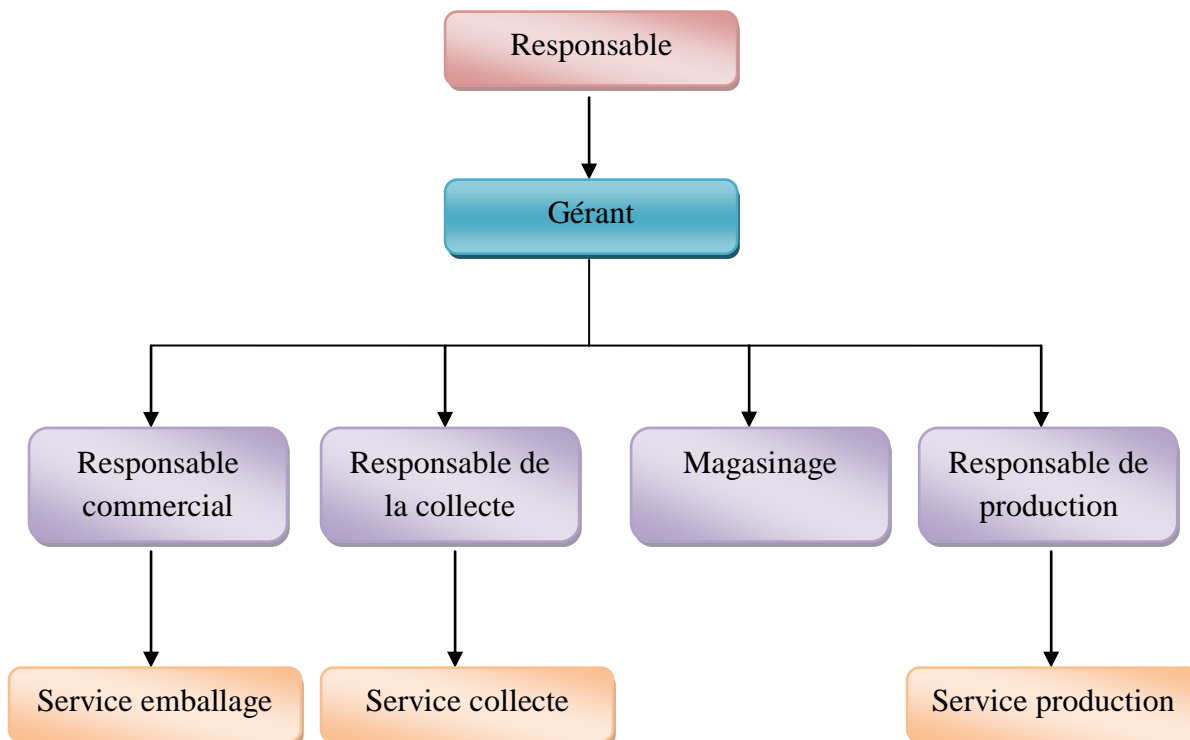


Figure 15 : organigramme de l'organisation administrative de la laiterie LAMROUS sid ali

I.1. Matériel et méthodes

Durant notre stage pratique, on a eu accès à plusieurs appareils, verrerie et réactifs, qui sont énumérés dans les tableaux (voir Annexe 01/07).

I.2. Objectif

Notre étude consiste à évaluer la qualité physicochimique et microbiologique du lait et du Camembert au sein de l'atelier de fabrication fromagère à l'unité industrielle « LAMROUS sid ali »

Les analyses de contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique des échantillons prélevés de la matière première « Lait cru » et du produit fini « Camembert » ont été effectuées au niveau du laboratoire d'analyses et de contrôle de la qualité de l'unité et dans un laboratoire externe.

I.3. Echantillonnage

Les échantillons des laits collectés et des fromages fabriqués ayant servi aux différentes analyses sont issues de la laiterie LAMROUS Sid ali de Tizi-Ouzou pendant la période (Mai/juin 2021). Ces échantillons quand ils ne sont pas analysés au laboratoire interne de l'unité, ils sont transférés au laboratoire de recherches de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ou un laboratoire externe.

Il est primordial que le laboratoire d'analyse microbiologique reçoit un échantillon représentatif du lot de produit non-endommagé ou modifié lors du transport et du stockage. Pour cela, nos échantillons analysés à l'extérieur sont transportés dans des glacières à 4°C.

Pour les analyses physicochimiques, l'échantillonnage a été réalisé sur la matière première « Lait de vache cru » ainsi que sur le produit fini « Camembert ».

Les échantillons du lait cru sont prélevés à sa réception au niveau de l'unité (500 ml de lait cru pour les analyses physico-chimiques et 500 ml du lait pasteurisé pour les analyses microbiologiques).

- Un échantillon prélevé de chacune des 05 pièces du camembert de 350g a été prélevé à chaque stade d'affinage (J+1, J+6 et J+12), le nombre total est de 15 boites ;
- Pour les analyses microbiologique, l'échantillonnage a été réalisé sur la matière première « Lait de vache pasteurisé » ainsi que sur le produit fini « Camembert ».

I.4. Diagramme de fabrication du camembert « Le friand »

L'unité de production « LAMROUS sid ali » fabrique le fromage type Camembert à partir de lait de vache cru collecté localement (Tizi-Ouzou et Boumerdes) et transporté dans des citernes isothermes jusqu'à l'unité, les étapes de transformation du lait en camembert sont illustrées dans la figure suivante (Figure 17)

- **Lait de collecte**

Le lait de vache cru provient de différentes fermes laitières et de différents troupeaux. Ce lait est acheminé à l'unité dans des citernes iso-thermiques (4-5°C), provenant des élevages environnants. Dès l'arrivée du lait collecté à la fromagerie, le responsable de la réception prélève un échantillon pour effectuer un test rapide d'acidité utilisant le réactif « Optif Jam » au niveau du laboratoire interne (Figure 16). Ce prélèvement est précédé par un mélange soigné du lait afin d'obtenir un échantillon homogène et bien représentatif de toute la quantité de lait livrée. Le résultat obtenu permettra ainsi de décider si le lait est d'une qualité acceptable (si après l'ajout de 2 à 3 goûtes du réactif la couleur bleu-violette apparaît le lait sera donc accepté par l'unité).



Figure 16 : test rapide de l'acidité du lait à sa réception

Les autres tests analytiques réalisés au niveau de la fromagerie à ce stade sont : dosage de l'acidité ; dosage de la matière grasse; détermination de la densité; test de détection des antibiotiques dans le lait. Le lait est stocké dans un tank réfrigéré à basse température (7°C) avant qu'il ne soit transformé en fromage.

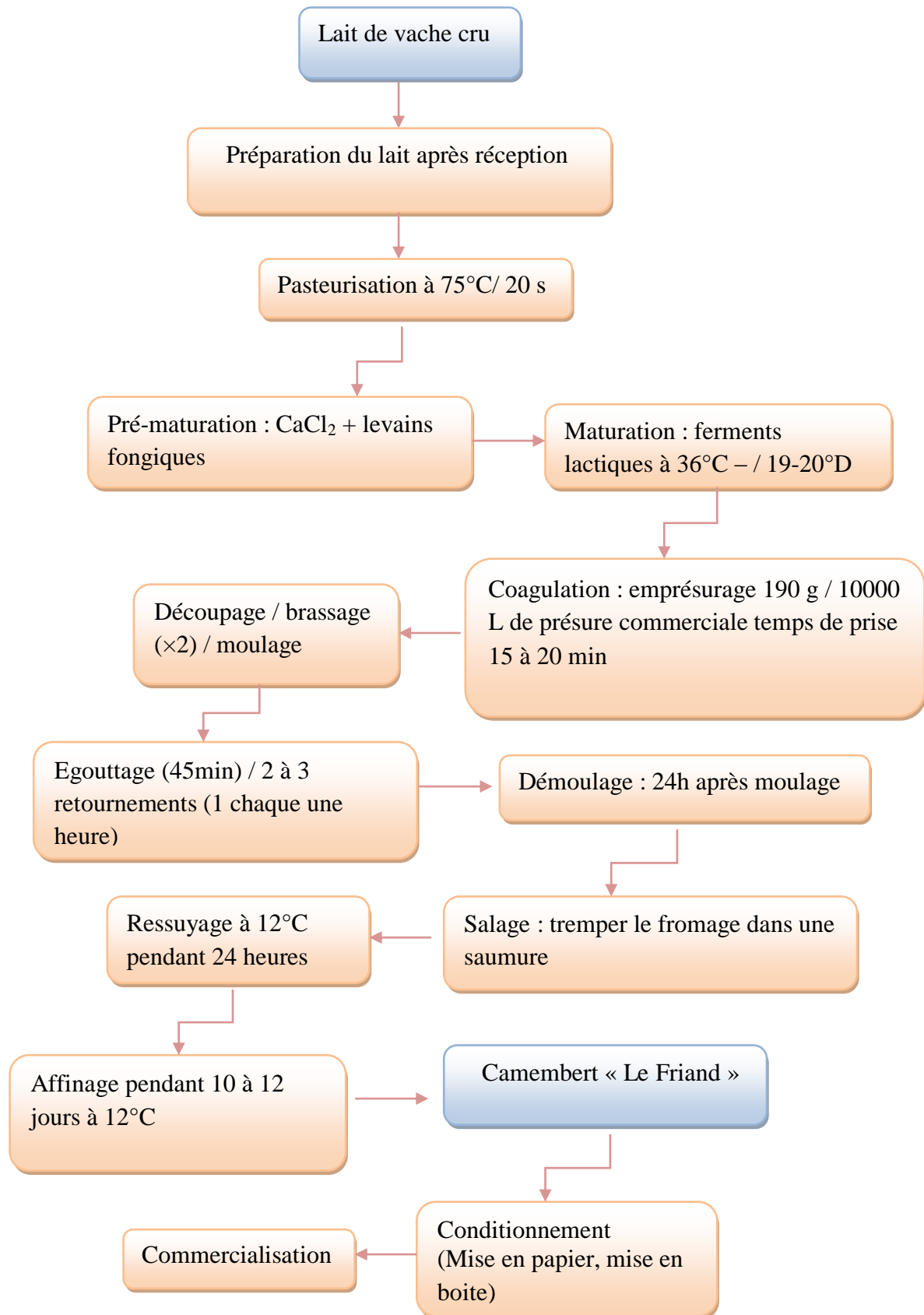


Figure 17 : diagramme de fabrication du Camembert à la laiterie Le Friand de Tizi-Ouzou.

➤ **Préparation du lait après réception**

Après la réception, le lait est aspiré par des pompes à filtrer. Toutes les particules et les impuretés macroscopiques et grumeaux qui peuvent s'y trouver sont éliminés. Cette opération est effectuée avant le traitement thermique (Figure 18).



Figure 18 : cuve principale à filtre (3300L)

➤ **Pasteurisation**

Les laits passent dans un pasteurisateur réglé au barème de 75°C pendant 20 secondes.

➤ **Maturation**

Cette étape est indispensable pour que le lait puisse atteindre une acidité de 23-24°D à une température de 37°C, par l'ensemencement avec des levains lactiques pendant 30 min, également pour rétablir l'équilibre salin du lait en ajoutant le chlorure de calcium CaCl_2 à raison de 1%.

➤ **Emprésurage du lait et coagulation**

Pour les fabrications fromagères à partir du lait frais la quantité de présure est de 2 à 3%.

➤ **Décaillage et le brassage**

Après coagulation, le caillé est découpé en petit cubes grâce à des grilles « Tranche caillé » ce qui va libérer le lactosérum, puis deux brassages successifs sont effectués pour faciliter la remontée du sérum qui sera soutiré ultérieurement.

