

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou (UMMTO)



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences
Agronomiques

Spécialité : Management de la Qualité Totale et Sécurité des Aliments.

Thème

Contribution à l'étude de l'évolution des paramètres physico-chimiques et
bactériologiques de la saumure ainsi que son influence sur la qualité du
camembert.

Réalisé par :

- M^{lle} Djema kahina
- M^{lle} Boufatah Lilia

Soutenus le 07.09.2016 devant le jury composé de

Président : M^r DJENANE D. Professeur à UMMTO.

Examineurs : M^r OUELHADJ A. MCA à UMMTO.

: M^{me} REMANE Y. Maitre-assistante à UMMTO.

Dirigé par : M^r SIFER K. Maitre-assistant à UMMTO.

Promotion 2015-2016

REMERCIEMENT

Nous tenons, en premier lieu, à rendre grâce à Dieu le Tout Puissant de nous avoir donné la force et la patience pour achever ce travail.

Nous remercions, du fond du cœur, nos deux familles et ami(e)s respectifs, qui nous ont toujours soutenues, épaulées et qui ont cru en nous.

Nos vifs remerciements et profonde reconnaissance vont à notre promoteur Mr SIFERK, pour avoir accepté de nous encadrer. Nous saluons sa patience, sa rigueur, son implication exemplaire et surtout sa disponibilité pour notre travail.

Nous ne manquerons pas de signaler nos reconnaissances et nos sincères remerciements à M^{lle} LAMMI S. pour l'intérêt qu'elle a apporté à notre travail et les conseils éclairés qu'elle nous a prodigués. Nous remercions l'accueil, la gentillesse, et la collaboration de l'ensemble du personnel de l'unité « Fermier ».

Nous adressons également nos sincères remerciements à Mr DJENEN D. de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance, à Mr OUELHADJ A. et à M^{me} RAMMEN Y. pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Enfin, il nous est fort agréable d'exprimer nos remerciements les plus sincères aux nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la bonne réalisation de ce travail.

*Je dédie ce travail, en signe de gratitude, de reconnaissance et
d'affection à :*

*Mes très chers parents à qui je dois toutes mes réussites. Aucune
dédicace ne serait assez éloquente pour exprimer l'amour, l'estime, le
dévouement et le respect que je vous porte. Puisse Dieu, le Tout
Puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.
A mon unique et cher frère Allaoua ainsi qu'à mon adorable petite
sœur Nassou sans oublier tous mes proches et mes amis (es) de la
promo à qui je souhaite beaucoup de réussite.*

*Je dédie ce travail à mon binôme ainsi qu'à sa famille. Une dédicace
spéciale à mon grand A.my à qui je suis reconnaissante pour sa
présence, ses conseils ainsi qu'à ses encouragements.*

*Je tiens à remercier toute personne ayant contribué à la réalisation
de ce travail ; enseignants, amis (es), familles... merci à tous.*

*Enfin, je dis merci et mille fois merci pour les gens qui m'aiment et qui
me soutiennent sans relâche...*

Kahina

Je dédie ce travail

*A Dieu Tout puissant, pour le courage et la patience qui m'a
donnée.*

A mes chers parents à qui je dois le respect et l'amour.

*A mes chers frères Massinissa, Juba et Malik que je remercie
trop.*

*A mes sœurs Samira et Amina sincères remerciements pour leurs
soutient et leurs affections.*

*A ma binôme Kahina pour tous les moments quand a passé
ensemble même c'est c'était des durs moments pour les
empêchements qu'on a rencontré mais c'était bien passé.*

*A mes cher(es) ami(es) pour leurs soutient et leurs
encouragement.*

*A tous les personne qui ont participé de loin ou de proche dans ce
travail.*

Lilia

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur les fromages

1.1. Connaissances sur les fromages	3
1.2. Définitions	3
1.3. Classification des fromages	4
1.4. Intérêt nutritionnel du fromage	7
2. Matières utilisées en fromageries	9
2.1. Lait cru	10
2.2. Lait recombinaison	10
2.3. La poudre de lait	10
2.4. Matière grasse laitière anhydre (M.G.L.A)	12
2.5. Eau de reconstitution	12
2.6. Les ingrédients	13

Chapitre 2 : La fabrication du camembert

2.1. Processus de fabrication	14
2.2. Le salage	19
2.2.3. Mode de salage	20
2.2.4. Préparation de la saumure	22
2.2.5. Facteurs influençant la prise de sel pendant le saumurage	23
2.2.6. Mécanisme de diffusion du sel et la cinétique de son absorption	24
2.2.7. Vieillesse de la saumure	25
2.3. Défauts et accidents de fabrication en fromagerie	26
2.3.1. Défaut de coagulation et d'égouttage	27
2.3.2. Les défauts d'affinage	27

Partie 2 : Partie expérimentale

1. Présentation de l'entreprise	31
2. Matériel et méthode.....	31
2.1. But et intérêt du travail.....	31
2.2. Echantillonnage	31
2.3. Matériel	32
2.3.1. Matériel utilisé pour le contrôle physico-chimique.....	32
2.3.2. Matériel utilisé pour le contrôle bactériologique	33
2.4. Méthodes d'analyses	33
2.4.1. Pour le contrôle physico-chimique.....	33
2.4.2. Pour le contrôle bactériologique	35
2.5. Techniques de dilutions.....	36
2.6. Recherche et dénombrement des germes	37
2.6.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT).....	37
2.6.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	38
2.6.3. Recherche des staphylocoques à coagulation positive.....	38
2.6.4. Recherche des salmonelles.....	39
2.6.5. Recherche des clostridium sulfito-réducteurs	39
3. Résultats et discussions	41
3.1. Analyses physico-chimiques	41
3.1.1. Le lait.....	41
3.1.2. La saumure	41
3.1.3. Les caillés avant et après saumurage.....	44
3.2. Analyses bactériologiques.....	45
3.2.1. La saumure	46
3.2.2. Les caillés avant et après saumurage.....	47
3.2.3. Le matériel.....	49
3.2.4. Le personnel	50
Discussion générale.....	53
Conclusion générale	54
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation.

ATB : Test d'antibiotique.

aw : activité de l'eau.

Caséine k : Caséine Kappa.

CF : Coliformes Fécaux.

CSR : Clostridium sulfito-réducteurs.

CT : Coliformes Totaux.

°D : Degré Dornic.

E. Coli : Escherichia coli.

E.S.T : Extrait Sec Totale.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

H₂O₂ : L'eau oxygénée.

Kcal : kilocalories.

MET : méthionine.

MG : Matière Grasse.

MGLA : Matière Grasse Laitière Anhydre.

NaCl : Chlorure de sodium.

NaOH : hydroxyde de sodium.

PH : potentiel d'hydrogène.

PHE : phényle.

S.aureus : Staphylococcus aureus.

S/H : sel/humidité.

SFE : Bouillon au sélénite de sodium.

UFC : Unité Formant Colonie.

UI : unité internationale.

UV : Ultra-violet.

Liste des figures

Figure n°1 : Composition de la matière grasse du lait.....	8
Figure n°2 : Diagramme représentant le processus de fabrication du camembert.....	14
Figure n°3 : Un pasteurisateur.....	15
Figure n°4 : Le tranchage du caillé.....	17
Figure n°5 : Brassage du caillé.....	17
Figure n°6 : Moulage du camembert.....	17
Figure n°7 : Egouttage du caillé.....	18
Figure n°8 : L'affinage du camembert en hâloir.....	19
Figure n°9 : Le salage à sec du camembert.....	21
Figure n°10 : Le salage en saumure du camembert.....	22
Figure n°11 : Un camembert à pâte sèche.....	27
Figure n°12 : Un camembert à pâte coulante.....	28
Figure n°12 : Un gonflement précoces du camembert.....	28
Figure n°13 : Défaut du « bleu ».....	29
Figure n°14 : Défaut peau de crapaud.....	30

Liste des tableaux

Tableau n° 1 : Classification des fromages suivant le type de coagulation.....	4
Tableau n° 2 : Classification des fromages suivant le type d'égouttage.....	5
Tableau n° 3 : Classification des fromages suivant le type d'affinage.....	6
Tableau n°4 : Composition moyenne d'un fromage à pâte molle à croûte fleurie type camembert.....	9
Tableau n° 5: Composition moyenne du lait en poudre « Spray » partiellement écrémé.....	10
Tableau n°6: Résultats de l'analyse physico-chimique de la saumure.....	39
Tableau n°7 : Résultats de l'analyses physico-chimiques des caillés avant et après saumurage.....	44
Tableau n°8: Résultats de l'analyse bactériologique de la saumure.....	46
Tableau n°9: Résultats de l'analyse bactériologique des caillés avant et après saumurage....	48
Tableau n°10 : Résultat de l'analyse bactériologique du matériel.....	50
Tableau n°11 : Résultats de l'analyse bactériologique du personnel.....	50

Introduction

De tous les produits laitiers, les fromages figurent parmi les plus anciens. Ils furent longtemps la seule forme de conservation du lait. C'est un excellent aliment ; il est plus accepté que le lait et sa digestibilité est plus aisée.

Sa fabrication comporte quatre étapes essentielles :

- La coagulation qui aboutit à la formation d'un gel.
- L'égouttage au cours duquel une partie du lactosérum retenu par le gel est exsudée.
- Le salage qui apporte un goût caractéristique.
- L'affinage qui transforme le caillé et lui confère une texture plus souple et une saveur plus marquée.

De par la place importante que les fromages occupent dans les repas, les consommateurs exigent de plus en plus une meilleure qualité du fromage. C'est ainsi que l'amélioration de sa qualité exige une meilleure maîtrise de sa technologie. Cela à amener les spécialistes à s'intéresser à l'une des principales étapes de sa fabrication à savoir le salage.

Le salage fait la transition entre l'égouttage et l'affinage et consiste en l'incorporation du sel dans la pâte fromagère. Il existe en pratique différents modes de salage mais les plus employés sont les salages en saumure et les salages à sec, manuel ou mécanisé.

Le salage en saumure s'est généralisé notamment dans la fabrication des fromages à pâte molle type camembert. Cependant, l'emploi des saumures pose des problèmes assez sérieux du maintien de leur qualité car les passages successifs des fromages entraînent leurs pollutions chimiques et bactériologiques, ce qui peut être à l'origine de l'altération des fromages.

Le but de notre travail est d'étudier l'évolution physico-chimique et bactériologique de la saumure ainsi que son influence sur la qualité du camembert et de proposer des traitements de la saumure afin de prolonger sa durée d'utilisation et de minimiser la pollution de l'environnement lors de son renouvellement.

Pour étayer notre travail, nous avons sollicité une laiterie qui, au départ avait accepté de nous apporter son concours, mais il se trouve que cette dernière n'a pas admis que ses produits quittent son unité de production. Il s'agit de la fromagerie « Friand ».

Nous nous sommes rabattus sur la laiterie « le fermier » sur recommandation des enseignants du département des sciences agronomiques.

Les hypothèses de notre travail consistent à vérifier la validité des procédés utilisés par l'entreprise le Fermier. En effet, des bulletins hebdomadaires ont été établis, aussi bien, sur la saumure que sur les caillés, avant et après saumurage. La vérification doit se faire de façon scrupuleuse.

Nous avons organisé notre travail en deux parties. La première consiste en l'étude bibliographique du thème traité, la deuxième, porte les différentes analyses sur la saumure ainsi que sur les caillés sont effectuées. Nous avons aussi proposé quelques traitements de la saumure afin de prolonger sa durée d'utilisation et de minimiser la pollution de l'environnement lors de son renouvellement.

