

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI de TIZIOUZOU



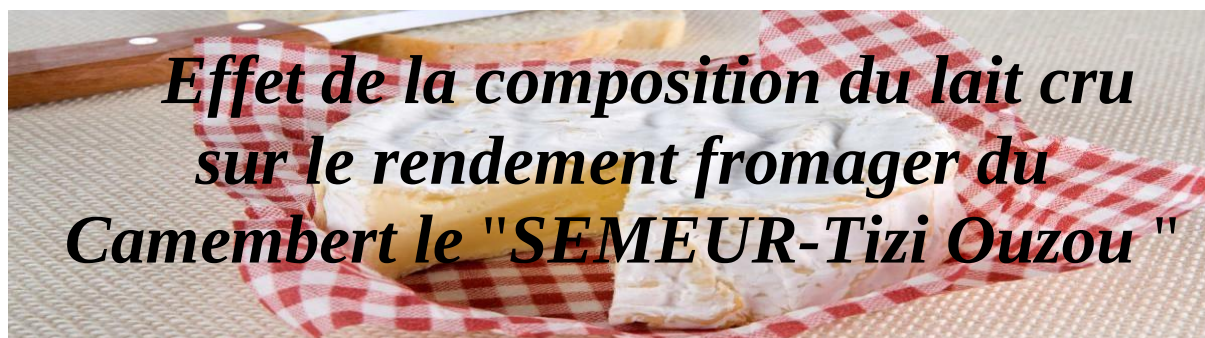
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Département de Biochimie Microbiologie

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences alimentaires

Option : Biochimie de la Nutrition

THEME



**Effet de la composition du lait cru
sur le rendement fromager du
Camembert le "SEMEUR-Tizi Ouzou "**

Travail réalisé par :

M^{lle} LOUNI Fedoua

M^{lle} OUALI Lamia

M^{lle} LOUNIS Lynda

Devant le jury :

Promoteur : Mr SEBBANE

MCB

UMMTO

Président : Mme ZENNIA

MCA

UMMTO

Examinatrice : Mme SEBBANE - ALMI

MCB

UMMTO

Année universitaire: 2021/2022.

Remerciements



En premier lieu et avant tout, nous tenons à remercier Allah, notre Dieu, notre Créateur, de nous avoir donné la santé, le courage, la volonté et de la force pour suivre ainsi que la hardiesse pour dépasser toutes les difficultés.

Au terme de ce travail, on tient à exprime notre reconnaissance et nos sincères remerciements pour tous ceux qui nous ont aidés à la réalisation de ce manuscrit.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr SEBBANE de nous avoir fait l'honneur de nous encadrer et pour son aide précieuse durant tout au long de notre travail.

On tient à remercier Mr BELKESSAM pour nous avoir aidée dans la réalisation de ce mémoire et de nous avoir permis de réaliser cette étude expérimentale au sein de l'unité LAITERIE LE SEMEUR de Tizi-Ouzou.

On tient à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde reconnaissance à Mme ZENNIA pour avoir accepté de présider le jury.

On exprime nos sincères remerciements à Mme ALMI pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A l'être le plus cher à mon cœur, à celle qui m'a donné la vie, à celle qui m'a guidée pour faire mes premiers pas et qui m'a appris mon premier mot, à celle qui fut toujours à mes côtés, qui a illuminé mes nuits sombres et a ensoleillé mes jours, à **ma mère NORA**, le symbole de tendresse.*

*A mon père **RABAH**, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager ; m'aider et à me protéger.*

Que dieu vous garde et vous protège. Aucune dédicace ne saurait exprimer ma grande admiration, ma considération et ma sincère affection pour vous deux.

*A mes adorables sœurs **SAMIA, TASSADIT, SAMIRA, SABRINA, NASSIMA** sans oublier ma petite sœur **LILIA « NINO »** et mes trésors frères **MOUHAND** et **SALEM** qui ont toujours été à mes côtés pour m'encourager et me soutenir.*

*A mon chère cousin, un meilleur ami **IDIR**, tous mes mots ne suffisent pas de décrire mon respect et mon honneur, merci d'être toujours à mes côtés*

*A la mémoire de **mes grands-parents** paternel et mon grand-père maternel (paix à votre âme). j'espère que le monde qui est le vôtre maintenant vous appréciera cet humble geste comme preuve d'amour et de reconnaissance de la part d'une petite fille qui a toujours prié pour le salut de votre âme*

*A **ma grand-mère** maternel que dieu te protège pour une longue vie, mes oncles et mes tantes*

*A mes amies adorées : **Lynda, Dehbia, Lamia, Dehbia, Ahlem, Malika, Tinhinane, Louiza, Damia, Nora, Katia, Sabrina, Amira et Dihia** ; mes bonnes étoiles toujours fidèles qui me porte de chance à chaque instant et sans cesse me redonne du courage*

*A mes chères trinômes **LYNDA & LAMIA** et leurs familles, je vous souhaite tout le bonheur et de la réussite dans votre vie*



Fedoua

Dédicaces

A la mémoire de **mon père Belaid** disparu trop tôt. J'espère que, du monde qui est le sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de sa fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

A celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à **ma mère Djouher** le symbole de la tendresse. Que Dieu te bénisse, te protège et te garde le plus longtemps avec nous.

Aucun mot ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.

A mon très **cher frère Lamine et sa femme** aucune formule ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et vos encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

A ma chère et unique **sœur Amal et son mari** pour leur présence et leur soutien quotidien Que Dieu les protège et leur accorde tout le bonheur possible.

A mon cher **frère Anis et sa femme**, vous m'avez toujours offert soutien et réconfort, j'exprime envers vous une profonde admiration, reconnaissance et attachement inconditionnel.

A mon **petit ange Eline**, Avoir une nièce est le plus beau cadeau qu'un frère puisse vous faire. Tes petites mains, ton envie de parcourir le monde, ton enthousiasme, tes sourires, tes yeux brillants sont incomparables. Tu as apporté beaucoup de bonheur à notre famille. Je t'aime.

A ma meilleure amie **Lola**. Je te dis merci et je te souhaite bonheur, réussite et prospérité.

A mes deux partenaires de travail **Fedoua et Lynda** pour leur soutien moral, patience et leur compréhension tout au long de ce travail.

A mes chères amies, que je ne pourrai tous citer, mais qui savent tout la reconnaissance que j'ai pour elles.



Lamia

Dédicaces

Je dédie ce travail

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

A la plus chère ma mère Roza qu'elle m'a donné naissance, qui a sacrifier sa vie pour m'aider à la cour de mes étude et m'encourage tout au longue de mon parcours. Que dieu la garde et la protège

A la mémoire de mon petit frère Samy qui J'aurais souhaité sa présence en ce moment pour partager ma joie. Tu m'as toujours fait preuve d'amour .tu es toujours présent dans mon esprit et dans mon cœur. Repose en paix mon petit ange.

A mon grand frère Ferhat ; pour son amour inconditionnel, et qui m'a éclairé le chemin avec ses conseils judicieux.

A mes chères sœurs : Naima, Nadia merci d'être toujours là à mes côtés depuis mon enfance, et pour votre affection, votre compréhension, ainsi que votre soutien moral et votre amour ; et leurs maris Yazid et Djaffar, qui ont été toujours là à mes côtés et à m'encouragé Merci pour votre patience

A mes deux petit neveux adorée : Belkacem, Mohamed Islam et ma nièce adorée Alicia, vous êtes la source de mon énergie positive, je vous souhaite que de la réussite dans votre vie.

A ma grande -mère et ma Tante à qui je souhaite une longue et heureuse vie.

A mes chères amies : Dehbia, Malika, fedoua, Dehbia, Fatma, Lamia, Melissa Amrouz et Nadia qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès, je vous aime.

A mes deux collègues Fedoua et Lamia, et leurs familles merci pour les très bons moments qu'on avait partagés ensemble, je vous aime.



Lynda

Résumé

Le lait et les produits laitiers sont considérés comme des aliments complets et équilibrés du fait de leur richesse en plusieurs éléments nutritifs (protéines, lipides, sels minéraux, lactoses et vitamines). Notre étude a pour but de suivre les paramètres physico-chimiques (PH, Acidité titrable, Matière sèche, Matière Grasse) et microbiologiques du lait, pour cela, nous avons choisi une espèce (la vache) qui est considéré comme la plus exploité dans la production laitière destinée à la Consommation humaine.

A cet effet les résultats des paramètres physico-chimiques qui ont été réalisées sur des laits avant toutes utilisations, sur les lactosérums libérés à l'étape de moulage et sur les fromages obtenus, varient d'une production à une autres selon la qualité nutritionnelle du lait et correspondent aux normes fixé par le journal officiel et enfin on procède au calcul de rendement total, élémentaire et le taux de récupération. Les analyses microbiologiques montrent que notre matière première ainsi que le produit final sont moyennement riches en flore lactique, ils ne contiennent aucuns germes pathogène tels que les *Coliformes fécaux*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* etc... donc notre produit montre de caractéristiques microbiologiques conformes aux normes.

Les rendements fromagers varient principalement en fonction de la quantité d'eau retenue dans le fromage, définie par les paramètres technologiques et de la teneur du lait en protéines et en matières grasses.

Mots clés : Lait, Camembert, Rendement, Matière grasse, Protéines, Lipides.

Abstract

Milk and dairy products are considered complete and balanced foods because of their richness in several nutrients (proteins, lipids, mineral salts, lactose and vitamins). Our study aims to follow the physico-chemical parameters (PH, titratable acidity, dry matter, fat) and microbiological parameters of the milk, for this, we chose a species (the cow) which is considered to be the most exploited at the milk production for human consumption.

To this end, the results of the physico-chemical parameters which have been carried out on milk before all uses, on the whey released at the molding stage and on the cheeses obtained, vary from one production to another according to the nutritional quality of the milk and correspond to the standards set by the official journal 2017 and finally we proceed to the calculation of total, elementary yield and the recovery rate.

The microbiological analyzes show that our raw materials as well as the final product are moderately rich in lactic flora, they do not contain any pathogenic germs such as *faecal coliforms*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella* etc... therefore our product shows microbiological characteristics in accordance with standards.

The cheese yields vary mainly according to the amount of water retained in the cheese, defined by the technological parameters and the milk protein and fat content.

Key words: milk, camembert, yield, fat materin, protein, lipids.

Résumé

Liste des tableaux.....	i
--------------------------------	----------

Liste des figures.....	ii
-------------------------------	-----------

Abréviation.....	iii
-------------------------	------------

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Partie I : Synthèse bibliographique**Chapitre I : Généralités sur le lait**

I.1. Définition du lait.....	3
I.2. Composition du lait	3
I.3. Constituants du lait.....	5
I.3.1. Eau.....	5
I.3.2. Les glucides	6
I.3.3. Les lipides	6
I.3.4. La matière azotée	7
I.3.5. Les minéraux du lait	7
I.3.6. Biocatalyseurs	8
I.3.6.1. Enzymes.....	8
I.3.6.2. Vitamines	8
I.4. Principales caractéristiques du lait	9
I.4.1. Caractéristiques organoleptiques.....	9
I.4.1.1. Couleur.....	9
I.4.1.2. Odeur	9
I.4.1.3. Saveur	9
I.4.1.4. Viscosité.....	9
I.4.2. Caractéristiques physico-chimiques	9
I.5.2.1.Densité	9
I.5.2.2.Acidité	10
I.5.2.3.Point de congélation	10
I.5.2.4.Point d'ébullition	10
I.5.2.5.pH	10
I.5.2.6.Masse volumique.....	10
I.5.3. Caractéristiques microbiologiques.....	11
I.5. Facteurs de variations de la composition du lait	12
I.5.1. Facteurs intrinsèque.....	13
I.5.1.1. Facteurs génétiques.....	13

I.5.1.2. Stade de lactation.....	13
I.5.1.3. L'âge.....	13
I.5.1.4. L'état sanitaire	13
I.5.2. Facteurs extrinsèques	13
I. 5.2.1. Alimentation.....	13
I.5.2.2. Saison et climat	13

Chapitre II : Le fromage et Camembert

II.1. Fromage.....	14
II.1.1. Historique	14
II.1.2. Définition.....	14
II.1.3. Classification des fromages.....	14
II.1.4. Composition du fromage.....	15
II.1.4.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaires	15
II.1.4.2. Matière grasse	16
II.1.4.3. Les protéines	16
II.1.4.4. Les glucides	16
II.1.4.5. Les minéraux.....	17
II.1.4.6. Les vitamines	17
II.1.5. Étapes principales de la fabrication des fromages	17
II.1.5.1. Coagulation du lait	18
II.1.5.1.1. Coagulation par voie enzymatique	18
II.1.5.1.2. Coagulation par acidification	21
II.1.5.1.3. Coagulation par voie mixte	21
II.1.5.2. Egouttage et moulage.....	21
II.1.5.3. Le salage et ressuyage.....	23
II.1.5.4. L'affinage.....	23
II.1.6. Caractéristiques des fromages.....	24
II.1.7. Microbiologie du fromage.....	25
II.1.8. Les grandes familles du fromage.....	25
II.1.8.1. Fromages frais.....	25
II.1.8.2. Fromages à pâte pressée.....	25
II.1.8.3. Fromages à pâtes dures.....	26
II.1.8.4. Fromages à pâtes filées.....	27
II.1.8.5. Fromages fondus.....	27
II.1.8.6. Fromages à pâtes molles.....	27
II.1.8.6.1. Fromage à pâte molle, à croûte fleurie	27

II.1.8.6.2. Fromage à pate molle, à croute lavée.....	28
II.1.8.6.3. Fromage à pate molle, à croute persillée.....	28
II.2. Camembert	29
II.2.1. Définition du camembert	29
II.2.2. Valeur nutritionnelle.....	29
II.2.3. Technologie de fabrication du camembert.....	30
II.2.3.1. Le lait.....	30
II.2.3.1.1. Lait cru.....	30
II.2.3.1.2. Lait recombinaé	30
II.2.3.1.3. Lait en poudre	30
II.2.3.2. Matière grasse laitière anhydre MGLA.....	30
II.2.3.3. L'eau de reconstituaant	30
II.2.3.4. Matière première	31
II.2.3.4.1. La présure	31
II.2.3.4.2. Bactéries lactiques.....	31
II.2.3.4.3. Bactéries fongiques	32
II.2.3.4.4. Les sels.....	33
II.2.4. Les étapes de fabrication du camembert.....	33
II.2.4.1. Les traitements préliminaires du lait	33
II.2.4.1.1. Standardisation.....	33
II.2.4.1.2. Traitement thermique	34
II.2.4.1.3. Maturation.....	34
II.2.4.1.4. Emprésurage, moulage, démoulage	35
II.2.5. Défauts de fabrication du camembert	35

Chapitre III : Le rendement fromager

III.1. Définition du rendement fromager	38
III.2. Importance du contrôle de rendement fromager.....	39
III.3. Facteurs influençant le rendement fromager	39
III.3.1. Teneur en humidité conservée dans le produit.....	39
III.3.2. Richesse du lait en matières grasses	39
III.3.3. Richesse du lait en matière protéique	39
III.3.4. Traitement thermique du lait	40
III.4. Contrôle du rendement et l'origine des pertes.....	40
III.4.1. Egouttage trop poussé des cailles bottes	40
III.4.2. Pertes de particules de caillé tout au long du procédé.....	40
III.4.3. Pertes de matière grasse	40

III.4.4. Perte de protéine	41
III.4.5. Pertes liées à l'entreposage du lait.....	41
III.4.6. Pertes liées au sur poids	41
III.5. Influence de la matière grasse sur le rendement	41
III.6. Les techniques employées pour améliorer le rendement fromager.....	42

Partie II : Partie expérimentale

I.Présentation de l'unité.....	44
I.1. Profil de l'entreprise	44
I.2. Matériel.....	45
I.3. L'échantillonnage.....	45
I.4. Processus de fabrication du Camembert.....	45
I.5. Processus de fabrication du Camembert a l'échelle laboratoire	49
II. Méthodes.....	50
II.1. Analyses physico-chimiques	50
II.1.1. Détermination du pH	50
II.1.2. Détermination de la matière grasse.....	50
II.1.3. Détermination de l'acidité	50
II.1.4. Détermination de la densité	51
II.1.5. Mesure de l'extrait sec total.....	51
II.2. Les analyses microbiologiques	51
II.2.1. L'objectif de la microbiologique	51
II.2.2. Préparations de la solution mère du produit fini.....	52
II.2.3. Dénombrement des germes recherches	52
II.2.3.1. <i>Coliformes fécaux/ totaux</i>	53
II.2.3.2. <i>Flore aérobie mésophile totale</i>	53
II.2.3.3. <i>E .coli</i>	53
II.2.3.4. <i>Staphilococcus aureus</i>	54
II.2.3.5. <i>Salmonelle</i>	55
II.2.3.6. <i>Les anaerobies Clostridium sulfito- reducteurs</i>	55

III. Résultats et discussions

III.1. Analyses physico-chimiques	57
III.1.1. Résultats de la matière première.....	58
III.1.2. Résultats obtenus lors du démoulage	59
III.1.3. Résultats des analyses physico-chimiques du produit fini.....	61
III.1.4. L'évolution du l'acidité de lactosérum	63
III.1.5. Le rendement fromager.....	64

III.2. Analyses microbiologiques.....	66
III.2.1. Les analyses microbiologiques avant pasteurisation	68
III.2.2. Les analyses microbiologiques après pasteurisation	69
III.2.3. Les analyses microbiologiques au cours de l’affinage	69
III.2.4. Les analyses microbiologiques de Camembert	70
Conclusion	71

Références bibliographiques

Annexes

<u>Figures</u>	<u>Titres</u>	<u>Pages</u>
1	Schéma représentant les étapes de la production de l'acide lactique dans le lait.	6
2	Phases de la coagulation enzymatique du lait et formation du réseau.	19
3	Phase enzymatique.	20
4	Conditions d'affinage.	24
5	Types de fromages à pâte pressée.	26
6	Types de fromages à pâte molle.	28
7	La croûte fromagère envahie par <i>Geotrichum</i> provoquant l'effet de peau de crapaud.	36
8	Surface d'un fromage touchée par des tâches bleuâtres provoquées par <i>Penicillium roqueforti</i>	36
9	Diagramme de fabrication de camembert à la laiterie LE SEMEUR de TIZI-OUZOU.	48
10	Matière grasse au démoulage des trois productions.	59
11	Acidité au démoulage des trois productions.	60
12	Suivi de l'évolution de la matière grasse pour les trois échantillons.	61
13	Suivi de l'évolution de l'extrait sec des trois échantillons	62
14	L'acidité du lactosérum lors des trois retournements	64

<u>Tableaux</u>	<u>Titres</u>	<u>Pages</u>
I	Composition du lait de différentes espèces.	4
II	Composition chimique du lait de vache.	5
III	Composition minérale du lait de vache.	8
IV	Flore originelle du lait cru.	11
V	Les principaux groupes bactériens du lait.	12
VI	Teneur moyenne en eau des fromages.	15
VII	Teneur lipidique pour 100 g de fromage.	17
VIII	Les différents germes et leurs milieux de cultures.	57
IX	Les paramètres physico-chimiques du lait et du produit fini (Camembert).	57
X	Le rendement global, élémentaire et le taux de récupération.	64
XI	Résultats des analyses microbiologiques du lait avant et après pasteurisation.	66
XII	Résultats des analyses microbiologiques du camembert au cours de l'affinage.	67
XIII	Résultats des analyses microbiologiques du produit fini.	67

AFNOR : Agence Française de Normalisation.

AA : Acide Aminé.

AG: Acide Gras.

CMP: Macro peptide.

°D : Degré dornic, unité de mesure d'acidité du lait.

D : Densité.

EPT : Eau Peptonée Tamponnée.

ESD: Extrait sec dégraissé.

EST : Extrait sec total.

ES : Extrait sec.

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

GMP: Glycomacro peptide.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

Kcals : kilocalorie

MS : Matière sèche.

MGLA : Matière grasse laitière anhydre.

N : Normalité.

NA : Norme Algérienne.

UHT : Ultra haut température.

UFC : Unité formant colonie.

P : Phosphore.

Rx : Rendement Élémentaire.

TB : Taux butyreux.

TEFD : Teneur en eau dans le fromage dégraissé.

VRBL : Violet Red Lactose Agar.

L'Algérie, a connu ces deux dernières décennies un fort développement des filières agro-alimentaires notamment l'industrie de transformation laitière et fromagère. Elle compte 159 unités de transformation fromagère qui sont enregistrées au centre national du registre de commerce (CNRC, 2018). Avec une consommation annuelle estimée à près de 3 milliards de litres de lait, l'Algérie est classée parmi les premiers pays consommateurs du lait au Maghreb.

La wilaya de Tizi-Ouzou est l'une des plus productrice du lait, classé la deuxième au niveau national en matière de collecte et 5eme en ce qui concerne la production, en effet elle est l'une des régions montagneuses et à faible sole fourragère (Oukaci, 2014).

Le lait est un aliment indispensable pour les nourrissons, présente une nécessité vital dans la ration alimentaire de la population mondiale et ceci est due à un important apport en nutriments de base (protéines, lipides, glucides), vitamines, éléments minéraux, c'est l'un des produits commercialisé à l'état frais ; ou transformé en produits dérivés (fromage, beure...etc).

L'alimentation des vaches joue un rôle dans l'augmentation au niveau de la production des produits laitiers, aussi bien dans l'amélioration mais aussi les conditions internes et externes d'élevage que ce soit pour la vache qui domine la production mondiale, ou d'autres espèces laitières qui sont aussi importante suite à leurs rusticité et leurs adaptation particulière à leurs milieu tel que la chamelle, la chèvre...

Aujourd'hui, 40% du lait produit dans le monde est transformé en fromage, selon L'organisation mondiale de l'alimentation (F.A.O.), cette transformation du lait en fromage vise à conserver les principaux composants du lait.

Selon Mahaut *et al* (2000) , il existe environ 2000 types de fromages dans le monde ; produits à l'aide des techniques de base communes. Parmi ces variétés, on retrouve le Camembert, un fromage à pâte molle au lait cru, probablement l'un des plus populaires et appréciés.

Le Camembert est un produit obtenu suite à de différentes étapes de fabrication .Ses propriétés dépendent d'un grand nombre de facteurs liés à la nature et à l'état du lait, ainsi qu'aux ingrédients et aux facteurs techniques à la fabrication exploité.

Quelques auteurs ont cherché à expliquer les variations du rendement en fabrication de pâte molle Maubois *et al* (1970).Ces travaux montrent que l'importance des différents constituants du lait dans la prédiction du rendement varie fortement, notamment en fonction des technologies utilisées ; le contrôle rigoureux de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait est indispensable pour un meilleur rendement. Son évaluation est un outil important non seulement pour la fabrication, mais aussi pour la gestion économique de la fromagerie. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude réalisée au sein de la fromagerie « LE SEMEUR ».