➤ **Moulage et égouttage**

Le caillé brassé est mis dans des moules laissant échapper le sérum (Figure 19). Ces moules seront acheminés ensuite à l'endroit réservé à l'égouttage pour une durée de 45min. Ensuite, on procède à deux retournement (un retournement chaque 1heure). Dans le cas où le caillé est humide un troisième retournement permet d'avoir une meilleure exsudation du lactosérum.



Figure 19 : moulage du caillé

➤ **Démoulage**

Le démoulage consiste à enlever les moules des fromages, il se fait le lendemain de la fabrication quand l'acidité du sérum atteint la moyenne de 120°D.

➤ **Salage et ressuyage**

Après démoulage, le salage est effectué en utilisant des saumures (Figure20) ayant une concentration en sel entre 150 à 170 g/l pendant 35 à 40 minutes.



Figure 20 : salage du Camembert « bain de Saumur »

➤ **Ressuyage**

Après salage, les fromages sont déposés dans une salle de ressuyage pour une durée de 24 heures à une température de 12 °C, en effectuant un retournement pour permettre aux fromages de mieux sécher.

➤ **Affinage**

Les fromages sont introduits dans des hâloirs (Figure 21) à une température de 12°C pendant une durée de 12 jours, durant cette période les fromages sont pulvérisés de *Penicillium camemberti* et *Geotrichum candidum*, en effectuant des retournements tous les deux jours. La pâte est ainsi modifiée dans son aspect, sa texture et sa consistance et représente donc le produit fini qui est le Camembert.



(A)

(B)

Figure 21 : affinage des fromages, 1^{er} jour d'affinage(A), 12^{em} jour d'affinage (B)

➤ **Conditionnement et emballage**

Les fromages sont emballés dans du papier cellulosique, ensuite dans des boîtes en carton sur lesquelles sont inscrites les dates : de fabrication, de péremption du produit et les ingrédients (Figure 22). Ces fromages sont enfin prêts à la commercialisation.



Figure 22: fromage à pâte molle type Camembert « Le familial du FRIAND »

I.5. Analyses physico-chimique et microbiologique

I.5.1. Analyses physicochimiques du lait et du Camembert

- **Mesure du pH**

Le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une solution.

➤ **Méthode**

On étalonne le pH-mètre à l'aide de deux solutions tampons (acide et basique) puis on plonge l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon à analyser (lait et cœur du fromage), dont la

température doit être entre 20° et 25°C ; et on lit la valeur du pH ; à chaque détermination du pH, on retire l'électrode, on le rince avec l'eau distillée et on le fait sèche (voir Annexe 02)

- **Mesure de l'acidité titrable**

- **Principe**

Il s'agit d'un titrage acido-basique. L'acide lactique est neutralisé par une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (à 0.111N) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré.

- **Méthode**

On introduit dans un bécher 10 ml du lait cru auxquels on ajoute 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré puis on titre avec la solution NaOH (à 0.111N) tout en agitant jusqu'à apparition d'une coloration rose qui doit persister pendant une dizaine de secondes (voir Annexe 05)

L'acidité est exprimée en degré Dornic (°D) et donnée par lecture directe du volume (ml) de soude versée.

- **Expression des résultats**

On lit le volume de NaOH en ml sur la burette. Le résultat est exprimé en (°D) par la formule suivante :

$$AT = V \cdot 10$$

Avec :

AT: Acidité titrable (°D) « 1°D représente 0.1 g d'acide lactique dans un litre de lait » ;

V: Volume en ml lu sur la burette (Annexe 05).

- **Mesure de la densité**

- **Méthode**

On verse le lait dans l'éprouvette de 500ml, tenue inclinée afin d'éviter la formation des mousses ou de bulles d'air puis on plonge le lactodensimètre verticalement dans l'éprouvette, après sa stabilisation on lit la valeur de densité sur l'échelle (la graduation du thermo-lactodensimètre) à la surface de lait (Annexe 06).

- **Expression des résultats**

- Le lactodensimètre donne une valeur exacte à la température de 15°C ;

- La température du lait est inférieure ou supérieure à 15°C, il est nécessaire d'effectuer une correction.

On ajoute 0,2 par degré au-dessus de 15°C et on retranche 0,2 par degré au-dessous de 15°C.

$$AT = V. 10$$

$$T^{\circ} = 15^{\circ}\text{C} : D = V$$

$$T^{\circ} < 15^{\circ}\text{C} : D = V - (X.0, 2)$$

$$T^{\circ} > 15^{\circ}\text{C} : D = V + (X.0, 2)$$

Avec :

D : Densité ; **V** : Valeur lue sur le lactodensimètre ;

X : Nombre du degré de température ($^{\circ}\text{C}$) au-dessus ou au-dessous de 15°C .

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

- **Principe**

La teneur en matière grasse du lait et du camembert est déterminée par la méthode de GERBER (acido-butyrométrie).

Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique (H_2SO_4), la séparation de la matière grasse de l'échantillon par centrifugation dans un butyromètre est favorisée par l'addition d'une quantité d'alcool isoamylique.

- **Méthode**

- ✓ **Le lait**

- Installer le butyromètre sur son support, le remplir de 10 ml d'acide sulfurique (0,1% et à $D= 1,83$) ;
- Prélever 11 ml de lait à partir d'un échantillon bien homogénéiser et les introduire dans un butyromètre ;
- Ajouter 1 ml de l'alcool iso amylique et boucher le butyromètre ;
- Agiter les butyromètres manuellement jusqu'à dissolution complète de la caséine par l'acide sulfurique ;
- Afin d'obtenir une bonne homogénéisation, on met le butyromètre dans un bain marie pendant 5 minutes;
- Ensuite, centrifuger pendant 3 minutes à 1200 tours / min ;
- La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre (voir Annexe 04).

- **Expression des résultats**

$$\text{TMG \%} = A - B$$

Avec :

TMG : Teneur en matière grasse (%).

A : Valeur lue sur le butyromètre à la limite inférieure de la couche de matière grasse formée.

B : Valeur lue sur le butyromètre à la limite supérieure de la couche de matière grasse formée.

✓ **Le fromage**

- Dans un godet en verre préalablement taré, peser 3 g de fromage broyé et l'introduire ensuite dans un butyromètre ;
- Ajouter l'acide sulfurique par l'ouverture de la tige jusqu'à ce que le niveau d'acide dépasse le gobelet de 2 mm environ ;
- Après avoir bouché l'ouverture de la tige, le butyromètre est placé dans un bain-marie à 65°C pendant 5 minutes;
- Agiter de temps en temps le butyromètre dans un plan horizontal jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai ;
- Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique, ensuite de l'acide sulfurique jusqu'au trait repère de l'échelle du butyromètre ;
- Ensuite, homogénéiser et centrifuger pendant 3 minutes à 1200 tours / min ;
- La teneur en matière grasse est donnée par la lecture directe sur le butyromètre.

• **La Mesure de l'extrait sec total (EST)**

➤ **Principe**

L'extrait sec total est le taux de la matière sèche restant après dessiccation complète. Il est déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge (voir Annexe 03). La dessiccation permet l'évaporation totale de l'eau contenue dans l'échantillon.

➤ **Méthode**

✓ **Le lait**

À l'intérieur d'un dessiccateur infrarouge, on place une capsule préalablement séchée et tarée, introduire 3g de lait goutte à goutte et lancer le dessiccateur.

➤ **Expression des résultats**

On lit directement la valeur affichée en pourcentage sur l'écran du dessiccateur. La valeur de l'EST est exprimée en (g/l) pour le liquide.

✓ **Le fromage**

On dépose 3 g du produit broyé sur une feuille aluminium préalablement tarée sur une balance (il est important de bien étaler le produit sur la feuille) puis on note la valeur de la masse du produit affichée sur la balance (m1). Ensuite, on met l'échantillon dans un dessiccateur pendant 2 minutes puis on le retire du dessiccateur et on le pèse à nouveau (m2).

➤ **Expression des résultats**

L'extrait sec total est obtenu par la formule suivante :

$$\text{EST \%} = (m_2 / m_1) \cdot 100$$

m1 : Masse du produit avant dessiccation ;

m2 : Masse du produit après dessiccation.

• **Dosage des protéines**

➤ **Principe**

La méthode de Lowry consiste en un dosage colorimétrique particulièrement sensible se basant sur deux réactions colorimétriques :

- La réaction de Biuret dans laquelle Cu^{2+} en présence d'une base, réagit avec la liaison peptidique en donnant une couleur bleu-profond ;
- La chimie du réactif Folin-Ciocalteu, dans laquelle un mélange complexe de sel inorganique réagit avec les résidus tyrosine et tryptophane des protéines en donnant une intense couleur bleu-vert (Lowry *et al*, 1951).

Ainsi, dans un premier temps , une courbe étalon est effectuée à partir d'une solution mère de 0,1 mg/ml qui a servi à la préparation des solutions filles de 0 à 100 µg/ml et dans un second temps la concentration en protéines totales de l'extrait protéique est déterminée par la mesure de l'absorbance des solutions à 750nm.

➤ **Méthode**

1. Préparation des solutions

Solution A : 1g de Na_2CO_3 anhydre de 0,2g de NaOH dans 50 ml.

Solution B : 0,25 g de CuSO_4 dans 50 ml.

1g de tartrate de Na et K dans 50 ml.

Solution C : 50 ml de la solution A+ 1 ml de la solution B.

[BSA]=0,1mg/ml.

2. Gamme étalon (solution témoin)

Tableau XIII : Gamme étalon utilisée dans le dosage des protéines

Concentration µg/ml	0	30	50	80	100
Solution mère de BSA (µg)	0	300	500	800	1000
Eau distillée (µl)	1000	700	500	200	0

3. Réaction et mesure de l'absorption

A 0,5ml de la solution contenant entre 25 et 100 µg de protéines :

- Ajouter 2,5 ml de la solution C et mélanger ;

- Laisser 5 à 10 min à température ambiante ;
- Ajouter 0,25 ml du réactif de folin-cioacalteu, homogénéiser rapidement et mettre les tubes 30 minutes à l'obscurité ;
- Après 30 min, homogénéiser les solutions rapidement et lire la DO à 750 nm au spectrophotomètre U.V visible contre un blanc.

4. Courbe étalon

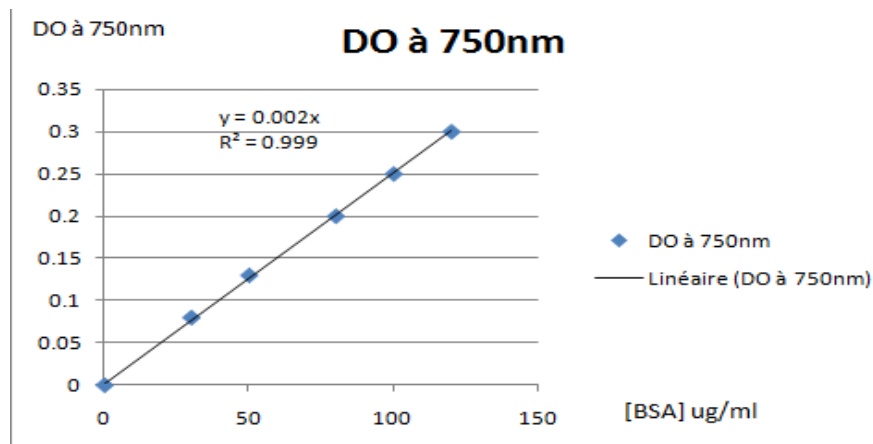


Figure 23 : courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de (Lowry *et al.*, 1951).

- **Variation du poids du camembert**

Dans le but de vérifier l'une des modifications que va subir le camembert pendant la phase de l'affinage qui est « Le poids », un lot de production a servi à cette étude, dont 5 pièces de Camembert ont fait objet, prises dans les stades suivant (1^{er}, 6^{ième} et 12^{ième} jour d'affinage).