Chapitre 1 : Généralités sur les fromages

1.1. Connaissances sur les fromages

Depuis quelque décennie, le fromage est rentré dans les mœurs alimentaires d'un certain nombre de peuples qui l'ignoraient, et a pris dans les pays occidentaux une place de plus en plus importante dans la composition des repas.

Il existe entre 350 et 400 types de fromage dont certains ont acquis une renommée particulière, le camembert par exemple. Les origines du camembert ne sont pas clairement établies. Certains situent la création de ce fromage vers 1790 et l'attribuent à Marie Harel, fermière de la commune de Vimoutiers, alors que d'autres considèrent que Marie Harel a assuré seulement sa diffusion (LENOIR, 1983).

Aujourd'hui, le nom de camembert est mondialement connu et son fromage est partout apprécié. Deux découvertes ont permis l'essor de l'industrie fromagère : l'introduction, en 1890, de la boîte en bois permettant au fromage de conserver définitivement sa forme, mais aussi et surtout d'être commercialisé sans être endommagé, la deuxième concerne l'isolement en 1910, de la moisissure blanche (*Penicillium candidum*) dans les laboratoires Roger (C. L. VIGNOLA, 2002).

1.2. Définitions

a. Définition du fromage

Le fromage selon la norme codex est le produit affiné ou non, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséines ne dépasse pas celui du lait. On obtient le fromage à coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure et d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation, on peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente (MULTON *et al.*, 2013).

b. Définition du camembert

Selon VEISSEYRE (1975), le camembert est défini comme étant un fromage à caillé non divisé, d'un diamètre de 10,5 à 11cm et 3cm d'épaisseur. Il est fabriqué exclusivement avec du lait de vache emprésuré. C'est une pâte non malaxée et légèrement salée, à moisissures superficielles, renfermant moins de 40g de matière grasse pour 100g de

camembert après une dessiccation complète. Le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 110g.

1.3. Classification des fromages

La classification est basée sur différentes caractéristiques.

Tableau n° 1 : Classification des fromages suivant le type de coagulation.

	Techniques	Caractéristiques de la caillebotte
Caillé lactique	<ul style="list-style-type: none"> -Faible quantité de présure. -Température de coagulation de 18 à 28 °C. -Temps de coagulation entre 4 et 20 Heures. -pH de décaillage 4,6 à 5. 	<ul style="list-style-type: none"> -Riche en eau, pauvre en calcium. -Faible cohésion. -Durée de conservation limitée.
Caillé présure	<ul style="list-style-type: none"> -Forte quantité de présure. -Température de coagulation de 30 à 40°C. -Temps de coagulation entre 20 et 60 minutes. -pH de décaillage 6 à 6,7. 	<ul style="list-style-type: none"> -Egouttée, riche en calcium. -Elastique et souple. -Apte à l'affinage.

Source : (C. L. VIGNOLA, 2002).

Tableau n° 2 : Classification des fromages suivant le type d'égouttage.

	Techniques	Caractéristiques du fromage
Egouttage lent	<ul style="list-style-type: none"> -Mise en moule avec ou sans coupage. -Séparation de sérum par filtration, ultrafiltration ou centrifugation. 	<ul style="list-style-type: none"> -Riche en eau. -Petit format. -Conservation limitée à quelques semaines. -Texture friable ou molle.
Pâte pressée (non cuite)	<ul style="list-style-type: none"> -Décaillage, brassage du caillé. -Pré pressage. -Mise en moule. -Pressage. 	<ul style="list-style-type: none"> -Humidité intermédiaire. -Format restreint (environ 1 Kg). -Affinage en quelques mois. -Texture souple et moelleuse.
Pâte pressé cuite	<ul style="list-style-type: none"> -Décaillage. -Cuisson. -Mise en moule. -Pressage. 	<ul style="list-style-type: none"> -Extrait sec élevé. -Format imposant. -Excellente conservation, affinage de plusieurs mois (et même plusieurs années). -Texture ferme, compacte et élastique.

Source : (C. L. VIGNOLA, 2002).

Tableau n° 3 : Classification des fromages suivant le type d'affinage.

	Conditions d'affinage	Fermants spécifiques et caractéristiques du fromage
Croûte fleurie	<ul style="list-style-type: none"> - Pâte humide, pouvant être acide. -Température d'affinage entre 8 et 12°C. -Temps d'affinage de 3 à 5 semaines. -Humidité relative de la salle entre 85 et 90 %. 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Penicillium camemberti</i>. -Du vert blanc en surface. -Lipolyse et protéolyse qui débutent en surface. - Pâte devenant coulante en fin d'affinage. -Saveur de champignon, de noisette devenant ammoniacale en fin d'affinage.
Croûte lavée	<ul style="list-style-type: none"> -Humidité intermédiaire à pâte peu acide. -Température d'affinage entre 10 et 15°C. -Temps d'affinage entre 6 semaines ou plus. -Humidité relative entre 90 et 95 %. -Lavage régulier de la surface avec une solution saline. 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Brevibacterium linens</i> et <i>Geotricum</i>. -Croûte de couleur jaune paille à orange. -Protéolyse qui débute en surface. -Saveur marquée de noix, de pomme, devenant putride en fin d'affinage. -Sensible au développement de l'amertume.
Pâte persillée	<ul style="list-style-type: none"> -Humidité intermédiaire de la pâte. - pâte aérée. - Température d'affinage entre 3 et 8°C. - Temps d'affinage supérieur à 4 semaines. - Humidité du hâloir supérieure à 85%. 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Penicillium roqueforti</i>. - pâte veinée de bleu. -Protéolyse et lipolyse dans l'ensemble de la meule. -Saveur franche et prononcée de champignon, devenant piquant en fin d'affinage.
Dans la masse avec ouverture	<ul style="list-style-type: none"> - pâte ferme et élastique. - Température d'affinage entre 16 et 22°C les premières semaines ; entre 5 et 10 °C par la suite. - Temps d'affinage minimum de 8 semaines. 	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Propionibacterium</i>. -Présence d'ouverture sphérique et lisse dans la pâte. -Saveur typique de noisette, légèrement sucrée devenant plus piquante en fin d'affinage.

Source :(C. L. VIGNOLA, 2002).

1.4. Intérêt nutritionnel du fromage

Le fromage occupe une place considérable en alimentation humaine, car c'est un excellent aliment. Il est à la fois un aliment protecteur pour l'adulte et de croissance pour l'enfant par la présence du complexe phosphore, calcium et vitamine D (ALAIS, 1975).

1.4.1. Composition

a. Les protéines

La totalité de la caséine du lait se trouve dans le caillé, de sorte que les fromages représentent généralement 30 à 50% de matières azotées par rapport à la matière sèche, s'inscrivent ainsi parmi les meilleures sources alimentaires de protéines (LUQUET, 1986). Le camembert renferme un taux de protéines d'environ 20% ce qui lui confère une valeur énergétique d'environ 250 kcal/100 g.

b. Les vitamines

Les fromages perdent ou s'enrichissent en vitamines lors de l'égouttage ou de l'affinage. C'est le cas des vitamines de groupe B qui sont éliminées en grande partie lors de la synthèse, mais en compensation, les microflore bactériennes et fongiques synthétisent plusieurs vitamines du groupe B (B1 et B12) (ALAIS, 1988).

c. Les lipides

Le camembert est considéré comme un fromage gras, il doit contenir au minimum 40 g de matière grasse dans 100 g d'extrait sec. Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation, se produit, sous l'action des lipases microbiennes, une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres. La figure n°1 donne la Composition de la matière grasse du lait.

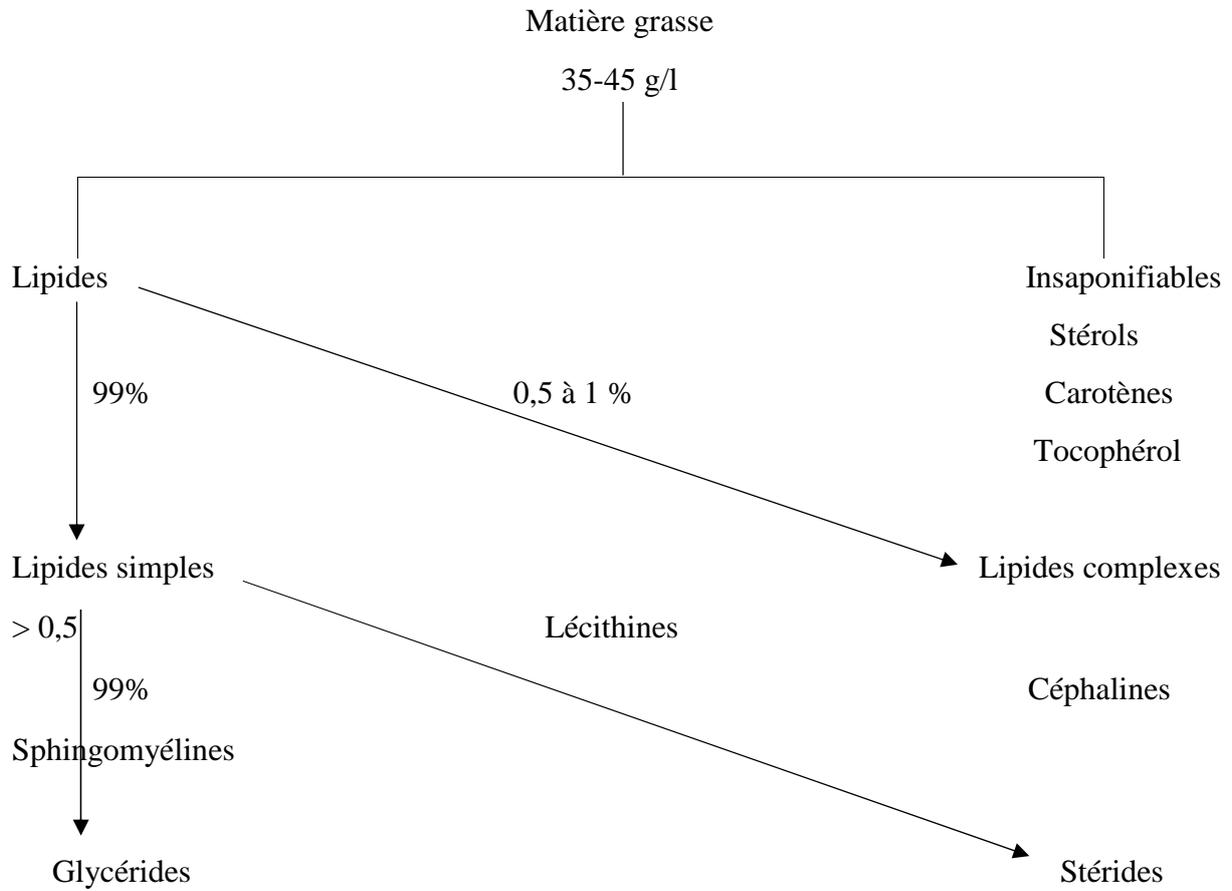


Figure n° 1 : Composition de la matière grasse du lait selon (OUALI, 2003).

Tableau n °4 : Composition moyenne d'un fromage à pâte molle à croûte fleurie type camembert (ECK, 1987).