L'étude réalisée est scindée en deux parties : une synthèse bibliographique englobant des généralités sur la matière première (le lait de vache) et le produit fini (Camembert), suivi d'une partie expérimentale dans laquelle le matériel, techniques utilisées pour l'appréciation des analyses physico-chimique et microbiologique du lait collecté et du produit fini, sont décrits et les résultats obtenus sont représentés et discutés.

A decorative red scroll graphic with a gradient, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends and a slight shadow.

Partie I :
Synthèse Bibliographique

A decorative red scroll graphic with a gradient, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends and a slight shadow.

Chapitre I:
Généralités sur le lait

I. 1. Définition de lait

➤ Définition alimentaire

Selon le Codex Alimentarius en 1999: la dénomination « lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur » (Boudier et Luquet, 1981). D'après Aboutayeb(2009), le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment presque complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des jeunes.

➤ Définition réglementaire

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

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

I.2. Composition du lait

• Composition chimique moyenne du lait

Le lait est reconnu depuis longtemps comme étant un aliment bon pour la santé car il fournit tous les nutriments sous forme digeste et en quantité optimale, source de calcium et de protéines, il peut être ajouté à notre régime sous plusieurs formes.

Le lait de vache est un lait caséineux, sa composition générale, varie en fonction d'une multiplicité de facteurs parmi eux on trouve la race animale, l'alimentation et l'état de santé de l'animale et la période de lactation ainsi qu'au cours de la traite.etc. (Taleb, 2017), en effet la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut être obtenue seulement par analyse (Roudaut et Lefrancq, 2005).

Une différente composition du lait des espèces est retrouvée comme le montre les tableaux suivants :

Tableau I : Composition du lait de différentes espèces (Miller *et al.*, 2009)

Nutriment	Vache	Humain	Chèvre	Brebis
Protéines (g/100g)	3,3	1,0	3,6	06
Caséines (g/l)	2,7	0,6	/	/
Lactosérum (g/l)	0,6	0,4	/	/
Matière grasse (g/l)	3,3	4,4	4,1	7,0
Lactose (g/l)	4,7	6,9	4,4	7,0
Minéraux (g/l)	0,7	0,2	0,8	1,0
Calcium (mg/100g)	119	32	134	193
Phosphore (g/l)	93	14	111	158
Magnésium (g/l)	13	03	14	18
Potassium (g/l)	152	51	204	136
Riboflavine (g/l)	0,16	0,04	0,14	0,35
Vitamine B1 (mg/100g)	0,36	0,04	0,06	0,71

Tableau II : Composition chimique du lait de vache (Goursaud , 1985).

Composants	Composition (g/l)	Extrêmes
Eau	905	/
Glucides lactose	902	40-60
Matière grasse	39	25-45
Lipides	38	
Phospholipides	0,5	
Composés liposoluble (insaponifiables)	0,5	
Matière azotée	33	25-45
Caséines	28	
Protéines solubles	4,7	
Azote non protéique	0,3	
Sels	9	7-10
L'acide citrique (en acide)	2	
L'acide phosphorique(P₂O₃)	2,6 1,7	
De chlorure de sodium (NaCl)		
Biocatalyseurs (vitamine, enzymes..)	Traces	/
Gaz dissout	≤ 5% du volume	/
Extrait sec total	127	/
Extrait sec non gras	92	/

I.3. Constituants du lait

I.3.1. L'eau

Selon Amiot *et al* (2002), l'eau est le composant essentiel du lait il représente environ 9/10 du taux totale du produit, comme il se présente sous deux formes : libre (96%) ou liée à la matière sèches (4%) (Beloucif et Pulmi, 2017).

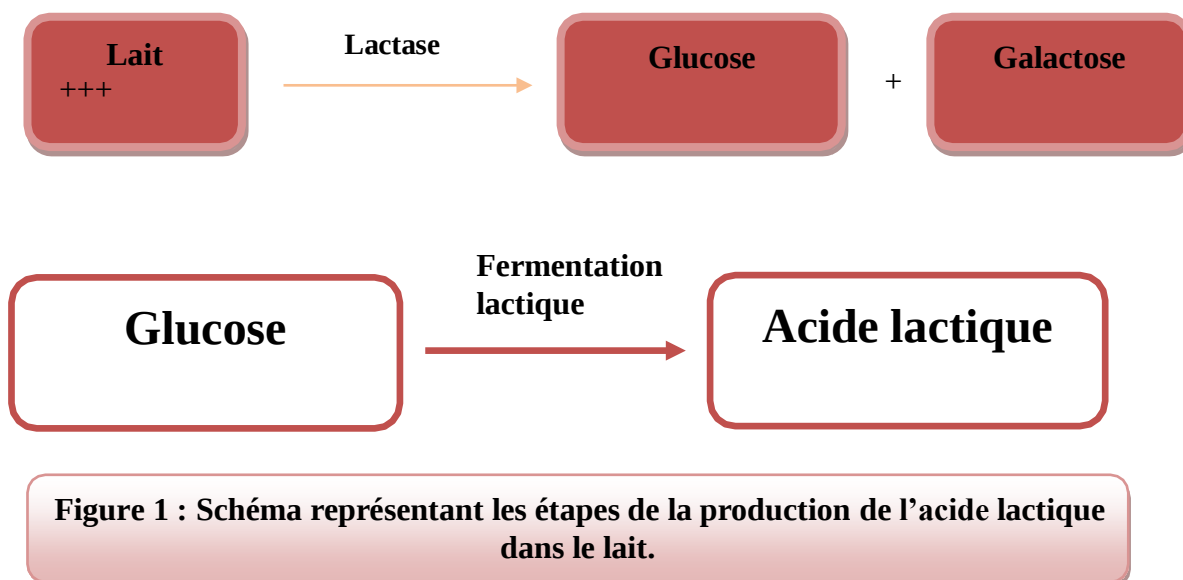
Une présence de dipôles et de doublet d'électron libre qui lui confère un caractère polaire, ce dernier lui permet de former de véritables solutions avec d'autres substances

polaires et des solutions colloïdales, pareillement pour les micelles de caséines et ceci en vue de leurs solidifications.

I.3.2. Les glucides

Les glucides du lait sont surtout composés de lactose, celui-ci, une fois absorbé par l'organisme se dédouble en glucose et galactose (Henri, 1982). Le lactose est constitué d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose liées entre elles par une liaison β -(1,4) nommé (β - Galactopyranosyl (1,4) d- glucopyranose), son pouvoir sucrant est très faible, six fois inférieure à celui du saccharose (Debry, 2007).

Le lactose constitue la matière carbonée principale pour le développement des bactéries lactiques, en effet la transformation du lactose en acide lactique entraîne une baisse de pH du lait et la déstabilisation de ses éléments dispersés est à l'origine de la fabrication des produits laitiers fermentés (Jeant et *et al.*, 2008).



I.3.3. Les lipides

Le lait de vache contient 3 à 5 % de matière grasse dispersée sous forme de globules sphériques dont le diamètre varie de 0,1 à 20 μm , avec une valeur moyenne de 3 à 5 μm . Ces globules gras sont hétérogènes; ils sont essentiellement constitués d'une microgoutte de triglycérides, entourée d'une fine membrane communément appelée « la membrane du globule gras du lait ».

I.3.4. La matière azotée

La matière azotée du lait englobe deux groupes ; les protéines qui représentent environ 95% et 5% de matières non protéiques.

Les protéines représentent 95% du taux d'azote du lait qui se répartit en deux phases :

➤ Une phase micellaire (caseines) :

Représente 80% des protéines du lait, regroupe les différents types :

1. Alpha-caséines (caséines α s1 36% et α s2 10%).
2. Beta-caséine ou caséine β 34%.
3. Kappa-caséine ou caséine k 13%.
4. Gamma-caséines ou caséine 7% (produit de la protéolyse de la β -caséine) (Brule,1987).

➤ Une phase soluble :

Une micelle de caséine contient environ 92% de protéines et 8% de minéraux, en effet une partie minérale de cette micelle contient à peu près 90% de phosphate, du calcium et 10% environ d'ion citrate et de magnésium (Gueguen , 1979), la stabilité de la structure est maintenu grâce aux liaisons du calcium à la caséine (Brule, 1987).

Une importante propriété de ces micelles est le fait d'être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique comme ils permettent la coagulation, ainsi le pouvoir de la transformation du lait en fromage et aussi en lait fermenté (Gueguen, 1979).

Selon Brule (1987), il existe une autre fraction protéique du lait qui est présente dans le lactosérum avec une portion de 17% environ, ainsi la présence des deux principales protéines sériques qui sont la β -Lactoglobuline et la α -Lactalbumine.

I.3.5. Les minéraux du lait

C'est l'ensemble des constituants présents à l'état d'ions ou de sels. Elles ont une importance diététique très grande et jouent un rôle dans l'équilibre osmotique et dans l'organisation structurale des micelles de caséine (Michel et *al.*, 2000).

La principale source du calcium et du phosphore est le lait ainsi que les produits laitiers, ils couvrent plus de la moitié des besoins journalières de l'être humain, le tableau si dessous représente la composition du lait en minéraux.

Tableau III : Composition minérale du lait de vache (Jeant et al., 2007).

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

I.3.6. Biocatalyseurs : vitamines et enzymes

I.3.6.1. Enzymes

Les laits des mammifères renferment différentes enzymes appelée catalyseurs biologiques d'origine lactée , microbiologique ou fongique (Rodrigue, 2006) comme l'actoperoxydase, lysozyme , ils peuvent jouer un rôle d'indicateurs pour certains procédés technologiques (Michel et al., 2000).

I.3.6.2. Vitamines

Le lait contient des vitamines liposolubles et des vitamines hydrosolubles qui se retrouvent dans le sérum (Amiot , 2002), elles sont des substances biologiquement indispensables car elles participent comme cofacteur dans les réactions enzymatiques et dans les échanges au niveau des membranes cellulaires (Vignola , 2002) comme elles jouent un rôle de coenzymes associée à une apoenzymes protéique, on distingue :

- ✓ **Les vitamines hydrosolubles** (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait en quantité constantes.
- ✓ **Les vitamines liposolubles** (vitamines A, D, E , K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre des globules gras et d'autres à sa périphérie (Jeantet et al., 2008).

I.4. Principales caractéristiques du lait

I.4.1. Caractéristiques organoleptiques

Le lait est un liquide biologique comestible deux fois plus visqueux que l'eau.

I.4.1.1. Couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène due à la transformation de la Beta-carotène en vitamine A, qui passe directement dans le lait) (Martin, 2000 ; Fredot, 2005).

I.4.1.2. Odeur

L'odeur du lait est fixée par la matière grasse qu'il contient. Elle est influencée par l'ambiance de la traite, l'alimentation de l'animal et la conservation du lait (Ramdani, 2008).

I.4.1.3. Saveur

Le lait a une saveur douceâtre, faiblement sucrée en raison de sa richesse en lactose dont le pouvoir sucrant est inférieur à celui du saccharose (Laurent, 1992), ainsi la saveur salée du NaCl, la saveur particulière de lécithines qui s'équilibre et qui est atténuée par la masse des protéines (Martin, 2000).

I.4.1.4. Viscosité

La viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes comme elle est influencé par la teneur en graisse et en caséine, elle dépend aussi de l'espèce on trouve un lait moins visqueux chez les herbivores et un lait visqueux chez les monogastriques (Seydi, 2004).

I.4.2. Caractéristiques physico-chimiques

La composition du lait est très complexe, du point de vue physique, le lait présente une hétérogénéité car certains composants sont dominants quantitativement.

Les propriétés physiques comme la densité absolue, la viscosité, la tension superficielle et la chaleur spécifique dépendent de l'ensemble des constituants (Mathieu, 1998).

I.4.2.1. Densité

La densité moyenne des laits mesurée à 20°C est de 1,030, elle dépend de la teneur

en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires, en outre deux facteurs déterminent la densité :

- la concentration des éléments dissous en suspension (solide non gras).
- la proportion de matière grasse.

La densité des laits écrémés s'élève au-delà de 1,035 alors qu'elle diminue lors du mouillage des laits (Vignola, 2002).

I.4.2.2. Acidité

Les protéines, surtout les caséines et la lactalbumine, des substances minérales telles que les phosphates, CO_2 et l'acide citrique sont les éléments responsables de l'acidité naturelle (Amiot *et al.*, 2002), l'acidité est exprimée en degrés Dornic, sous l'effet des bactéries lactiques, le taux d'acide lactique augmente et donne une nouvelle acidité nommée acidité développée.

I.4.2.3. Point de congélation

Mathieu (1999) et Vignola (2002) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure, cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait, en outre sa valeur moyenne se situe entre $-0,54$ et $-0,55^\circ\text{C}$, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin.

I.4.2.4. Point d'ébullition

D'après Amiot *et al* (2002), le point d'ébullition est la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée, ainsi qu'il subit l'influence de la présence des solides solubilisés comme il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit $100,5^\circ\text{C}$.

I.4.2.5. pH

Le pH du lait de vache fraîchement trait est légèrement acide, un faible changement du PH du côté acide a des effets importants sur l'équilibre des minéraux et sur la stabilité de la suspension colloïdale de caséine (Alais et Linden, 1997).

I.4.2.6. Masse volumique

La masse volumique du lait de vache à 20°C est d'environ 1030 kg.m^{-3} , elle varie en fonction de la composition du lait, notamment de sa teneur en matière grasse.

I.4.3. Caractéristiques microbiologiques

Le lait, même provenant d'une traite effectuée dans de bonnes conditions d'hygiène, renferme de nombreux germes dont le développement rapide est assuré par sa température et par sa richesse en eau et en glucides (Fredot, 2006).

Les microorganismes du lait sont répartis selon leurs importances en deux grandes classe:

➤ **La flore indigène**

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10³ germes/ml), à sa sortie du pis, il est pratiquement stérile et protégé par des substances inhibitrices appelées lactaténines à activité limitée dans le temps (CUQ, 2007).

➤ **La flore originelle**

C'est l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles (Vignola, 2002), cette dernière est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV : Flore originelle du lait cru (Vignola, 2002)

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

 Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques appartiennent à un groupe de bactéries bénéfiques, dont les vertus se ressemblent, et qui produisent de l'acide lactique comme produit final du processus de fermentation.

➤ **La flore de contamination**

Elle est subdivisée en deux classes, une flore d'altération qui peut causer des défauts sensoriels et peut réduire la vie du produit laitier (Vignola, 2002) et une flore pathogène qui présente un danger pour le consommateur (Vignola, 2002).

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

Tableau V : Les principaux groupes bactériens du lait.

Les microorganismes	Les caractéristiques	Les effets	Les références
<i>Clostridium</i>	Gram positif anaérobies strictes.	Contamination du lait au moment de la traite.	(Bourgeois et Leveau, 1991).
<i>Escherichia coli</i>	Mobile Pathogène	Capable de fermenter le glucose et le Lactose	(Carip, 2008).
<i>Salmonella</i>	Pathogène Gram négatif. Mobile sensibles au pH acide aéroanaérobies facultatifs	Capable de fermenter le glucose incapable de fermenter le lactose	(Carip, 2008).
<i>Staphylococcus</i>	Gram positif Immobile Non capsulés Non sporulés	Capable de fermenter le glucose	(Lory <i>et al.</i> , 2004) (Carip, 2008)

I.5. Facteurs de variations de la composition du lait

Selon Pougheon (2001), la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs.

I.5.1. Les Facteurs intrinsèques**I.5.1.1. Les facteurs génétiques**

Des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race, en effet les variantes génétiques des protéines du lait influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches.

I.5.1.2. Le stade de lactation

Au cours de la lactation, les quantités de matière grasse, de matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite en outre les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés.

I.5.1.3. L'âge

Selon Pougheon et Goursaud (2001), on peut considérer que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations. On observe une diminution du taux butyreux de 1% et du taux protéique de 0.6%.

I.5.1.4. L'état 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.

I.5.2. Les Facteurs extrinsèques**I.5.2.1. Alimentation**

La composition du lait des mammifères est influencée jusqu'à un certain point par l'alimentation de la femelle, chez la vache laitière, les nutritionnistes calculent des rations en fonction du maintien de la santé de l'animal et de ses performances.

I.5.2.2. Saison et climat

D'après Goursaud (2001), la saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge ...etc.) de façon immuable, le TB passe par un minimum en juin – juillet et par un maximum à la fin de l'automne en effet une teneur en calcium minimale en été et maximal au printemps.

A horizontal red ribbon banner with rounded corners and a slight 3D effect, featuring a vertical strip on the left side that looks like a ribbon fold.

Chapitre II :
Le fromage et Camembert

II.1. Fromage

II.1.1. Historique

L'origine exacte de la transformation du lait en fromage 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 avant J.-C. et 300 après J.-C. Leurs influences se sont reflétées dans l'étymologie.

L'appellation de l'ancien français «fromage » (du latin formaticus, c'est-à-dire fait dans une forme. En effet, le mot latin caseus signifiant fromage, est la racine qui donnera le mot caséine en français, nom qui désigne la protéine coagulable du lait (ST-Gelais et Tirard - Collet, 2002).

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnu. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps les phénomènes de coagulation du lait depuis la découverte, sur les rives du lac Neuchâtel, de moules à cailler datant de 5000 ans avant J.-C.

II.1.2. Définition

Selon la norme du codex alimentarius (Stan A-6 -1978 amendé en 2006), « le fromage est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure, obtenu après coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème, crème de lactosérum ou babeurre, seul ou en combinaison, qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum / caséines ne dépasse pas celui du lait ».

Le fromage affiné est un produit de la coagulation qui est maintenu pendant un certain temps dans des conditions d'humidité et de température nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage. Le fromage affiné aux moisissures est un fromage où l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse et/ou à la surface du fromage. Le fromage non affiné (dont le fromage frais) est un produit de la coagulation acide qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication (FAO/OMS, 2007).

II.1.3. Classification des fromages

○ Classification du codex alimentaires

La classification d'un fromage, tel que défini par les normes du codex alimentaire CODEX STAN A-6-1978 est obtenue après application des trois formules suivantes:

- **(Formule I):** Selon la fermeté qui appartient à l'intervalle de 69 à 51 % d'où la pâte molle évolue jusqu'à la pâte extra dure, cette classification est portée selon la TEFD.
- **(Formule II):** La deuxième classification est classée selon la teneur de la matière grasse par rapport à l'extrait sec total.
- **(Formule III):** La troisième classification est que les fromages sont classés en trois catégories différentes selon l'affinité du fromage.
-

II.1.4. Composition du fromage

Le fromage est un groupe alimentaire très hétérogène dont la composition varie fortement selon la qualité de la matière première utilisée ou selon la technologie de fabrication.

II.1.4.1. Teneur en eau et extrait sec complémentaire

L'extrait sec ou matière sèche est considéré comme 100 % la teneur en eau. Cela dépend de la teneur en matières grasses du lait, de la crème ajoutée et de l'importance de l'égouttage. La teneur moyenne en eau des fromages est montrée dans le tableau suivant.

L'humidité finale est liée à différents facteurs :

- Le degré d'égouttage du caillé.
- La teneur en matières grasses du lait utilisé (la teneur en eau du lait écrémé > lait demi-écrémé > lait entier).
- La durée et les conditions d'affinage (Fredot, 2009).

Tableau VI : Teneur moyenne en eau des fromages (Fredot, 2009).

Type de fromage	Teneur moyenne en eau	Matière sèche
Fromages frais	≥80%	≤20%
Fromages à pâtes molle	50%	50%
Fromages fondus	50%	50%
Fromages à pâtes demi -dure	45%	55%
Fromages persillés	40%	60%
Fromages à pâtes dure	35%	65%

II.1.4.2. Matière grasse

La qualification associée à la dénomination du fromage est liée au pourcentage de la substance MG par rapport à l'EST. Le fromage est mentionné à 0% de matière première lorsque celui-ci est fabriqué à partir de lait écrémé.

La teneur lipidique pour 100 g de fromages est rapportée dans le tableau ci-dessous.

Tableau VII : Teneur lipidique pour 100 g de fromage (Luquet 1990).

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

II.1.4.3. Les protéines

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. Ce sont les aliments les plus riches en protéines, en particulier les fromages à pâte pressée dont la teneur en protéines (30%) dépasse celle de la viande. Ces protéines proviennent de la caséine modifiée dont, au cours de l'affinage, une partie importante se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et en acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, ce qui confère au produit final sa texture et sa saveur (Dillon et Berthier, 2006).

II.1.4.4. Les glucides

Selon Fredot, (2009), la teneur moyenne en glucides est la suivante :

- 3,5% dans les fromages frais sans sucre.
- Environ 20 % dans les fromages frais doux ou aux fruits.
- Négligeables dans les fromages affinés : ils peuvent donc être consommés dans les régimes appauvris en lactose.

II.1.4.5. Les minéraux

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium et phosphore. Cependant leurs teneurs varient en fonction du mode de fabrication et de la teneur en eau (Mahaut *et al.*, 2000).

Gueguen, (2006) note une bonne constance des teneurs en calcium pour les fromages à pâte pressée, par contre, il a constaté une grande variabilité pour les fromages à pâte molle, en particulier pour le Camembert dont la teneur en calcium varie selon la marque de 200 à 700 mg par 100g.

Les fromages sont aussi une source intéressante de potassium, de zinc, d'iode et de sélénium. En revanche, ils sont pauvres en fer et en magnésium (Gueguen, 2006).

II.1.4.6. Les vitamines

Les vitamines liposolubles (A, D, E et K) des fromages sont en fonction de la teneur en matière grasse des laits utilisés comme matières premières, de l'adjonction de crème et de la concentration en matière sèche réalisée lors de l'égouttage (Mahaut *et al.*, 2000).

Quant à la teneur en vitamines hydrosolubles (B2, PP, B5 et B6), celles-ci varient considérablement selon les fromages. En effet, elle est le résultat de deux facteurs opposés: la perte qui survient au moment de l'égouttage et l'enrichissement qui survient en cours d'affinage (Dillon et Berthier, 2006).

II.1.5. Etapes principales de la fabrication des fromages

Dans la majorité des cas, la transformation du lait en fromage nécessite trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage. La coagulation du lait conduit à la formation d'un réseau nommé gel ou coagulum. L'égouttage, ou synérèse, permet au lactosérum contenu dans le gel d'être évacué en grande partie et donc de former le caillé.

L'affinage, pour sa part, englobe une multitude de réactions de digestion enzymatique des constituants du caillé qui confère à chaque fromage une typicité au niveau de la texture, de l'aspect et de la flaveur (Mietton *et al.*, 1994).

II.1.5.1. Coagulation du lait

La coagulation du lait résulte de l'association de micelles de caséine plus ou moins modifiées. C'est généralement la transformation du lait liquide en gel, appelé coagulum ou caillé, qui, après un certain nombre de transformations, deviendra du fromage (El-Bendary *et al.*, 2007; Shieh *et al.*, 2009 ; Mohamed Ahmed *et al.*, 2010).