I.5.2. Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique des produits laitiers est une étape importante qui vise, d'une part à conserver leurs caractéristiques organoleptiques et sensorielles, donc d'allonger leur durée de vie et d'autre part à prévenir les cas d'intoxication alimentaire liée à la présence des microorganismes pathogènes avant la transmission au consommateur (Vignola, 2002).

- **Préparation de la suspension mère**

Le produit en fin de fabrication (dernier jour d'affinage) à analyser étant un produit solide, il est nécessaire de procéder à son homogénéisation à l'aide d'une technique appropriée :

- Nous avons pesé 10 grammes du camembert à l'aide d'une balance ;
- Introduire 10 grammes de l'aliment à analyser dans un bocal stérile préalablement taré contenant 90 ml du diluant Tryptone Sel Eau (TSE) et homogénéiser. Cette suspension constitue alors la solution mère qui correspond donc aux dilutions 1/10 ou 10⁻¹.

- **Préparation des dilutions décimales**

- **Le lait pasteurisé**

- Agiter vigoureusement le flacon contenant la solution mère (SM) de lait et prélever 1 ml d'échantillon à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile dans la zone d'asepsie (Annexe 08) ;
- Ouvrir le tube contenant 9ml d'eau physiologique stérile (TSE), flamber l'ouverture y introduire le volume prélevé sur la paroi sans toucher le liquide (dilution au 1/10 ou 10^{-1}). Eviter tout contact avec la pipette contenant l'inoculum et le diluant stérile. Flamber et refermer le tube ;
- Agiter ce tube (dilution 10^{-1}), prélever 1 ml et verser dans un autre tube contenant 9 ml du même diluant (dilution au 1/100 ou 10^{-2}). L'opération est ainsi renouvelée en changeant de pipette et en versant de nouveau 1 ml dans un nouveau tube contenant 9ml d'eau physiologique stérile (dilution au 1/1000 ou 10^{-3}) et ainsi de suite, jusqu'à ce que la concentration en bactéries devienne relativement faible.

- **Produit fini « Camembert »**

- Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur stérile 1 ml de la SM (10^{-1}) dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml de TSE (Tryptone-sel-eau). On obtient alors la dilution 1/100 ou 10^{-2} ;
- Par la suite, on introduit 1ml de la dilution (10^{-2}) dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant. Cette dilution est alors au 1/1000 ou 10^{-3} ;
- On introduit aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, 1 ml de la dilution (10^{-2}) dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9 ml du même diluant. Cette dilution est alors au 1/10000 ou 10^{-4} (voir Annexe 09).

Au moment de la réalisation des dilutions décimales, il est impératif de changer de pipettes entre chaque dilution et d'homogénéiser les tubes avant chaque prélèvement.

Le diluant (TSE) contient de la Tryptone qui assure la revivification des micro-organismes ayant subi des traitements subégaux.

Ces dilutions serviront à la recherche des germes suivants :

- Germes aérobies mésophiles totaux
- Coliformes totaux et fécaux

- **Analyse des produits (Lait et Camembert)**

1. Recherche d'antibiotique dans le lait par Beta Star Combo

La recherche des résidus d'antibiotiques dans le lait collecté est un test effectué à la réception du lait cru au laboratoire de l'unité, afin d'accepter ou de refuser le produit livré par une méthode rapide qu'est le Beta Star Combo.

Le test de Beta Star Combo est une méthode de dépistage rapide permettant de détecter en deux étapes la présence d'antibiotiques bêtalactames et tétracyclines dans le lait de vache, vu leur utilisation pour le traitement des mammites qui peuvent infecter les vaches laitières.

➤ Méthode

On met 0,2 ml de lait dans un petit flacon contenant un disque de marque «Beta Star Combo », puis on l'incube à 47,5°C (3 min pour Beta / 2 min pour le Combo). Ensuite, on plonge une tigette dans le petit flacon et on incube à 47,5°C (2 min pour le Beta / 3 min pour le Combo). Enfin, on fait la lecture en 5 minutes (voir Annexe 7).

✓ Lecture des résultats

Le test se fait en deux étapes :

- Une première incubation où les antibiotiques présents se lient au récepteur ;
- Une deuxième incubation où le lait migre sur un support immunochromatographique « la tigette » présentant deux (2) bandes et une troisième pour le Combo).

- Une bande retient les récepteurs qui n'ont pas de Béta-lactames (Négatif) ;
- une autre bande sert de référence ;
- une bande supplémentaire pour le Combo qui retient les récepteurs qui n'ont pas de Tétracyclines (Négatif).

2. Recherche et dénombrement des microflores bactériennes

La recherche et le dénombrement des microflores reflète la qualité microbiologique générale du lait et permet de suivre son évolution au cours de sa transformation et voir la qualité du produit fini. Ils permettent aussi d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit. Afin de calculer le nombre de bactéries par ml à partir des dilutions on utilise la formule suivante

$$N = \frac{\sum \text{Colonies}}{V_{\text{mL}} \times (n_1 + 0,1 n_2) \times d_1}$$

N : nombre d'UFC par produit initial ;

Σ Colonies : sommes des colonies des boîtes interprétables ;

V_{mL} : volume d'inoculum déposé par boîte (1 ml) ;

n_1 : nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue ;

n_2 : nombre de boîtes considéré à la seconde dilution retenue ;

d_1 : facteur de la première dilution retenue.

Les germes recherchés, les milieux de cultures utilisés et les conditions d'incubation sont présentés dans le Tableau XIV.

Tableau XIV: Germes recherchés aux différents points d'échantillonnage

Germes recherchés	Milieux de culture utilisés	Conditions d'incubation
Coliformes totaux	VRBL (Milieu lactosé bilié au cristal violet et au rouge neutre)	37°C pendant 24 à 48 heures
Coliformes fécaux		44°C pendant 24 à 48 heures
Flore mésophile aérobie total	PCA (Plate Count Agar)	30°C pendant 24 à 48 heures

2.1. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT)

La gélose glucosée à l'extrait de levure, appelée également « Plate Count Agar » ou PCA, est utilisée en bactériologie alimentaire pour le dénombrement des bactéries aérobies psychrotrophes mésophiles dans le lait, les viandes et les autres produits alimentaires.

➤ Principe

Les substances nutritives apportées par la tryptone, les facteurs vitaminiques de l'extrait de levure et le glucose (source énergétique) favorisent la croissance de la plupart des bactéries à 30°C.

➤ Mode opératoire

- On transfère 1 ml de la suspension mère (10^{-1}) et des dilutions décimales successives (10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4}) dans des boîtes de pétri stériles ;
- Par la suite, on ensemence en masse les boîtes de pétri en coulant le milieu PCA maintenu en surfusion à 45-46°C ;

- Homogénéiser parfaitement puis on laisse se solidifier ;
- On place les boîtes de pétri retournées dans l'étuve à 30°C pendant 24 à 48 heures (voir Annexe 11).

2.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux

➤ Principe

Les coliformes se caractérisent par leur aptitude à fermenter plus ou moins le lactose. Elles sont dénombrées après 24 heures d'incubation à 30°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux, en milieu solide sur la gélose VRBL (Annexe 12).

Ce milieu contient deux inhibiteurs de la flore à Gram positif : Des sels biliaires et le cristal violet. Il contient également du lactose qui peut être fermenté avec production d'acides organiques qui abaissent le pH du milieu et font virer l'indicateur coloré de pH, le rouge neutre au rose rouge.

➤ Mode opératoire

- En zone stérile et à partir des dilutions décimales réalisées (allant de 10^{-3} à 10^{-1}), ensemer une série de 6 boîtes de Pétri vides avec 1ml d'inoculum ;
- Compléter ensuite chaque boîte avec environ 15 ml de gélose VRBL (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre ; violet red bile lactose), fondue puis refroidie ;
- Homogénéiser ensuite avec des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée ;
- Laisser solidifier sur pailleuse puis incubé.

II.1. Analyses physicochimiques

II.1.1. Lait de vache cru

Les résultats des analyses physicochimiques du lait de vache cru sont indiqués dans le Tableau XV.

Tableau XV : Résultats des analyses physicochimiques du lait de vache cru

Paramètres	Moyenne	Norme AFNOR (1980)
pH à 20°C	6,59 ±0,08	6,6-6,8
Acidité °D	18,5 ± 0,55	16-18
EST (g/l)	110.6 ±0,15	102-125
Protéines (g/l)	26,5 ±0,1	34-36
MG (%)	33,25 ±0,9	34-36
Densité	1028 ±0,005	1028-1032

- **pH**

Les résultats du pH obtenus pour le lait de vache cru sont conformes aux normes, ce qui nous renseigne sur le respect des bonnes conditions de la traite, stockage et transport du lait jusqu'à l'unité.

Selon Siousarran (2003), la détermination du pH donne une première idée sur le stade de l'évolution du produit et sur la présence de germes qu'on peut éventuellement y trouver.

- **Acidité titrable**

Les valeurs obtenues pour la mesure de l'acidité du lait sont des valeurs répondant à la limite d'acceptation définie par l'AFNOR et qui est de 18°D, ceci indique que le lait est frais et n'a pas subi une fermentation lactique.

Toute augmentation de l'acidité traduit une mauvaise conservation ou un mauvais transport du lait. La rupture de la chaîne de froid induit le développement de la flore lactique.

L'acidité élevée d'un lait est attribuée à sa richesse en constituants à caractères acides tel que l'acide lactique et anions phosphates. L'élévation de l'acidité s'accompagne d'un abaissement du pH du lait (Vignola, 2002).

Par ailleurs, Essalhi (2002), rapporte que le mouillage du lait provoque une diminution de son acidité qui se situe normalement entre 15 et 18°D pour un lait frais. Peut-être un indicateur de qualité au moment de la livraison car elle permet d'apprécier la quantité d'acide produite par les bactéries ou les éventuelles fraudes (Joffin, 2004).

L'acidité et le pH dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions, des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et son activité métabolique de la manutention du lait (Alais, 1984).

- **Densité**

Les résultats de mesure de la densité du lait, montrent des moyennes de 1.028 ± 0.004 ceci dit que le lait concorde avec la norme qui est de (1.028-1.032).

Selon Alais (1984), la densité du lait est un paramètre qui varie selon l'espèce, elle varie aussi selon la proportion d'éléments dissous ou en suspension et elle est inversement proportionnelle au taux de matière grasse.

Ce paramètre est très recherché en industrie car il permet la détection des fraudes. Le mouillage abaisse la teneur du lait en ses divers constituants, entraînant ainsi des modifications de ses constantes physiques.

La valeur supérieure de la densité est due à l'élévation du taux d'extrait sec du lait qui conduit à l'augmentation de la masse du même volume de lait (Mathieu, 1998).

- **Extrait sec total**

L'extrait sec total mesuré du lait cru est inférieur aux normes recommandées par l'AFNOR, ceci peut être dû à l'alimentation de la vache comme il est expliqué ci-dessous.

D'après Veisseyre (1975), ce sont les matières azotées du lait qui forment avec la matière grasse la presque totalité de la matière sèche du fromage. Donc les variations du taux de la matière sèche (EST) du lait est influencé par les fluctuations de ces deux constituants.

En effet, selon Martin et Coulon (1995), l'ingestion de quantités importantes de fourrages d'aliments concentrés par les vaches laitières entraîne une augmentation de la production du lait et aussi une augmentation du taux de MG et des protéines ce qui induit un accroissement de taux d'EST du lait de vache.

- **Matière grasse**

La valeur moyenne trouvée dans l'échantillon étudié est un peu faible par rapport aux normes AFNOR. En effet, la matière grasse, critère relativement variable d'un jour à l'autre, est fortement liée à la traite (Hoden et Coulon, 1991).

De plus, selon Pougheon et Goursaud (2001), cette diminution peut aussi être attribuée au stade de lactation, où le taux butyreux diminue en début de lactation pour atteindre un minimum au bout d'environ 6 semaines.