Composition	Unité	Valeurs pour 100 g de produit fini
Eau	G	50
Energie	kcal	310
Glucides	g	4
Lipides	g	24
Protéines	g	20
Calcium	mg	400
Phosphore	mg	250
Magnésium	mg	20
Potassium	mg	150
Sodium	mg	700
Zinc	mg	5
Vitamines A	UI	1010
Thiamine	mg	0,04
Riboflavines	mg	0,75
Niacine	mg	0,80
Vitamine PP	mg	1,25
Vitamine C	mg	0

2. Matières utilisées en fromageries

Le camembert est un fromage élaboré soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé. Dans les pays où la production en lait cru est déficitaire (cas de l'Algérie où cet apport ne couvre que 40% des besoins), il fait appel au lait reconstitué constitué de

produits d'importation (poudre de lait et matière grasse laitière anhydre) auxquels sont additionnés des volumes appropriés d'eau de reconstitution (OUALI, 2003).

2.1. Lait cru

Selon le congrès de Genève de 1910, le lait est le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir le colostrum (CORNEVAUX, 2013). Le lait sans précision de l'espèce est le lait de vache.

2.2. Lait recombinaison

La recombinaison est un mélange de lait reconstitué et de MGLA en vue d'obtenir un produit dont les caractéristiques ressemblent au lait de vache (BOULARAK, 2005).

2.3. La poudre du lait

Les poudres de lait sont des produits résultants de l'enlèvement partiel de l'eau du lait. Elles sont réparties en trois groupes : la poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémé et la poudre de lait écrémé (VIGNOLA, 2002).

La poudre de lait obtenue par le procédé « Spray » est admise internationalement pour les poudres destinées à l'alimentation humaine.

Sa composition est donnée dans le tableau n°5.

Tableau n° 5: Composition moyenne du lait en poudre « Spray » partiellement écrémé (VEISSEYRE, 1975).

Eau (g)	Matières grasses (g)	Lactoses (g)	Matières azotées (g)	Matières salines (g)	Matières sèche non grasse (g)
3,5 – 4	1 – 1,5	50 – 52	34 – 37	9,5 – 10	94,5- 95,4

2.3.1. Méthodes classiques d'obtention des poudres de lait

Selon ALAIS (1988), il existe en général deux méthodes d'obtention de poudre à partir du lait collecté, préalablement pasteurisé :

- La première est réalisée sur cylindres chauffés à 140°C. Le lait ruisselle sur des cylindres tournant en sens inverse et la croûte sèche tombe grâce à un racleur.

L'une des conséquences du lent contact, lait- cylindre, est l'obtention d'un produit (poudre) d'une assez faible solubilité destiné généralement à l'alimentation du bétail.

- La deuxième appelée procédé « Spray » consiste à pulvériser le lait dans un courant d'air chaud (150 à 160°C). Le lait tombe en fines poussières à la partie basse de la chambre de séchage et la poudre obtenue dans ce cas est de meilleure qualité.

Il faut remarquer que les qualités recherchées pour caractériser une bonne poudre sont :

- un goût agréable ;
- une bonne solubilité permettant d'obtenir facilement une bonne solution ;
- une conservation de la valeur nutritionnelle ainsi que l'absence de micro-organismes pathogènes.

2.4. Matière grasse laitière anhydre (M.G.L.A)

a. Définition

La matière grasse laitière anhydre est la partie grasse du lait frais débarrassé de l'eau et de matières sèches non grasse qui l'accompagnent en proportion plus ou moins grande dans la crème ou le beurre (ECK,1987).

D'après JEANTET *et al* (2008), la MGLA doit contenir au minimum 99,8% de MG. Elle est obtenue à partir de la crème ou du beurre en éliminant l'eau et les matières sèches non grasses par décantation ou par centrifugation

b. Composition

La matière grasse laitière anhydre ne contient que 0,1% au plus d'eau et 0,1% au plus d'extrait sec non gras. Les principaux lipides rencontrés au sein de la M.G.L.A peuvent être classés comme suit :

- Les lipides simples : constituant 98,5% des lipides totaux et sont composés d'esters d'acides gras et d'alcool.
- Les lipides complexes : ce sont des phospholipides composés de lécithines, de céphalines et de sphingolipides.
- Les composés liposolubles : ces composés sont nombreux et variés :

Ils sont représentés par les stérols, les tocophérols et les vitamines liposolubles.

2.5. Eau de reconstitution

Selon LUQUET (1990), l'eau de reconstitution représente une grande proportion dans la composition du lait. Elle doit être :

- de bonne qualité bactériologique ;
- débarrassée des sels de chaux et de magnésium afin d'éviter l'entartrage des appareils et des conduites ;
- d'une pureté chimique satisfaisante et dépourvue de pesticides et de métaux.

2.6. Les ingrédients

a. Les levains lactiques

Les levains lactiques sont des cultures pures en proportion définies de différentes bactéries lactiques. En se multipliant dans le lait et dans les fromages, ces levains assurent la transformation du lactose en acide lactique et contribuent aux caractères organoleptiques des fromages (ECK, 1987).

Les espèces utilisées correspondent aux bactéries mésophiles lactiques :

- *Streptococcus lactis* et *Streptococcus cremoris*: bactérie d'acidification.
- *Streptococcus diacetylactis*: bactérie d'aromatisation.

Des bactéries thermophiles (*Streptococcus thermophilus*) sont également utilisées pour leur pouvoir protéolytique et dans l'obtention de goût plus développé (LUQUET, 1990).

b. Les levains fongiques

Les levains fongiques qui sont employés dans l'industrie laitière, sont généralement constitués par des Mycètes, que l'on désigne ordinairement et plus simplement, sous le nom de moisissures (LUQUET, 1990).

Parmi ces moisissures on distingue :

- *Penicillium camemberti*, dont le rôle essentiel au cours de l'affinage des pâtes, réside dans son aptitude à consommer l'acide lactique, et de ce fait, à désacidifier les caillés, mais, en outre, il libère des enzymes, ce qui modifie l'évolution des saveurs et des arômes des différents fromages (BOURGEOIS et LARPENT, 1989).
- *Geotrichum candidum*, jugé utile en début d'affinage, il neutralise la pâte et favorise le développement de germes caséolytiques, mais si son essor est trop exagéré, il couvre la croûte du fromage d'une couche gluante, grasseuse et peut altérer la saveur du produit fini. (BOURGEOIS et LARPENT, 1989).

c. Enzymes coagulantes (présure)

C'est une enzyme extraite de l'estomac des mammifères non sevré. Elle coagule le lait lorsque le PH atteint 6,6 et hydrolyse partiellement la caséine. (Ce qui améliore la digestibilité) (ROUDAUT et LEFRANCQ, 2005).

Chapitre 2 : La fabrication du camembert

2.1. Processus de fabrication

Les différentes étapes de la fabrication du fromage à pâte molle type camembert sont représentées sur le diagramme suivant :

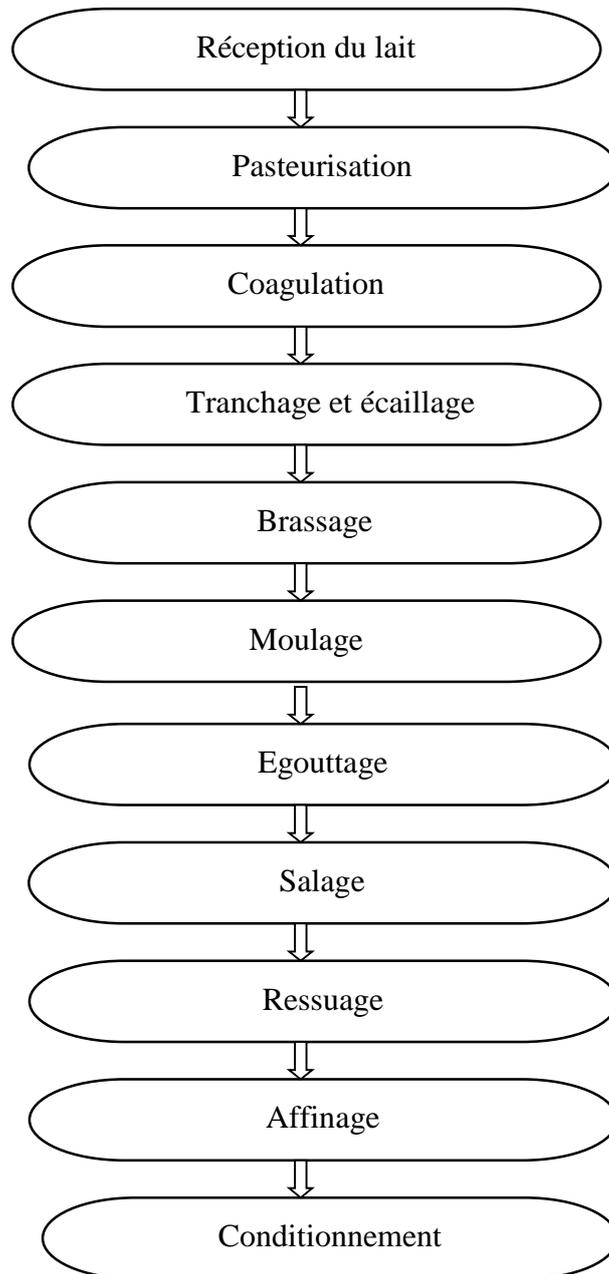


Figure n° 2 : Diagramme représentant le processus de fabrication du camembert.

2.1.1. Réception du lait

A son arrivée à l'unité de fabrication, des analyses physicochimiques portant sur l'acidité, la densité, le taux de matière grasse, ainsi que le test d'antibiotique sont effectués, ensuite le lait est stocké à une température de 4 à 5°C. Les laits qui ne répondent pas aux exigences seront refusés.

Les normes adoptées selon AFNOR sont :

- Acidité (°D) : 16°D- 18°D
- Densité : 1,030 – 1,032
- MG : 34 -36 g/l
- Antibiotique : absence

2.1.2. Pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique adéquat permettant la destruction des germes pathogènes. Dans la fabrication du camembert, la pasteurisation est une obligation, elle s'effectue à une température de 72-75°C pendant 15 à 20 secondes et suivie par une conservation du lait à 4-5 °C.



Figure n° 3 : Un pasteurisateur.

2.1.3. Coagulation du lait

La coagulation permet de transformer le lait sous forme liquide en un gel appelé caillé à la suite de la modification physico- chimiques des micelles de caséines. Ces micelles vont alors se solidifier et se souder entre elles pour former un gel compact emprisonnant le sérum (PARADAL, 2012).

a. Coagulation acide

Elle est réalisée par addition de levains lactiques qui transforment le lactose en acide lactique, provoquant un abaissement du pH du lait.

Cette baisse du pH a pour conséquence d'augmenter la solubilité des sels calciques dans l'eau ; il en résulte une migration progressive du calcium et de phosphore inorganique de la micelle vers la phase aqueuse (ALAIS, 1988). D'autre part ils influent les caractéristiques organoleptiques des fromages en libérant des systèmes enzymatiques qui participent directement ou indirectement aux principaux phénomènes de l'affinage des caillés.

b. Coagulation par présure

1. Ensemencement et maturation du lait

Le lait estensemencé par les ferments lactiques qui servent d'une part, à son acidification par la transformation du lactose en acide lactique (dans le but de favoriser l'action de la présure qui est sans effet sur un lait à pH basique), et d'autre part à la libération des systèmes enzymatiques qui participent à l'affinage du caillé (LENOIR, 1983).

2. emprésurage et coagulation

Les fromages à pâte molle sont caractérisés par une coagulation à caractère mixte, c'est à dire que les deux agents (enzyme coagulante et acide lactique) interviennent de façon équivalente. La présure est additionnée au lait ayant subi la maturation. L'action de cette dernière s'effectue en deux étapes :

-Phase enzymatique

La présure coupe la liaison PHE (105)-MET (106) de la caséine K qui se trouve alors fragmentée en deux proportions inégales :

- La partie C terminale, riche en groupements acides et hydrophiles, c'est la casino-macropéptide, qui étant soluble, passe dans la phase aqueuse.