Le processus de coagulation est provoqué par l'action d'un coagulant (riche en chymosine), ajouté à une vitesse bien définie au lait de fabrication, dans des conditions de température et de pH contrôlées (Boudjenah, 2012).

❖ Type de coagulation

En technologie fromagère on distingue trois types de coagulation:

- Coagulation par voie acide.
- Coagulation par voie enzymatique.
- Coagulation mixte.

II.1.5.1.1. Coagulation par voie enzymatique

La coagulation enzymatique englobe plusieurs types d'enzymes : protéolytiques d'origine animales, végétales et microbiennes, elles ont la propriété de coaguler le complexe de caséine, la présure (mélange de chymosine et de pepsine), sécrétée dans la caillette des jeunes ruminants nourris au lait, est la meilleure enzyme de coagulation connue et son mécanisme d'action est bien établi.

La présure est une enzyme protéolytique utilisée dans la fabrication des fromages affinés (type Cheddar, etc.) et de la caséine. Son substrat spécifique est la κ -caséine qui s'hydrolyse à une température d'environ 35°C. La protéolyse conduit à la déstabilisation des caséines micellaires et libère deux molécules, les para caséines κ et un macro peptide soluble ou caséino-glycopeptide, contenant 20 à 30 % de glucides et une séquence de 64 acides aminés. Cette action spécifique, accentuée par la présence de Ca et de P, est appelée réaction de présure primaire, elle est très rapide et consiste en la réaction lente (tertiaire, non spécifique) de protéolyse générale (Vierling, 2003).

L'action de la chymosine comporte alors une phase primaire (hydrolyse) et une phase secondaire (agglomération) (St-Gelais et Tirard, 2002). Figure 2

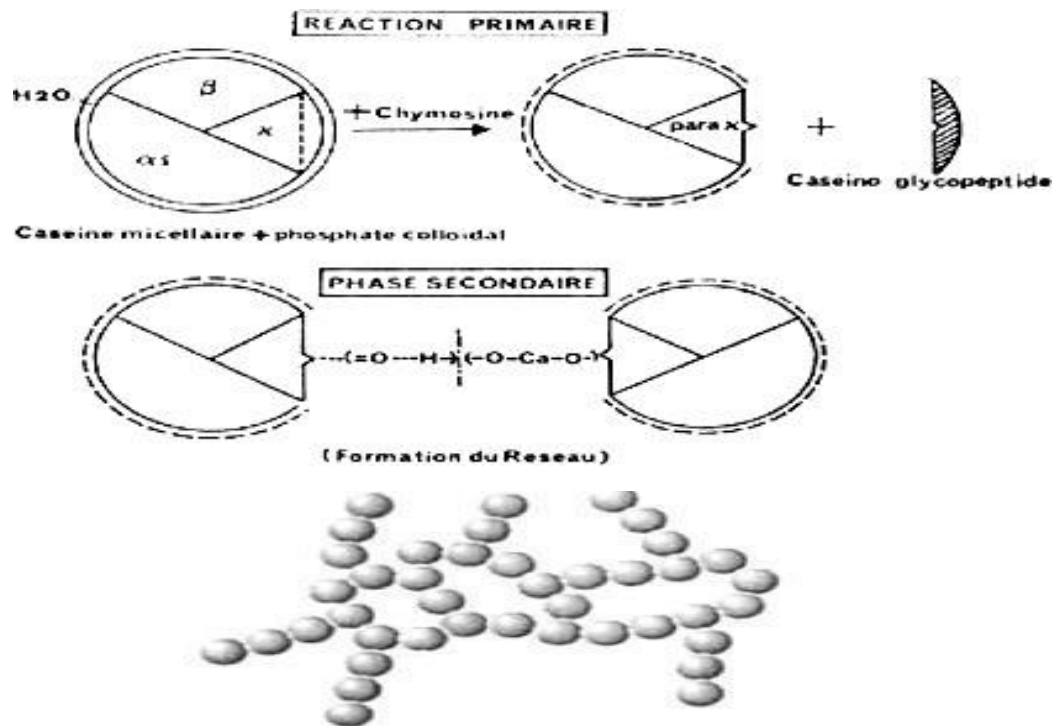


Figure 2: Phases de la coagulation enzymatique du lait et formation du réseau.

➤ Phase primaire

La stabilité des micelles de caséine dans le lait sous forme de dispersions colloïdales est attribuée à leurs forces électrostatiques répulsives induites par une charge négative nette et à leurs répulsions stériques entre les régions flexibles de la macro peptide de caséine kappa. De plus, les ions de calcium, les liaisons hydrogène et les forces de Vanderwaal entre les molécules de caséine contribuent à cette stabilité (Schmidt, 1982).

La rénine va hydrolyser la caséine k, au niveau de la liaison peptidique (phe 105-Met 106), aboutissant à deux fragments : p-caséine kappa et CMP ou GMP fortement glycosylée (Mahaut *et al.*, 2000 ; Vignola, 2002 ; Anema *et al.*, 2005). Cette hydrolyse entraîne une réduction de la charge négative et de la répulsion stérique, rendant les micelles de caséine sujettes à l'aggrégation (Lucey, 2002). Figure 3



Figure 3 : La phase enzymatique.

➤ Phase secondaire

C'est une étape d'agglomération. Lors de cette phase, les micelles déstabilisées peuvent se rapprocher et former des liens hydrophobes par intervention des ions calcium qui s'unissent à la partie chargée négativement des micelles. Cela provoque la diminution des forces de répulsions électrostatiques entre les micelles et favorisera leurs agglomérations en entraînant la formation d'un réseau protéique lâche qui retient les globules gras, l'eau et les constituants solubles (Walstra, 1990 ; Mietton *et al.*, 2004). Le gel présure obtenu est fortement minéralisé, cohésif et doté d'une forte capacité de synérèse (Mietton *et al.*, 1994 ; St-Gelais et Tirard, 2002).

II.1.5.1.2. Coagulation par acidification

Elle consiste à précipiter les caséines à leur $pH_i = 4,6$ par acidification biologique au moyen de ferments lactiques qui fermentent le lactose en acide lactique, ou par acidification chimique au moyen d'injection de CO_2 , d'ajout de glucono- δ -lactone ou de lactosérum ajouté protéine à pH acide. Le gel obtenu par acidification présente une bonne perméabilité mais une grande friabilité. L'absence de structuration en réseau se traduit par une élasticité et une plasticité pratiquement nulles et une faible résistance aux traitements mécaniques (Vignola, 2002 ; Jeant *et al.*, 2008).

II.1.5.1.3. Coagulation par voie mixte

La coagulation mixte est le résultat de l'action conjointe de la présure et de l'acidification lactique dans la pratique industrielle, cependant la formation du coagulum se fait généralement sous l'action dominante de la présure (FAO, 1996).

II.1.5.2. Égouttage et moulage

L'égouttage du coagulum est un phénomène dynamique qui se fait de manière spontanée. Il conduit à la concentration de certains constituants du coagulum par phénomène physique de rétraction (synérèse), qui s'accompagne de l'expulsion passive du lactosérum liée à la porosité et à la perméabilité du coagulum. L'évacuation du lactosérum conduit à la formation du caillé (Colin, 1990 ; Walstra, 1993 ; Fox et Mcsweeney, 2004 ; Mateo *et al.*, 2009 ; Abbas, 2012). Le débit volumique de lactosérum expulsé ($V \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) pendant l'égouttage peut être exprimé en fonction de la loi de Darcy:

$$V = \frac{A}{R} \times \frac{\Delta P}{\eta} \text{ (Jeantet *et al.*, 2008)}$$

ΔP : différence de pression s'exerçant sur le gel(Pa).

η : viscosité du lactosérum(Pa.s).

R: résistance hydro dynamique du gel (m^{-1}),

A: surface du gel (m^2).

En conséquence, l'élimination du lactosérum dépend du type de coagulation mis en jeu et sa porosité.

Le coagulum lactique est plus perméable tandis que les coagulums emprésurés doivent subir des actions mécaniques (brassage, tranchage, pressage) et physiques (cuisson) pour permettre leurs égouttage (Ramet, 1997 ; Everard *et al.*, 2008). La cinétique d'expulsion en moule est décrite par l'équation suivante:

$$V_t = V_0 (1 - e^{-\frac{p \cdot g \cdot t}{\eta \cdot R}})$$

Dont :

V_t : volume de lactosérum expulsé du moule au temps t.

V_0 : volume du mélange caillé/lactosérum à t_0 .

P : masse volumique du lactosérum.

g : accélération de la pesanteur.

η : viscosité du lactosérum.

R : résistance hydrodynamique du gel.

Dans ce cas, la résistance à l'écoulement augmente sous l'effet de l'obstruction des perforations des moules par les grains du caillé, ce qui nécessite le retournement régulier du fromage afin de favoriser la cinétique d'égouttage (Jeant *et al.*, 2007). La texture finale de la pâte fromagère est directement liée aux mécanismes de coagulation et de l'égouttage utilisés lors de la fabrication (Almena et Mietton, 2014).

II.1.5.3. Le salage et ressuyage

Dans les fromageries, salage est une étape importante dans la fabrication des produits affinés. La teneur en sel du fromage varie selon le type de fromage, la plupart des fromages ont une teneur moyenne en sel de 0,5-2 g/100 g, pouvant atteindre 3-4 g/100 g dans certains cas (les fromages bleus et certains fromages de chèvre). Par contre, certains fromages orientaux conservés en saumure (eau + sel) sont assez élevés (8-15g/100g). Les modalités de salage sont par saumurage (Emmental et Camembert), salage à sec et l'affinage en masse.

- ❖ Brièvement, le saumurage joue un triple rôle dans la fabrication du fromage :
 - Il complète l'égouttage et contribue ainsi à la formation de la croûte.
 - Il règle l'activité de l'eau, favorise ou freine le développement des micro-organismes tout en régulant l'activité enzymatique.
 - Révèle la saveur du fromage lui-même en affectant la sensation en bouche et en améliorant l'arôme.

Le ressuyage est une étape qui démarre après le salage. Il consiste à mettre les fromages dans un local dédié au séchage (séchoir). Son but est de diminuer l'humidité du fromage avant qu'il ne soit transféré dans la cave d'affinage.

II.1. 5.4. L'affinage

C'est la phase ultime de la fabrication des fromages caillés qui lui permet d'acquérir sa saveur caractéristique, elle se fait dans des conditions particulières de température de l'ordre de 13°C, d'humidité comprise entre 80-90%, et d'aération et cela pendant 30 jours. Enfin les boules obtenues sont trempées dans une cire alimentaire de couleur jaune puis stockées (Majdi, 2009). Selon Mietton (1995), plusieurs types de dégradation se produisent successivement dans la pâte fromagère :

- **La glycolyse** : fermentation du lactose.
- **La lipolyse** : dégradation des matières grasses.
- **La protéolyse** : dégradation des protéines.

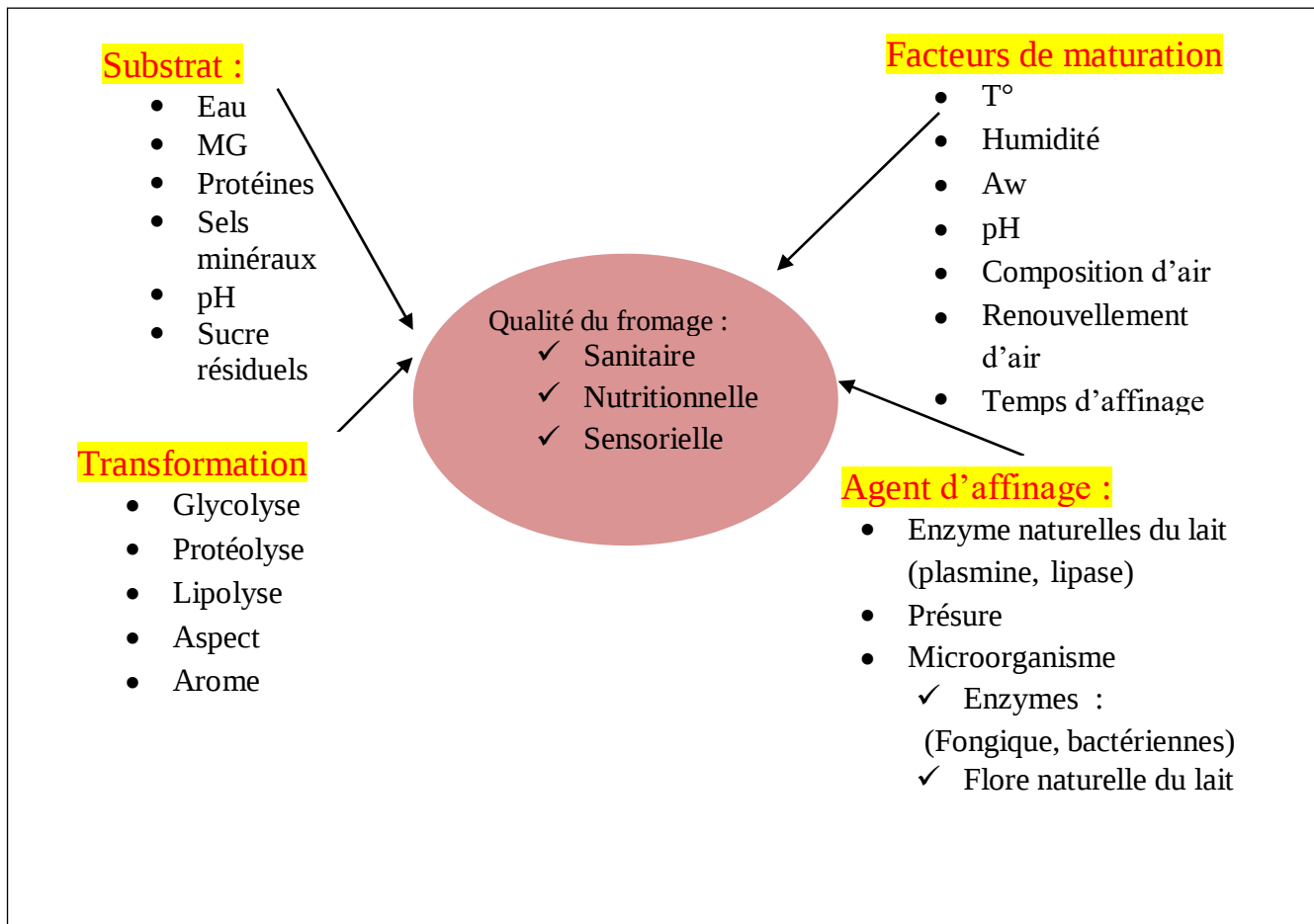


Figure 4 : Condition d'affinage D'après Delphine Cuvillier

II.1.6. Caractéristiques des fromages

Les caractéristiques organoleptiques du fromage sont au cœur des préoccupations essentielles des filières. Les qualités organoleptiques du fromage varient selon la technique de production et caractéristique chimiques et microbiologiques des matières premières utilisées. Ce dernier dépend lui-même de nombreux facteurs, notamment la génétique, la physiologie, les sources alimentaires, etc.

L'ajout de présure a donné un gel plus ferme et un meilleur rendement en fromage. Les plus importants de ces effets sont liés aux différences de teneur en caséine de lait d'une race d'une part, et aux modifications des polymorphismes génétiques des protéines laitières d'autre part, notamment la fréquence des variantes B de la caséine κ . En effet, des variantes de cette caséine ont maintenant été identifiées, dont la fréquence varie d'une race à l'autre et affecte la capacité de coagulation du lait (Mistry *et al.*, 2000).

II.1.7. Microbiologie du fromage

La présence de certains micro-organismes utiles est importante pour la fabrication du fromage. Ces bactéries détermineront le succès du fromage en lui donnant des caractéristiques telles que la texture, la saveur, l'apparence, etc. La transformation du fromage a la propriété de préciser et de favoriser l'augmentation des bactéries utiles, tout en raccourcissant la contamination des bactéries indésirables et en freinant leur développement (Jaouen, 1993).

Parmi les micro-organismes légalement indésirables qui contaminent le lait et le fromage, deux catégories doivent être distinguées selon leur gravité :

- Les agents pathogènes, nocifs pour la santé humaine, ne devraient pas exister,
- Bactéries nuisibles à la qualité organoleptique du fromage.

II.1.8. Les grandes familles de fromage

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

II.1.8.1. Fromages frais

Obtenus par coagulation par des ferments lactiques et égouttage ; ils ne sont pas affinés. Ils sont protégés par effet pH (4,3-4,5) mais pas par effet d'activité d'eau. Leur durée de conservation est de quelques jours à température ambiante.

II.1.8.2. Fromages à pâtes pressées

Le caillé est pressé pour en extraire le plus possible de lactosérum ; ils subissent un affinage durant une période assez longue en atmosphère fraîche (5–7 °C). Ils possèdent une protection équivalente par effet PH et effet de l'activité d'eau. Leur durée de vie va de quelques semaines à plusieurs mois.

On peut distinguer deux sous-catégories et qui sont les suivantes (Taleb, 2017) :

❖ Les pâtes pressées cuites

La préparation du lait comporte une étape de standardisation des matières grasses et de maturation par ajout de ferment mésophiles et éventuellement thermophiles. Après coagulation, le caillé subit un d'écaillage et un brassage pour devenir des grains qui durent entre 15 à 60 minutes. L'opération est effectuée dans la plage de température de 52 à 55°C. Le caillé est ensuite moulé et pressé pendant 4 à 20 heures. A la fin du pressurage, le fromage est affiné en saumure puis affiné (Majdia, 2009).

L'affinage s'effectue généralement à deux températures : « cave froide » (environ 12°C) et « cave chaude » (environ 20°C). Cette technique d'affinage a permis le développement de la fermentation propénoïque. C'est-à-dire la génération du gaz responsable de la formation des cavités. Les soins qui accompagnent l'affinage ont pour but principal de contrôler ou d'empêcher la prolifération de la flore bactérienne qui se dépose spontanément à la surface du fromage.

La texture de la pâte est généralement ferme mais peut être parfois très granuleuse comme dans le cas du Parmesan et du Romano. Certaines meules de ces fromages pèsent entre 40 et 130 Kg (Majdia, 2009).

❖ Les pâtes pressées non cuites

Les fromages à pâte pressée non cuite ou demi-ferme subissent une longue période d'affinage dans un environnement frais et très humide, les fromages à pâte demi-ferme (cheddar, cantal, etc.) ont une consistance dense et une pâte jaune pâle. Ces fromages ne doivent être ni secs ni trop faibles, et la pâte près de la croûte ne doit pas être plus foncée. Ils contiennent 40% à 60% d'humidité (Anonyme, 1999), la figure 5 montre les deux types de fromage à pâte pressée :



Figure 5: Types de fromages à pâte pressée (Branchet, 2013).

II.1. 8.3. Fromages à pâte dure

Le caillé est pressé et chauffé ; le salage se fait pendant plusieurs jours avec du sel sec ; ils sont principalement protégés par effet de l'activité d'eau. La conservation va de quelques mois à quelques années. Ce sont des fromages de garde.

Exemple : Asiago, Grana padano, Parmesan...etc.

II.2. 8.4. Fromages à pâte filée

Ce sont des fromages d'origine italienne, comme la mozzarella ou le provolone. Ces fromages ressemblent beaucoup à la fabrication des pâtes pressées jusqu'à la fin du brassage en cuve. Une fois le lactosérum extrait, les grains sont pressés et laissés au repos pendant 3 à 8 heures jusqu'à ce que 50 à 53 % d'ES soient bien filés. Le caillé est ensuite découpé en lamelles. Trempez-les ensuite dans de l'eau ou du lactosérum à 70 à 85°C pendant 10 à 20 minutes pour favoriser l'élasticité et le filage. Ces fromages sont conditionnés sous diverses formes et peuvent être en boules, en cylindres ou en disques (Majdi, 2009).

II.2.8.5.Fromages fondus

La dénomination « fromage fondu » fait référence à un produit obtenu par fonte et émulsion de fromage ou d'un mélange de plusieurs fromages à pâte pressée, cuits ou non, refondus, avec addition de lait, de crème ou de beurre (Gemrcn, 2009). On obtient une texture plus ou moins douce et élastique et une saveur subtile. L'avantage de ces fromages est qu'ils se conservent longtemps (Branchet, 2013).

II.2.8.6. Fromages à pâte molle

Obtenus par coagulation mixte associant l'acidification par les bactéries lactiques et l'action d'enzymes coagulantes comme la présure ; ils sont affinés durant une période relativement courte. Ils sont protégés par effet pH (4,5-4,8) et un léger effet de l'activité de l'eau qui limite la croissance des bactéries. La durée de conservation est de quelques semaines.

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

II.2.8.6.1. Fromages à pâte molle, à croûte fleurie

Le fromage à croûte fleurie est recouvert d'une fine couche de moisissure blanche et a un aspect velouté (Camembert, Brie, Brillat-Savarin, Coulommiers). Le salage se fait à sec avec du sel fin additionné de *Penicillium*. Cette croûte fleurie est comestible, mais la saveur est forte (St-Gelais2002 ; Tirard *et al.*, 2002).

II.2.8.6.2. Fromages à pâte molle, à croûte lavée

Les fromages à croûte lavée sont lavés en saumure légère pour préserver l'humidité, la souplesse de la pâte et de la croûte, et éliminer certains ferments (Munster, Pont-l'évêque, Livarot, Mariolle). Pour assurer un bon taux d'humidité interne et une fermentation adéquate, les fromages sont placés dans un environnement humide (proche de 90% d'humidité) et à des températures modérées (entre 12 et 15°C). L'affinage de certains de ces fromages se termine par un trempage dans l'alcool, comme le vin ou la bière (St-Gelais ; Tirard *et al.*, 2002).

II.2.8.6.3. Fromages à pâte molle, à croûte persillée

Ce sont des fromages affinés, légèrement salés, malaxés et d'aspect persillé dû à la moisissure bleue à l'intérieur. Le fromage persillé (bleu) est un fromage qui n'est ni cuit, ni pressé, son caillé est d'abord coupé en morceaux, moulé, égoutté, salé, puisensemencé de moisissures telles que *Penicillium roqueforti* ou *P. gorgonzola* déposées dans la pâte à l'aide de longues aiguilles. La fermentation s'effectue de l'intérieur vers l'extérieur. Sous l'action de la moisissure, un réseau complet de veines bleu-vert s'est formé, qui est devenu de plus en plus dense avec le temps. Ces fromages (Roquefort, Gorgonzola, Bleu de Bresse, Bleu Danois, Stilton) ont un goût poivré. Leur texture est généralement friable (St-Gelais ; Tirard *et al.*, 2002).