Par ailleurs, Mekroud (2010), a confirmé que la variation du taux butyreux (TB) dépend de la période de lactation et la saison de la traite du lait.

- **Taux de protéines**

La teneur en protéines trouvée est faible par rapport à la norme requise. Selon Martin et Coulon (1995), beaucoup de facteurs peuvent influencer négativement sur le taux protéique des laits, tels que l'alimentation quotidienne déficiente en fourrage et plantes herbacées, il y'a également l'effet de la race, l'âge, le stade de lactation, la saison et le climat. Le premier facteur semble néanmoins prépondérant dans l'obtention de ces teneurs faibles.

II.1.2. Produit en cours de fabrication

La variation des caractères physicochimiques participent à la modification des caractères intrinsèques du produit fini d'où la nécessité d'un suivi de ces paramètres en cours de fabrication du produit.

Les résultats des analyses physicochimiques du produit en cours de fabrication sont résumés dans le (Tableau XVI)

Tableau XVI: Résultats des analyses physicochimiques du produit en cours de fabrication.

Paramètre	J1	J6	J12
PH à 20°C	5,53±0,70	4,7±0, 26	5,2±0,52
Acidité °D	10,55±0,78	10,76±0,37	9,52±0,71
MG(%)	23±1	23±1	25±1
EST (%)	48,46±0,62	50,26±0,43	54,5±0,32
Protéines (%)	12,14±0,36	13,48±0,26	14,57±0,32
Poids unitaire (kg)	0.40±0.028	0.39±0.028	0.344±0.024

En se développant, les bactéries lactiques forment de l'acide lactique par fermentation des traces de lactose (Vignola, 2002). Cependant, on remarque que le pH et l'acidité évoluent inversement, plus le pH augmente l'acidité diminue. Les pH passent de 5,53 et 4,7 aux pH de 5,2 respectivement pour le 1^{er} jour, le 6^{ème} et le 12^{ème} jour d'affinage. Cette augmentation, même si elle n'est pas intense, est une conséquence de la désacidification des fromages. L'acidité des fromages diminue entre le premier jour (10,55) et la fin de l'affinage (9,52).

Il est notamment établi que l'assimilation de l'acide lactique par la flore fongique d'affinage (*P. camemberti* et *G. candidum*) fait augmenter le pH du fromage, favorisant ainsi l'action des enzymes protéolytiques qui, en libérant le NH₃, conduit à la neutralisation et à la désacidification des fromages (Lenoir, 1984).

Les teneurs en extrait sec total (EST) du fromage augmentent au fur et à mesure que la maturation se prolonge dans le temps. Ces teneurs passent de 48,46% au 54,5 % le 12^{ème} jour d'affinage. Cette concentration de l'EST peut être attribuée à la perte d'eau et aux échanges gazeux dans les hâloirs d'affinage, ce qui fait augmenter aussi les teneurs en matières grasses et protéiques des fromages. En effet, au dernier jour d'affinage, les teneurs en MG et en protéines atteignent les valeurs de 25 % et 14,57% respectivement (Riahi, 2006).

D'une autre part, on remarque une baisse du poids au cours de l'affinage qui est due à l'évacuation de l'eau libre contenue dans le Camembert et cela par le biais du sel (salage) et ce dernier diminue également l'activité de l'eau et celle de la majorité des microorganismes (Grappin et Branger, 2006).

II.2. Analyses microbiologiques

II.2.1. Lait pasteurisé

Le (Tableau XVII) ci-dessous, résume les résultats des analyses microbiologiques exprimés en UFC/ml du lait pasteurisé.

Tableau XVII : Résultats des analyses microbiologiques du lait pasteurisé.

Germes recherchés	Lait pasteurisé	Norme (*) (UFC/ml)
FMAT	2,54.10 ⁴ UFC/ml	10 ⁵
Coliformes totaux	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs
ATB	Abs	Abs

Norme (*) : JORA (1998) **Abs :** Absence **UFC/ml :** Unité Formant Colonie par millilitre.

Les résultats exprimés dans le tableau XVII sont conformes aux normes JORA (1998) et témoignent d'une bonne conduite de la pasteurisation (75°C /20s) que le lait de vache cru a subi avant sa transformation en camembert.

En effet, Selon Leclerc *et al.*, (1997), ce traitement (pasteurisation) permet de détruire tous les germes pathogènes, la majorité des germes saprophytes tout en préservant au maximum les propriétés organoleptiques et nutritionnelles des aliments. Il est considéré

comme un traitement d'assainissement et de conservation à court terme sous régime de froid (Guiraud, 2003).

- **Flore mésophile aérobie totale (FMAT)**

Dans le cas du lait pasteurisé le résultat $2,54 \cdot 10^4$ UFC/ml est conforme à la norme établie dans le journal officiel qui est de 10^5 UFC/ml.

- **Coliformes totaux/ fécaux**

Les résultats montrent l'absence des coliformes fécaux/totaux dans le lait pasteurisé et répondent aux normes indiquées par JORA (1998). Ceci témoigne des bonnes conditions de la traite ainsi que le respect de l'hygiène.

II.2.2. Résultats de l'évolution microbienne au cours de l'affinage du fromage

Les différents résultats issus de dénombrement des groupes microbiens dans le Camembert « Le Friand » sont présentés dans le Tableau XVIII suivant :

Tableau XVIII : résultats d'analyse microbiologiques du Camembert « Le Friand »

Germes recherchés	1 ^{er} jour	6 ^{ème} jour	12 ^{ème} jour
FMAT	$2,2 \cdot 10^6$ UFC/g	$1,1 \cdot 10^6$ UFC/g	$3 \cdot 10^5$
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs

Abs : Absence. **UFC/g** : Unité Formant Colonie par gramme.

1.1. Flore mésophile aérobie totale

Cette flore varie tout au long de l'affinage, à partir de la matière première « Lait » jusqu'au premier jour d'affinage $2,2 \cdot 10^6$ UFC/g ensuite elle évolue pour atteindre $3 \cdot 10^5$ UFC/g au dernier jour de maturation. Cette évolution régressive peut être expliquée par deux facteurs intrinsèques tels que le pH et la présence de composés antimicrobiens générés par les ferments utilisés qui peuvent avoir des effets inhibiteurs dans le fromage (Lenovich, 1987).

Selon Montel et Chtelard-Chauvin (2014), certains facteurs tels que le stade de lactation et l'ensilage influent sur la qualité de la matière première utilisée pour la fabrication fromagère type « Camembert ». En effet, le lait est chargé en cellules microbienne en début de lactation puis elle se réduit vers la fin des 10 derniers mois. De même, l'ensilage peut contenir différentes bactéries lactiques qui se transmettent au lait puis au fromage.

1.2. Coliformes fécaux/totaux

Une absence totale de coliformes totaux et fécaux a été observée tout au long de la fabrication du Camembert « Le Friand ». Cela résulte du traitement thermique effectué (Pasteurisation) ainsi des bonnes conditions d'hygiène respectées lors de la fabrication.

Selon Grappin et Branger (2006), l'absence des coliformes totaux et fécaux dans le produit fini est due essentiellement au salage qui diminue l'activité de l'eau (A_w) et l'activité de la plupart des microorganismes, car l'abaissement de cette dernière (A_w) augmente la durée de la phase de latence des microorganismes et diminue sélectivement leur vitesse de croissance. Une concentration en sel située entre 0 à 5% abaisse l' (A_w) des coliformes de 0.992 à 0.975 ce qui diminue environ 75% de leur charge dans le produit fini. Au-delà de 5%, on aura une inhibition totale de ces germes (Choisy *et al.*, 2006).

En effet d'après Cuq (2007), la recherche des coliformes permet de mettre en évidence l'insuffisance du processus ou de mauvaises conditions de fabrication. Leur présence dans un aliment signifie que la contamination provient des manipulateurs ou des équipements et instruments de travail. Pareille contamination est non sans conséquences sur la qualité du produit fini. Ainsi, selon ST-Gelais et Tirard-Collet (2002), les coliformes peuvent fermenter le lactose, dans certaines conditions, pour produire des composés alcooliques ainsi que des gaz, notamment le CO_2 dans la pâte fromagère pouvant conférer certaines saveurs désagréables au produit.

Conclusion

Dans ce travail nous nous sommes intéressées à deux aliments essentiels qui sont le lait et le camembert, lesquels s'inscrivent parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée. De plus, la haute valeur biologique des protéines du camembert leur 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.

Au cours de notre travail, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques (pH, acidité, densité, matière grasse, EST, dosage des protéines) du lait cru destiné à la fabrication du Camembert et du produit (au cours et après maturation) pour connaître leurs caractéristiques. Ainsi que les analyses microbiologiques (dénombrement de la flore mésophile aérobie totale et de coliformes totaux/fécaux) pour évaluer leurs qualité hygiénique, sanitaire et microbiologique.

Les résultats des paramètres physico-chimiques du lait (acidité, densité et pH) sont conformes aux normes de qualité préconisée par les normes AFNOR (1980), quant aux valeurs de MG, EST et de protéines sont légèrement faibles par rapport à ces normes.

Les résultats physicochimiques du Camembert, ont montré que le pH est inversement proportionnel à l'acidité dornic. Les teneurs en MG, EST et les protéines évoluent d'une manière progressive tout au long de l'affinage.

A la suite des différentes analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons lait/Camembert, les résultats obtenus montrent une charge moyenne en FMAT, une absence des coliformes fécaux/totaux dans le lait pasteurisé et le produit tout au long de sa production. Ainsi, la recherche des résidus d'antibiotique dans le lait collecté a révélé leur absence. Elles répondent donc aux normes indiquées par JORA (1998). Ceci témoigne des bonnes conditions de la traite ainsi que le respect de l'hygiène.

Néanmoins, il est intéressant de poursuivre ce travail, ainsi de nombreuses perspectives peuvent être retirées:

- La possibilité d'utiliser la poudre du lait pour la fabrication d'autres types de fromage pour mettre en évidence son effet sur la qualité du produit ;
- L'étude de l'effet de la poudre du lait sur la qualité des fromages obtenus par la caractérisation des produits de dégradation qui a lieu lors de l'affinage ;
- Etudier l'effet de la cuisson sur la qualité du produit ;
- Suivis du profil protéolytiques et lipolytiques au cours de l'affinage ;
- Etudier les activités biologiques notamment les activités anti oxydantes et les activités antibactériennes au cours de l'affinage du Camembert.

Références bibliographiques

A

ABOUTAYEB R. (2009). Technologie du lait et dérivés laitiers
<http://www.azaquar.com>.

ACHEZEGAG F.Z., ZERARKA F et MERIDED FATIMA. (2008) .Analyse microbiologique des produits laitiers (Le yaourt) .Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'études supérieurs en biologie. Université de Ouargla, pp48.

ACHILLEOS C. (1999). Influence of the composition of Alpine high land pasture on the chemical, rheological and sensory properties of. J. Dairy Res., 66, 579-588.

ACKER, L. W. (1996). Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques de la biologie de l'affinage. In : Le fromage. 3ème édition, Lavoisier, Paris : Tec et Doc, p.19-27.

ADRIAN J., POTUS J., et FRANGE R. (2003). La Science Alimentaire de A à Z, Lavoisier, 3ème édition. P549.

AFNOR. (1980). Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers Méthodes d'analyses, 33-34.

AGGAD H., MAHOUZ F., AHMED AMMAR Y et KIHAL M. (2009). Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. Revue Méd. Vét., 160(12): 590-595p.

ALAIS C. (1984). Science du lait: principes des techniques laitières. 4 ème édition, Paris.

ALAIS C. et LINDEN G. (1993). Biochimie Alimentaire. Masson ,2ème ed., Paris.