- La partie N terminale, c'est le para caséine kappa, par la présence des groupements hydrophobes, reste associée aux autres caséines au sein des micelles.

-Phase coagulante

Elle correspond à la formation du gel par association des micelles modifiées sous l'action de la présure.

A ces deux phases, s'ajoute une troisième phase qui constitue la phase de protéolyse générale, et fait intervenir les différentes caséines du lait.

2.1.4. Tranchage et décaillage

Cette étape consiste à diviser le gel en petits cubes de 1 à 2 cm³ et en portions égales afin d'accroître la surface d'exsudation du lactosérum. L'outil utilisé lors de cette étape est la tranche – caillé (VIGNOLA, 2002).



Figure n°4 : Le tranchage du caillé.

2.1.5. Brassage

Le brassage consiste à agiter les grains de caillé dans le lactosérum. Cette opération est nécessaire pour empêcher les grains de s'agglomérer en masse, ce qui ralentirait l'évacuation du lactosérum (VIGNOLA, 2002).



Figure n°5 : Brassage du caillé.

2.1.6. Moulage

Il permet de donner la forme aux fromages et de poursuivre l'élimination du lactosérum (VIGNOLA, 2002).



Figure n°6 : Moulage du camembert.

2.1.7. Egouttage

C'est une opération qui complète la coagulation en vue d'obtenir un substrat qui sera soumis aux actions enzymatiques au cours de l'affinage. Son but est de régler la teneur en eau du caillé ainsi que sa déminéralisation et son délactosage, de telle sorte que le fromage répond à des caractéristiques technologiques réglementaires et commerciales précises.

Le mécanisme de l'égouttage se déroule en deux étapes :

- La première correspond à l'élimination de la majeure partie de lactosérum par synérèse qui se manifeste par la contraction des micelles de caséine (ECK, 1990).
- La seconde est réalisée par les opérations d'évacuation physique du lactosérum (Brassage, Tranchage et Découpage) y compris l'égouttage complémentaire lors du moulage, salage jusqu'au moment de l'affinage.



Figure n°7 : L'égouttage du caillé.

2.1.8. Salage

En technologie fromagère, il existe trois méthodes de salages, soit l'immersion du fromage dans une saumure, salage à sec en surface et à sec dans la masse (SUTHERLAND, 2002 ; GILLIS, 2004). Le salage en saumure implique que le caillé soit immergé pendant un certain temps dans la saumure, c'est-à-dire une solution saturée en NaCl.

Par exemple, l'unité de fabrication le Fermier (Tizi Ouzou) utilise une saumure à une concentration de 160-180 g/l de NaCl pendant 40 min pour le camembert type galette, 30 min pour le type 250g et 20 à 25 min pour le petit modèle.

Une étude détaillée est consacrée au salage et à ses différents aspects dans la page suivante.

2.1.9. Ressuage

Il se fait dans une chambre ventilée à 12 °c dans le but d'inhiber l'action des ferments d'acidification et d'éliminer l'excès en sel en surface du camembert.

2.1.10. Affinage

Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des constituants du caillé (MAHAUT *et al.*, 2000).

C'est la phase ultime de la fabrication des fromages qui lui permet d'acquérir sa saveur caractéristique, elle se fait dans des conditions particulières de température 14 C°, d'humidité, et d'aération et cela pendant 12 jours.



Figure n°8 : L'affinage du camembert en hâloirs.

2.1.11. Conditionnement

Il consiste à emballer les fromages dans du papier perforé cellulosique avant d'être mis dans des boîtes sur lesquelles sont inscrites : la date de fabrication, la date de péremption et la composition du produit (JEANTET *et al.*, 2008).

Selon LAMBERE (1977), les qualités exigées d'un conditionnement sont les suivantes :

- Absence de toxicité (étain, additif provenant de l'emballage).
- Protection physico-chimique.
- Stabilité du produit (éviter la migration des constituants de l'emballage dans les produits)
- Protection bactériologique (éviter l'apport de bactéries indésirables par l'emballage)

2.2. Le salage

2.2.1. Définition

Ce système de conservation des aliments est très ancien, et avant l'invention de systèmes modernes de conservation, le sel était un produit stratégique.

Le saumurage d'un aliment est un procédé consistant à plonger l'aliment dans une saumure ; un bain d'eau plus au moins salé. Le saumurage des fromages favorise la formation de la croûte, il s'effectue entre 10 et 15°C. Le contrôle de PH et de la durée de saumurage sont des paramètres importants à contrôler (Anonyme 1).

2.2.2. Le but du salage

Malgré une simplicité apparente, les finalités de salage sont multiples et importantes :

1. Le sel apporte son goût caractéristique qui est une des saveurs de base. Il a la propriété d'exhaler ou de masquer la saveur de certains composants apparaissant au cours de l'affinage donc de développer la saveur du fromage.
2. Le salage abaisse l'activité de l'eau (a_w) du fromage, ceci en apportant un sel dépressur de cette a_w . Cette abaissement se fait de manière à rendre le substrat sélectif principalement vis-à-vis de la croissance des micro-organismes. En raison d'une répartition souvent inégale du sel, soit temporaire soit définitive, l'effet sélectif est plus marqué au niveau de la croûte du fromage que dans la masse. De ce fait, il sera possible, pour les fromages les plus secs d'inhiber presque totalement toutes croissances microbiennes et pour les fromages les plus humides de sélectionner et de maîtriser cette croissance. Il agit également sur l'activité de certaines enzymes (lipase et protéases) et donc sur la phase d'affinage (GELAIS *et al.*, 2002).
3. Le salage complète l'égouttage en favorisant le drainage de la phase aqueuse libre du caillé et contribue à la formation de la croûte (GELAIS *et al.*, 2002).

2.2.3. Mode de salage

L'action du sel en fromagerie peut être étudiée selon le ratio sel/humidité (S/H) puisque ces deux paramètres sont intrinsèquement liés. Ce ratio représente la concentration en sel dans le fromage par rapport à sa teneur en eau. Le ratio S/H d'un camembert varie généralement entre 2,7 et 4,8 (SUTHERLAND, 2002 ; GUINEE et FOX, 2004 ; GILLIS, 2004).

En technologie fromagère, il existe trois méthodes de salage, soit l'immersion du fromage dans une saumure, le salage à sec en surface et à sec dans la masse. Quelle que soit celle utilisée, le processus se déroule toujours en deux phases ; d'abord, l'absorption du sel en surface et ensuite, sa diffusion progressive vers le centre du fromage (SUTHERLAND, 2002 ; GILLIS, 2004).

2.2.3.1. Le salage à sec

Il consiste à appliquer du sel sec à la surface du fromage encore humide, pour cela, on effectue un saupoudrage à la main ou à l'aide d'une passoire ou d'une machine.

Le salage à sec mécanisé était en baisse il y a quelque année mais d'après ALAIS (1988), il s'étend à nouveau en raison surtout du perfectionnement des machines-tunnels à projection de sel fluidifié en « fumées ».

La diffusion du sel n'intervient qu'après la dissolution des cristaux dans l'eau du fromage ; il se forme alors un film de saumure (RAMET, 1984).



Figure n°9 : Le salage à sec du camembert.

2.2.3.2. Le salage en saumure

En général, c'est la technique la plus utilisée dans les industries laitières. Le camembert est traditionnellement salé par saumurage (LECLERCQ- PERLAT *et al.*, 2004).

Cette technique implique que le caillé soit immergé pendant un certain temps dans la saumure, c'est-à-dire une solution saturée en NaCl.

Par exemple, (LECLERCQ-PERLAT *et al.*, 2004) utilisent une saumure saturée à 33% pendant 25 minutes, bien que la durée du saumurage puisse aller jusqu'à 90 minutes dans certains cas (GILLIS, 2004).

La différence de concentration en NaCl entre la saumure et la phase aqueuse du fromage induit la diffusion de ce dernier dans la matrice fromagère et conséquemment, l'expulsion de la phase aqueuse. La concentration en NaCl, la température de la saumure, la durée du saumurage, la forme et la composition du fromage sont des paramètres clés à contrôler lors du saumurage (GILLIS, 2004).



Figure n°10 : Le salage en saumure du camembert.

2.2.4. Préparation de la saumure

Le bain de saumure est constitué d'eau ainsi que de chlorure de sodium à saturation. Ces composants doivent être de bonne qualité chimique. Il faut tenir compte de la densité de la saumure ainsi que son pH.

L'eau : selon RAMET (1984), l'eau utilisée pour le bain de saumure ne doit pas avoir une dureté élevée afin de prévenir la formation de sels de calcium générateurs de boue neutralisante. De plus, elle doit être de bonnes qualités microbiologiques pour éviter toutes contaminations. L'utilisation d'une eau potable, ou préalablement vérifiée et pasteurisée, est souhaitable.

Le sel : il doit être exempt de matière insoluble génératrice de boue, les sels raffinés sont donc à employer préférentiellement aux sels bruts.

La quantité de sel à dissoudre dans l'eau correspond à la concentration saturante soit 317,8 g par litre de saumure à 20°C (ECK, 1987). Au-delà de cette limite, un apport supplémentaire se traduit par une décantation.

La densité : la mesure de la densité permet d'évaluer rapidement la teneur en sel de la saumure (LACRAMPE, 1971). A saturation à 20°C, la densité de la saumure est de 1204 (ECK, 1987).

La mesure de la densité peut se faire à l'aide d'un aéromètre spécial type densimètre. On peut également la mesurer par des moyens plus empiriques, c'est ainsi qu'à saturation, les fromages flottants à la surface de bain de saumure sont parfois utilisés pour le contrôle de la densité.

La mesure de la densité n'est intéressante que dans une saumure neuve car en cours d'utilisation, cette dernière se charge en substance soluble contenue dans le lactosérum d'où

un accroissement de la densité de bain de sel. Donc seul le dosage spécifique de chlorure de sodium permet alors de connaître la concentration du sel.

Le pH : il doit être ajusté dans les zones acides et correspondre au pH de fin d'égouttage du fromage. Il doit avoir une valeur comprise entre 4,5 et 5,2 selon le type de fromages. Lorsque le pH est voisin de la neutralité (pH=7) il y a désacidification superficielle du fromage d'où une disparition de la protection acide de substrat favorisant la prolifération de micro-organismes indésirable en cours d'affinage (RAMET ,1984).

A l'inverse, un pH trop acide décalcifie la croûte du fromage et la rend humide d'où une activité de l'eau propice au développement de la microflore nuisible.

2.2.5. Facteurs influençant la prise de sel pendant le saumurage

Plusieurs facteurs peuvent favoriser ou diminuer l'échange entre la saumure et le fromage. Etant donné que la teneur en sel du fromage est une constante, la modification d'un ou de plusieurs facteurs aura une incidence sur la durée de saumurage. C'est ainsi que tout effet favorisant sera accompagné d'une réduction de la durée de saumurage et à l'inverse tout effet inhibiteur sera suivi d'une prolongation de la durée de saumurage.

2.2.5.1. Facteurs liés à la saumure

Parmi les facteurs liés à la saumure, l'augmentation de la température et l'agitation accentuent l'échange alors que la baisse de la concentration de la saumure le réduit.

- **La température :** une élévation de la température de la saumure accélère le phénomène de diffusion et accroît la prise de sel par le fromage tandis que le refroidissement a un effet contraire. Par ailleurs l'accroissement de la température a une incidence négative sur la forme et la texture du fromage.
- **L'agitation :** elle favorise l'établissement d'un gradient de concentration plus grand entre le bain et le fromage. Le saumurage dynamique permet un gain de temps d'environ 30% par rapport à celui d'un saumurage statique et favorise ainsi l'homogénéité de la répartition du sel (HARDY, 1976).
- **La concentration de la saumure :** pour optimiser l'échange il est nécessaire de maintenir la saturation dans la saumure car la prise de sel par le fromage est ralentie par la baisse de la teneur en sel de la saumure.