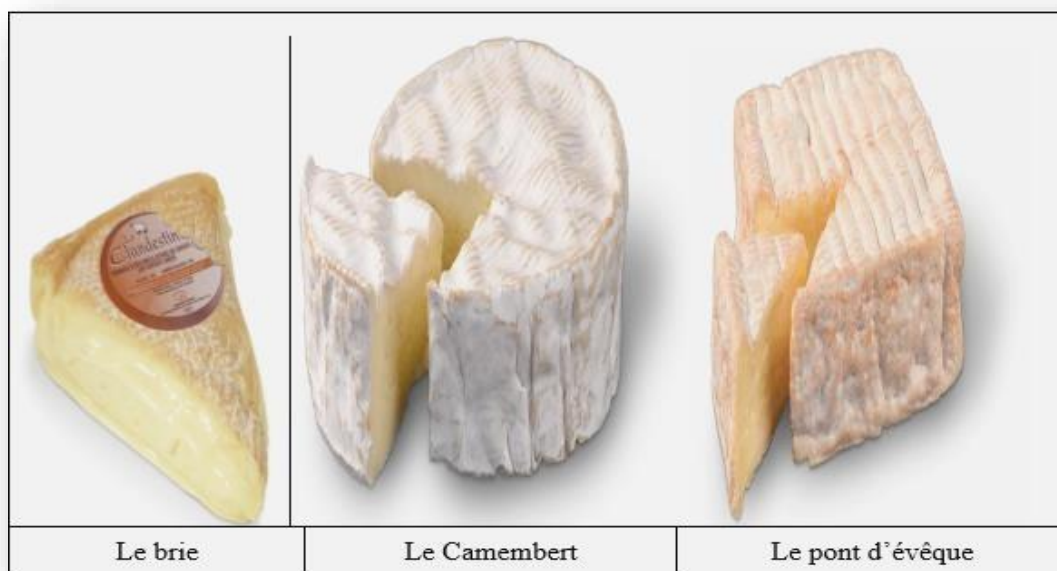


Figure 6 : Types de fromages à pâte molle

II.2. Camembert

II.2.1. Définition

Selon la Norme générale pour le fromage (CODEX STAN 283-1978), le Camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface principalement par la moisissure (*Penicillium camemberti*) et / ou la levure (*Geotrichum candidum*), qui colonisent principalement la surface du fromage.

Ainsi, le fromage doit contenir au moins 40 g de matières grasses pour 100g et dont le poids total de la matière sèche ne doit pas être inférieur à 110 g (Veisseyre, 1975).

L'appellation Camembert est réservée à un fromage fabriqué à base du lait emprésuré en utilisant soit une coagulasse ou la présure (Louhichi, 2008). C'est un fromage qui ne peut pas être consommé immédiatement après sa fabrication ; il doit être conservé dans des conditions spécifiques pendant un certain temps pour que les modifications des caractéristiques biochimiques et physiques du Camembert se produisent (Ahaddad et Kasmi, 2013).

II.2.2. Valeur nutritionnelle

La valeur nutritionnelle des fromages est très élevée par rapport au lait de vache car ils sont riches en protéines et en lipides (Ramdani, 2008). L'élimination du lactosérum représente un appauvrissement du fromage en sels minéraux et en vitamines hydrosolubles, ainsi qu'une protéine intéressante (protéine sérique) aux propriétés fonctionnelles (Cheftel et Cheftel, 1992).

- **Valeur énergétique**

La teneur en calories des différents fromages varie de 100 calories pour 100 g de fromage frais et environ de 350 calories pour 100 g de fromage à pâte pressée. En raison de sa faible teneur en lactose, la plupart des calories proviennent des matières grasses.

- **Source de lipides**

L'onctuosité de la pâte de fromage est due à sa teneur en lipide (triglycérides, phosphoglycérides, sphingosides) sous forme émulsionnée, ce qui les rend digestes.

- **Source de calcium**

Le fromage constitue une excellente source de calcium, qui varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication. Les plus riches sont les fromages à pâte pressée cuite dont le rapport Ca/P = 1 contrairement aux pâtes molles qui apportent moins de calcium : Ca/P=5.

- **La teneur en protéines**

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30 % de protéines, et sa haute valeur biologique réside dans sa composition en acides aminés indispensables sur le plan nutritionnel (Dillion et Berthier, 1997).

- **Source de vitamines**

Certaines des vitamines hydrosolubles se trouvent lors de l'égouttage dans le lactosérum. Le taux de rétention du caillé est de 25%, celui de la vitamine "C" est de 0%, en compensation, la microflore bactérienne et fongique synthétise diverses vitamines du groupe B.

II.2.3. Technologie de fabrication du Camembert

II.2.3.1 Le lait

II.2. 3.1.1. Lait cru

Selon la réglementation officielle (Reg. 853/2004), le lait produit par la sécrétion des glandes mammaires d'animaux d'élevage, chauffé à une température ne dépassant pas 40 °C, s'il est traité de la même manière mais uniquement réfrigéré.

II.2. 3.1.2. Lait recombinaé

Selon le CODEX alimentarius 1996, est un mélange de poudre de lait écrémé et d'eau auquel on a ajouté de la matière grasse laitière anhydre ou du beurre pour obtenir un produit à base de lait frais.

II.2.3.1.3. Lait en poudre

Ils sont répartis en trois groupes : poudre de lait entier, poudre de lait partiellement écrémé et poudre de lait écrémé (Carole et Vignola, 2000).

II.2.3.2. Matière grasse laitière anhydre

La MGLA doit contenir au moins 99,8 % de matières grasses. C'est de crème ou beurre en éliminant l'eau et les solides non gras par décantation ou centrifugation (Luquel, 1990 ; Mahaut *et al.*, 2000).

II.2.3.3. L'eau de reconstituant

Selon Luquel (1990), l'eau de reconstitution représente une grande proportion. Elle doit être d :

- Bonne qualité bactériologique. Exempt de calcaire et de sels de magnésium pour éviter l'entartrage et pipeline.
- Chimiquement pur et exempt de pesticides et de métaux.

II.2.3.4. Matière première

La production de Camembert à pâte molle nécessite l'utilisation d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grande tradition fromagère, comme la France, ce fromage est fabriqué soit directement à partir de lait cru, soit à partir de lait pasteurisé. Remeuf *et al* (1991) ont également souligné que la capacité à transformer le lait en fromage dépend de plusieurs paramètres dont :

- Sa composition chimique.
- La nature de sa microflore et sa charge microbienne.
- Sa capacité à produire des bactéries lactiques.
- Enfin, il agit sur l'enzyme coagulasse, à savoir la présure.

II.2.3.4.1 La présure

La présure est un mélange de chymosine et de pepsine. Il s'agit d'un extrait liquide ou pâteux provenant de la caillette des jeunes ruminants (Mahaut *et al.*, 2000 ; D'ambrosio *et al.*, 2003 ; Anema *et al.*, 2005).

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

II.2.3.4.2. Bactéries lactiques

Les microorganismes utilisés comme ferments lactiques qui participent dans la fermentation dite homolactique qui se définit comme la transformation du lactose présent dans le lait en acide lactique en l'absence d'oxygène, ce qui se traduit par une diminution du PH s'il atteint un niveau inférieur ou égal à 4,6, peut faire coaguler les protéines du lait. Plusieurs sont importants en raison de leurs types de fermentation homolactique ou hétérolactique, tels que *Lactobacilles*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Streptococcus* (Leveau *et al.*, 1993).

Selon Mietton *et al* (1995), les ferments lactiques sont principalement divisés en deux catégories :

▪ Mésophiles

Les ferments mésophiles ont une température optimale de croissance proche de 30°C, Ils comprennent *Lactococcus lactis*, *Lactococcus cremoris* et *Leuconostoc cremoris* qui Contient des bactéries acidifiantes productrices d'acide lactique et des bactéries aromatisants Citrate fermenté.

➤ *Lactococcus*

Ce sont les *streptocoques* mésophiles à Gram positif, anaérobies, non mobiles, non sporulant et homofermentaires. Leur fonction principale est d'acidifier le lait (Benloucif et Oulmi, 2017).

Actuellement, le genre *Lactococcus* comprend cinq espèces, *Lactococcus lactis* étant la plus connue (Boullouf, 2016).

➤ *Leuconostoc*

Les espèces de *Leuconostoc* sont des bactéries Gram-positives, non mobiles, non sporulant et hétérofermentaire. On les trouve souvent dans le lait et le fromage et la production d'arôme.

▪ Thermophiles

Ils se caractérisent par leur capacité à se développer à des températures supérieures à 40°C. Les plus utilisés : *Lactobacillus*, *Streptococcus* et *Pediococcus*.

II.2.3.4.3 Bactéries fongiques

Les Levures

Elles sont généralement représentées par les genres suivants : *Geotrichum candidum*, *Klyveromyces lactis*, *Candida lipolytica*. On les retrouve principalement à la surface des fromages, où ils remplissent plusieurs fonctions : désacidification du fromage par consommation d'acide lactique, formation d'éthanol et de produits secondaires par fermentation du lactose, l'estérification, la protéolyse et la lipolyse (Mahaut *et al.*, 2000).

 Les moisissures

Les espèces utilisées dans la fabrication du Camembert sont :

- ❖ ***Penicillium camemberti*** : Cette espèce fournit une couverture blanche pour le camembert, possède des activités protéolytiques et lipolytiques qui déterminent ses propriétés organoleptiques des fromages au stade d'affinage. " (Bourgeois et Larpent, 1989).
- ❖ ***Penicillium candidum*** : C'est la moisissure qui a causé l'enrobage blanc crémeux du camembert. Qui apparaît le 1^{er} jour de la maturité comme une protectrice contre les contaminations externes. Elle contribue à la formation de la saveur et de l'arôme du camembert (Bourgeois et Larpent, 1989).

II.2.3.4.4. Les sels

L'addition du CaCl_2 a pour but de favoriser l'équilibre salin. Ainsi, apporte le goût caractéristique au fromage et agit sur l'activité de l'eau superficielle (Mahaut *et al.*, 2000).

II.2.4. Les étapes de fabrication du Camembert**II.2.4.1. Les traitements préliminaires du lait**

Dès la réception du lait à l'usine, celui-ci est trié et ceux qui ne conviennent pas à la transformation fromagère (lait plus ou moins acide à forte teneur microbienne) sont éliminés. Après le stockage à basse température, ils sont soumis à certains traitements technologiques (notamment homogénéisation et traitement thermique) dont le but est d'obtenir des produits dérivés de grande qualité, avec des bons rendements de fabrication (Lenoir, 1974 ; Miranda et Gripon, 1986).

II.2.4.1.1. Standardisation

Pour surmonter les variations de la teneur en protéines du lait et améliorer la capacité de coagulation, le fabricant régule la teneur en protéines du lait entre 35 et 40 g/L, en éliminant l'eau ou en enrichissant en caséinates (Jeantet *et al.*, 2008).

Pour respecter le rapport gras/sec et contrôler la structure de l'eau dans le fromage, les fabricants ajustent la teneur en matière grasse en ajoutant de la MGLA (Mahaut *et al.*, 2000).

Pour corriger les variations de la teneur en calcium du lait, le chlorure de calcium ajouté de 50 à 200 mg/l au lait pour augmenter la coagulation (Jeantet *et al.*, 2008). La standardisation bactériologique doit pouvoir s'affranchir de la flore initiale du lait en éliminant la flore pathogène et la flore banale grâce aux traitements thermiques adéquates et fourniture de la flore souhaitée par ensemencement de micro-organismes comme les bactéries lactiques (Mahaut *et al.*, 2000).

II.2.4.1.2. Traitement thermique

Selon la température atteinte et la durée du chauffage, le traitement thermique utilisé affecte d'une part la concentration de la flore microbienne initiale et d'autre part la composition physico-chimique du lait. Dans la plupart des cas, les modifications qui en résultent entraînent des modifications des propriétés du lait et affectent largement la qualité du produit fini, notamment sa valeur nutritionnelle (Eck, 1990).

Ainsi, la thermisation (traitement à 64°C pendant 15 à 20 secondes) est principalement utilisée pour détruire les bactéries psychrophiles qui se développent dans le lait stocké réfrigéré dans les fermes ou dans les fromageries. Ce traitement ne protège pas de manière fiable la santé des consommateurs, car il ne détruit que partiellement les bactéries dangereuses (Bertrand, 1988), l'industrie fromagère a souvent recours à la pasteurisation qui a l'avantage de détruire toutes les bactéries.

- Pasteurisation basse : 63°C pendant 30 minutes.
- Pasteurisation Haut : 72°C pendant 20 secondes.

II.2. 4.1.3. Maturation

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

Le lait (en petite quantité) a été ensemencé avec un levain lactique mésophile à la dose de 1,5% à 2% (Lenoir *et al.*, 1983). Laisser un temps de maturation suffisant pour permettre aux souches de *Lactobacillus* inoculées de se multiplier et de se développer (Bertrand, 1988). Une fois sa souche récupérée, la levure (préparée) servira à ensemer la grande cuve de coagulation. Des starters fongiques ont également été introduits, qui jouent un rôle important dans le phénomène de maturation. Ce sont les spores de *Penicillium Camemberti*, et *Geotrichum candidum*.

II.2.4.1.4. Emprésurage, moulage et démoulage

La présure est ajoutée dans des bassins afin de faire cailler le lait, c'est à dire afin de séparer le caillé (solide) et le sérum (liquide). cette étape dure 1h à 2h.

Lorsque le caillé atteint la consistance désirée, l'opération de moulage du Camembert dans des moules en aluminium et parfois en plastique, démarre. Elle peut être faite soit manuellement à l'aide d'une louche (le Camembert fermier) soit avec des pelles en plastique ou par des procédés mécaniques (Camembert industriels). Au bout de 5h, le fromage est retourné manuellement afin qu'il puisse s'égoutter de l'autre côté.

Le démoulage consiste à retirer les moules. La température de la salle doit être abaissée rapidement, jusqu'à 18 ou 20°C pour ralentir l'égouttage ainsi que la croissance de *Geotrichum candidum* qui entraverait l'installation de *Penicillium camemberti* à la surface du Camembert.

II.2.5. Défauts de fabrication du camembert

✓ Défauts d'aspect

La présence de micro-organismes indésirables peut provoquer un changement d'apparence et de texture et de croûte.

La flore fongique peut provoquer des accidents sur les surfaces fromages, tel que " les taches bleu" ou "croûte de crapaud", ou ceux dérivés de bactéries de surface et à l'intérieur de la pâte (ulcères, taches orangées, crème, roses, brunes, etc.) (Mcsweeney, 2002).

- Peau de chapeau

Le développement excessif de *Geotrichum candidum*, la croûte devient visqueuse et coulante, Ce défaut provient du développement apparaît lors d'un salage insuffisant ou si la température est trop élevée en fin d'égouttage, ou d'une hygiène défectueuses



Figure 7 : La croûte fromagère envahi par *Geotrichum candidum* provoquant l'effet « Peau de crapaud » (St-gelais et al., 2002).

- Les taches bleues

Ce défaut se caractérise par l'apparition de taches blanches en surface ou bien verte causée par *Penicillium roqueforti* suite à un manque d'acidification (St-gelais et al., 2002).



Figure 8 : Surface d'un fromage touchée par des taches bleuâtres provoquées par *Penicillium roqueforti* (St-gelais et al., 2002).

✓ Défauts de saveur et d'arôme

Une dégradation accrue des graisses peut entraîner des saveurs et des arômes indésirables.

Des traitements technologiques telle qu'une agitation mécanique excessive ou une mauvaise conservation du lait cru peut entraîner la décomposition 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).

✓ Défauts de texture

Elles sont dues aux défauts d'égouttage.

- ❖ Le fromage à pâte sèche est le résultat d'un affinage insuffisant provoqué par un égouttage très poussé.

Le fromage à pâte collante est dû à l'égouttage insuffisant ou le caillé est très humide qui est le siège d'un développement excessif de la flore protéolytique conduisant à la production de gaz en particulier les bactéries coliformes et les levures (Mcsweeney . 2007).

A horizontal red ribbon with rounded ends and a slight 3D effect, featuring a vertical strip on the left side.

Chapitre III:
Rendement fromager

III.1. Définition du rendement fromager

Le rendement fromager correspond à la quantité de fromage que l'on peut obtenir avec une quantité déterminée de lait.

✚ Le rendement global est calculé comme suit :

$$R = \frac{\text{Poids du fromage}}{\text{Nombre de litre de lait}} \times 100$$

✚ Le rendement élémentaire est exprimé selon la formule suivante (Libouga *et al.*, 2006) :

$$R = \frac{X(\text{lait}) - X(\text{sérum})}{X(\text{fromage}) - X(\text{sérum})} \times 100$$

Avec X qui représente le constituant à doser (EST, MG).

Ils varient principalement en fonction de la quantité d'eau retenue dans le fromage, déterminée par des paramètres techniques et la teneur en protéines et matières grasses du lait (Cuvillier, 2005).

Il est également possible de calculer le taux de récupération Tx d'un constituant X dans le fromage selon l'équation suivante :

$$T_x = \frac{m_F \cdot X_F \cdot 100}{m_L \cdot X_L}$$

Avec : m_L , m_F et X_L , X_F désignent respectivement les masses (kg) de lait, de fromage et les concentrations du constituant X (EST, MG...) dans le lait et le fromage (g /kg) (Jeantet *et al.*, 2008).

Le rendement fromager est l'un des données les plus importants pour une fromagerie. En effet la quantité du fromage généralement obtenue est faible par rapport à la quantité Ingrédients utilisés (il faut environ 100 litre du lait pour obtenir 10 a 12 kg de camembert) en d'autres termes, de petits changements de rendement peuvent avoir des conséquences économie importante (Eck, 1987).

III.2. Importance du contrôle de rendement fromager

Etant donné l'importance économique accrue pour la rentabilité de la production, un industriel fromager doit être à même de prévoir le «rendement» en fromage d'un lait qu'il reçoit (on dit aussi la « valeur fromagère du lait») c'est-à-dire la quantité de fromage qu'il pourra obtenir à partir d'une quantité de lait donnée. Cette connaissance préalable du rendement peut réduire fortement la marge de sécurité coûteuse nécessaire à l'hétérogénéité des matières premières et des produits finis (Bernard, 2011).

En effet, il suffit de comparer les rendements théoriques aux rendements pratiques observés pour mettre en évidence les pertes évitables dues aux erreurs de fabrication dans la plupart des cas, et lorsqu'elles sont détectées, la fabrication est aisée (Veisseyre, 1975).

III.3. Facteurs influençant le rendement fromager

III.3.1. Teneur en humidité conservée dans le produit

Plus il y a d'eau dans le fromage, moins il faut de lait pour obtenir le fromage. Il faut donc moins de litres de lait pour faire 1kg de pâte fraîche que pour faire 1kg de Comté (pâte ferme) et bien sûr moins de sérum pour 1kg de pâtes fraîches que pour 1kg de Comté. Schématiquement, l'augmentation du caractère lactique du fromage, on tend à augmenter le rendement ; à l'inverse, l'augmentation du caractère présure tend à diminuer le rendement (Colin, 1992).

III.3.2. Richesse du lait en matières grasses

La matière grasse augmente en parallèle avec le taux du rendement, en considère qu'un gramme par litre de MG en plus nous fait gagner 1,3g de fromage en effet le rendement en fabrication de camembert à 50% de gras/sec sont plus élevé qu'en fabrication de 45% car le lait est plus riche au départ (Anonyme ,1991).

III.3.3. Richesse du lait en matière protéique

Contrairement aux graisses, ce sont les substances azotées qui déterminent le rendement. On pense que 1 g de substances contenant de l'azote fixe 2,3 à 2,8 g d'eau et 1 g de graisse fixe jusqu'à 0,2 g. Ainsi, lors de la fabrication d'un fromage vendu au bloc, il est nécessaire d'ajuster la quantité de lait utilisée pour obtenir un fromage à poids constant en fonction de la teneur élevée en protéines du lait (Mietton, 1986).

III.3.4. Traitement thermique du lait

Il provoque un gain dû à la précipitation des protéines sériques restant dans le fromage, plutôt que de rester dans le sérum. Le rendement du Camembert pasteurisé est supérieur à celui du cru (Luquet, 1991).

III.4. Contrôle du rendement et l'origine des pertes

D'un point de vue économique, le rendement global de fromage (comme la récupération des matières premières) est critique, car une augmentation de 1 % du rendement peut se traduire par une augmentation de 20 % des bénéfices. Concernant la qualité du fromage, le rendement est directement lié à la composition finale du produit, notamment en eau. Ce facteur altère fortement la qualité du produit et sa capacité à développer ses propres qualités organoleptiques, ce qui limite également l'augmentation possible du rendement (Carole, 2002).

III.4.1. Egouttage trop poussé des cailles bottes

L'humidité finale du produit présente à la fois un principal facteur qui affecte le rendement du fromage mais aussi l'une des caractéristiques majeures, en effet la qualité de l'affinage du produit fini exige souvent une humidité inférieure à un pourcentage précis.

III.4.2. Pertes de particules de caillé tout au long du procédé

Ces pertes proviennent principalement de diverses opérations d'égouttage. Le découpage, le brassage et le transfert du caillé sont autant d'opérations qui décomposent le gel en particules très fines qui seront aspirées dans le sérum. Par exemple, la forme d'aiguisage, la vitesse de rotation des couteaux utilisés lors du décaillage peuvent entraîner des variations importantes du rendement en fromage (Maubois *et al.*, 1970).

III.4.3. Pertes de matière grasse

La graisse ne fait pas partie du gel de caséine, mais est piégée dans le réseau protéique. En production normale, la perte de graisse peut aller de 4% à 20% de la graisse initiale. L'importance de la perte de taille des globules gras. Les globules gras de plus petite taille sont moins susceptibles de rester dans le gel et plus susceptibles d'être emportés par le lactosérum. Par conséquent, l'homogénéisation du lait de fromagerie est généralement évitée car ce traitement augmente la perte de graisse et, dans une moindre mesure, de protéines immobilisées sur des membranes globulaires recombinantes (Banks *et al.*, 1984).

III.4.4. Perte de protéine

La perte globale de protéines implique principalement des protéines sériques solubles dans l'eau et est donc entraînée par le lactosérum. Dans la fabrication traditionnelle, 80 à 90 % des protéines de sérum retrouvent sous forme de lactosérum. Cependant, ces protéines ne représentent qu'un cinquième de la caséine récupérée dans le fromage avec un taux de récupération de plus de 92 %. Pour améliorer la récupération des protéines, les protéines sériques peuvent être traitées thermiquement ou acidifiées. Si aucune autre précaution n'est prise, ces traitements, s'ils augmentent les rendements fromagers, peuvent affecter la quantité de fromage en provoquant des problèmes d'égouttage et des défauts majeurs du produit fini (Mahaut *et al.*, 2000).