ALAIS C., LINDEN G. et MICLO L. (2008). Biochimie Alimentaire, DUNOD, 6ème Ed. Paris.

ALOTAIBI M. AND WILBEY A. (2004). Effects of temperature and salt on maturation of white-salted Cheese. International Journal of Dairy Technology 57-63.

AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive,

Références bibliographiques

qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L (2002). Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN P : 1-69 (600 pages).

ARMENDARIZ G.B. et COCHET N. (1993). Le fromage : la tradition à la base de l'innovation bio future, 119, 27-29.

B

BADINAND F. 1994. Maîtrise du taux cellulaire du lait. Rec. Méd. Vét., n°170.

BAROILLER, C. & SCHMIDT, J. L. (1990). Contribution à l'étude de l'origine des levures du fromage de Camembert. Lait 70, 67-84.

BAUER W.J., BADOUD R., LOLIGER J. (2010). Sciences et technologies des aliments. Ed. ALAIN ETOURNAUD, pp : 539-562.

BEKHOUCHE, N. (2004). Les indicateurs de durabilité des exploitations laitières en Algérie : Cas de la Mitidja. Thèse de Magister, INA El Harrach (Alger). 135p.

BENALIA Y., HAKEM A et MATI A. (2013). Factors Affecting Milk Composition of Algerian Ewe Reared in Central Steppe Area. Research Journal of Dairy Sciences, 2 (215-221).

BENYOUCEF, M.T. (2005). Diagnostic systémique de la filière lait en Algérie. Organisation et traitement de l'information pour analyse des profils de livraison en laiteries et des paramètres de production des élevages. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. INA. Alger, 2 tomes : 396p.

BERTRAND F. (1988). Le fromage grand œuvre des microbes. Revue générale du froid, 78. P: 519-527.

BIOCHARD D. (1986). Relation entre production et fertilité chez la vache laitières. Revue : Elev. Et Inse. N° 213, p : 15-23.

BOCKELMANN, W., PORTIUS, S., LICK, S. & HELLER, K. J. (1999). Sporulation of *Penicillium camemberti* in submerged batch culture. Systematic and Applied Microbiology 22, 479-485.

Références bibliographiques

- BOSZE Z. (2008).** Bioactive components of milk, Springer science, New York.
- BOULANGER A., GROSCLAUDE F. et MAHE M-F. (1984).** Polymorphisme des caséines α S1 et α S2 de la chèvre (*Capra hircus*). Génétique Sélection et Evolution. 16 (2), 157-176.
- BOULTIF L. (2015).** Détection et quantification des résidus de Tetramycine et de Pénicilline dans le lait de vache. Thèse de doctorat. Université des frères de Constantine Institut des sciences vétérinaire 156 p.
- BOURDIER J.M et LUQUET M.F. (1991).** Dictionnaire Laitier. Techniques et Documentation, Lavoisier, 2^{ème} ed ., Paris.
- BOUTONNIER J.L. (2000).** Fabrication du Fromage Fondu ; in : "Techniques de l'ingénieur, traité agroalimentaire", F 6310.
- BOUTONNIER J.L. (2008).** Matière grasse laitière composition organisation et propriétés. Techniques de l'ingénieur, Traité Agroalimentaire (F 6320), Paris.
- BRUNNER J. (1981).** Cow milk proteins: twenty five years of progress. J dairy Sci, 1981, **64**: 1038-1054. In **BUCHIN S., MARTIN B., DUPONT D., BORNARD A.,**

C

- CAMPBELL J R et MARSHALL R T. (2016).** Dairy production and processing: the science of milk and milk products. Waveland press. INC, USA
- CAPLET C., THIBIER M. (1973).** In La vache laitière 2^{ème} édition : Vigote frères ,720p.
- CAROLE L. VIGNOLA. (2002)** - science et technologie du lait, transformation du lait, Canada, 600P.
- CAYOT P et LORIENT D. (1998).** Structures et technofonctions des protéines du lait. Techniques et documentation, Lavoisier, Paris.
- CHEFTEL. H., CHEFTEL. J.C. (1992).** Introduction a la biochimie et a la technologie des aliments. Tec & Doc-Lavoisier, Paris.

Références bibliographiques

CHOISY C., DESMAZEAUD M., GUEGUEN J., LENOIR J-L., SCHMIDT C. et TOURNEUR. (2006). Les phénomènes microbiens. In : « fromage ». 3^{eme} édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

CHOISY, C., DESMAZEAUD, M., GRIPPON, J. C., LAMBERET, G. & LENOIR, J. (1997a). La biochimie de l'affinage. In *Le fromage*, pp. 86-153. Edited by A. Eck & J. C. Gillis. Paris: Technique & Documentation, Lavoisier.

CHOISY, C., DESMAZEAUD, M., GUEGUEN, M., LENOIR, J., SCHMIDT, J.-L. AND TOURNEUR, C. (1997b). Les phénomènes microbiens. In *Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.377-446.

CHOLET O. (2006). Étude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France.

COLIN O. (1990). Taux protéique et qualité fromagère des laits: maîtrise des facteurs de production. Thèse de doctorat. Université Lorraine.

COLLINS Y.F., MCSWEENEY P.L.H., Wilkinson M.G. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese. A review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13, 841-866.

COULON J.B et HODEN A. (1991). Maîtrise de la Composition du lait : Influence des Facteurs Nutritionnels sur la Quantité et les Taux de Matières Grasses et Protéiques. *INRA Production Animale*, 4, 361-367.

COULON JB. (1994). Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques. *Rec. Med. Vét.*, 170 (6/7) : 367-374.

COURTET LEYMARIOS F. (2010). Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation. Thèse de doctorat. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort.

CUQ JL. (2007). Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp: 20-25.

Références bibliographiques

D

DALGEISH. D G. (1982). Milk protéines, chemistry and physics. In P.F. Fox et JJ, 155p.

DEBRY G. (2001). Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 21(566 pages).

DEBRY G. (2005). Lait, nutrition et santé. Tec & DOC- Lavoisier, Paris.

DELLAGLIO, F., DE ROISSART, H., TORRIANI, S., CURK, M.C. & JANSSENS, D. (1994). Caractéristiques générales des bactéries lactiques. In Bactéries Lactiques : Aspects 156 fondamentaux et technologiques. De Roissart, H. et Luquet, F. M. Loriga. Paris. Volume 1, p.25-70.

DORTU, C.,THONART, P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 143-154.

E

ECK A et GILLIS J.C. (1997). Le fromage. 3eme Edition, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

ECK A et GILLIS J.C. (2006). Le Fromage. Techniques et Documentation, 3emeEd. Lavoisier, Paris.

ECK A. (1990). Le Fromage 3eme Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.

ESSALHI M. (2002). « Relations entre les systèmes de productions bovines et les caractéristiques du lait ». Mémoire 3eme cycle, IAV Hassan II, Maroc.

F

FAO (1991). Guide to specification, Milk clotting activity FAO and Food nutrition paper, p.172-178.

FARKYE N.Y. (1999). Microbiology of cheese-making and maturation. Dans: Robinson, R.K, Encyclopedia of Food Microbiology. Elsevier, Oxford, UK. 381-387.

Références bibliographiques

FAYE B., et LOISEAU G. (2002). Sources de contamination dans les filières laitières et exemples de démarches qualité. Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement. Actes de l'atelier international, Montpellier, France. pp : 11-13.

FIL-AFNOR (1986). Association française de normalisation.

FLEET, G. H. (1990). Yeasts in dairy products. *Journal of Applied Bacteriology* 68, 199-211.

FONTENEAU S. (1997). Comment Faire les Fromages : Frais, Fermentés, Affinés...

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 1, General aspects, second edition. (Ed. P.F. FOX), Springer-Science+Business Media, B. V., 601p.

FOX P. F., GUINEE, T. P., COGAN T. M. & MCSWEENEY P. L. H. (2000). Microbiology of cheese ripening. In *Fundamentals of cheese science*, 206-232p. Aspen Publisher, Inc., Gaithersburg, Maryland.

FOX P.F., SNIGH T.R. and SWENEY M.C. (1994). Proteolysis in cheese during ripening. In : *Biochemistry of milk products*. (ed. FOX P.F.) p. 1-31, The Royal Society of chemistry.

FREDOT. (2005). Connaissance des aliments - bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Edition Tec & Doc, Lavoisier, pp 38,43/424.

FRÖHLICH-WYDER, M. T. (2003). Yeast in dairy products. In *Yeasts in Food*, pp. 209-237. Edited by T. Boekhout & V. Robert. Hamburg: Behrs Verlag, Germany.

Rustica Editions.

G

GAÜZERE, Y. ANGLANDE, P. ALLUT, G. ROBERT, C. BARRAL, J et BÄRTSCHI, C. (2016). L'affinage généralités. Collection : L'essentiel., 26 p.

GENIGEORGIS C., CARNICIU M., DUTULESCU D., FARVER T.B. (1991). Growth and survival of *Listeria monocytogenes* in market cheese stored at 4 to 30°C. *Journal of Food Protection* 54, 662-668.

GILLIS J.C. (2004). Manuel du salage en fromagerie - Théorie et pratiques. Arilait Recherches, Paris.

GOBBETTI M., LANCIOTTI R., DE ANGELIS M., ROSARIA CORBO M., MASSINI R. AND FOX P. F. (1999). Study of the effects of temperature, pH, NaCl, and *a_w* on the proteolytic and lipolytic activities of cheese-related lactic acid bacteria by quadratic response surface methodology. *Enzyme and Microbial Technology*, 25(10), 795-809.

GOSTA. (1995). Lait long conservation. In manuel de transformation du lait. Edition: Tétrapacks Processing Systems A.B, Sweden. 442p.

GOUDEDRANCHE, H. CAMIER-CAUDRON, B. GASSI, J. Y et SCHUCK, P. (2006). Procédés de transformation fromagère (partie 1). In : Techniques de l'ingénieur : filière de production. Paris : Techniques de l'ingénieur, vol F 6 305, p.1-15.

GOURSAUD J. (1985). Composition et propriétés physico-chimiques du lait: laits et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre (LUQUET F.M) Tome (1), P15, P 3-4. P164, 171, 174.

GRAPPIN R et BRANGER A. (2006). Contrôle microbiologique et chimique de produit fini. In : « fromage ». Technique et documentation 3^{eme} Edition, Paris.

GUILLOU, H., PELISSIER, J.P., et GRAPPIN, R. (1986). Méthodes de dosage des protéines du lait de vache, *Le lait*, 66:143-175.

GUIRAUD J.P. (2003). Microbiologie Alimentaire. Dunod, Paris.

Références bibliographiques

GUIRAUD JP. (1998). Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris.615p.

GUTERIANI , H. (2007). Etude de l'effet des bacteries lactiques sur l'inhibition des bacteries impliquees dans la physiopathologie digestive in vitro. Hassiba ben bouali Chlef. Magister:120.

H

HARDY J. (1997). L'activité de l'eau et salage des fromages .in : Eck A Gillis J.LE Fromage. 3 ème édition, Lavoisier, paris, p62-84.

HELMUT K ; JÜRGEN F. (2009). Biology of Microorganisms on Grapes, in Must and in Wine. pp 3-41.

HERMIER J. CERF O. (2006). La préparation du lait. In: « fromage ». 3eme édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

J

JEAN C. et DIJON C. (1993). Au fil du Lait, ISBN 2-86621-172-3.

JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P et BRULE G. (2008). Les produits laitiers.2eme Ed. Tec & doc, Lavoisier. Paris.

JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P et BRULE G. (2007).Science des aliments. Tech & doc, Lavoisier. Paris.

JENNESS R. (1986). Lactation al performace of varous mammalian species.J. dairy Sci 69:869-885.

JOFFIN C.et JOFFIN J. N. (1999). Microbiologie alimentaire. Collection biologie et technique.5ème édition, 174p.