2.2.5.2. Facteur lié au fromage

Parmi les facteurs liés au fromage on peut citer l'humidité, la surface spécifique du fromage ainsi que sa matière grasse. Leur variation influence la prise de sel pendant le saumurage.

- L'augmentation de l'humidité est le facteur qui favorise le plus la prise de sel car elle constitue le support de la diffusion (RAMET, 1984).
- Lorsque l'égouttage a été insuffisant, il est nécessaire de réduire la durée de saumurage ; celle-ci doit être prolongée quand la teneur en matière sèche augmente.
- La surface spécifique du fromage est définie par le rapport surface/volume est aussi un facteur important. Un fromage sphérique dont la surface spécifique est grande devra être saumuré beaucoup plus longtemps qu'un fromage de petit diamètre.
- L'augmentation de la teneur en matière grasse du fromage ralentit la pénétration du sel. Ainsi qu'un fromage gras fait à partir d'un lait entier se sale plus longuement qu'un produit de même teneur en eau obtenu à partir d'un lait standardisé ou d'un lait écrémé.

2.2.6. Mécanisme de diffusion du sel et la cinétique de son absorption

Lorsqu'un fromage est plongé dans une solution concentrée ou saturée en chlorure de sodium, la différence de concentration entre la phase aqueuse du fromage et celle de la saumure provoque une diffusion de sel dans la pâte et la migration inverse de la phase aqueuse vers la saumure (ECK, 1987). L'échange observé obéit aux générales de la diffusion et tend à l'infini vers un équilibre des concentrations entre les deux milieux (RAMET, 1984).

❖ Cas de salage en saumure

Pour exprimer la prise de sel lors du salage en saumure, (ECK, 1987) a donné une relation simplifiée mais donnant une bonne approximation de la prise de sel **S** par un fromage placé en saumure. Cette relation est la suivante :

$$S = 2C \cdot A/V(D.t)^{1/2}$$

D'où :

- **S** : Prise de sel, exprimée en g de sel pour 100g d'eau de fromage.
- **C** : Concentration de la saumure (g de sel pour 100g d'eau).
- **A** : Surface du fromage (cm²).
- **V** : Volume du fromage (cm³).

- **t** : Durée de saumurage (en heures ou en jours).
- **k** : Constante = 3,14.
- **D** : Coefficient de diffusion ou diffusivité du sel (cm^2/h ou cm^2/j), caractéristique de la pâte (environ $0,20 \text{ cm}^2/\text{j}$ pour le camembert).

Il est utile de préciser que l'application de cette relation nécessite que :

- La température de bain soit constante.
- La saumure soit correctement agitée pour éviter la formation d'une couche diluée autour des fromages.
- Le volume de la saumure soit suffisamment grand par rapport au volume du fromage pour que la variation de C liée à l'absorption du sel soit négligeable.

Selon GEURTS et al (1974), la teneur en eau, la température ainsi que la structure du fromage influencent positivement le coefficient D. Dans le cas du camembert dont la structure est légèrement stratifiée horizontalement, le coefficient de diffusion radiale est plus élevé que le coefficient de diffusion axiale.

Une modification dans l'importance de l'agitation aura pour conséquence une variation apparente du coefficient de diffusion qui se traduira par un réel changement de la prise de sel (ECK, 1987).

2.2.7. Vieillissement de la saumure

L'emploi des saumures pose des problèmes de maintien de leur qualité pendant une durée que l'on souhaite la plus longue possible (ALAIS, 1988).

Une saumure est composée au départ essentiellement d'eau, de sel et quelque impureté chimique et microbienne. Dès qu'on commence à immerger les fromages elle devient progressivement un mélange de sel et de lactosérum : on dit qu'elle vieillit.

Au cours des utilisations répétées, la saumure se charge en matière minérale composée essentiellement de phosphate de calcium, sulfate de calcium et de carbonate de calcium ainsi qu'en matières organiques représentées par des matières protéiques et bactériennes.

2.2.7.1. Vieillissement chimique

La composition chimique de la saumure n'est pas constante au cours de son utilisation. D'une part, sa teneur en sel diminue et d'autre part, elle s'enrichit en protéines soluble ; particules de certains sels minéraux, lactose, acide lactique, etc...

La composition chimique d'une saumure industrielle varie en fonction de la durée d'utilisation. L'acidité évolue dans le même sens que le drainage du sérum alors que le PH se stabilise au bout des quelques jours au PH de fin d'égouttage des fromages.

L'importance et la rapidité du vieillissement chimique croissent principalement avec la charge des fromages mais également avec son humidité (RAMET, 1984).

2.2.7.2. Vieillessement microbiologique

Au cours de son utilisation, la saumure se charge en bactéries dont la nature diffère d'une saumure jeune à une saumure âgée.

- a. **Saumure jeune** : Dans une saumure jeune malgré une teneur élevée en sel, les bactéries persistent et se développent. La flore normale fortement halophile ou halotolérante est représentée par les genres *Bacillus* et *Micrococcus* ainsi que par des levures et moisissures (ALAIS, 1988).

Cette flore peut être accompagnée par une flore de contamination composée de streptocoques fécaux et de coliformes.

L'eau servant à la préparation de la saumure, le sel utilisé ainsi que le personnel et le matériel sont les causes de contamination des saumures jeunes.

- b. **Saumure âgée** : dans les saumures âgées, la flore normale est constituée de bactéries lactiques (80 à 90% de la mésophile aérobie) ainsi que de microcoques et de bacilles (1,5 à 10%) cependant le taux de destruction des bactéries lactiques est élevé (ALAIS, 1988).

(VIARD et DEVEAU, 1972) ont signalé qu'au cours du saumurage du fromage type camembert il se produit une augmentation en microcoques pigmentés et surtout non pigmentés, en coliformes (*E. COLI*) et en moisissures (*Aspergillus*, *Penicillium*) et en levures (*Saccharomyces* et *Torula*). Cette flore est obligatoirement cédée par les fromages qui, dans de bonnes conditions de fabrication n'apportent que des germes banaux.

2.3. Défauts et accidents de fabrication en fromagerie

Du fait de la diversité et de la complexité des technologies fromagères, la fabrication du fromage est exposée à des risques d'accidents se traduisant par des défauts dans le produit fini.

Les différents défauts rencontrés peuvent être classés en deux catégories :

2.3.1. Les défauts de coagulation et d'égouttage.

2.3.2. Les défauts d'affinage (MAHAUT *et al.*., 2000).

2.3.1. Défaut de coagulation et d'égouttage

Le développement des bactéries lactiques a un rôle primordial en fromagerie du fait de leurs propriétés acidifiantes et protéolytiques dans le processus de transformation du lait en fromage. Elles agissent aussi comme agent de coagulation, d'égouttage et d'ajustement du degré de minéralisation du caillé. Toute perturbation, même minime, dans le développement de cette flore aura des conséquences importantes sur la qualité du produit obtenu.

L'aptitude du lait à permettre le développement des bactéries est en fonction à la fois de l'origine du lait et de l'espèce bactérienne. Il existe différents facteurs susceptibles d'inhiber ou de stimuler la croissance des bactéries lactiques (MAHAUT *et al.*, 2000).

2.3.2. Les défauts d'affinage

Certains défauts rencontrés au cours de l'affinage ont des origines variées (microbienne, enzymatique, chimique, mécanique) et les conséquences peuvent être particulièrement graves sur la qualité du produit fini.

- A. Défauts de texture et de gonflement.
- B. Défauts d'aspect (croûtage et moisissures indésirables).
- C. Défauts de saveur et d'arômes (MAHAUT *et al.*, 2000).

A. Défauts de texture et de gonflement

1. Pâte sèche

On parle de pâte sèche lorsque le cœur du fromage reste blanchâtre, ferme et acide. La formation d'une pâte sèche est attribuée à un égouttage trop prononcé. Ce défaut est fréquent quand les ferments lactiques provoquent une acidification rapide, entraînant une synérèse trop accentuée (MAHAUT *et al.*, 2000).



Figure n°11 : Un camembert à pâte sèche.

2. Pâte coulante

Le fromage à pâte coulante est le résultat d'un égouttage insuffisant. Le fromage présente un excès d'humidité qui favorise le développement de la flore protéolytique d'où coulure du fromage (VIGNOLA, 2002).



Figure n°12 : Un camembert à pâte coulante.

3. Les gonflements précoces

Ils se produisent rapidement (dans les 24- 48h) après le début de la fabrication et restent le plus souvent limités dans le temps. Ils se traduisent par l'apparition de trous généralement en nombre important et souvent petits au sein de la pâte. Ces accidents sont presque toujours dus à la multiplication dans les fromages de microorganismes fermentant le lactose en donnant des gaz : levures, diverses bactéries lactiques hétéro fermentaires, et le plus souvent bactéries coliformes venant du lait (BERGERE et LENOIR, 2006).



Figure n° 13 : Gonflement précoces d'un camembert.

4. Les gonflements tardifs ou gonflement butyriques

C'est le résultat d'une fermentation butyrique provoquée principalement par la présence de *Clostridium tyrobutyricum* dans le lait. C'est une bactérie anaérobie dont les spores sont thermorésistantes, que l'on rencontre dans les ensilages mal conduits, dans le sol, l'eau, etc. L'apparition du défaut se manifeste à partir d'un nombre relativement bas de spores et dépend des caractéristiques de la pâte, activité de l'eau, température, teneur en sel, teneur en acide

lactique, propriétés physiques de la pâte et présence d'autres bactéries pouvant stimuler ou inhiber les germes butyriques (MAHAUT et al., 2000).

B. Défauts d'aspect

1. Le poil de chat (taches noires)

La présence des moisissures du genre *Mucor* en surface est appelée couramment poil de chat. La surface normalement blanche et duveteuse est envahie par des taches noires et peu appétissantes. La source, de cette moisissure contaminante, provient généralement de l'air et l'hygiène. Ce développement est propice dans les fromages trop humides ou pas assez salés (VIGNOLA, 2002).

2. Les accidents du « bleu »

Plusieurs espèces de *Penicillium* peuvent être responsables de ces accidents, d'où les variations de précocité, de durée, de gravité et d'aspect observés. Ces accidents se manifestent par l'apparition de taches bleu-verdâtre plus ou moins grandes, voire d'un envahissement total de la surface (BERGERE et LENOIR, 2006).



Figure n°14 : Défaut du « bleu ».

3. La peau de crapaud

Le microorganisme responsable, *Geotricum candidum*, occupe une place à part comme agent d'altération, ce n'est que lorsque son développement devient trop important que ce dernier cause alors un véritable défaut chez les fromages à pâtes molles. Le caillé se recouvre alors très rapidement d'une peau grasse, qui empêche le *Penicillium camemberti* de s'implanter correctement. Le défaut est favorisé par le manque d'hygiène au niveau du matériel, surtout des défauts d'égouttage et salage des fromages (BERGERE et LENOIR, 2006).



Figure n°15 : Défaut peau de crapaud.

C- Défauts de saveur et d'arome

1. L'amertume

Ce défaut de saveur provient de deux causes principales :

- Une dose de présure ou de chlorures de calcium excessive (VIGNOLA, 2002).
- Les caséines (notamment la caséine fortement hydrophobe) sont à l'origine de la formation de peptides amers sous l'action de la présure résiduelle, de la plasmine, des pénicillines, des germes psychrotrophes de certains levains qui acidifient la caséine (JEANTET *et al.*, 2008).