III.4.5. Pertes liées à l'entreposage du lait

Enfin, il convient de noter qu'un stockage du lait réfrigéré trop long (plus de 72 h) peut entraîner une baisse des rendements :

- Une solubilisation partielle de la β -caséine.
- Un début de protéolyse suivant l'activité de la plasmine et surtout des enzymes protéolytiques bactériennes.
- Un début de lipolyse particulièrement sous l'effet des enzymes des bactéries psychotropes (Alias, 1994).

III.4.6. Pertes liées au sur poids

Dans les fromages vendus séparément, il faut ajouter les pertes dues à l'excès de poids car il est difficile de contrôler précisément le poids final de chaque unité dans ce cas (Carole, 2002).

III.5. Influence de la matière grasse sur le rendement

La composition de la matière grasse laitière (longueur de chaîne carbonée et instauration), et celle du fromage, dépendent du stade de lactation, mais surtout de l'alimentation animale (Chilliard *et al.*, 2000). Cela peut être à l'origine de différences de texture et/ou de saveur des fromages (Buchin *et al.*, 1999 ; Collomb *et al.*, 1999 ; Bugaud *et al.*, 2002).

Bugaud *et al.* (2002) ont observé que la déformation par fracture du fromage est étroitement liée à la teneur en acides gras longs insaturés du lait. Le point de fusion plus bas de ces acides se traduit par une graisse plus fluide et donc un fromage plus souple. De plus, certains acides gras peuvent être dégradés par des enzymes microbiennes au cours de l'affinage du fromage, entraînant des composés responsables de l'arôme du fromage (Urbach, 1997).

Enfin, des travaux récents ont montré que les propriétés des globules gras du lait pouvaient modifier les caractéristiques physicochimiques et sensorielles (fermeté, élasticité, couleur) des fromages de type Camembert. Or il est possible que les propriétés des globules gras du lait soient en partie sous la dépendance de facteurs alimentaires et/ou génétiques (Munro *et al.*, 1984).

Le rendement augmente avec la teneur en matières grasses, mais est bien inférieur à la teneur en protéines. En effet, lorsqu'elle est coagulée, la caséine forme un réseau protéique qui emprisonne d'autres composants, notamment les graisses sous forme de globules gras. Un point de taux butyreux (TB) supplémentaire ferait ainsi gagner entre 90 et 165g de fromage pour 100 litres de lait. Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation (Anonyme 2, 1991).

Trop de graisse peut devenir gênant car elle encombre le réseau protéique formé lors de la coagulation : la synérèse ralentit lorsque la graisse augmente à mêmes taux de protéines et mêmes paramètres techniques. Les fromages prennent alors un caractère plus "lactique" car ils sont plus humides, plus déminéralisés au moulage, et contiennent plus de sucre résiduel (risque de post-acidification). Pour compenser l'augmentation de la matière grasse, en plus du dégraissage partiel de la souche, on diminue essentiellement le temps de durcissement pour obtenir un gel moins ferme pour un d'écaillage plus fine, augmenter la température lors du travail en cuve et augmenter le nombre ou l'intensité des brassages : Il faudra chercher à compenser l'encombrement du réseau et donc le manque d'égouttage par plus de travail et d'égouttage en cuve. Sa sera le contraire si la MG est trop faible (Anonyme 3, 1991).

III.6. Les techniques employées pour améliorer le rendement fromager (standardisation)

La standardisation du lait consiste à standardiser la teneur en matière grasse du lait (32 g/l) et sa teneur en azote (30 g/l) qui détermine la qualité rhéologique du caillé lors de la coagulation et de l'égouttage ainsi que la qualité du fromage (Armendariz et Cochet, 1993).

Il comprend également à la standardisation du lait en matière minérale essentiellement la teneur en calcium de point de vue quantitative et qualitative du fait de son grand rôle lors de la coagulation par la présure (Mietton, 1986).

La standardisation peut se faire par différentes façon :

La standardisation physique

Il comprend l'élimination des impuretés par filtration et centrifugation.

La standardisation bactériologique

Il doit s'affranchir de la flore initiale du lait en éliminant la flore pathogène et la flore banale indésirable par traitement thermique (pasteurisation à 75 °C) adéquat et de s'assurer que la flore désirée apportée par ensemencement en microorganismes sélectionnés tels que les bactéries lactiques et développement efficace des levures et moisissures pour améliorer les procédés de fermentation lactique (Armendariz et Cochet, 1993).

La standardisation chimique

C'est l'enrichissement en protéines et matière grasse pour respecter le rapport "matière grasse/matière sèche" qui est de 44% à 45% (cas de Camembert) et enrichissement en calcium par ajout de CaCl_2 (Phylippe *et al.*, 2003).

Enrichissement en calcium par ajout de CaCl_2

Ce composé est incorporé dans le lait avant sa pasteurisation et permettant le rétablissement de l'équilibre déstabilisé par le refroidissement.

L'ajout de CaCl_2 au lait conduit à :

- Une diminution de la concentration en caséines solubles.
- Une diminution de la charge superficielle des micelles provoquant ainsi la réduction des répulsions électrostatiques et favorise les interactions hydrophobe entraînant en jeu dans la coagulation (Bernard, 2011).
- Un réarrangement protéique responsable d'une augmentation de la densité micellaire (Phylippe *et al.*, 2003).

A decorative red ribbon graphic with rounded ends and a slight 3D effect, serving as a background for the text.

Partie II :

Partie expérimentale

I. Présentation de l'unité

Notre étude a été effectuée au niveau de la laiterie-fromagerie « Le Semeur » durant la période mai /août de l'année 2021/2022.

I.1. Profil de l'entreprise

Raison sociale	SARLLAITERIE LESEMEUR
Forme juridique	SARL
Création	04/01/2012
Début d'activité	01/06/2017
Activités de l'entreprise	Laiterie – Fromagerie
Siège social	Zone d'activité TALA ATHMANET-O
Production	Lait pasteurisé Lait fermenté Lait caillé Fromage à pâte molle camembert Crème fraîche Beurre
Distribution	Lait : Wilaya de TIZI-OUZOU une partie de BOUIRA et BOUMERDES Produits laitiers : presque toutes les wilayas du pays

❖ Objectif

L'objectif de cette étude est comme suit:

- De suivre le procédé de fabrication du camembert au sein de l'atelier de fabrication fromagère à l'unité industrielle «Semeur».
- D'effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait et du produit fini.
- D'étudier la qualité organoleptique du produit fini.

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 effectués au niveau du laboratoire d'analyses et de contrôle de la qualité de l'unité «Semeur».

I. 2. Matériel

Le matériel utilisé est donné en annexe I.

I.3. L'échantillonnage

Les échantillons du lait colleté et des fromages fabriqués ayant subi de différentes analyses à l'échelle du laboratoire de la laiterie **LE SEMEUR de TIZI-OUZOU** durant la période Mai -Juillet 2022.

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+3 et J+7), le nombre total est de 15 boîtes ; et pour les analyses microbiologiques, l'échantillonnage a été réalisé sur la matière première « Lait de vache pasteurisé » ainsi que sur le produit fini « Camembert ».

I.4. Processus de fabrication du camembert

L'unité de production « LE SEMEUR » fabrique le fromage type Camembert à partir de lait de vache cru collecté dans les régions de la wilaya de Tizi-Ouzou (OUAGUENOUN, AZEFOUNE, OUADHIAS, AIT AISSA MIMOUN, FREHA, TALA ATHMANE), les étapes de transformation du lait en Camembert sont illustrées dans la figure suivante.

- **Collecte du lait** : Les laits crus de vache ont été collectés par l'unité à travers différentes fermes d'élevages répartis dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Ils sont transportés par les collecteurs dans des camions à citernes iso-thermiques à des températures de 4 à 5°C, assurant ainsi un bon conditionnement. Dès l'arrivée du lait collecté à la fromagerie, le responsable de la réception prélève un échantillon pour effectuer un test rapide de l'acidité utilisant le réactif « Optim Jam ». Si après l'ajoute de 2 à 3 gouttes de réactif la couleur bleu-violette apparaît le lait sera donc accepté par l'unité.

- **Traitement et préparation le lait après la réception** : Après la réception, le lait est aspiré par des pompes à filtrer, ou bien il soumit à un forte centrifuge. Toutes les particules et les impuretés macroscopiques et grumeaux qui peuvent s'y trouver sont éliminés, les mauvaises odeurs et gaz sont éliminer par dégazeur.

La préparation du lait consiste à le pasteuriser à une température de 82°C pendant 20 secondes puis le refroidir à 6°C pour le stocker de 16 à 24h.

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

-Coagulation : Cette étape est indispensable, en ensemençant des levains lactiques pendant 30 minutes additionnées de 2 à 3% de présure, le lait peut atteindre une acidité de 23 à 24 °D à une température de 37°C. L'équilibre salin du lait peut également être rétabli en ajoutant 1 % de chlorure de calcium (CaCl_2).

-Tranchage et brassage : Le moulage est la répartition du caillé dans des moules perforés, en métal ou en matière plastique, dont la forme et la dimension varie avec les types de fromage. La mise en moule se fait manuellement ou automatiquement.

Ensuite ces moules seront acheminés à l'endroit réservé à l'égouttage pour une durée de 45mn. L'égouttage est accéléré par une série de retournement que les fromages subissent pendant qu'ils sont encore dans les moules. Découper le caillé à l'aide d'une tranche caillée dont le but de faciliter la sortie de l'eau et évacuation de lactosérum de coagulum, puis deux à trois brassage successifs sont effectués pour faciliter la remonter du sérum qui sera sortie ultérieurement.

-Moulage et égouttage : Les grains du caillé sont répartis manuellement dans des moules suivi par l'égouttage, C'est l'étape qui sépare le lactosérum du caillé et l'élimine. Son but est non seulement de réguler le taux d'humidité du caillé, mais aussi de réguler la minéralisation du caillé.

-Le démoulage : Le démoulage consiste à éliminer les moules des fromages par retournement manuel ou automatique, il se fait le lendemain de la fabrication lorsque l'acidité du sérum atteint la moyenne 120°D.

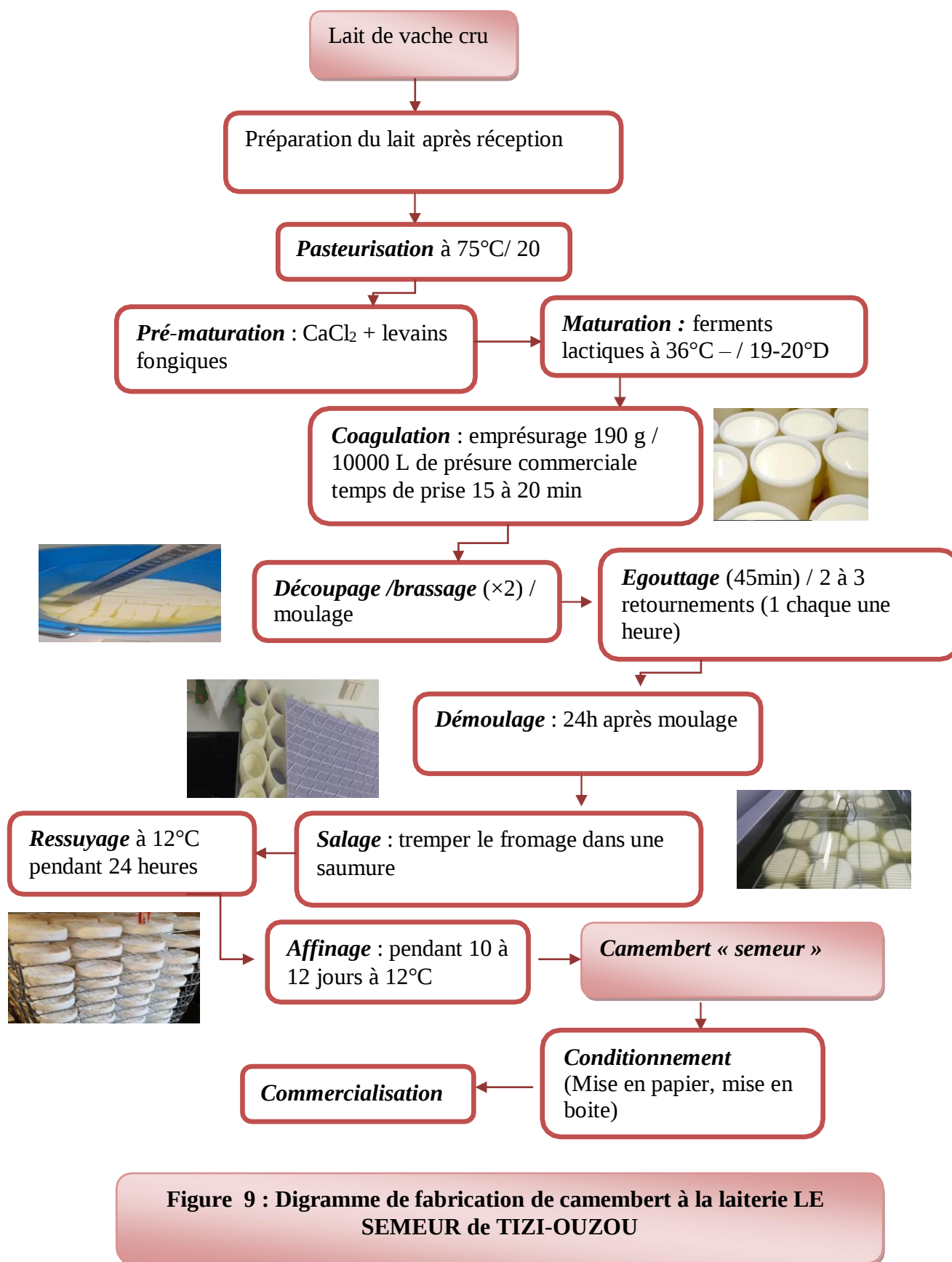
-Salage et saumurage : C'est une opération d'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à des doses de 1 à 2%, qui complète l'égouttage du fromage en favorisant l'exsudation du lactosérum. Il apporte ainsi le goût caractéristique du fromage.

-Ressuage et séchage : Le ressuyage est une opération qui consiste à un séchage en surface dont le but d'éliminer l'eau salée, il s'effectue à une température de 11 à 14°C et à une humidité de 90 à 95%.

-L'affinage : Les Fromages sont introduits dans les hâloirs à une température de 12°C pendant une durée de 7 jours, pendant laquelle les fromages sont pulvérisés de *Penicillium camemberti* et *Geotrichum candidum*, en effectuant des retournements tous les deux jours.

En conséquence, l'apparence, la texture et la consistance de la pâte sont modifiées pour représenter le produit fini, le camembert.

-Conditionnement et emballage : Cette phase est importante pour obtenir un produit de qualité, parce qu'elle assure la protection contre les agents extérieurs, le choix des matériaux de l'emballage doit répondre aux fonctions classiques pour avoir un double rôle de protection et de publicité.



I.5. Processus de fabrication du camembert à l'échelle laboratoire

Les échantillons du Camembert ont été fabriqués à l'échelle du laboratoire en se basant sur le diagramme suivi par l'unité LAITERIE LE SEMEUR, le mode opératoire suivi était le même pour les trois préparations effectuées.

- 10 litres de lait ont été récupérés à partir d'une citerne isothermique à des températures de 4 à 5°C.
- Déterminer les paramètres physico-chimiques (Acidité, pH, EST, MG).
- Pasteurisation du lait à 75°C dans une poêle, sur un bec benzine avec un remuement continu.
- Refroidissement dans deux bidons alimentaires jusqu'à atteindre une température de 37°C (mesuré à l'aide d'un thermomètre), celle-ci permettra le développement des ferments utilisés.
- Ajout d'une quantité de ferment et 0.19g de présure ensuite homogénéiser le tout pour assurer une homogénéité du contenu.
- Mettre le contenu dans une étuve jusqu'à obtention d'un caillé ferme (généralement pendant 30 min).
- Découper en petit morceau le caillé avec une tranche caillée, ceci aide à la libération du lactosérum.
- Brassage léger à l'aide d'une spatule dans le but d'une libération totale du lactosérum.
- Le caillé est mis dans des moules de forme ronde ne comportant pas de fond.
- Une petite quantité de lactosérum a été récupérée pour mesurer l'acidité de ce dernier.
- 3 retournements espacés d'une heure de temps ont été effectués pour permettre une régularisation de la forme du Camembert.
- Démoulage suivi par une opération de salage (ajout de cristaux de sel sur la surface) dans le but d'éliminer le surplus d'eau.
- Les 5 pièces du Camembert ont été mises dans des hiloires d'affinage pendant 7 jours.

II. Méthodes

II.1. Analyses physico-chimiques

II.1.1. Détermination du pH

❖ Principe

Le pH est une mesure de l'activité des ions H^+ dans une solution, déterminé par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH- mètre. (Voire l'annexe III)

II.1.2. Détermination de la teneur en matière grasse

❖ Principe

La teneur en matière grasse du lait et du Camembert est déterminé par la méthode de GERBER (acido –butyrométrique) qui est basé sur la dissolution de la caséine de (fromage et lait) par l'acide sulfurique (H_2SO_4) sous l'influence d'une force centrifuge et grâce a l'adjonction d'1ml iso amylique, la matière grasse se sépare en couche claire dont la graduation du butyromètre révèle le taux (Afnor ,1980). (Voire l'annexe III)

II.1.3. Détermination de l'acidité

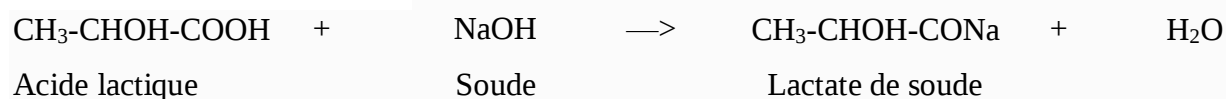
❖ Définition

L'acidité titrable est le nombre de gramme d'acide lactique présent dans un litre de lait.

❖ Principe

Titrage de l'acidité par NaOH à 0,1N en présence de phénolphtaléine comme indicateur de couleur. (Voire l'annexe III)

○ Réaction mise en jeu :



II.1. 4. Détermination de la densité

❖ Définition et principe

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

Elle est mesurée par un lactodensimètre d'une face et d'un thermomètre de l'autre face ; le lactodensimètre est plongé dans le lait, sur sa partie supérieure trouve une échelle indiquant le degré de densité. (Voir l'annexe III).

II.1.5. Mesure de l'extrait sec total (EST)

❖ Définition :

L'extrait sec total est le taux de matière sèche restant après dessiccation. Elle est déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge SARTORIUS-MA.

❖ Principe

Consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges jusqu'à l'obtention d'un poids constant de la prise d'essai analysée. (Voir l'annexe III).

II.2. Les analyses microbiologiques

II.2.1. L'objectif de la microbiologie

L'analyse microbiologie des produits laitiers est une étape importante qui vise à conserver les caractéristiques sensorielles et permet d'éviter la commercialisation et la consommation des produits non conformes, en outre l'objectif de ces derniers est de pouvoir porter un jugement sur la salubrité du produit connaissant sa contamination par une comparaison aux normes publiées dans le journal officiel de la république algérienne N°39 Correspondant au 2 juillet 2017.

II.2.2. Préparation de la solution mère du produit fini (Camembert)

1. A l'aide d'une balance on pèse 10g du camembert d'expérimental.
2. Mettre à l'intérieur d'un sachet stérile de type « Stomacher » qui contient 90ml du diluant Tryptone Sel Eau (TSE) et homogénéiser par agitation manuelle jusqu'à obtention d'une suspension homogène, cette dernière constitue alors la solution mère qui correspond aux dilutions 1/10. (voir l'annexe II).

II.2.3. Dénombrement des germes recherchés

Le but des techniques de dénombrement est de déterminer la charge en bactéries contenues dans une préparation initiale en effet l'incubation est effectuée selon le microorganisme recherché soit en aérobiose ou en anaérobiose.

Le tableau VIII présente les différents germes recherchés ainsi leurs milieux de cultures :

Tableau VIII : Les différents germes et leurs milieux de cultures.

Les bactéries	Les milieux de culture	Technique d'ensemencement	T°/Temps d'incubation
<i>Coliformes totaux</i>	V.R.B.L	en masse	30°C/24h
<i>Coliformes fécaux</i>	V.R.B.L	en masse	44°C/24h
<i>Staphylococcus à coagulase+</i>	Chapman	en surface	37°C/48h
<i>Salmonelles</i>	E.P.T RAPPAPORTHEKTEON	en surface	37°C/18h 37°C/24h 37°C/24h
<i>E.coli</i>	V.R.B.L	en masse	37°C / 3 à 4 jours
<i>Clostridium sulfite-réducteurs</i>	Viande foie	en masse	37°C/48h

II.2.3.1. Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux sont des bâtonnets, à Gram négatif, aero-anaerobis facultatifs, on sporulés. (J.Guiraud, P.Galzy, 1980).

Les coliformes fécaux se distinguent des coliformes totaux par leur température de prolifération qui est de 44° C (Lapied et Petransxiene, 1981).

Les coliformes se caractérisent par leur aptitude à fermenter le lactose avec ou sans production de gaz Ils sont dénombrés en milieu solide .Le milieu utilisé est la gélose au cristal violet au rouge neutre à la bile et au lactose (VRBL) qui va être ensemencé par la technique de double couche. On dénombre les colonies rouges ayant une forme ronde et lenticulaire et un diamètre d'au moins 0,5mm.

❖ Principe

Comptage des colonies caractéristiques des coliformes totaux à 30°C et coliformes fécaux 44°C dans les produits laitiers pendant 24 heures sur gélose VRBL. (L'annexe IV)

❖ Lecture

Les coliformes apparaissent en grand nombre sous forme de petites colonies rouge foncé d'un diamètre de 5 mm et fluorescentes.

❖ Norme

10 UFC/ml pour les CT et 1UFC/mL pour les CF (à la date limite de consommation : 100 CT et 10 CF).

II.2.3.2. Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM)

Le nombre de germes totaux peuvent indiquer l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) du lait (Guiraud et Rosec, 2004). Des valeurs élevées n'indiquent pas nécessairement la présence d'agent pathogènes, de sorte que des valeurs faibles peuvent être accompagnées de la présence de niveaux dangereux d'agents pathogènes (Sutra *et al.*, 1998). (L'annexe IV)

II.2.3.3. *Escherichia coli* (*E. coli*)

Escherichia coli (*E. coli*) est un bâtonnet à Gram négatif asporulé. Elle est une bactérie naturellement présente dans le tube digestif de l'homme, mais elle indique une contamination fécale et des conditions hygiéniques déplorables lorsqu'elle est trouvée dans les produits alimentaires.

Elle est aérobie ou anaérobie facultative. Sa température optimale de croissance avoisine les 35-37 °C, mais elle est aussi en mesure de croître à une température de 44,5 °C. Elle est capable de fermenter le lactose et elle possède les enzymes β -galactosidase et β -glucuronidase en raison de sa capacité de croître à la température de 44,5 °C.

❖ **Lecteur**

L'apparition d'un anneau rouge à la surface du milieu indique la production d'indole par *E. coli*.