JORA (1998). Journal Officiel de la République Algérienne n°35 du 27 mai 1998.

JOUVE J. L. (1996) : La qualité microbiologique des aliments : maîtrise et critères (2° édition), Ed. Polytechnica, Paris, 563 pages.

JOUVE J. L. (1996) : Le HACCP : un outil pour l'assurance de la sécurité des aliments, PP 495-509, dans « Microbiologie alimentaire » coordinateurs : BOURGEOIS C. M., MESCLE J. F., ZUCCA J., Ed. TEC et DOC, Paris, 672 pages.

Références bibliographiques

K

KINSELLA JE., HWANG DH et DWIVEDI B. (1976). Enzymes of *Penicillium roqueforti* involved in the biosynthesis of cheese flavor. *CRC Revue Food Science*, 8, 191-228.

KUJAWSKI, M., CICHOSZ, G., PODHAJNA, E. AND SAŃKO, B. (2003). Effect of ripening temperature on proteolysis and organoleptic properties of Edam-type cheese. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 6(1): 143-153.

L

LABIOUI, H ., L. E., EL YACHIOULM , OUHSSINE, M. (2005). Sélection de souches de bactéries lactiques antibactériennes. *bull. soc. pharm. bordeaux*, 144, 237-250.

LANGSRUD T, REINBOLD GW. (1973a) Flavor development and microbiology of Swiss cheese A review. II. Starters, manufacturing process and procedures. *J Milk Food Technol* 36, 531-542.

LANGSRUD T, REINBOLD GW. (1973b) Flavor development and microbiology of Swiss cheese. A review. III. Ripening and flavor production. *J Milk Food Techno/36*, 593-609.

LECLERC H. ; BUTTIAUX R. ; GUILLAUM J. et WATTR P. (1997). *Microbiologie Appliquée*. Douin Editeur, Paris.

LECLERC HENRI. (1969). *Microbiologie. Tome 2. Biologie appliquée I.U.T. - B.T.* Paris : Editions Doin-Deren et Cie.

LECLERC Q-PERLAT, M. N., BUONO, F., LAMBERT, D., SPINNLER, H. E. AND CORRIEU, G. (2004a). Controlled Production of Camembert-Type Cheeses : Part I. Microbiological and physicochemical evolutions. *Journal of Dairy Research* 71(3): 346-354.

LECLERC Q-PERLAT, M. N., CORRIEU, G. & SPINNLER, H. E. (2004a). The Color of *Brevibacterium Linens* Depends on the Yeast Used for Cheese Deacidification. *Journal of Dairy Science* 87, 1536-1544.

Références bibliographiques

LECLERC Q-PERLAT, M. N., CORRIEU, G. & SPINNLER, H. E. (2004b). Comparison of volatile compounds produced in model cheese medium deacidified by *Debaryomyces hansenii* or *Kluyveromyces marxianus*. *Journal of Dairy Science* 87, 1545-1550.

LECLERCQ-PERLAT M.N., CORRIEU G., SPINNLER H.E. (2007). Controlled production of Camembert-type cheeses. Part III: Role of the ripening microflora on free fatty acid concentrations. *J Dairy Res* 74: 218-225.

LEFRILEUX Y., PICQUE D., MIRADE P.S., GAÜZERE Y., LECLERCQ-PERLAT M.N., GUILLEMIN H., SAINT-EVE A., AUBERGER J.M., LE JAN E., DORLÉAC A., MORGE S., PRADAL M.J., OLIVEIRA E., BIRKNER J., DOUTART E., ALAOUISOSSE L., LOPEZ C., RAYNAUD S. (2016). Expérimentations sur l'affinage de fromages lactiques fermiers au lait de chèvre. Action 2 du projet « Qualité des fromages fermiers lactiques : locaux et maîtrise de l'affinage (LACTAFF). Rapport de fin d'étude collection résultats de l'Institut de l'Elevage n° 00 16 403 037. 80 p.

LENOIR J. (1963). La Flore Microbienne du Camembert et son évolution au cours de la Maturation. Laboratoire de Technologie. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Grignon.

LENOIR J. ; LAMBERT G. et SCHMIDT J.L. (1983): L'élaboration d'un Fromage. Exemple Camembert pour la Science. Pp .93.

LENOIR J., LAMBERT G., SCHMIDT J.L., TOURNEUR C. (1985). La maîtrise du bioréacteur fromage. *Biofutur* 41: 23-50.

LENOIR, J. (1984). The surface flora and its role in the ripening of cheese. *Bulletin of the International Dairy Federation* 171, 3-20.

LENOVICH L M. (1987). Survival and death of microorganisms as influenced by water activity. In: Rockland LB et Beuchat LR. (Eds.), *Water activity : Theory and applications to food*. Marcel Dekkar, INC. New York, pp. 119-133.

Références bibliographiques

LESSARD M.H. (2014). Le suivi de la croissance et de l'activité spécifique des mycètes pendant l'affinage du camembert. Thèse de doctorat. Université Laval. Canada.

LORIENT D. et CAYOT P. (2000). Les propriétés techno-fonctionnelles des protéines du lait. Les protéines laitières : Intérêts technologiques et nutritionnels, 4ème Conférence Européenne d'ARILAIT, 7 novembre, Paris, France.

LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L. and RANDALL R.J. (1951). Protein measurement with Folin phenol reagent. The Journal of Biochemistry , 193, 265-275.

M

MAHAUT M., JEANTET R., SCHAK P., BRUL G. (2000). Les produits laitiers. Edition Tec et Doc, Lavoisier. Paris P, 26-180.

MAHAUT M., JEANTET R. et BRULÉ G. (2000). Initiation à la Technologie Fromagère. Technique & Documentation, Lavoisier, Paris.

MAHIEU H, JAOUEN JC, LUQUET GM ET MOUILLET L. (1977). Etude comparative de la composition et de la contamination des laits des espèces laitières bovines, ovines et caprines. Le lait, 57, pp : 565-568.

MAHIOUT N., ZAIDI M. (2012). Voyage au cœur des aliments, 1er édition, p64.

MARTEAU P. ET OLIVIER S. (2017). L'intolérance au lactose. Cahiers de Nutrition et de Diététique 52S, S13-S18. *Données complémentaires de la table CIQUAL 2017).

MARTELLA D., CRISCIONE A., BORDONARO S., GUASTELLA A M. and D'URSO G. (2007). Casein polymorphism in goat's milk. Lait, 87, 491-504.

MARTIN B. et COULON J.B. (1995). Influence des Facteurs de Production sur l'Aptitude à la Coagulation des Laits de Troupeaux ; in « Facteurs de Production du lait et Caractéristiques des Fromages ». Lait, 75, 61-80.

Références bibliographiques

MASLE I. et MORGAN F. (2001). Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques-facteurs de variation liés à la composition du lait. *Lait*, 81, 561-569.

MATHIEU J. (1998). Initiation à la Physicochimie du Lait. Guides Technologiques des IAA. Tech & Doc, Lavoisier, Paris.

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

Mc SWEENEY P.L.H et SOUSA J.M. (2000). Biochemical Pathways for the Production of Flavour Compound in Cheese During Ripening: Review Milk n° 80. P : 293 à 324.

Mc SWEENEY P.L.H., OTTOGALLI G. and FOX P.F. (2004). Diversity of Cheese Varieties: An Overview. Pp. 1-22. In *Cheese Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2 Major Cheese Groups. Third edition*, Ed. P.F. FOX, P.L.H. MCSWEENEY, T M. COGAN and T.P. GUINEE. AMSTERDAM. 434p.

MDAHOU A. (2017). Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industrielle à pâte molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ces aptitudes technologiques. Thèse de doctorat en production et biotechnologie animales, Université d'Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 132p.

MEKROUD H. (2010). Effet de la température sur la Production Laitière dans la Région de Sétif. Mémoire de Magistère. Université FERHAT ABBAS-SETIF. Algérie.

MENSAH S E P., ABOH A B., SALIFOU S., MENSAH G A., SANDERS P., ABIOLA F A., KOUDANDE O D. (2014). Risque dus aux antibiotiques détectés dans le lait de vache produit dans le centre Bénin. *Journal of Applied Biosciences*. vol80:7102 – 7112. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v80i1.9>.

MEYER C ET DENIS J.P. (1999). Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA, presses agronomiques de Gembloux.

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*,

Références bibliographiques

189, 19-27.

MIETTON, B. DESMAZEAUD, M. DE ROISSART, H et WEBER, F. (1994). Transformation du lait en fromage. In : Les Bactéries Lactiques II. Lavoisier, Paris : Tech et Doc, p.19-27.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL. (2009). Communication sur le développement de la production laitière.

MOLIMARD P. and SPINLER H. E., 1996. Compounds involved in the flavor of surface mold-ripened cheeses: Origins and properties. *J. of Dairy Sci.*, 79, 169–184.

MOLIMARD P., LE QUERE J.L., SPINLER H.E. (1997). Les lipides et la flaveur des produits laitiers. *Journal of Dairy Science*, 4, 301-311.

MONTEL MC ET CHATELARD-CHAUVIN C. (2014). Fromages traditionnels : Bénéfices associés à la richesse et à la diversité de leur microbiote. *International Journal of Food Microbiology* . 177, 136-154.

MORAES, M.P, L.M PERIN, M.B.T ORTOLANI, A.K YAMAZI, G.N VIÇOSA, AND L.A NERO. (2010). "Protocols for the isolation and detection of lactic acid bacteria with bacteriocinogenic." *Food Sci.Technol* 43: 1320-1324.

MOREL GUILLAUME. (2012). La levure *Geotrichum candidum*, taxonomie, biodiversité et génome. Thèse de doctorat en science, spécialité biologie. Université PARIS-SUD XI ORSAY.

N

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

Références bibliographiques

O

OUADGHIRI MOUNA. (2009). Biodiversité des bactéries lactiques dans le lait cru et ses dérivés « L'ben » et « J'ben » d'origine marocaine. Thèse de doctorat en Biologie, Spécialité : Microbiologie et Biologie Moléculaire.

OUALI, S. (2003). Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda : nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage. Mémoire de magister en sciences alimentaires, Option : Nutrition Appliquée. Constantine : Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA). 88 p.

P

PANSAR P, MARWAKA S, et CHOPRA K. (2010). Enzymes in food processing: fundamentals and potential applications. I.K international, New Delhi.

PARTSCH C. (2013). L'essentiel de l'agroalimentaire et l'agriculture, agro ligne. Anuga, 86, 20-31.

PEEREBOOM J.W.C. (1969). Modern views on the physical structure of the globules in milk and cream. *Fette, Seif en Antstrichmittel*, 71(4), 414-322.

PIERRE A., JEAN-LUC L Q., RIAUBLANC A., YVON L G., DEMAIZERES D. and MICHEL F. (1998). Composition and physico-chemical characteristics of goat milks containing the A or O α S1 casein variants. *Lait*, 78, 191-202.

PLAYNE MJ. (1985). Propionic and butyric acids. In: *Comprehensive biotechnology*, vol 3 (Moo-Young M, ed). Pergamon Press, Oxford.

PLOMMET M. (1987). La traite et les infections de la mamelle Aun nutre Alim. 20, 4357.

POUGHEON S ET GOURSAUD J. (2001). Le lait et ses constituants caractéristiques physicochimiques. In : lait nutrition et santé. Ed. Tec et Doc. Lavoisier Paris. pp : 4-41.

Références bibliographiques

POUGHEON S. (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France.P: 31-34(102 pages).

POULIOT M; POULIOT Y; GAUTHIER S; PAQUIN P. (1997). Stability of milk ingredients based Infant Formula. Private communication.

PRADAL M. (2012). La transformation fromagère caprine fermière. Tec & DOC. Lavoisier, Paris.