2. Le goût de rance

Il apparaît lorsqu'il y a lipolyse excessive qui donne naissance à une quantité élevée d'acides gras libres à chaîne courte et moyenne. Les agents responsables sont certains penicillium, les bactéries psychrotrophes, les lipases naturelles ou d'origine microbienne (germes contaminants, thermorésistants, levains, etc.) (JEANTET *et al.*, 2008).

Matériels et méthodes

1. Présentation de l'entreprise

EUURL STLD (Fermier) est un complexe laitier situé sur la Rue des Frères Beggaz, Nouvelle ville Tizi Ouzou, bâtie sur une superficie de 3000 m².

Elle fut créé le 16/04/2004 et a comme produit :

- Fromage à pâte molle à base de lait de vache.
- Fromage à pâte molle à base de lait de chèvre.
- Fromage à pâte pressée.
- L'ben.
- Lait pasteurisé conditionné entier.
- Lait pasteurisé conditionné à 0% MG.

L'entreprise emploie environ 99 personnes et ses produits sont distribués à travers le territoire national.

Les circuits de collecte du lait de vache sont localisés dans les différentes régions de la Wilaya de Tizi Ouzo (Freha, Bouzgène, Makouda, Boumerdès).

2. Matériel et méthode

2.1. But et intérêt du travail

Notre étude a été réalisée à l'unité de fabrication FERMIER et s'est fixé les objectifs suivants :

- Suivi de l'évolution physico-chimique et bactériologique de la saumure durant la période de son utilisation.
- Etude de l'influence de la saumure sur le camembert du point de vue bactériologique et physico-chimique.
- Proposer divers traitements de la saumure afin de prolonger sa durée d'utilisation et minimiser la pollution de l'environnement lors de son renouvellement.

L'étude a été effectuée sur une période d'un mois où des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées sur la saumure, ainsi que sur le camembert avant et après saumurage.

2.2. Echantillonnage

L'échantillonnage s'est étalé sur une période de trois semaines.

2.2.1. La saumure

Les prélèvements de la saumure ont été effectués après trempage des caillés. Ils sont réalisés selon le calendrier suivant :

P₀ : jour du renouvellement de la saumure.

P₁ : 1^{er} jour de prélèvement.

P₂ : 2^{eme} jour de prélèvement.

P₃ : 3^{eme} jour de prélèvement.

P₄ : 4^{eme} jour de prélèvement.

P₅ : 5^{eme} jour de prélèvement.

2.2.2. Le caillé

Les échantillons ont été prélevés avant et après saumurage.

2.3. Matériel

2.3.1. Matériel utilisé pour le contrôle physico-chimique

Le contrôle physico-chimique a porté sur le lait, la saumure, les caillés, avant et après saumurage.

2.3.1.1. Le lait

Des analyses physico-chimiques sont effectuées sur le lait lors de chaque réception. Les échantillons sont prélevés dans des flacons propres au niveau des citernes iso thermiques de livraison.

2.3.1.2. La saumure

Après l'élimination des particules des caillés à l'aide d'un store, on prélève 1 L au niveau de la cuve de saumurage et on l'a transfère au laboratoire.

2.3.1.3. Les caillés

Au démoulage, les caillés sont récupérés avant et après saumurage et emballés dans du papier perforé puis transférés au laboratoire où ils seront pesés puis broyés avant les analyses.

2.3.2. Matériel pour le contrôle bactériologique

Les échantillons destinés à l'analyse bactériologique sont prélevés dans des conditions aseptiques pour qu'aucune contamination extérieure ne vienne fausser la composition de la flore microbienne à étudier. Le matériel utilisé pour les différents prélèvements est préalablement nettoyé puis stérilisé à l'étuve. Les analyses ont porté sur :

- La saumure
- Les caillés avant et après saumurage
- Le matériel
- Le personnel

2.3.2.1. La saumure

Le prélèvement s'effectue à partir du bac de saumurage dans des flacons stériles et dans des conditions aseptiques. Au laboratoire, on procède aux dilutions avant d'effectuer les différentes analyses.

2.3.2.2. Les caillés

Après avoir récupéré les caillés avant et après saumurage, on les emballe dans du papier perforé en respectant les règles d'hygiène. Au laboratoire, à l'aide d'une spatule stérilisée on fait un prélèvement à l'intérieur du caillé puis on procède aux dilutions.

2.3.2.3. Le matériel

Le contrôle du matériel comprend les moules, les plateaux, les stores, les chariots, les basculaires...IL est réalisé à l'aide des écouvillons de coton stérile et humide. Les écouvillons sont ensuite transférés dans un volume déterminé d'un milieu de culture selon le germe recherché.

2.3.2.4. Le personnel

Les empreintes du personnel sont directement prélevées sur les boîtes de pétri contenant des milieux de cultures.

2.4. Méthodes d'analyses

2.4.1. Pour le control physico-chimique

L'objectif du contrôle physico-chimique est d'assurer au produit finis sa fiabilité et sa consistance afin de garantir ses caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles. Les paramètres physico-chimiques à contrôler étant nombreux, nous nous sommes limités à la détermination de :

- L'acidité
- La densité
- Le pH
- Le taux de la matière grasse
- Le test d'antibiotique dans le lait
- L'extrait sec total et l'humidité

2.4.1.1. Détermination de l'acidité (JAOUVEN, 1977).

L'acidité exprime le nombre de gramme d'acide lactique présent dans un litre de lait, son principe est basé sur le titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium (NaOH), jusqu'à l'apparition du virage rose en présence de la phénolphthaléine comme indicateur. Un lait frais à une acidité de titration de 16 à 18°Dornic (AFNOR).

➤ **Mode opératoire**

Placer la solution de NaOH dans la burette et ajuster à 0 puis, dans un bécher contenant 10 ml de lait on ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine à 1%, le tout est titré par une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant.

La valeur de l'acidité en Dornic est calculée selon la formule suivante :

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

2.4.1.2. Détermination de la densité

La densité du lait est définie comme étant le poids en kilogramme d'un litre de lait à 15°C. Elle est mesurée par un hydromètre spécial appelé lactodensimètre. Le lactodensimètre donne une valeur exacte à la température de 15°C, si la température du lait est inférieure ou supérieure, il est nécessaire d'effectuer une correction :

$$\text{Si } T^{\circ} \text{ Lait} < 15^{\circ}C : \text{densité} = \text{valeur lue} - 0.2 (15 - T^{\circ} \text{Lait})$$

$$\text{Si } T^{\circ} \text{ Lait} > 15^{\circ}C : \text{densité} = \text{valeur lue} + 0.2 (15 - T^{\circ} \text{Lait}).$$

➤ **Mode opératoire**

L'échantillon est versé dans l'éprouvette de 250 ml, tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou des bulles d'air. Le thermo-lactodensimètre est prolongé verticalement dans l'éprouvette. Après la stabilisation, on lit la valeur de densité sur l'échelle à la surface de l'échantillon.

2.4.1.3. Détermination du pH

Le pH renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait de vache frais à un pH de l'ordre de 6,7. Il est déterminé par immersion des électrodes du pH-mètre, préalablement étalonné avec une solution tampon dans le lait ou dans la pâte fromagère. La valeur du pH est lue directement sur le pH-mètre (l'analyse se fait à une température de 20°C).

➤ Mode opératoire

Le pH est déterminé par immersion des électrodes de pH-mètre, préalablement étalonnée avec une solution tampon (pH : 4 et pH : 7), délicatement dans le lait, la saumure ou directement dans la pâte fromagère. La valeur du pH est lue directement sur le pH-mètre (l'analyse se fait à une température de 20°C).

2.4.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse (AFNOR, 1980).

Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution de la matière grasse à doser par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso amylique, la matière grasse se sépare en couches claires dont les graduations du butyromètre révèlent le taux.

➤ Cas du lait

Dans le butyromètre, on introduit 10 ml de H₂SO₄, 11 ml de l'échantillon et 1 à 2 ml d'alcool iso amylique. Le tout est mélangé par des retournements successifs jusqu'à ce que le contenu soit complètement homogène, les protéines soient entièrement dissoutes, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de particules blanchâtres. La solution est centrifugée pendant 5 min.

➤ Cas du fromage

Nous pesons 3g de fromage et nous l'introduisons dans le butyromètre, puis nous ajoutons 10 ml d'acide sulfurique et nous chauffons le contenu jusqu'à la dissolution.

Après, nous additionnons 1 ml d'alcool iso amylique et nous mélangeons le tout par des retournements successifs, ensuite nous mettons ce butyromètre dans la centrifuge pendant 5min.

La valeur de la teneur en matière grasse est lue directement sur l'échelle du butyromètre.

2.4.1.5. Test d'antibiotique

Il se fait à l'intérieur d'un incubateur contenant un flacon à réactif et une tige, l'interprétation se fait visuellement.

➤ **Mode opératoire**

A l'intérieur d'un incubateur régler à 47,5°C, on met un flacon à réactif contenant 0,1 à 0,2ml de lait, puis incuber pendant 3min avant de plonger la tige dans ce dernier ensuite incuber à nouveau pendant 2min, l'interprétation se fait visuellement.

2.4.1.6. L'extrait sec total et l'humidité

L'extrait sec total est la fraction massique restante obtenue par une dessiccation complète de l'échantillon. La dessiccation permet l'évaporation totale de l'eau contenue dans l'échantillon. La lecture se fait directement après affichage de la valeur sur l'écran de l'appareil, elle est exprimée en pourcentage.

➤ **Mode opératoire**

A l'intérieur d'un dessiccateur à infrarouge possédant une balance de précision intégrée, on place dans une capsule préalablement séchée et tarée 3 g de lait (ou saumure) ou 5 g de fromage. On étale la prise d'essai au maximum pour accélérer la dessiccation. Le résultat est obtenu à 120°C pendant 20min, la valeur de l'extrait sec en pourcentage (%) est lue directement sur l'afficheur de l'appareil.

2.4.2. Pour le contrôle bactériologique

Pour réaliser les analyses bactériologiques nous nous sommes basés sur les techniques et recommandations décrites par (GALZY, 1980), nous avons effectué ces analyses dans des conditions aseptiques afin d'éviter les éventuelles contaminations susceptibles de fausser les résultats.

Les analyses bactériologiques effectuées ont porté sur :

- Les coliformes totaux
- Les coliformes fécaux
- Les staphylocoques à coagulation positive/ml
- Les salmonelles/25 ml
- Les clostridium Sulfito-réducteurs à 46 °C/ml

Pour faire ces analyses, nous avons procédé à des dilutions différentes selon l'échantillon à étudier.

2.5. Techniques de dilution

2.5.1. Diluant utilisé

Les diluants utilisés sont l'eau distillée dans le cas de l'analyse de la saumure et l'eau physiologique dans le cas de l'analyse des caillés avant et après saumurage. Nous avons

utilisé ces diluants aussi bien pour la préparation des solutions mères que pour la dilution décimale. Ces diluants doivent assurer la survie de tous les micro-organismes sans pour autant favoriser leur multiplication.

2.5.2. Dilution de produit à analyser

Pour l'analyse de la saumure, on prélève 1ml de saumure qu'on introduit à l'aide d'une pèpète stérile dans un tube contenant 9 ml d'eau distillés, on obtient ainsi une dilution à 10^1 . Après agitation, on prélève à l'aide d'une nouvelle pipette stérile 1ml de la dilution 10^{-1} qu'on introduit dans un autre tube contenant 9 ml d'eau distillée et on obtient ainsi la dilution 10^{-2} . On procède ainsi par dilutions successives jusqu'à la dilution 10^{-5} . On ensemence par la suite les différents milieux de culture.