II.2.3.4. *Staphylococcus aureus*

Le *staphylocoque* doré (*Staphylococcus aureus*) est l'espèce la plus pathogène du genre *Staphylococcus*. Elle est sensible à la température et l'acidité du milieu, mais tolère des concentrations élevées en NaCl. Ces bactéries peuvent être différenciées par la dégradation du mannitol sur milieu Chapman.

Elle est responsable par la sécrétion d'entérotoxines d'intoxications alimentaires, d'infections localisées suppurées et, dans certains cas extrêmes, des septicémies physiques, raison pour laquelle leur recherche et dénombrement sont recommandées dans la majorité des produits laitiers. Sa recherche est faite en deux étapes essentielles : l'enrichissement et l'isolement.

- **L'enrichissement**

Consiste à introduire 1 ml des solutions mères dans des tubes contenant 9 ml de bouillon Giolitti-Cantoni additionné de tellurite de potassium, et les incuber à 37°C pendant 24 h.

- **L'isolement**

S'il ya formation d'un trouble et d'un dépôt noir due à la réduction de tellurite du potassium.

- Couler le milieu de CHAPMAN préalablement fondu puis refroidi à 45°C.
- Introduire 2 gouttes à partir du dépôt noir dans le milieu de CHAPMAN en faisant des stries et incuber à 37°C pendant 48h.

❖ **Lecture**

Les colonies de *Staphylococcus aureus* sont de taille moyenne, lisses, brillantes et ont une couleur jaune-doré indiquant la fermentation du mannitol par la bactérie.

II.2.3.5. *Salmonelles*

Les *salmonelles* forment un genre de protéobactéries appartenant à la famille des *Entérobactériaceae* qui se présente sous forme des bacilles à gram négatif avec un diamètre de 0,7 à 1,5 µm et de longueur 2 à 5 µm avec un flagelle.

Elles sont fréquemment retrouvées dans la flore commensale de l'intestin des animaux. Les salmonelles se multiplient à des températures comprises entre 5°C et 45°C et à des pH de 4,5 à 9 (Brisabois *et al.*, 1997).

❖ Principe

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

❖ La lecture

Les colonies incolore à centre noir ou pas (Lac-, H₂S +/-) sont celles de *Salmonella sp*

❖ Norme

0 dans 250 m.

II.2.3.6. Les anaérobies *Clostridium sulfito-réducteurs*

Sont des bacilles à Gram (+), sporulés, immobiles, anaérobies, qui possède des caractéristiques biochimique particulière, notamment la production de sulfure d'hydrogène. Elles sont très répandues dans la nature, en particulier dans le sol, ils contaminent de nombreux produits: eau, lait, viande, Conserves alimentaires (Guiraud et Rose, 2004).

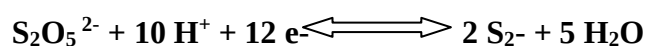
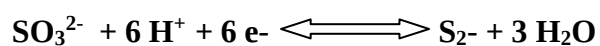
❖ Principe

La recherche des *clostridium sulfito-réducteurs* est basée pour la plupart des milieux sur une Croissance dans de milieu contenant du sulfite de sodium, et sur leur pouvoir de réduire le sulfite De sodium et de donner en présence de fer du sulfure de fer; où une coloration noire (L'annexe IV).

❖ La lecture

Les colonies de CSR sont de couleur noire, entouré d'un halo noir.

1. Si ya présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et aucun comptage ne pourra être effectuée après 48h d'incubation.
2. Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture et si les colonies sont petites, de nouvelles colonies peuvent se former dans les 24 h suivantes (ISO, 2005).

**❖ Norme**

Toléré dans les aliments en nombre relativement faible (1/ml).

A horizontal red ribbon with rounded ends and a slight 3D effect, featuring a vertical strip on the left side.

Résultats et Discussion

III.1. Les analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IX : Les paramètres physico-chimiques du lait et le produit fini (Camembert)

		Echantillon	Echantillon 1	Echantillon2	Echantillon 3
		Paramètres			
Matière première	Acidité ° D		18	17	16
	Densité %		1,033	1,030	1,028
	Matière grasse g/l		36	32	28
	Extrait sec %		11,8	11,2	10,9
	pH		6,6	6,7	6,8
Moulage	lactosérum	AT	14	13	13
		MG	0,33	0,32	0,45
		EST	7,004	7,563	7,570
Démoulage	Acidité du lactosérum		110	112	111
	Extrait sec		41,02	40,90	40,03
	Matière grasse		28	26	23
	Poids total (g)		1193	1124	1033
3 ^{ème} jour	Extrait sec		41,80	42,02	41,95
	Matière grasse		29	26,5	24
	Poids total (g)		1166	1107	1021 k
7 ^{ème} jour	Extrait sec		43,60	44	43,55
	Matière grasse		30	28	25,5
	Poids total (g)		1146	1086	1000

AT : Acidité titrable.

MG : Matière grasse.

EST : Extrait sec total.

III.1.1. Résultats de la matière première

Le pH est un bon indicateur sur l'état de la fraîcheur du lait (Luquet, 1985). Les valeurs de pH des échantillons varient de 6,6 à 6,8 avec un moyen de 6,7. Les échantillons 1, 2 et 3 présentent des valeurs inférieures à la norme requise. selon Mathieu (1998) les variabilités de pH sont liées aux climats, aux stades de lactation, aux disponibilités alimentaires, et à l'état de santé des vaches, mais aussi à la fraîcheur du lait.

Le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions Alais (1884), selon Mathieu (1998), l'acidité dépend aussi des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et son activité métabolique et de la manutention du lait.

La densité du lait étudié est conforme à la norme requise qui se situe entre 1,028 et 1.036 (Luquet, 1985) et cela pour les trois échantillons, cette dernière est liée à sa richesse en matière sèche. Un lait pauvre aura une densité faible (Luquet, 1985).

Tous les échantillons présentent une teneur en matière grasse inférieure à la norme prescrite par loi algérienne, et qui limite la teneur à 39g/l au minimum. Selon Alais, (1984), la variabilité de la teneur en matière grasse dépend principalement de l'alimentation.

Les valeurs de l'extrait sec total des échantillons varient entre 109 et 118 %, ces dernières sont dans les normes et ainsi qu'elles sont conformes aux valeurs appliquées par le journal officiel du codex alimentaire.

Selon Reston, (1988), la variation de la teneur en extrait sec total d'un échantillon à un autre est peut être due à l'alimentation du bétail, puisque les éléments qui composent le lait proviennent de l'alimentation.

III. 1.2. Résultats obtenus lors de démoulage

Les résultats de l'analyse physico-chimique précise la conformité du produit aux valeurs appliquées par la fromagerie. L'analyse de ces résultats montre des variations entre :

- 23 à 28 g/l pour la matière grasse totale.
- 40 à 41% pour l'extrait sec.
- 110 à 112 °D pour l'acidité du lactosérum.
- 103.3 à 119.3g pour le poids total.

✚ La figure 10 présente l'évolution de la matière grasse pour les trois échantillons

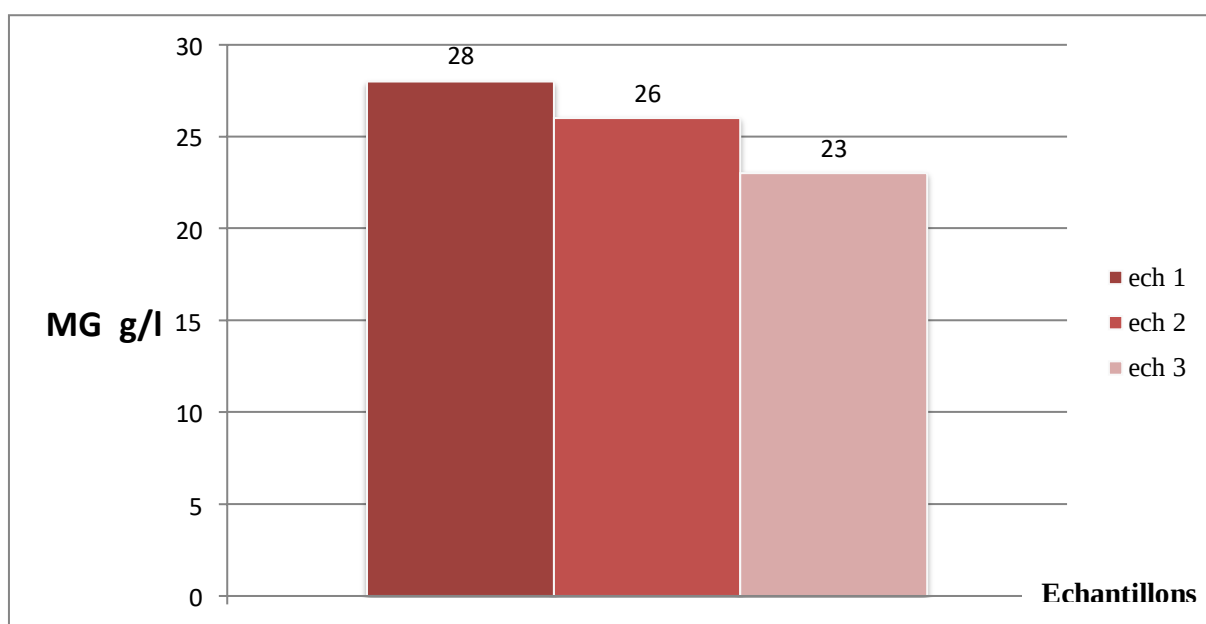


Figure 10 : Matière grasse au démoulage des trois productions

L'usine exige que la teneur en matière grasse lors de démoulage doit être comprise entre 23-29 g/l. Les résultats indiqués dans le tableau montrent que la teneur en matière grasse du lait cru utilisé sont conformes aux normes exigé par l'usine.

L'évolution de l'extrait sec totale pour les trois échantillons

L'augmentation de l'EST par rapport à celui en cours d'égouttage est due à la continuité de la sortie de lactosérum, selon Neyers, (1996) plus le fromage exsude de sérum plus il est sec.

L'évolution de l'acidité au démoulage pour les trois échantillons

Le suivi de l'acidité a été réalisé en continu à J+1 de la fabrication des Camemberts, nous avons mesuré l'acidité avant de faire sortir les fromages de leurs moules. Les valeurs d'acidités trouvées sont résumées dans le tableau IX et illustrées dans la figure 11.

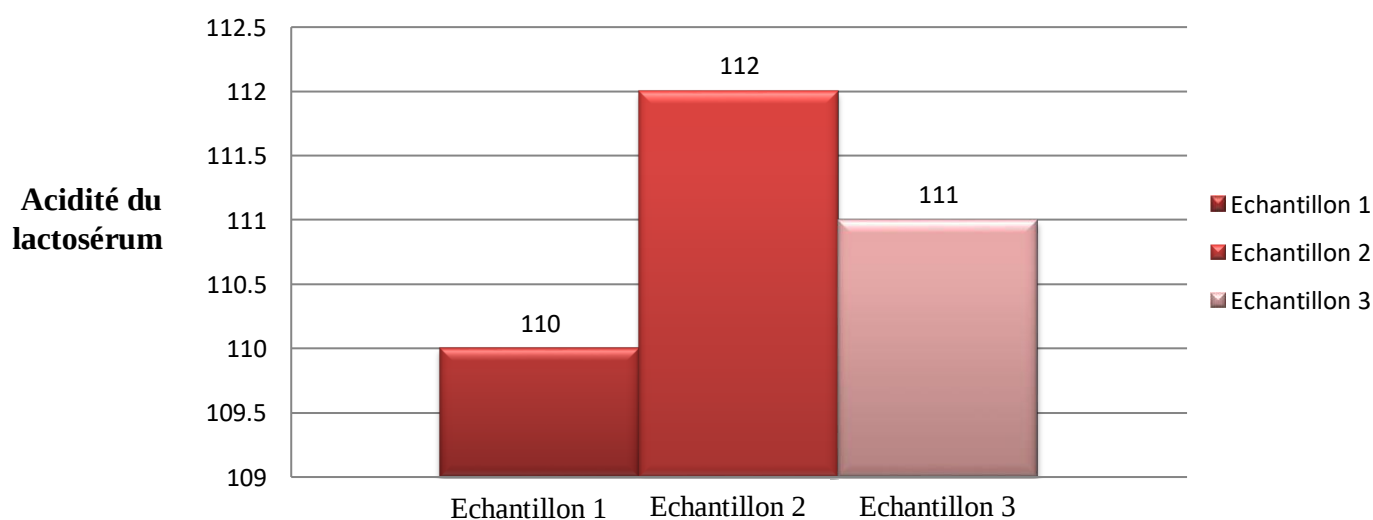


Figure 11 : Acidité au démoulage des trois productions

L'acidification se poursuit de l'étape d'ensemencement jusqu'à la consommation, la température ambiante (28-35°C) accélère la fermentation lactique induisant ainsi cette acidification. La fromagerie « Le SEMEUR » est qualifiée d'artisanale. Des systèmes de chauffage simples sont utilisés pour chauffer la chambre d'égouttage afin de favoriser ce dernier, donc il n'y a pas un contrôle de la température. De ce fait, la température de la chambre diffère d'un essai à un autre influençant ainsi l'acidité lors du démoulage qui diffère en fonction de cette température, en augmentant cette dernière l'acidité augmente.

III.1.3. Résultats de l'analyse physico-chimique du produit fini

Plusieurs critères sont généralement utilisés pour identifier la qualité du fromage à pâte molle type camembert comme la teneur en matière grasse, l'extrait sec, etc.

Les valeurs de la teneur en matière grasse des camemberts sont illustrées dans la figure 12.

L'évolution de la matière grasse pour les trois échantillons

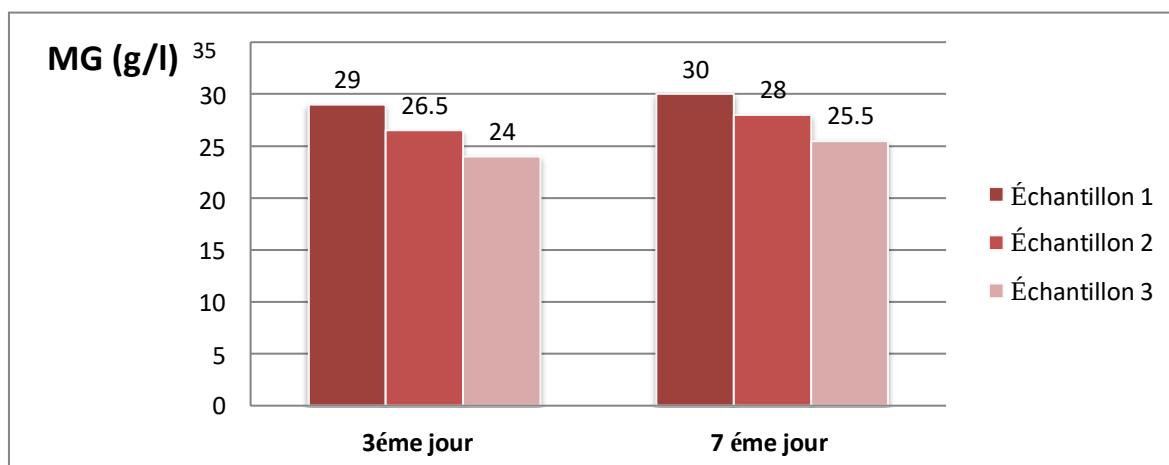


Figure 12 : Suivi de l'évolution de la matière grasse pour les trois échantillons.

Pour ce paramètre nos résultats montrent qu'il y a une différence entre l'échantillon 2 et l'échantillon 3, alors que l'échantillon 1 est plus riche en MG avec un teneur de (30 g/L). Les valeurs passent de 29 g/l (3j) à 30g/l (7j) pour l'échantillon 1 et de 26,5g/l (3j) à 28g/l (7j) pour l'échantillon 2 et pour l'échantillon 3, il passe 24g/l (3j) à 25,5g/l (7j). Cette augmentation peut être attribuée à la concentration des composants du fromage suite à la perte d'eau par évaporation et l'activité des lipases.

Deux facteurs peuvent être à l'origine de ces variations : La richesse en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication du fromage, ou bien le mode de fabrication, plus particulièrement l'égouttage qui a dû favoriser le passage de la matière grasse vers le lactosérum (Bechenine, 2017).

Les valeurs de la matière grasse montrent que le produit fini est conforme aux valeurs appliquées par la fromagerie.

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

L'évolution de l'extrait sec total pour les trois échantillons

Les valeurs de la teneur en extrait sec total des Camemberts sont illustrées dans la figure 13.

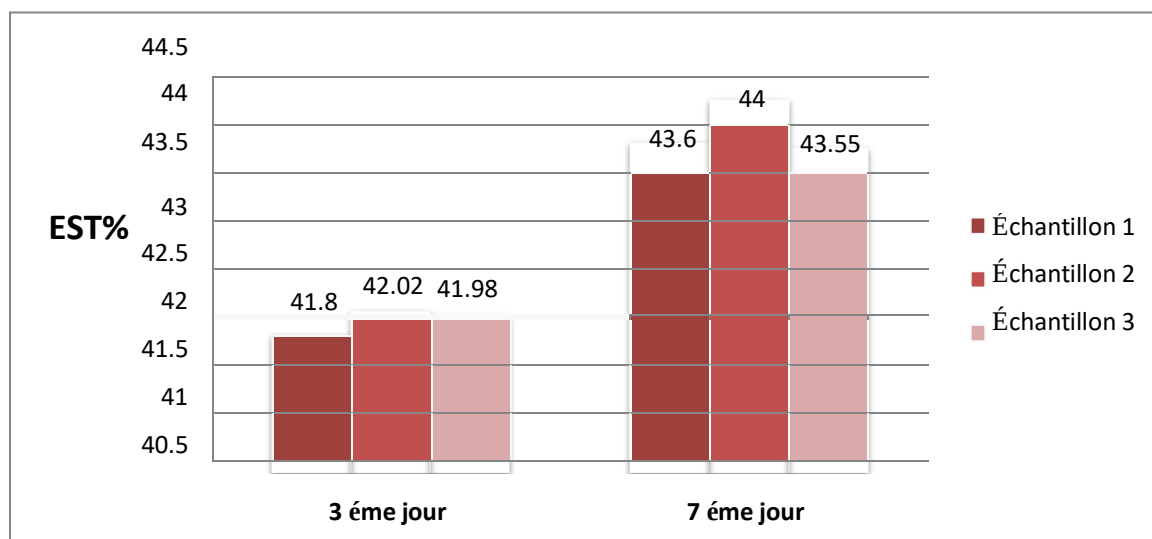


Figure 13 : Suivre de l'évolution de l'extrait sec des trois échantillons

Les valeurs de l'extrait sec total passent de 41,8 % (3j) à 43,6% (7j) pour l'échantillon 1 et de 42,02 %(3j) à 44% (7j) pour l'échantillon 2 et pour l'échantillon 3, il passe 41,98 % (3j) à 43,55 % (7j).

L'extrait sec est le complément de la teneur en eau à 100%. Il est en fonction de la teneur en matière sèche du lait et de l'importance de l'égouttage, car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche du fromage. En effet, la quantité d'eau évacuée permet la préservation de la qualité microbiologique du fromage par la diminution d'activité de l'eau, permettant de prévenir un développement de bactéries indésirables (Fredot, 2009).

Cette élévation peut être attribuée selon Hassouna *et al.* (1996), d'une part à la perte d'eau par évaporation durant le séjour dans les hâloirs qui conduit à la concentration de la matière sèche dans le caillé, d'autre part à l'action du sel qui joue un rôle sur l'activité d'eau (A_w) des fromages.

Les résultats des analyses des deux types de Camembert motionnés dans le tableau sont conformes à la norme exigée par l'usine.

III.1.4. L'évolution de l'acidité du lactosérum

Le lactosérum, ou petit-lait ou sérum, est la partie liquide issue de la coagulation du lait. Le lactosérum est un liquide jaune-verdâtre, composé d'environ 94 % d'eau, de sucre (le lactose), de protéines, de très peu de matières grasses et de sels minéraux. Il a longtemps été considéré comme un déchet encombrant car à la fois très polluant et produit en grandes quantités par l'industrie fromagère (Chaque fois qu'un litre de lait est mis en œuvre pour fabriquer un fromage, il y a production de 0,6 à 0,9 litre de lactosérum).

Les résultats de l'acidité du lactosérum des trois échantillons lors des retournements sont présentés dans le graphe ci-dessous :

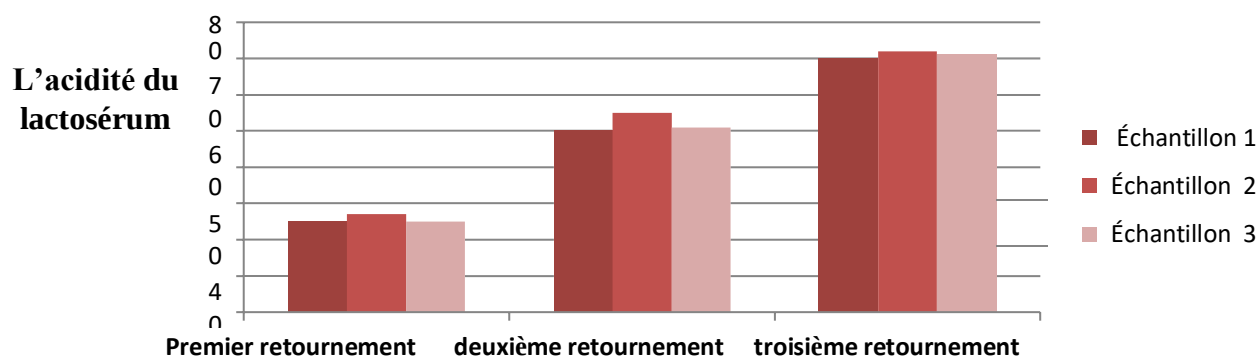


Figure 14 : L'acidité du lactosérum lors des trois retournements

L'acidité du lactosérum des échantillons augmente au fur et à mesure des trois retournements, et ceci peut être due au travail enzymatique lorsque il a eu une dégradation des protéines sous forme de coagulant (dégradation du lactose en acide lactique) ou une dégradation acide par les ferment (mésophiles, thermophiles, ferment d'affinage : *Penicillium* et *Géotrichum*) utilisés lors de la production du Camembert.

III.1.5. Le rendement fromager

Le rendement fromager du lait dépend essentiellement de deux facteurs : le taux de matière grasse et l'extrait sec utile du lait.