R

RAMET J. P. (1997). L'égouttage du coagulum. Dans Le fromage (Coord. ECK A. et GILLIS J.C.). 3^{ème} édition, Ed. Tec et Doc. Lavoisier. P. 43.

RAMET J. P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Collection FAO Alimentation et nutrition n°48.

RAZANAJATOVO L. et ALAIS C. (1977). Isolement et caractérisation de la caséine kappa de chèvre. Lait. 568, 492-568.

REY A. (1994). Dictionnaire Historique de la Langue Française. Dictionnaires Le Robert, nouvelle Ed., Paris.

RIHI M.H. (2006). Modélisation des Phénomènes Microbiologiques, Biochimiques et Physicochimiques intervenant lors de l'Affinage d'un Fromage de Type Pâte Molle Croûte Lave. Thèse de Doctorat Institut National Agronomique. Ecole Doctorale ABIES. Paris- Grignon.

ROUDAUT H. et LEFRANCQ É. (2005). Alimentation Théorique. Doin Editeurs, Centre Régional de Documentation Pédagogique d'Aquitaine.

S

SAVADOGO A. (2004). Caractérisation biochimique et moléculaire des bactéries lactique productrice d'exopolysaccharide isolée à partir d'échantillons de lait fermenté du Burkina Faso, Ouagadougou. Doctorat: 143.

SCHMIDT J.L. (1982). Activité protéolytique des levures isolées du fromage de Camembert. Actes du 11^{ème} Congrès Mondial de Laiterie, Volume 1 (2), Moscou.

Références bibliographiques

SICARD M. (2010). Méthodes, concepts et outils des systèmes complexes pour maîtriser les procédés alimentaires. Application à l'affinage de camemberts. Thèse de doctorat des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Spécialité Génie des Procédés Alimentaires. Agro Paris Tech.

SIOUSARRAN V. (2003). « Hygiène du lait cru en zones urbaines et périurbaines de Niamey, Niger ». DEA Rapport de stage, U. Montpellier II. CIRAD-EMVT, oct.

SOUKI H. (2009). « Les stratégies industrielles et la construction de la filière lait en Algérie : portée et limites », Revue Campus, UMMTO, p 3-15.

ST-GELAIS, D. TIRARD-COLLET, P. BELANGER, G. COUTURE, R et DRAPEAU, R. (2002). Fromage. In : VIGNOLA, Carole L. Science et technologie du lait, transformation du lait. Editrice scientifique. Canada : école polytechnique de Montréal (Québec), p.349-402.

STILES, M. E. & HOLZAPFEL, W. H. (1997). Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. International Journal of Food Microbiology 36, 1-39.

T

THAPON J.L. (2005). Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: P: 14-51. (77 pages).

TOUREAU V., BAGIEU V. et LE BASTARD A-M. (2004). Une priorité pour la recherche : la qualité de nos aliments. Les recherches sur la qualité du fromage. INRA mission communication.

U

UPADHYAY V.K., MCSWEENEY P.L.H., MAGBOUL. A., Fox P.F. (2004). Proteolysis in cheese during ripening. In: Fox PF, MCSWEENEY PL, Cogan TM, Guinee TP, editors. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: *Academic Press*. 391-433.

V

VAN DEN TEMPEL, T. & JAKOBSEN, M. (2000). The technological characteristics of *Debaryomyces hansenii* and *Yarrowia lipolytica* and their potential as starter cultures for production of Danablu. International Dairy Journal 10, 263-270.

Références bibliographiques

VAN DEN TEMPEL, T. AND NIELSEN, M. S. (2000). Effects of atmospheric conditions, NaCl and pH on growth and interactions between moulds and yeasts related to blue cheese production. *International Journal of Food Microbiology* 57(3): 193-199.

VARNAM AH ET SUTHERLAND P. (2001). Milk and Milk Products: Technology, Chemistry, and Microbiology. Volume 1 Food products series. An Aspen Publication. New York. pp: 35-37.

VASSAL, L., MONNET, V., BARS, D. L., ROUX, C. & GRIPPON, J. C. (1986). Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. *Lait* 66, 341-351.

VEISSEYRE R. (1975). Technologie du lait 3^{eme} édition, Maison rustique, Paris.

VEISSEYRE R. (1979). Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation de lait. 3^{eme} édition. Edition la maison rustique, Paris. pp : 112- 133.

VIGNOLA C.L. (2002). Science et Technologie du Lait : Transformation du Lait. École Polytechnique de Montréal, Canada. ISBN: 29-34 (600 pages).

VILJOEN, B. C., KHOURY, A. R. & HATTINGH, A. (2003). Seasonal diversity of yeasts associated with white-surface mould-ripened cheeses. *Food Research International* 36, 275-283.

W

WALSTRA P. (1999). On the stability of casein micelles. *J. Dairy Sci.*

WALTHER, B. SCHMID, A. SIEBER, R et WEHRMULLER, K. (2008). Cheese in nutrition and health (en ligne). Switzerland : INRA, EDP Sciences, *Review.Dairy Sci Technol*, vol 88, p.389-405. Disponible sur : www.dairy-journal.org/ consulté le (12/07/2021).

WEIMER, B., DIAS, B. AND UMMADI, M. (1997). Influence of NaCl and pH on intracellular enzymes that influence cheddar cheese ripening. *Le Lait* 77: 383-398.

Y

YVON, M. & RIJNEN, L. (2001). Cheese flavour formation by amino acid catabolism. *International Dairy Journal* 11, 185-201.

Annexes

Annexe 01 : Matériels et produits pour les analyses physico-chimiques

Appareillage	Petit matériel	Produits et réactifs
-Etuve de stérilisation du matériel NÜVE FN500 ; -Etuves d'incubation MEMMERT ; -Spectrophotomètre UV-visible (medeline) ; -Bain marie (100°C) FUNKE GERBER ; -Réfrigérateurs ENIEM (4°C) ; -Balance de précision NAHITA 5022(200g/0,01 g) ; -Centrifugeuse FUNKE GERBER ; - pH mètre (METROHM 620) ; -Lactodensimètre avec thermomètre intégré 2200F6021/20-qp ; -Acidimètre ; -Dessiccateur à infrarouge.	-Bécher à 50 ml ; -Fioles jaugées à 100 ml ; -Pipettes graduées (1 ml et 10 ml) ; -Eprouvette ; -Godet en verre ; - Embouts ; -Poire à pipeter -Micropipettes ; -Cuve de spectromètre ; -Barreau magnétique ; -Entonnoirs ; -Tubes à essais en verre ; -Butyromètre de gerber pour fromage ; -Butyromètre de gerber pour le lait ; -Burettes ; -Flacons stériles ; - Portoirs à tubes ; -Spatule, cuillères. ; -Coupelles d'aluminium.	-Carbonates de sodium (Na_2CO_3 à 0.2%) ; -Sulfate de cuivre (CuSO_4); -Tartrate double de sodium et potassium (Na et K 1%) ; -Acide sulfurique; -Hydroxyde de sodium (NaOH) à 0.111 N -Solution de Phénolphtaléine ; -Alcool iso-amylque ; -Réactif « Optif Jam » (fluorometholone 0.1mg) ; -Eau distillée -Bovine Serum Albumine(BSA) -Folin-Ciocalteu.

Annexes

Annexe 02 : Détermination de la valeur du pH



Figure 01 : pH-mètre (METROHM 620)

Annexe 03 : Détermination de l'extrait sec total



Figure 02 : dessiccateur infrarouge Sartorius MA35

Annexes

Annexe 04: Dosage de la matière grasse selon la méthode de GERBER



Figure 03 : butyromètre GERBER



Figure 04 : centrifugeuse Nova Safety et bain marie wb-36D

Annexes

Annexe 05 : Mesure de l'acidité titrable



Figure 05 : acidimètre

Annexe 06 : Mesure de la densité



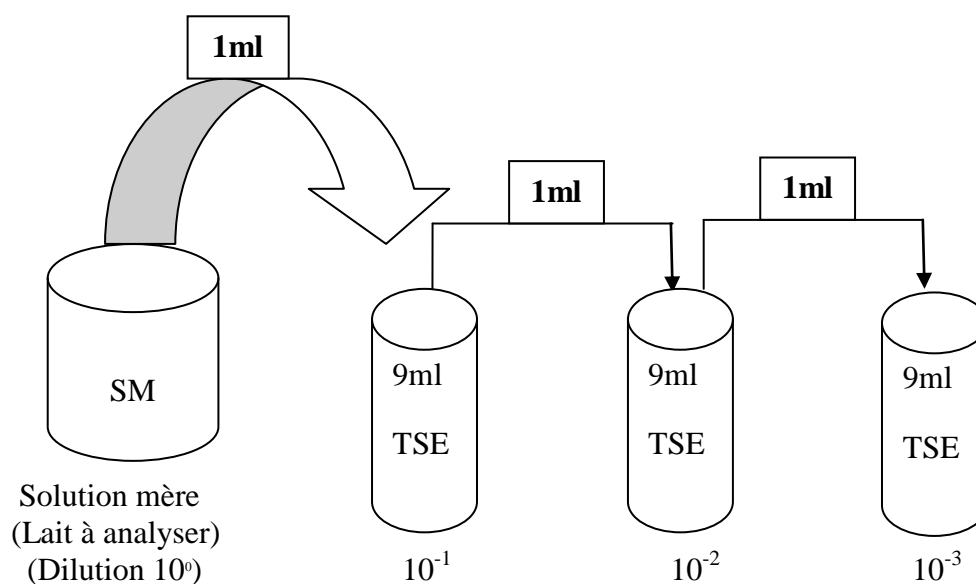
Figure 6 : lactodensimètre introduit dans l'éprouvette

Annexes

Annexe 07 : Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques

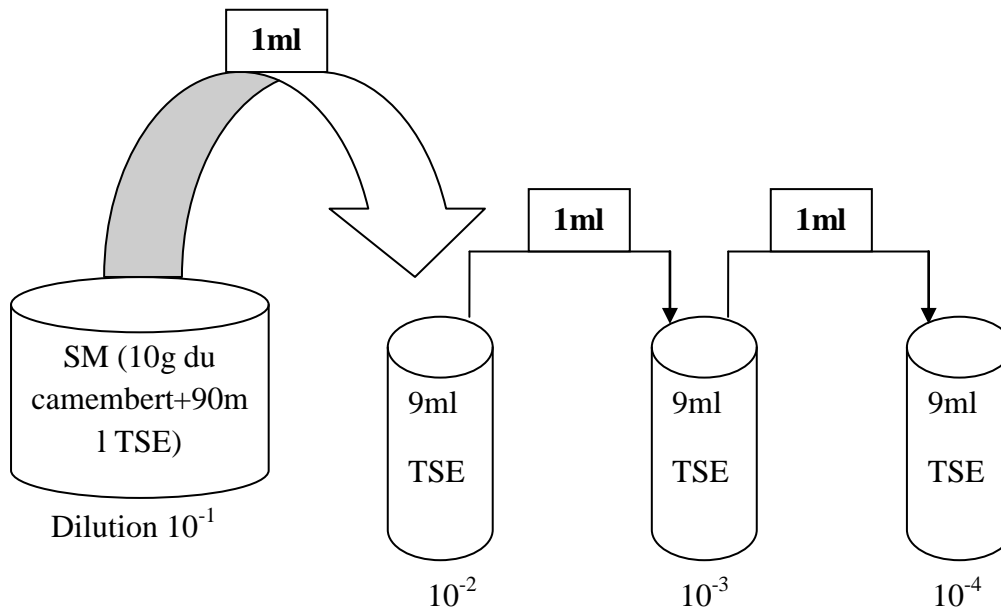
Matériels	Produits/réactifs et milieux de culture
<ul style="list-style-type: none">-Autoclave-Bain marie-Bec bunsen ;-Boîtes de Pétri ;-Etuves d'incubation MEMMERT (37°C et 44°C) ;-Bocal stérile ;-Ecouillons stériles ;-Tube à essai stériles;-Portoirs à tube ;-pipettes ;-Spatule, cuillères ;-Anse pasteur	<ul style="list-style-type: none">- Beta Star Combo ;-Diluant Tryptone-Sel-Eau (TSE) ; <p style="text-align: center;">Milieux</p> <ul style="list-style-type: none">- VRBL (Milieu lactosé bilié au cristal violet et au rouge neutre)-PCA (Plate Count Agar)