Pour ce qui est de l'analyse des caillés, on prélève d'abord aseptiquement 1 g de produit qu'on introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique puis on homogénéise, à partir de la dilution 10^{-2} obtenue on procède comme pour la saumure à des dilutions successives pour ensemencement des milieux de cultures.

2.6. Recherche et dénombrement des germes

2.6.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT).

Ce sont des entérobactéries, à Gram négatif, aérobies facultatives, capables de fermenter le lactose avec production de gaz après 24 - 48 h d'incubation à 30 ou 37°C. Ce sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux, de ce fait leur présence dans les aliments traduit une contamination fécale par manque d'hygiène. Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose avec des sels biliaires comme agent sélectif. Pour les ensemencements en milieu solide, la lecture s'effectue directement sur les boîtes de pétri. En effet, les coliformes apparaissent sous forme ovale et d'une couleur rouge.

➤ Technique

Après avoir codifié les boîtes de pétri ou tubes à essai, nous introduisons 1 ml de chaque dilution décimale à l'aide d'une pipette pasteur ensuite, nous complétons avec 10 à 15 ml de la gélose VRBL fondue puis refroidir à 45°C, les boîtes sont homogénéisées par des mouvements circulaires pour bien mélanger la gélose et l'inoculum. Puis nous les incubons dans une étuve à 30°C pendant 24 à 48 h.

➤ Dénombrement

Pour les ensemencements en milieu solide, la lecture s'effectue directement sur les boîtes de pétri. En effet, les coliformes apparaissent sous formes ovale et d'une couleur rouge.

2.6.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

Ces germes ont les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux, on les distingue par leur température de prolifération qui est de 44° C. Seuls les coliformes fécaux sont capables de dégrader le lactose et produire l'indole à 44°C. Les coliformes fécaux sont sous forme de colonies colorées (rouge foncé fluorescent), le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

➤ **Technique**

Après la préparation des dilutions décimales, on porte 1 ml d'échantillon de tube 10⁻¹ dans des boîtes de pétri stériles, puis nous ajoutons 20 ml de la gélose VRBL et on fait des mouvements circulaires pour bien mélanger le milieu avec l'inoculum. On laisse les boîtes se solidifier sur la paille, après on les incube à une température de 44 °C pendant 48 h.

➤ **Dénombrement**

Les coliformes fécaux sont sous forme de colonies colorées (rouge foncé fluorescent), le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution.

2.6.3. Recherche des staphylocoques à coagulation positive

Ils sont principalement représentés par *Staphylococcus aureus*, appartiennent à la famille des Micrococcaceae. Ce sont des cocci Gram+, non sporulés, aéroanaérobies facultatifs, halophiles et ayant une température de croissance allant de 12 à 45°C, avec un optimum de 37°C (JRIDI, 2007). L'origine principale de cette contamination est l'excrétion de *S. aureus* par des animaux laitiers atteints de mammites (TORMO, 2010).

L'ingestion de toxine produite par *S.aureus* provoque des troubles gastro-intestinaux causant une déshydratation qui peut être grave chez des sujets à risques (HERMIER et al., 1992).

➤ **Technique**

Transférer, à l'aide d'une pipette stérile, 0,1 ml de la suspension mère à la surface d'une gélose BP. Étaler soigneusement l'inoculum, incuber à 37°C pendant 48 heures.

➤ **Lecture**

Prendre en considération les colonies noires, brillantes, voûtées, de 1 à 4 mm de diamètre, avec une bordure blanche mince et entourées d'un halo clair de 2 à 5 mm de large.

2.6.4. Recherches des salmonelles

Les salmonelles sont des bactéries pathogènes, Gram(-), anaérobies facultatives, appartiennent à la famille des entérobactéries. La recherche de ce germe s'effectue en trois étapes :

- Pré enrichissement pour la revivification des germes.
- Enrichissement sur bouillon au sélénite de sodium (SFE).
- Isolement sélectif sur milieu HEKTOENE.

Les salmonelles se présentent sous forme de colonies incolores, les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml de l'échantillon, en tenant compte de facteur de dilution.

➤ Technique

-Pré-enrichissement : on incube la suspension mère à 37°C pendant 24h pour la revivification des germes.

-Enrichissement : introduire aseptiquement 10 ml de la suspension mère dans 150 ml du milieu SFE (bouillon au sélénite de sodium), on incube à 37°C pendant 48h.

-Isolement : s'il y a virage de la couleur jaune au orange, on introduit aseptiquement 02 gouttes dans le milieu HEKTOENE préalablement coulé dans des boîtes de pétrie puis refroidir en faisant des stries puis on incube à 37°C pendant 48h. Les colonies vont apparaître de couleur verte à centre gris.

2.6.5. Recherche des clostridium sulfito-réducteurs

Les clostridium appartiennent à la famille des BACILLACEAE, à Gram positif, anaérobies strictes, catalase négatif, gazogènes, sporulés et ont le pouvoir de réduire le sulfite en sulfure. Ce sont des hôtes de l'intestin de l'homme et de certains animaux, mais également d'origine tellurique. Leurs spores sont très résistantes dans les milieux naturels (NF T 90-415, 1985).

➤ Technique

Au moment de l'emploi, nous fondons un flacon de gélose viande de foie, on le refroidit à 45°C puis on rajoute une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium, on le mélange soigneusement, ainsi le milieu est prêt à l'emploi.

Nous répartirons 20 ml de la solution mère (10^{-1}) dans 4 tubes stériles (5 ml de la solution à analyser), nous chauffons les tubes à 80°C pendant 10 min puis, on les refroidie aussitôt sous le robinet. Cette opération consiste à éliminer toutes les formes végétatives et ne laisser que

les spores. Ajouter 20 ml de la gélose viande foie dans les tubes et laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 min. Les tubes sont incubés à 37 °C pendant 24 à 72 h.

➤ **Dénombrement**

C'est le nombre total des colonies noires dans les tubes multiplié par l'inverse de la dilution.

3. Résultats et discussions

3.1. Analyses physicochimiques

3.1.1. Le lait

Les analyses physico-chimiques du lait ont portés sur la détermination de l'acidité, du pH, de la densité, de la matière grasse et le test d'antibiotique.

3.1.1.1. L'acidité

La valeur de l'acidité titrable des laits frais réceptionnée au niveau de l'unité se trouve entre 16-18°D. Au-delà de cette valeur le lait est refusé.

3.1.1.2. Le pH

Le pH des laits que l'unité accepte se trouve entre 6,4 et 6,65. En outre, le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséine, en sels minéraux et en ions, mais aussi des conditions hygiéniques lors de la traite.

3.1.1.3. La densité

Les valeurs moyennes de nos résultats de la densité se situent entre 1026 et 1030. Pour corriger les variations entre ces résultats, l'unité effectue une homogénéisation des laits avant le lancement de la production. Ces variations peuvent être dues au mouillage frauduleux du lait, au stade de lactation, à la saison et notamment à l'alimentation de l'animal.

3.1.1.4. La matière grasse

Les résultats obtenus sont comprises entre 30 et 36 g/l. Une teneur basse en matière grasse s'expliquera par un écrémage frauduleux du lait ou bien une traite incomplète de la vache (Yennek, 2010).

3.1.1.5. Le test d'antibiotique

Les résultats obtenus révèlent l'absence totale de résidus d'antibiotique. Dans le cas contraire le lait est directement refusé.

3.1.2. La saumure

Dans ce cas les analyses physico-chimiques ont porté sur la détermination de l'acidité, du pH, de la densité, et de l'extrait sec Total.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau n°6

Tableau n°6 : Résultats d'analyse physico-chimique de la saumure.

Stade analyse Paramètre Etudié	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Acidité (°D)	0	9.5	23	26	34	44
pH	6	5,60	5	4,99	4,97	4,90
Densité	1,17	1,15	1,13	1,10	1,10	1,09
Extrait sec total (g/l)	272	240	227,8	206,3	187	162,2

3.1.2.1. L'acidité

L'acidité de la saumure a une valeur initiale nulle (°D). Cette acidité augmente progressivement tout au long de son utilisation. Elle atteint une valeur de 44 °D au stade P₅. Cette augmentation peut-être due, d'une part à l'acidité lactique exsudant des caillés après trempage dans la saumure et d'autre part au lactose qui est transformé sous l'action des bactéries lactiques.

3.1.2.2. Le pH

Le pH de la saumure est proche de la neutralité au stade P₀ puis, il décroît sensiblement au cours du temps après trempage des caillés. Il atteint une valeur de 4,90 au stade P₅ qui serait due à l'augmentation de l'acidité de la saumure comme il a été rapporté plus haut.

3.1.2.3. La densité

L'analyse des résultats fait ressortir une diminution de la densité au cours de l'utilisation de la saumure. Elle passe d'une valeur initiale de 1,17 à une valeur de 1,09 au stade P₅. Cette diminution peut être due à l'absorption du sel par les caillés saumurés.

3.1.2.4. L'extrait sec total

On remarque que l'extrait sec total diminue au cours de l'utilisation de la saumure. On enregistre une valeur de 272 g/l avant trempage des caillés et une baisse importante de cet E.S.T au stade P₅ (162,2 g/l). Ceci peut être dû à la saumure qui n'est pas agitée.

A la lumière des résultats obtenus, il ressort qu'à la suite des passages successifs des fabrications fromagères, la densité et l'extrait sec total de la saumure diminuent tandis que son

acidité augmente. Après plusieurs jours d'utilisation de la saumure, on aboutit alors à son vieillissement chimique.

3.1.3. Les caillés avant et après saumurage

Le poids, le pH, l'extrait sec total, l'humidité ainsi que la matière grasse sont les paramètres physico-chimiques qui ont été mesurés dans le cas des caillés aussi bien qu'avant et après saumurage.

Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau n°7 ci-dessous.

Tableau n°7 : Résultats de l'analyse physico-chimique des caillés avant et après saumurage.

Caillés Paramètres étudiés	P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
	Avant saumurage	Après saumurage	Après saumurage	Avant saumurage	Avant saumurage	Après saumurage	Avant saumurage	Après saumurage	Avant saumurage	Après saumurage
Poids (g)	309	307	310	324	324	320,9	308	306	320	318,7
pH	4,90	4,91	4,90	4,94	4,94	4,96	4,79	4,82	4,80	4,84
EST (%)	50,64	51,81	49,6	51	51	52,84	51,90	51,95	48,9	50
Humidité (%)	49,36	48,19	50,4	49	49	47,16	48,1	48,05	51,1	50
MG (g/l)	24	24	25,1	26	26	26,4	25,2	25,5	26	26

3.1.3.1. Le poids

D'après le tableau n°7, on constate que le poids des caillés avant saumurage n'est pas uniforme, il varie entre 309 g et 324 g. Ces variations peuvent être imputées à la façon dont a été conduit le moulage ainsi qu'à la température de la salle d'égouttage ou bien encore aux retournements des caillés. Pour les caillés saumurés on remarque une diminution de leurs poids comparativement aux caillés non saumurés. Cette baisse pondérale peut être attribuée à l'absorption de sel par les caillés qui se traduit par l'évacuation partielle de leur phase aqueuse (phénomène d'osmose). Selon ECK (1987) les caillés salés sont de dimensions et de poids inférieurs aux caillés non salés.

3.1.3.2. Le pH

On constate une légère augmentation du pH des caillés après saumurage. Ceci s'expliquerait par l'exsudation de l'acide lactique de la pâte qui se traduit par une alcalinisation lente des fromages.