Les moyennes des rendements globales, élémentaires et le taux de récupération sont présentés dans le tableau X :

Tableaux X : Le rendement global, élémentaire et le taux de récupération

	P01		P02	P03
Rendement globale (%)	11,93		11,24	10,33
Rendement élémentaire(%)	MG	11,42	10,93	10,55
	EST	14,41	10,88	10,04
Taux de récupération (%)	MG	91,67	90,63	82,14
	EST	39,34	39,29	37,5

Les résultats obtenus montrent que le rendement global optimal est celui de la P 01 suivi de P 02 puis de P 03. Donc il existe probablement une corrélation statistique entre le rendement et la teneur en substance sèche totale des fromages. Selon Cuvillier, (2005), le rendement fromager varie principalement en fonction de la quantité d'eau retenue dans le fromage, définie par les paramètres technologiques et de la teneur du lait en extrait sec et en matières grasses.

La fermeté du caillé et les rendements fromagers sont corrélés positivement : plus un caillé est ferme, plus on obtient un meilleur rendement fromager en effet, un caillé bien structuré perdra moins de matière utile (protéines, matières grasses) lors du décaillage et de l'égouttage.

Colin *et al.* (1992) suggèrent que les laits à faible taux protéique ont tendance à s'égoutter plus rapidement, ce qui entraînerait des valeurs plus faibles des rendements fromagers bruts d'où l'intérêt de travailler sur les rendements matière sèche, ou les rendements corrigés à extrait sec constant pour mettre en évidence les variations réelles des taux de récupération .

Selon Damian *et al.* (2008) le rendement en fromage dépend des composants du lait, en particulier des matières grasses, protéines totales et caséines ainsi que le lait à gros globules conduit à un rendement fromager plus important (Hurtaud *et al.*, 2005). Le procédé de fabrication peut également avoir une influence sur le rendement (De Sousa Campos *et al.*, 2020). L'agitation contribue à la fermeté, et lorsqu'elle est effectuée à la vitesse et au temps appropriés, peut aussi contribuer à la réduction du rendement excessif de la masse de fromage composant. Ainsi selon Maubois *et al.* (1970), les relations existantes entre les composants du lait de fabrication et le rendement en fromage peuvent être masquées par des différences d'égouttage dues à des facteurs bactériologiques ou technologiques non contrôlés.

Les résultats obtenus de rendement élémentaire de la MG ont démontré que le rendement fromager dans la production 01 est plus élevé avec un pourcentage de 11,42% suivi par la P 02 en suite la P 03 donc le rendement augmente avec la matière grasse.

Les résultats obtenus par rapport au rendement élémentaire de l'EST ont démontré que l'EST augmente d'une manière croissante de la P 01 jusqu'à la P 03 donc le rendement augmente avec l'EST, de plus le taux de récupération de (MG/EST) augmente avec le rendement élémentaire (MG/EST).

Si le taux de récupération de la MG/ EST du deuxième échantillon est faible par rapport à P 01, automatiquement le rendement élémentaire de la MG /EST de P 02 doit être faible par rapport à celui de P 01.

En fin d'après les résultats obtenus lors de cette étude, il est approuver que la variation du taux de l'EST et la MG peut maitriser la coagulation qui aboutit a un caillé suffisamment ferme, c'est à dire une faible perte du caillé en (MG, EST) dans le lactosérum, ce qui mènent à un rendement considérable en outre, pour avoir un rendement fixe il faut faire une standardisation soit par fixation de la matière grasse ou soit de l'extrait sec .

III.1. Les résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques du lait sont représentés dans des tableaux si- dissous :

Tableau XI : Résultats des analyses microbiologiques du lait avant et après pasteurisation.

	Germes UFC/ml	Résultats			Méthode d'analyse
		Echantillon 01	Echantillon 02	Echantillon 03	
Après pasteurisation	<i>FAMT</i>	13000	300000	28000	J.O.2017
	<i>Coliforme totaux</i>	125	233	195	J.O.2017
	<i>Salmonelles</i>	Abs	Abs	abs	J.O.2017
	<i>Staphylococcus aureus</i>	25	20	31	J.O.2017
	<i>Test antibiotique</i>	Négative	Négative	Négative	/
Avant pasteurisation	<i>Germes aérobies à 30°C</i>	200	115	215	/
	<i>Coliformes totaux</i>	Abs	Abs	Abs	/
	<i>coliformes fécaux</i>	Abs	Abs	Abs	/
	<i>Staphylocoques</i>	Abs	Abs	Abs	/
	<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	Abs	Abs	Abs	/
	<i>Salmonelles</i>	Abs	Abs	Abs	/
	<i>E. coli</i>	Abs	Abs	Abs	/

TableauXII : Résultats microbiologique du Camembert au cours de l'affinage.

Au cours de l'affinage	Jours d'affinage	J=0			J+3			J+7			Norme deJORA
	Les germs UFC /ml	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	Coliformes totaux à 37°C	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	2691
	Coliformes fécaux à44°C	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	2691
	Clostridium Sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	15176
	Salmonelles	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Arrête 23/01/2005
	Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	15169

Tableau XIII: Résultats microbiologique du produit fini.

Produit fini (camembert)	Determination	1 ^{ere}	2 ^{eme}	3 ^{eme}	Reference method d'analyse	Normes	
						Minimum	Maximum
	Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	NA. 2691	Non recherche	
	Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	NA. 2691	Non recherche	
	Staphylococcus à coagulase+/g	Abs	Abs	Abs	NA.15169	10 ³	10 ⁴
	Salmonelles	Abs	Abs	Abs	Arrête 28/01/2005	Abs	
	Listeria monocytogenes /g	Abs	Abs	Abs	/	Abs	
	E.coli	Abs	Abs	Abs	/	10 ²	10 ³

III.1.1. Les analyses microbiologiques avant pasteurisation

-Le dénombrement de la *FAMT*

Le comptage de la *FAMT* renseigne sur la qualité hygiénique globale du lait, elle est considérée comme étant un facteur de contamination d'une part, et d'autre part un facteur déterminant de la durée de conservation du lait cru (Guinot-thomas *et al.*, 1995).

Les 03 échantillons de lait cru prélevé présentent des charges en microorganismes de la *FAMT* comme suit $1,3 \times 10^5$ UFC/ml ; 3×10^5 UFC/ml ; $2,8 \times 10^4$ UFC/ml.

Ces résultats du dénombrement de la FTAM avant pasteurisation du lait étaient dans les normes du journal officiel qui variaient entre 3×10^5 ; 3×10^6 UFC/ml.

-Le dénombrement des *Coliformes totaux*

Les laits analysés présentent des charges en coliforme totaux de E1= $1,25 \times 10^2$ UFC/ml ; E2= $2,33 \times 10^2$ UFC / ml ; E3= $1,95 \times 10^2$ UFC/ml.

Le nombre des colonies des CT apparues étaient inférieur à $5,10^3$ UFC/ml, ce qui est correspond aux normes de revue officiel.

Ces résultats pourraient s'expliquer par le non pasteurisation de ces échantillons de lait.

- Le dénombrement des *Salmonelles*

Les échantillons testés sont exempt de ce groupe bactérienne pathogène, aucun résultat positif de présence de *Salmonella* sp, ce qui conforme à la réglementation algérienne. Ils témoignent donc de la bonne qualité hygiénique et la bonne santé des vaches. En général, l'isolement des salmonelles dans le lait cru est difficile à démontrer (Afif *et al.*, 2008)

-Le dénombrement des *Stapylococcus aureus*

Les staphylocoques présents dans le lait cru ont pour origine soit les mamelles des vaches, soit le matériel mal nettoyé utilisé lors de la traite. Elles représentent un risque d'intoxication alimentaire.

Les analyses à montre qu'une faible quantité des bactéries *Staphylococcus aureus* étaient présentent dans nos échantillons de lait cru qui est a l'ordre de : 25 UFC/ml ; 20 UFC/ml ; 31UFC/ml.

Selon le journal officiel une charge microbienne ($>10^3$ UFC) signifie une contamination sévère ; par contre nos échantillons présentent des valeurs inférieures à 10^3 UFC/ml, ce qui signifie l'absence de contamination.

-Test d'antibiotique

Le test d'antibiotique est un outil d'aide à la décision pour prévenir l'utilisation de lait contenant des résidus. Les résultats d'analyse physique et chimique du lait cru répondent aux normes nationales J.O.R.A (1998) ce qui montre sa bonne qualité physico-chimique.

III.1.2. Les analyses microbiologiques après pasteurisation

Nous constatons que le lait renferme un nombre de germes aérobies mésophiles totales dont la moyenne =191.66 UFC/ml qui est inférieur à la norme algérienne (10^5 UFC/ml). Le taux de présence de cette dernière a considérablement diminué par rapport à celui de lait cru, ce qui montre l'efficacité de traitement thermique appliqué.

Selon le journal officiel *E. coli* doivent être absente dans le lait pasteurisé. Ces résultats obtenus sont conformes aux normes exigées, ce qui montre la bonne qualité hygiénique du lait.

Nous remarquons aussi une absence des *Clostridium Sulfito réducteurs*, *salmonelles*, *staphylocoques*, *coliformes* (fécaux et totaux), ce qui est conforme à la norme JORA. Ceci est dû à l'absence de ces germes dans la matière première (lait cru) et à la bonne maîtrise d'hygiène au cours de la fabrication du Camembert.

III.1.3. Les analyses microbiologiques au cours de l'affinage

Les résultats obtenus ont montré l'absence totale de *Salmonella*. Cela signifie que le Camembert répond à la norme algérienne, qui exige qu'il soit totalement exempt de *salmonelles* et que le lait contenant des salmonelles ne soit pas utilisé.

Nous avons également noté l'absence totale de *clostridium*, *sulfato-réducteur*, *Staphylococcus*, ce qui conforme à la norme JORA. Cela est dû à l'absence de ces bactéries dans les matières premières et au bon contrôle de l'hygiène lors de la fabrication du camembert.

De plus, l'absence totale de coliformes totaux et fécaux a été observée durant toute la production du Camembert "Le semeur" cela résulte du traitement thermique (pasteurisation) et des bonnes conditions d'hygiène appliquées lors de la fabrication.

Selon Grappin et Branger, (2006), l'absence de coliformes totaux et fécaux dans le produit fini est principalement due au salage, qui réduit l'activité de l'eau et réduit ainsi sélectivement le taux de croissance de la plupart des micro-organismes.

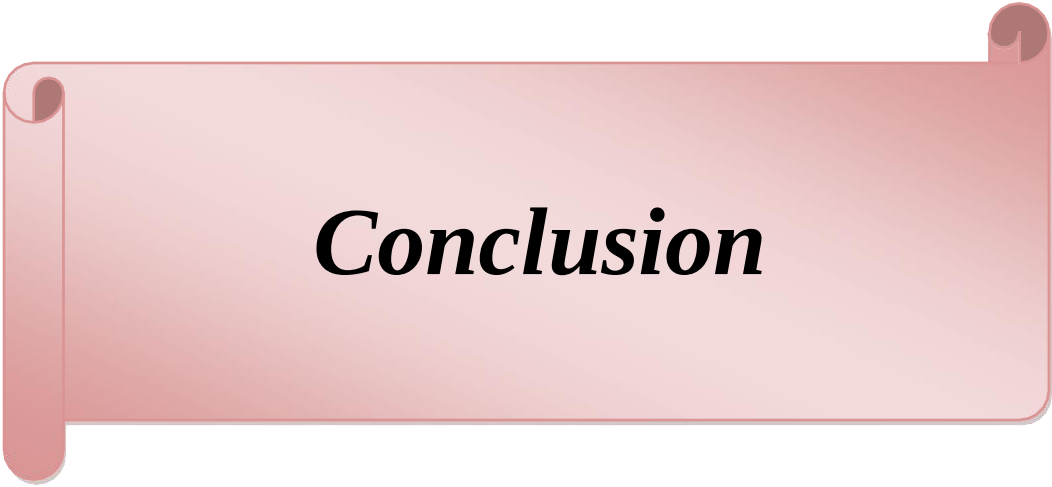
Une concentration en sel de 0 à 5 % réduit l'activité d'eau des coliformes de 0,992 à 0,975, réduisant leur charge dans le produit fini d'environ 75 %. Au-delà de 5 %, ces bactéries seront complètement inhibées (Choisy *et al.*, 2006).

III.1.4. Les analyses microbiologiques de Camembert

Les résultats des analyses microbiologiques du Camembert exprimés en UFC/ml sont résumés dans le tableau XIII. Ils représentent la charge en différentes microflore recherchées et dénombrées dans les échantillons analysés.

Les résultats microbiologiques des produits finis des 3 productions qui relèvent une absence totale des germes indicateurs de contaminations fécale (coliformes fécaux) ainsi une absence totale des germes pathogènes (*Clostridium Sulfito- réducteur*, *Salmonelle*, *Staphylocoque* et *Listeria monocytogène*), Ce qui est expliqué par la bonne conduite de la chaîne de fabrication, le respect des règles d'hygiène (matériels nettoyés et désinfectés...) et aussi le personnel et l'environnement ont influencé positivement sur les résultats.

Nous déduisons que le produit « Semeur » analysé ne présente aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication.

A horizontal red scroll with a gradient, featuring a vertical strip on the left and two small circular tabs at the top corners.

Conclusion

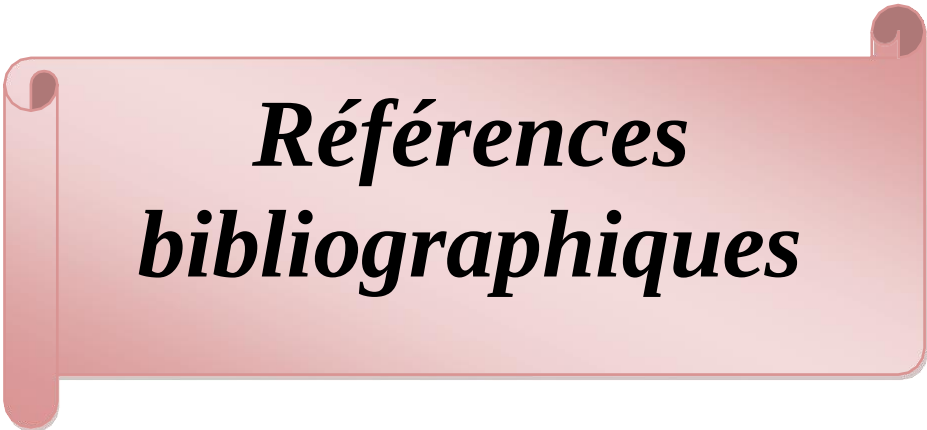
Le rendement fromager constitue un facteur primordial dans l'économie de la fabrication. De ce fait, une petite différence dans le rendement se traduit par une différence notable dans le bénéfice du fabricant.

Dans notre étude nous sommes intéressées à l'analyse physico-chimique et microbiologique de la matière première jusqu'au produit fini (Camembert) qui est un fromage de large consommation ; ainsi effectuer de différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques de la matière première jusqu'au produit fini, notamment, l'influence des variations du taux de la matière grasse et de l'extrait sec sur le rendement fromagère.

Les différentes analyses effectuées sur le lait cru et le produit fini montrent que ces derniers sont conformes aux normes en vigueur. L'analyse microbiologique réalisée sur le fromage obtenu expérimentalement montre que celui-ci est indemne de toute contamination par des germes pathogènes pouvant porter préjudice pour la santé des consommateurs et ceci revient au fait de la bonne maîtrise du processus de fabrication. Le rendement fromager est lié étroitement à la composition du lait en (MG et EST) et à des facteurs très importants qui affectent la fermeté du caillé et le temps de raffermissement et la coagulation.

L'augmentation du rendement global des laits après enrichissement a montrée l'intérêt de la standardisation du lait de mélange en protéines et en matières grasses afin de corriger ou d'améliorer la composition du lait de départ et de ce fait améliorer son aptitude à la transformation fromagère et de réduire les pertes économiques qui sont défavorables à l'industrie. Une bonne maîtrise de pratiques professionnelles employées au sein de l'industrie conditionne aussi le rendement fromager.

En conséquence, le contrôle quotidien des paramètres physico-chimiques et microbiologiques est considéré comme un facteur principal contribuant à l'obtention d'un produit de haute qualité ainsi, le traitement thermique représente une étape très importante qui vise, d'une part, à allonger sa durée de vie, et d'autre part, à prévenir les cas d'intoxications alimentaires.

A horizontal red ribbon with rounded ends and a slight 3D effect, featuring a vertical fold on the left side.

Références bibliographiques

A

- ❖ **Afif A ; Faid M et Najimi M, (2008).** Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. Institute agronomique et vétérinaires Hassan II, Rabat, Maroc.pp: 2-7.
- ❖ **Ahaddad Rabia et Kasmi Nadira, (2013).** Suivi du process de production d'un fromage à pâte molle type « Camembert » au niveau de l'unité Ibarissen. Mémoire de Master en Génie Biologique. Université Abderrahmane MIRA de Bejaia. 66 pages.
- ❖ **Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R et Turgeon H., (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN :3-25-29 (600 pages).
- ❖ **André Eck et Jean-Claude Gillis , (2006),** Le fromage, TEC & DOC lavoisier, chap. 2
- ❖ **Anema Sg; Lee Sk; Kloster Meyer H,(2005).** Effect of pH at heat treatment on the hydrolysis of κ -casein and the gelation of skim milk by chymosin. LWT Food Science and Technology, 40: 99-106.
- ❖ **Attia H ; Kheronatou N et Ayadi J, (2000).** Acidification chimique directe du lait. Corrélations entre la mobilité du matériel micellaire et micro et macrostructure des laits acidifiés. Sci. Des aliments, 20, 289-307.

B

- ❖ **Bauer W.J ; Badoud R et Loliger J, (2010).** Sciences et technologies des aliments. Ed. ALAIN ETOURNAUD, pp : 539-562.
- ❖ **Benloucif R ; Oulmi A, (2017) :** Etude du procédé de production du fromage du type camembert : Effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit. Mémoire de Master en Bioindustrie, Analyse et Contrôle. Université Frère Mentouri Constantine 1, 102 pages.
- ❖ **Boudier J.F et Luquet F.M, (1981) :** Dictionnaire laitier. 2ème Ed.- Paris : Ed. technique et documentation, 729p.

- ❖ **Boullouf Amal, (2016)** : Etude du pouvoir technologique de quelques bactéries lactiques du fromage traditionnel « Bouhezza ». Mémoire de Master en Technologie Alimentaire. Université des frères mentouri CONSTANTINE. 135 pages.
- ❖ **Bouregoise. CM et Larpent, (1989)** : Microbiologie alimentaire. Tome 2 .Pp. 31, Montréal (Québec), p.349-402
- ❖ **Brule G, (1987)**. Les minéraux. In Cepil (1987). Le lait matière de l'industrie laitière. Cepil-INRA, Paris. 87-98.
- ❖ **Brule G., Lenoir J. et Ramet F., (1997)**. Les mécanismes généraux de la transformation du lait en fromage Chapitre 1 : La micelle de caséine et la coagulation du lait. Dans Le fromage p. 7, 3ème ed. Tec et Doc. Lavoisier.



- ❖ **Carole L.V., (2002)**. Science et technologie du lait : transformation du lait. Fondation et technologie laitier du Québec. P : 29-407.
- ❖ **Cheftel H. et Chافتel J.C, (1992)**. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments Tec et Doc. Lavoisier, paris. (382 pages).
- ❖ **CODEX Alimentarius , (2013)** : 'Norme Générale Codex Pour Le Fromage.
- ❖ **CODEX alimentarius, (1996)** : Programme mixte FAO/ OMS sur les normes alimentaire et l'agriculture Organisation Mondiale de la santé. 2eme édition.
- ❖ **Codex Stan 276-1973, (2011)**. Norme codex pour le camembert.
- ❖ **Colin JC ; Kokelaar A ; Rollet-Repecaud O et Delacoix-Buchet A, (1992)**. Dosage des caséines du lait de vache par électrophorèse et par chromatographie liquide rapide d'échange d'ions (FPLC) : Comparaison des résultats. Lait, 71, 339-350.
- ❖ **Cuvillier Delphine, (2005)**. Le rendement fromager. Mesurez votre rendement fromager. Centre Fromager de BOURGOGNE 2.



- ❖ **Damián, J. P ; Sacchi.I ; Reginensi. S ; De Lima. D et Bermúdez . J, (2008)**. Cheese yield, casein fractions and major components of milk of Saanen and Anglo-Nubian dairy

- ❖ **David B. Fankhauser, (2007)** « *Fankhauser's Cheese Page* » [archive], (consulté le 23 septembre 2007).
- ❖ **De Sousa Campos. S. A; Assumpção. G. M. P; de Abreu. L. R et Pinto. S. M. (2020).** Yield of cheese type Camembert with addition of protein extenders with and without mass stirring. *Caderno de Ciências Agrárias*, 12, 1-11.
- ❖ **Debry Gérard, (2007).** Lait nutrition et santé, Edition TEC & DOC, Lavoisier, Londres, PARIS, New York, 11, rue Lavoisier 750008 Paris, P 566.
- ❖ **Delphine Cuvillier :** Du ressuyage à l'Affinage origine des fromages.
- ❖ **Dorioz J.M ; Fleur P ; Coulon J.B et Martin M, (2000).** La composante du milieu physique dans l'effet terroir pour la production fromagère ; quelques réflexions à partir du cas des fromages des Alpes du Nord. *Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 40, 47-55.
- ❖ **goats. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 60(6), 1564-1569.**



- ❖ **Eck A, (1987).** Le fromage. Technique documentation. 2^eème Ed .Lavoisier. Paris. P : 13, 17, 137, 138. 52.
- ❖ **Edima H.C, (2007).** *Carnobacterium maltaromaticum* : caractéristiques physiologiques et potentialités en technologie fromagère. Thèse de doctorat ; Institut national polytechnique de Lorraine ; Nancy-université ; France.



- ❖ **Fredot, (2016).** Connaissance des aliments. Éditions Lavoisier, Paris.



- ❖ **Gueguen L, (1979).** Apports minéraux par le lait et les produits laitiers Cah natur Diet : 3 : 213 – 217.
- ❖ **Guéguen L, (1979).** Cach. Nutr. Diét., 14, 213-217(avec le tableau).
- ❖ **Guinot Thomas P ; Ammourey M et Laurent F, (1995).** Effects of storage conditions on the composition of raw milk. *International Dairy Journal* N° 5. pp: 211-223.

H

- ❖ **Henri Dupin, (1982).** Les alimente 3eme édition. Presse universitaire de France. Boulevard Saint-Germain, 75006, Paris. Dépôt l'égalité -1ere édition 1978, 3eme édition mise à jour ; 1982, décembre- N° 28607.
- ❖ **Hurtaud. C ; Richoux. R ; Couvreur. S; Delaby. L et Peyraud. J. L ,(2005).** Régimes alimentaires et taille des globules gras des vaches laitières: effet sur la production laitière, l'aptitude fromagère et les propriétés thermofonctionnelles des fromages. Rencontres autour des recherches sur les ruminants, 371-374.