Annexe 08 : Préparation des dilutions décimales pour les échantillons du lait



Annexes

Annexe 09 : Préparation des dilutions décimales pour les échantillons du camembert



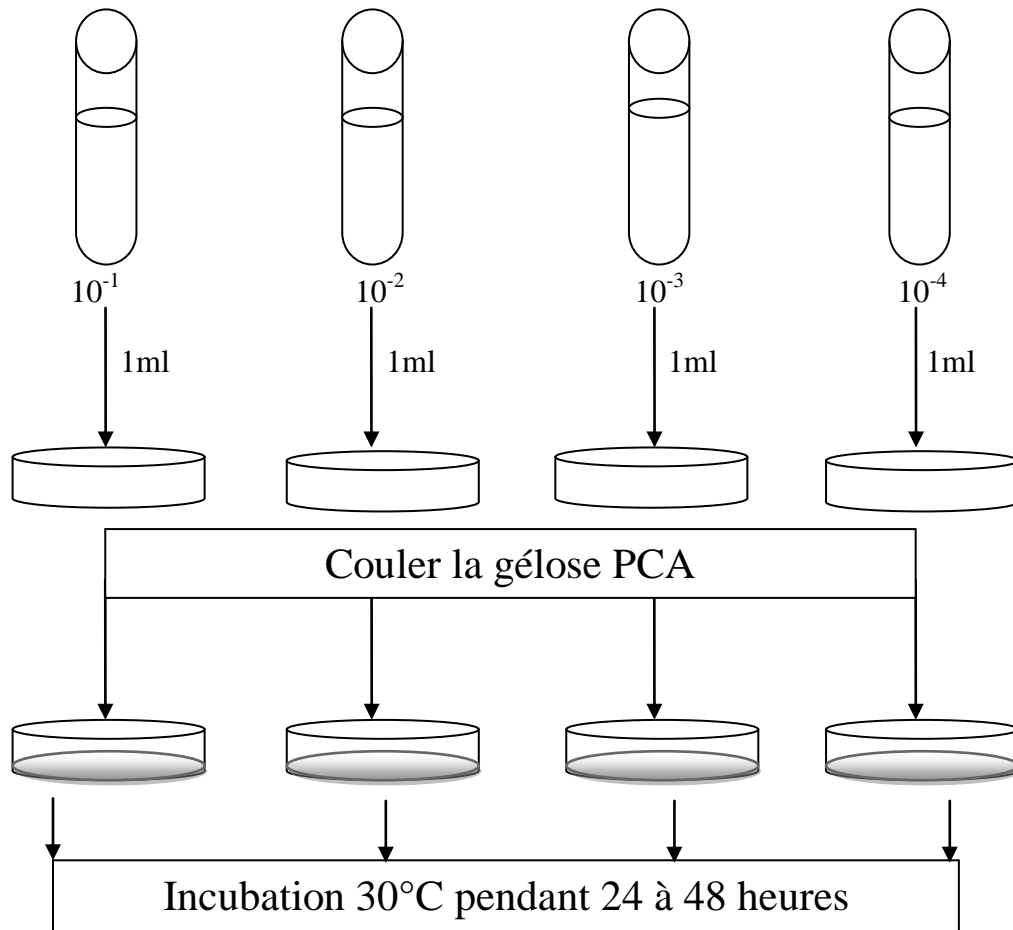
Annexe 10 : Recherche d'antibiotique dans le lait par Beta Star Combo



Figure 07 : test Beta Star Combo pour la détection des b-lactames et des tétracyclines

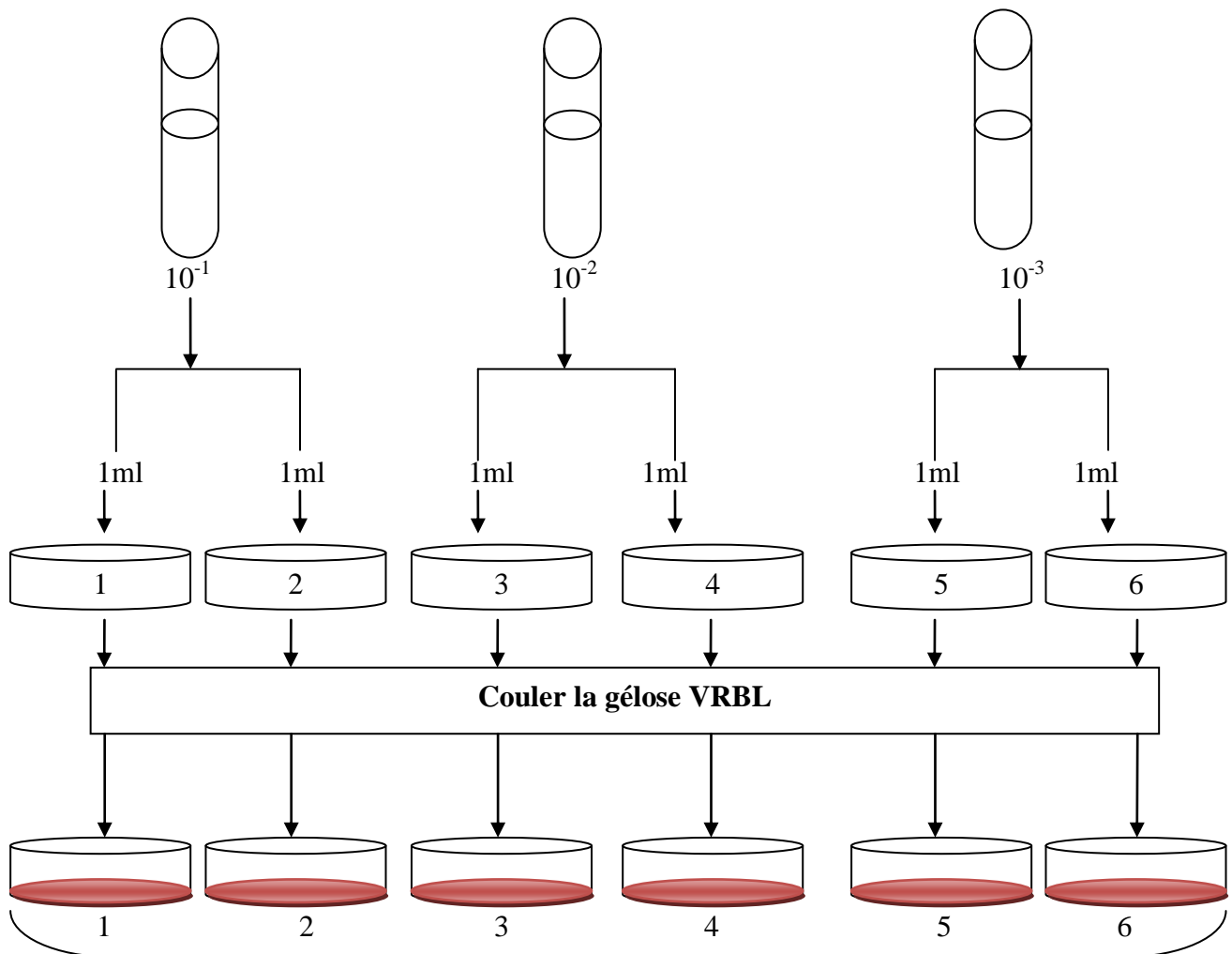
Annexes

Annexe 11 : Mode opératoire pour la recherche de la flore mésophile aérobie totale



Annexes

Annexe 12 : Mode opératoire pour la recherche des coliformes (fécaux/totaux)



Les boîtes (1/3/5) on va les incuber à 37°C, pendant 24 à 48 h pour la recherche de Coliformes totaux. Les boîtes (2/4/6) on va les incuber à 44°C pendant 24 à 48 h pour la recherche de Coliformes fécaux.

Annexes

Annexe 13 : Composition des milieux de culture

- **Plat Count Agar (PCA)**

Extrait de levure	2,5 g
Peptone.....	5 g
Glucose.....	1 g
Agar.....	15 g
Eau distillée	103ml

- **Tryptone Sel Eau (TSE)**

Tryptone.....	1 g
NaCl	8,5 g
Eau distillée.....	103 ml

- **Gélose au cristal violet, au rouge neutre et à la bile (VRBL)**

Extrait de levures.....	3 g
Peptone pancréatique de caséine	7 g
Désoxycholate de sodium.....	1,44 g
Lactose	10 g
NaCl	5 g
Rouge neutre	30 mg
Cristal violet	2 mg
Gélose.....	11 g
Eau distillée	103 ml

pH = 7,4

Résumé

Les fromages à base de lait de vache sont produits par différentes entreprises dans divers pays du monde. Ils subissent, sous l'action des enzymes naturelles et microbiennes, des transformations physico-chimiques.

La présente étude menée à l'unité «Le Friand» nous a permis de suivre de près le processus de fabrication industrielle du fromage à pâte molle type « Camembert ». Nous avons mis en évidence les principales caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait de vache, afin de mieux comprendre leurs comportements technologique au cours de la fabrication de ce fromage.

Le choix de ce type de fromage à pâte molle « Camembert » a été fait dans le but d'étudier son procédé de fabrication et connaître les effets des micro-organismes (ferments industriels) sur sa qualité hygiénique en raison de son importance croissante sur le marché international.

Les résultats des paramètres physico-chimiques (acidité, densité et pH) sont conformes aux normes, quant aux valeurs de MG, EST et de protéines sont légèrement faibles par rapport à ces normes. Les analyses microbiologiques ont montré que le lait analysé est de qualité acceptable. En effet la charge microbienne moyenne de la flore totale mésophile est de $2,54.10^4$ UFC/ml, avec absence des coliformes totaux/fécaux, ce qui est conforme aux normes. De ce fait, on peut conclure que le lait utilisé est de bonne qualité.

Les résultats obtenus après l'analyse du produit (au cours et après maturation) ont révélés qu'il répond aux normes, il est donc de bonne qualité

Mots-clés: Lait cru, pasteuriser, vache, qualité microbiologique, qualité physico-chimique, qualité hygiénique, pâte molle, Camembert.

Summary

Cheese made from cow's milk is produced by different companies in different countries of the world; it undergoes, under the action of natural and microbial enzymes, physicochemical transformations.

The present study carried out at the unit "Le Friand" allowed us to follow closely the industrial manufacturing process of the soft cheese type "Camembert". We have highlighted the main physico-chemical and microbiological characteristics of cow's milk, in order to better understand their technological behavior during the manufacture of the cheese.

The choice of this type of soft cheese "Camembert" was made in order to study its manufacturing process and to know the effects of micro-organisms (industrial ferments) on its hygienic quality because of its increasing importance on the international market.

The results of the physico-chemical parameters (acidity, density and pH) are in accordance with the standards, as for the values of MG, EST and proteins they were found to be slightly low compared to the standards. The microbiological analyses showed that the milk analyzed is of good quality. Indeed, the average microbial load of the total mesophilic flora is $2.54.10^4$ CFU/ml, with absence of total/faecal coliforms, which is in conformity with the standards. Therefore, it can be concluded that the milk used is of good quality.

The results obtained after the analysis of the product "Camembert" (during and after maturation) revealed that it meets the standards, so it is of good quality.

Key words: Raw milk, pasteurize, cow, microbiological quality, physicochemical quality, hygienic quality, soft cheese, Camembert.