J

- ❖ **J.O.R.A.N°35, (1998).** Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.
- ❖ **Jeantet R ; Croguennec T ; Mahaut M ; Schuck P et Brule G, (2008).** Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (18). Les produits laitiers. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. P: 26-180.
- ❖ **Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. et Brule G., (2007).** Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17(456pages).aitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier: 1-3- (185 pages).

L

- ❖ **Lenoir, (1974) ; Miranda et Gripon, (1986).** <https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert>.
- ❖ **Leveau J.Y. et Bouix M, (1993).** Microbiologie industrielle : les microorganismes d'intérêt industrielle. TEC & DOC –Lavoisier, APRIA, Paris, pages 71, 153, 154 et 307.
- ❖ **Louhichi ; Mohamed,(2008) :** Effet de l'irradiation sur la texture d'un fromage Effet de l'irradiation sur la texture d'un fromage à pâte molle de type Camembert. Mémoire en

ingénieur en industries alimentaires. Ecole supérieure des industries alimentaires de TUNIS. 68 pages.

- ❖ **Luquet. FM, (1990)** : Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Transformation et technologie. Edition technique et documentation. Lavoisier (2eme édition. Tome 2). P. 26-633.



- ❖ **Mahaut M ; Jeantet r ; Schak P et Brule G, (2000)**. Les produits laitiers. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. (26-180 pages).
- ❖ **Mahaut M ; Jeantet R ; Schak P ;Brul G, (2000)**. Les produits laitiers. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. P: 26-180.
- ❖ **Mahaut M ;Jeantet R ; Brule G,(2000)**. Initiation à la Technologie Fromagère. TEC & DOC Lavoisier : Paris ; 194 p.
- ❖ **Maubois. J. L ; Ricordeau. G ;Mocquot. G ; Dupont. J. Y ;Gervais. E & Barbier.N, (1970)**.Étude des rendements en fromagerie de Camembert et de Saint-Paulin. Le lait, 50(497), 351-373.
- ❖ **Mcsweeney P. L. H, (2007)**: Cheese problems solved. UniversityCollege Cork, 389p
- ❖ **Mdahou (2017)** : Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industriel à pâte molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ses aptitudes technologiques. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Mostaganem : Universite Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 116 pages.
- ❖ **Mietton B, (1995)**. Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. Revue des ENIL, 189, 19-2.
- ❖ **Miller J et Cole H, (2009)**. National dairycouncil. Institut Benderwich.
- ❖ **Mittaine J, (1980)**. Les laits autres que le lait de vache.



- ❖ **Nadia Thivierge**, Caractérisation de souches de *Lactococcus lacfis ssp cremoris* pour le développement de ferments *mésophiles* à aptitudes fromagères élevées (Cheddar), Laval, Canada, Département des aliments et de nutrition, Faculté des sciences de l'agriculture et

de l'alimentation, Université Laval, coll. « Mémoire de maitre ès sciences (M. Sc.) », mars 1999, 85 p. 3.

O

- ❖ **Ouali S, (2003).** Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie 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, Constantine, Algérie. Aliments.

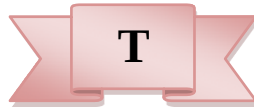
R

- ❖ **Ramdani S(2008) :** Suivi de la qualité de lait de vache destiné à la fromagerie de draa ben khedda (DBK). Mémoire de Master en lait et dérivés. Université M'hamedbougara BOUMERDES. 56 pages.
- ❖ **Remeuf F ; Cossi N ; Dervi N et Tomasson R, (1991).** Relation entre les paramètres physico-chimiques du lait et son aptitude fromagère. Tec et Doc Lavoisier, Paris. (549 pages).
- ❖ **Rodrigue S (2006).** Contribution à l'etude de la qualite microbiologique du lait dans la fillere artisanale ausenegal. Thèse de doctorat en sciences et médecine vétérinaires. Senegal : ELSMV, 114 pages.
- ❖ **Roudaut H. et Lefranqc E,(2005).** Alimentation théorique. Edition Sciences des

S

- ❖ **Seminal L (2015) :** Le livre blanc du camembert liberté, égalité, camembert ! Fromages& Chefs. 34 pages
- ❖ **St-Gelais D ; Tirad-Coll P, (2002).** Fromage. in «Science et technologie du lait : transformation du lait ». Presses internationales Polytechnique, Montréal, Canada, p 349-415.

- ❖ **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.



- ❖ **Thapon J (2005).** Science et technologie du lait. Agro campus-Rennes, France.



- ❖ **Veisseyre R, (1975) :** Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait 2^eème Ed. La maison Rustique. Paris. P : 461-692.
- ❖ **Vignola C.L., (2002).** Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal,ISBN: 29-34.
- ❖ **Vignola C (2002).** Transformation du Lait. Fondation et Technologie Laitière du Québec. Presses Internationales Polytechnique: Québec; 600 p.Wahba A.

Web graphie

- ❖ **Alais et Linden, 1993.** <https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert/>
- ❖ **Bourdier et Luquet, 1991.** <https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert/>.
- ❖ **Desmazeaud, 1992.** [https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert.](https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert/)
- ❖ **Feuillat et al., 1976 ; Lemieux et al., 1994.** <https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert/>.
- ❖ **Le schéma la présure en couleur- Laboratoires Abia.** <https://www.laboratoires-abia.com> › action-sur-le-lait (les schémas de la phase enzymatique) (1).
- ❖ **Lenoir et al., 1983.** <https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert/>.
- ❖ **Lenoir et al., 1983.** [https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert.](https://agronomie.info/fr/fromage-a-pate-molle-type-camembert/)



Annexes

Annexe I : Matériel utilisé pour l'analyse physico-chimique, microbiologique et les réactifs

Appareillages	Réactifs	Verreries
-Bain-marie. -Balance analytique de précision. -Centrifugeuse. - Dessiccateur infrarouge. -Lactodensimètre. -pH-mètre -Etuve -Distillateur -Autoclave -Bec bensen - Microscope optique	Produits chimiques et réactifs: -acide sulfurique de densité 1, 83, -alcool iso -amylique, -phénol phtaléine en solution 1%, -Hydroxyde de sodium à 0,1N(NaOH0.11 N). -Eau distillée. Matériels biologique: -enzyme (présure), -ferments lactiques	-Butyromètre de VANGULIK. -Capsule. -Éprouvette de 250ml. -Godet en verre. -Pipettes. -Bécher de100 ml. - Tubes à essai -Pipettes Pasteur -Boîtes de Petri

Annexe II : Préparation de la solution mère du produit fini (Camembert)

• Préparation de la dilution décimale

A l'aide d'une pipette de 10ml, on prélève 9ml d'eau physiologique que l'on introduit dans une série de 6 tubes stériles pour le lait et pour le fromage en suivant les étapes si dessous :

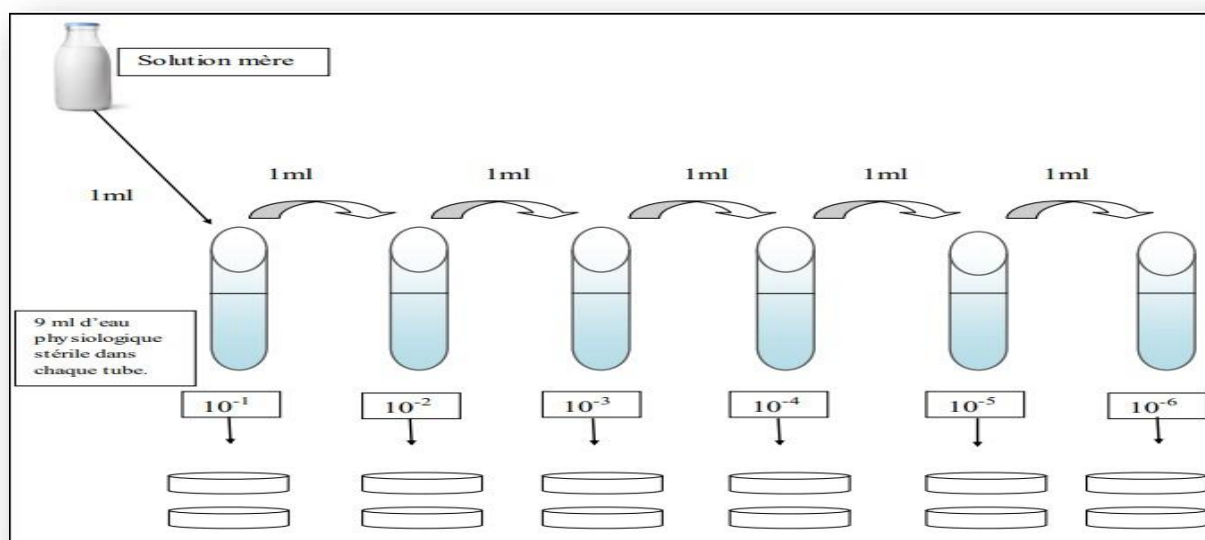


Figure 15 : Technique de préparation des dilutions décimales successives

Produit liquide

1. Agiter vigoureusement le flacon contenant la solution mère (lait).
2. Prélever avec une pipette stérile 1 ml de ce produit.
3. Introduire aseptiquement le volume de prélèvement dans un tube contenant 9 ml de diluant, obtenir ainsi une dilution au 1/10 ou 10^{-1} .
4. agiter le mélange à la main.
5. A l'aide d'une pipette stérile, prélever 1 ml de la dilution 10^{-1} et verser le dans un deuxième tube contenant 9 ml de la dilution pour obtenir une dilution au 1/100 ou 10^{-2} .
6. L'opération est ainsi renouveler en changeant de pipette et en versant de nouveau 1ml dans un nouveau tube contenant 9ml d'eau physiologique stérile (1/1000).
7. Répétez jusqu'à ce que la concentration en bactéries devienne relativement faible.

Produit solide

1. Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette pasteur stérile 1ml de la SM (10^{-1}) dans un tube à vis stérile contenant au préalable 9ml de TSE (trypton-sel-eau). On obtient alors la dilution 1/100.
2. Procéder de la même manière que pour les produits liquides jusqu'à l'obtention d'une dilution 10^{-5} et ensemercer sur différents milieux.
 - Ces dilutions serviront à la recherche des germes suivant :
 - Germes aérobies mésophiles totaux.
 - Coliforme totaux et fécaux.

Annexe III : Méthodes des analyses physico-chimiques

1. détermination de pH

- **Mode opératoire**

- Etalonner le pH à l'aide des deux solutions tampons (acide pH=4 & basique pH=7).
- Prolonger l'électrode de pH mètre dans l'échantillon à analyser (lait et le cœur du camembert) avec une température 20°C.
- A chaque détermination du pH, on retire, on le rince avec l'eau distillé et on le fait sécher.

- **Expression des résultats**

La valeur du pH est lue directement sur l'échelle graduée du pH-mètre.



Figure 16 : Testeur du pH pour le lait et le fromage

2. Détermination de la matière grasse

❖ Mode opératoire

➤ Cas du lait

1. Installer le butyromètre sur son support (butyromètre Gerber), on le remplir de 10ml d'acide sulfurique.
2. Mettre 11 ml de lait il faut être bien homogénéisés, en évitant le mélange avec l'acide pour ne pas augmenter la température de butyromètre, et veiller à ne pas souffler dans la pipette.
3. Ajouter 1 ml de l'alcool iso amylique et boucher le butyromètre à l'aide de bouchon sec.
4. Agiter le butyromètre manuellement jusqu'à dissolution complète de la caséine par l'acide sulfurique afin d'obtenir une bonne homogénéisation, on le met dans un bain marie pendant 5 minutes.
5. Ensuite, centrifuger pendant 3 minutes à 1200 tours/min.
6. La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre.

➤ Cas du camembert

1. Peser 3g de fromage râpé dans un godet en verre préalablement taré, puis l'introduire dans un butyromètre VAN GULIK.
2. Ajouter 10ml de l'acide sulfurique par l'ouverture de la tige.
3. Après avoir bouché le butyromètre, on suit on va le placer dans un bain-marie à 65°C pendant 5 minutes.
4. Agiter de temps en temps le butyromètre dans un plan horizontal jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai.
5. Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique, ensuite de l'acide sulfurique avec une concentration 62% jusqu'au trait du butyromètre.
6. Ensuite, homogénéiser et centrifuger pendant 5 minutes à 1200 tours/min.

❖ **Expression des résultats**

La teneur en matière grasse est exprimée, soit en gramme pour 100g de lait, soit en gramme pour 100ml. Le résultat est lu directement sur les graduations du butyromètre.

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

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.



Figure 17: Butyromètre

3. détermination de l'acidité

❖ **Mode opératoire**

Dans un bécher de 100 ml, on introduit à l'aide d'une pipette, 10 ml de l'échantillon (l lait) auquel on ajoute 2 à 3 gouttes de la phénolphthaléine, mélanger puis tire par une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N jusqu'à apparition du virage rose pâle et la lecture correspond à la chute de burette.

❖ **Expression des résultats**

L'acidité titrable, exprimée en °D, est donnée par la formule suivante:

$$\text{AT} = V \times 10 \text{ (D}^\circ\text{)}$$

V=le volume en ml de la solution de soude

D°=degré dornic **1°D=0.1g** (d'acide lactique par litre du lait).



Figure 18: Dosage de l'acidité

4. Détermination de la densité

❖ Mode opératoire

Le lait est versé dans l'éprouvette de 250 ml, tenu inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou des bulles d'air. Le lactodensimètre est plongé verticalement dans l'éprouvette. Après sa stabilisation, on lit la valeur de densité sur l'échelle à la surface du lait.

❖ Expression des résultats :

Le thermo lacto densimètre est étalonné à 20°C; donc la prise de densité doit être effectuée à cette température sinon il importe d'opérer la correction en prenant en considération la température du lait analysé, que l'on peut faire comme suit:

- ✓ Si la température du lait au moment de la mesure est supérieure à 20°C, augmenter la densité lue de 0,0002 par de gradée au-dessus de 20°C.
- ✓ Si la température du lait au moment de la mesure est inférieure à 20°C, diminuer la densité lue de 0,0002 par dégradée au-dessous de 20°C.
- La densité relevée peut être corrigée si la température du lait est supérieure du 20°C par la formule suivante:

$$MV = MV1 + ((20 - X) \times 0,0002)$$

MV : Masse volumique finale.

MV1: la masse volumique lue sur lactodensimètre

20°C : la température référence

X : la température lue sur lactodensimètre(°C)

0,0002: constante



Figure 19 : Lactodensimètre

5. Détermination de l'extrait sec :

❖ Mode opératoire:

➤ Cas du lait

A l'intérieur d'un dessiccateur infrarouge placer une capsule en aluminium préalablement séchée et tarée, introduire 3g de lait goutte à goutte et lancer le dessiccateur.

➤ Cas de fromage

3g de fromage broyée et étalée sur toute la surface d'une capsule en aluminium préalablement tarée, puis introduite dans le dessiccateur et lancer l'analyse.

❖ Expression des résultats

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

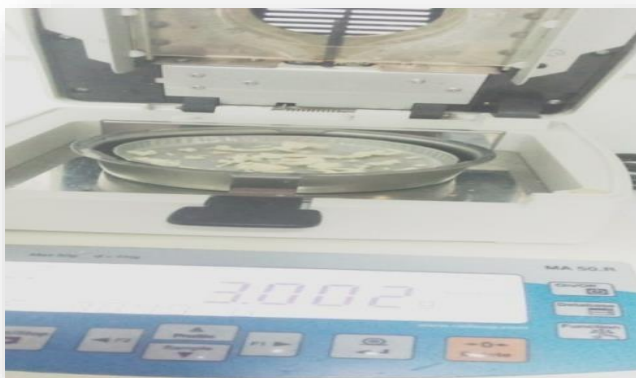


Figure 20 : Dessiccateur infra- rouge

Annexe III : Méthodes des analyses microbiologiques

1. Dénombrement des *Coliformes totaux et fécaux*

❖ **Mode opératoire**

A partir des dilutions décimales:

1. Introduire aseptiquement 1ml dans les boîtes de Pétri.
2. Couler en suite environ 15 ml de VRBL dans ces boîtes puis homogénéiser par des mouvements circulaires légers.
3. Après solidification ajouter une deuxième couche du milieu VRBL et laisser solidifier.
4. Incuber à 30°C à 37°C pendant 24h pour les *coliformes totaux* et à 44°C pour les *coliformes fécaux*.
5. Dénombrer les colonies rouges ayant un diamètre d'au moins 0,5 mm.

2. Recherche de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FTAM) :

❖ **Mode opératoire :**

1. On effectue une dilution décimale.
2. On ensemence en masse les boîtes de pétri par 1 ml de chaque dilution (10^{-1} à 10^{-6}).
3. Incubé pendant 24h à 30°C ou bien 72h à 22°C.
4. On coule une couche de 15 à 20ml de la gélose PCA (Plate count agar) fondu en surfusion.
5. On incube les boîtes à 30°C pendant 24 à 72h (NF V 08_051, 1992).
6. Le dénombrement est fait à partir des boîtes contenant des colonies dont le nombre est compris entre 30 et 300, puis le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre des germes par millilitre ou par gramme (UFC / g ou ml).
7. Les colonies des germes aérobies mésophiles se présentent sous forme lenticulaires en masse.

3. Recherche de *Staphylococcus aureus* 10^{-1}

❖ **Mode opératoire**

1. Sécher la boîte de gélose dans une étuve à $46\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ jusqu'à disparition complète des gouttelettes à la surface du milieu (couvercle enlevé et surface de la gélose tournée vers le bas).
2. Homogénéiser la dilution décimale 10^{-1} avant inoculation à la surface de la boîte gélosée
3. Déposer ensuite 0.1ml, de dilution décimale 10^{-1} , réalisée préalablement à la surface de la gélose Baird Parker.
4. Etaler, par la suite, soigneusement la dilution, et le plus rapidement possible sans toucher les bords de la boîte à l'aide d'une pipette stérile (pipette râteau).
5. Laisser la boîte, couvercle fermé, pendant 15 minutes à température ambiante.
6. Incuber à l'étuve pendant 48 h à 37 °C.

7. La recherche des *Staphylococcus aureus* se fait donc par la méthode d'ensemencement en surface où son principe est découlé déjà le milieu qu'on laisse refroidir, puis d'étaler la solution à l'aide d'un étaler stérile, comme il l'a été soigneusement explicité précédemment.

4. Recherche de *salmonelle*

❖ Mode opératoire

➤ Pré enrichissement non sélectif

La première étape comprend :

1. Prélever 25 g de morceaux de "camembert", avec une sonde stérile.
2. Puis mettre cette dernière dans un mélangeur (sachet stérile stomacker) avec 225 ml d'EPT.
3. Homogénéiser la solution avec une sonde stérile.
4. Ce bouillon est incubé à 37°C pendant 16 à 20 heures.

➤ Enrichissement sélectif

Cette deuxième étape comprend :

1. Pipeter 0,1 ml de sous-culture, c'est-à-dire. Milieu pré-enrichi à l'aide d'une pipette stérile.
2. L'introduire dans un tube à essai contenant 10 ml de bouillant de RAPPAPORT de Vassiladis.
3. Homogénéiser la solution à l'aide d'un vortex.
4. Incuber 18h à 2h dans une étuve à 42°C.

➤ L'isolement :

1. Mettre dans la boîte pétrie l'échantillon (Rappaport + 0.1 ml échantillon : du milieu d'enrichissement) à l'aide d'une lance de platine, contenant la gélose HEKTEON.
2. Pipeter avec une pipette pasteur une goutte de milieu d'enrichissement avec l'anse et ensemencer par technique des stries - a- d'ensemencement en surface.
3. Incuber à 37°C pendant 24h.

5. Recherche des anaérobies *clostridium sulfito-réducteur*

❖ Mode opératoire

➤ Préparation du milieu

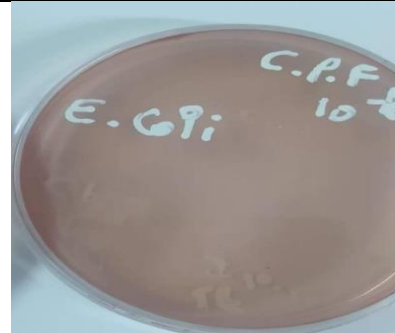
1. Faire fondre un flacon de gélose viande foie (VF).
2. Le refroidir dans un bain marie à 45°C.

3. Puis ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium.
4. Mélanger soigneusement et aseptiquement.
5. Maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation (lebres et Mouffok ,1999).

➤ **Ensemencement**

1. On prend les tubes qui contiennent la dilution (10^{-1} à 10^{-6}) après on va les soumettre à une température 80°C pendant 8 à 10 mn.
2. On les faire refroidir sous l'eau de robinet afin d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.
3. Pipeter 1 ml de chaque dilution dans les tubes stériles.
4. Puis, remplir le reste du tube avec 20ml de gélose viande foie.
5. Laisser solidifier sur une paillasse pendant 30 mn.
6. Incubé à 37°C pendant 16 à 24h au plus tard 48h.

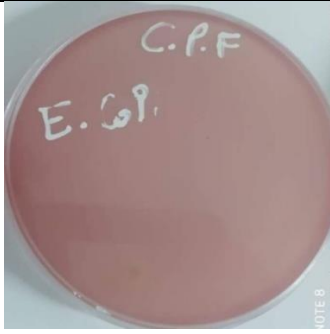
Annexe IV: Les résultats des analyses microbiologiques des germes de la matière première et le produit final

Lait sortie de pasteurisation	PF+ TSE	Dilution : 10^{-1}	Dilution : 10^{-2}
			

PF : Produit final.

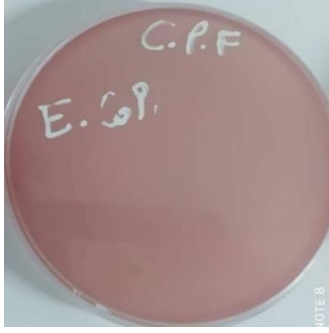
TSE : Eau tamponné stérile.

CT : coliformes totaux

Lait sortie de pasteurisation	PF+ TSE	Dilution : 10^{-1}	Dilution : 10^{-2}
			

SP : sorte de pasteurisation

C.P.F : camembert produit fini

Lait sortie de pasteurisation	PF+ TSE	Dilution : 10^{-1}	Dilution : 10^{-2}
			

Annexe V: La fiche de dégustation

	Sensations ressenties	Production 1	Production 2	Production 3
Couleur	Blanche			
	Blanche cassée			
	Blanche jaunâtre			
	Jaune			
Odeur	Absente			
	Faible			
	Moyenne			
	Forte			
	Très forte			
Acidité	Absente			
	Moyenne			
	Forte			
	Très forte			
Texture	Crémeux			
	Coulant			
	Pâteux			
	Dure			
	Homogène			
	Présente de grumeaux			
	Acceptable			
Amertume	Absente			
	Faible			
	Moyenne			
	Forte			
	Très forte			
Description finale	Désagréable			
	Peu agréable			
	Agréable			
	Très agréable			