3.1.3.3. L'extrait sec total

On remarque une légère augmentation de l'extrait sec total des caillés ayant subi un saumurage. Ceci s'expliquerait par l'exsudation du sérum présent dans la pâte suite à la diffusion du sel ainsi que par la formation de la croûte au cours de saumurage.

3.1.3.4. L'humidité

On constate une légère diminution de l'humidité des caillés saumurés comparativement aux caillés non saumurés.

Il faut signaler également que l'humidité des caillés dépend de la concentration en sel de la saumure ainsi que à la température de la salle d'égouttage.

3.1.3.5. La matière grasse

D'après les résultats obtenus, on constate que la teneur en matière grasse des caillés avant et après saumurage ne varie pratiquement pas, ce qui laisse penser que la saumure n'a aucun effet sur la matière grasse des caillés vu que le sérum exsudé ne renferme que des matières azotées solubles, des sels minéraux et de lactose qui sont de matière non grasse.

3.2. Analyses bactériologiques

Ces analyses ont porté sur la saumure, les caillés avant et après saumurage, le matériel ainsi que le personnel.

3.2.1. La saumure

Les résultats bactériologiques de la saumure sont consignés dans le tableau n°10 et portent sur le dénombrement de la flore de contamination totale, la flore de contamination fécale ainsi que les germes pathogènes.

Tableau n°8: Résultats de l'analyse bactériologique de la saumure.

	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Coliformes totaux (/ml)	Abs	Abs	2.10 ²	Abs	Abs	3.10 ¹
Coliformes fécaux (/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Staphylocoques (/ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Salmonelles (/25ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Clostridium sulfito-reducteurs (ml)	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

3.2.1.1. La flore de contamination totale

Au stade P₀ et P₁, on constate l'absence de la flore de contamination totale. Au stade P₂ on note une charge de 2.10² g/ml. Cette charge s'expliquerait par le vieillissement de la saumure. Au stade P₃ et P₄, on remarque l'absence de cette flore de contamination. Ceci est dû au renouvellement de la saumure. Au stade P₅, on note une charge de 3.10¹ g/ml. Ceci est dû d'une part à la diminution de la teneur en sel de la saumure et d'autre part à la charge microbienne des caillés saumurés.

3.2.1.2. La flore de contamination fécale

On constate l'absence de toute contamination fécale dans la saumure durant toute la période de son utilisation. Ceci s'expliquerait par le respect des règles d'hygiène ainsi que l'efficacité du plan et des produits utilisés dans le nettoyage et la désinfection.

3.2.1.3. La flore pathogène

On constate l'absence de toute flore pathogène dans la saumure; ceci s'expliquerait par le fait que la saumure est caractérisée initialement par une teneur élevée en sel qui inhibe les germes pathogènes. Ainsi que, la saumure qui devient de plus en plus acide empêche tout développement de germes pathogènes comme l'a signalé (ECK, 1987).

3.2.2. Les caillés avant et après saumurage

Les résultats de l'analyse bactériologique des caillés avant et après saumurage sont portés sur le tableau n°9 ci-dessous.

Tableau n°9: Résultats de l'analyse bactériologique des caillés avant et après saumurage.

caillés Groupes microbiens	P ₁		P ₂		P ₃		P ₄		P ₅	
	Avant saumurage	Après saumurage								
Coliformes Totale (UFC)	70	10	50	40	150	10	60	Abs	120	30
Coliforme Fécaux (UFC)	30	Abs	50	10	60	Abs	10	Abs	70	10
Staphylocoque A coagulation positive (UFC)	Abs									
Salmonelles (UFC)	Abs									
Clostridium Sulfito-reducteurs A 46°C (UFC)	Abs									

3.2.2.1. Les coliformes totaux

Dans le cas des échantillons P₁ et P₂, on constate que la présence des coliformes totaux est plus importante dans les caillés avant saumurage que dans les caillés saumurés, cette diminution sensible de la flore totale serait due à la teneur élevée en sel de la saumure au début de son utilisation et qui exerce une action sélective sur les micro-organismes.

Dans le cas des échantillons P₃, P₄ et P₅, on constate que la flore totale diminue excessivement après saumurage, cette diminution est due au renouvellement de la saumure.

3.2.2.2. La flore de contamination fécale

Avant saumurage, on constate la présence des coliformes fécaux dans tous les échantillons. La présence des coliformes fécaux indiquerait une contamination fécale qui serait due soit aux manipulateurs soit au matériel.

Après saumurage, les coliformes fécaux sont absents au stade P₁, une diminution de cette charge au stade P₂ et son absence totale au stade P₃, P₄. Ceci s'expliquerait par le renouvellement de la saumure. Au stade P₅, on constate la diminution de la charge en coliformes fécaux des caillés saumurés. Cela est dû à la forte concentration de la saumure en sel.

3.2.2.3. La flore pathogène

On constate que les germes pathogènes sont absents dans tous les échantillons aussi bien avant qu'après saumurage des caillés. Cette absence est liée d'une part au fait que la matière première n'est pas contaminée ou elle a subi un traitement thermique adéquat et d'autre part en respect des règles d'hygiène.

3.2.3. Le matériel

Le contrôle de l'hygiène du matériel dans la fromagerie est nécessaire pour la détermination des sources de contamination. Les analyses bactériologiques sont relatives aux coliformes totaux et fécaux. Les résultats de contrôle du matériel sont présentés dans le tableau n°10.

Tableau n°10 : Résultat de l'analyse bactériologique du matériel.

Germes	Coliformes totaux	Coliformes fécaux
Le matériel		
Les moules	Abs	Abs
Les plateaux	Abs	Abs
Les stores	Abs	Abs
Les chariots	Abs	Abs
Les basculaires	Abs	Abs

Les résultats d'analyses montrent l'absence totale des coliformes totaux et fécaux. Cela peut être attribué à l'effet des températures basses ($T^{\circ} < 12^{\circ}\text{C}$) inadéquates à leur croissance et au respect des règles d'hygiène ainsi qu'à l'efficacité du plan de nettoyage et de désinfection.

3.2.4. Le personnel

Les personnes évaluées sont celles qui interviennent au cours du moulage, retournement et emballage du camembert. Les résultats d'analyses sont portés sur le tableau n°11 et concerne les mêmes germes que précédemment.

Tableau n°11 : Résultats de l'analyse bactériologique du personnel.

	Les ouvriers	Coliformes Fécaux UFC/g	Coliformes totaux UFC/g
Salle de moulage	Ouvrier S	Abs	5
	Autre ouvriers	Abs	Abs
Salle de retournement	Tous les ouvriers	Abs	Abs
Salle d'emballage	Ouvrier D	Abs	3
	Ouvrier L	Abs	2
	Autres ouvriers	Abs	Abs

D'après les résultats obtenus, on constate l'absence des coliformes fécaux pour tous les ouvriers, la présence des coliformes totaux pour l'ouvrier S en salle de moulage et pour les

ouvriers D et L en salle d'emballage. Ceci s'expliquerait par le mauvais respect des règles d'hygiènes ou par le peu d'efficacité des désinfectants utilisés.

Les impuretés chimiques apportées aux saumures de fromage ont une triple origine : le sel, l'eau de dissociation et le fromage (VIARD, 1972).

D'après notre étude effectuée au sein de l'unité « Fermier », la saumure est renouvelée lorsque les paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont non satisfaisants. Il convient de signaler qu'en raison de leur caractère fortement polluant, le rejet des saumures dans les milieux naturels ou les stations d'épurations reste délicat pour les déséquilibres qu'elles peuvent engendrer

Pour pouvoir prolonger la durée d'utilisation de la saumure et de minimiser la pollution de l'environnement lors de ce renouvellement, les traitements suivants sont proposés.

1. Le Maintien de la concentration en sel

Il est important de contrôler régulièrement la concentration de sel de la saumure au moyen d'un densimètre à sel. Dans le cas échéant, il est nécessaire de la corriger en y ajoutant du sel.

2. Ajustement de la valeur pH et du degré d'acidité

La correction de l'acidité doit toujours avoir lieu après le nettoyage de la saumure. La valeur du pH peut être abaissée au moyen d'acide chlorhydrique alimentaire, d'acide acétique, d'acide lactique ou d'autres acides.

Pour augmenter le pH/abaisser le degré d'acidité, on utilise de la soude caustique liquide (30%) pour denrées alimentaires. Il est important de bien brasser la saumure et de contrôler régulièrement l'évolution du pH (Anonyme 2).

3. Nettoyage de la saumure

a) Méthode usuelle (avec renouvellement partiel)

Laisser la boue se déposer sur le fond du bassin et pomper soigneusement la saumure dans un autre récipient. Eliminer la boue, puis nettoyer la cuve de saumurage, y transvaser la saumure par pompage et la compléter.

b) Filtration

Si on dispose d'un filtre travaillant sous pression (par ex : filtre pour boissons avec gel de silice), on peut obtenir une très bonne clarification avec une bonne réduction des germes et une perte minimale de la saumure.

c) Filtration sur membrane

Aujourd'hui, dans les grands établissements, on utilise principalement la microfiltration. Elle Permet, en plus du nettoyage, l'élimination des germes contaminant la saumure (Anonyme2).

4. Stérilisation thermique

Ce procédé consiste à un chauffage de la saumure à une température égale ou supérieur à 100°C pendant 45 à 60 min. Il permet en présence de carbonate et de sulfate de chaux de procéder simultanément à la stérilisation et à l'épuration chimique des saumures sans entartrage des surfaces de chauffe (VIARD, 1972).

5. La désinfection par UV

La désinfection par UV utilisée dans la préparation de l'eau potable peut, en principe, être utilisée pour supprimer les germes de la saumure. Cependant, ce procédé, a l'inconvénient de ne pas réaliser en même temps l'épuration chimique (CASALIS et COLL, 1971 ; ALAIS, 1988). Le degré d'efficacité des rayons UV est cependant très limité et les particules solides en suspension réduisent considérablement le degré d'efficacité.

6. Addition d'antiseptique (peroxyde d'hydrogène)

Nous déconseillons de désinfecter la saumure avec des produits de désinfection étant donné que ces mesures ont des conséquences négatives telles la corrosion. En principe, seul un traitement avec H₂O₂ est envisageable. Les autres moyens, en particulier ceux qui contiennent du chlore, laissent des résidus toxiques.

Le goût, l'odeur, le pH, le degré d'acidité de la saumure ne subissent que peu de modifications lors de la désinfection au moyen d'eau oxygénée à 30%.

Discussion générale

1. Du point de vue physico-chimique

L'étude physico-chimique de la saumure a montré que les paramètres : PH, densité et E.S.T diminuent au cours de son utilisation tandis que son acidité augmente. Ces variations seront liées au nombre important des caillés saumurés.

(ECK, 1987) a recommandé que la concentration en chlorure de sodium de la saumure soit constante pour standardiser celles des fromages. Pour cela l'unité procède à des ajustements de la densité avant chaque saumurage.

Au démoulage, les caillés avant saumurage présentent des propriétés physico-chimiques acceptables ce qui révèle que les conditions de préparation en vigueur à l'unité sont respectées. Les caillés saumurés subissent des pertes de poids, d'humidité alors que l'E.S.T augmente comparativement aux caillés avant saumurage. Ces résultats peuvent être expliqués par les échanges osmotiques qui ont lieu entre les caillés et la saumure. Les valeurs de la matière grasse ne subissent pas des grandes modifications car c'est un paramètre indépendant du salage.

2. Du point de vue bactériologique

Sur la base des analyses bactériologiques, on remarque que la préparation de la saumure s'est faite en respectant les conditions d'hygiène. Cependant, au cours de son utilisation, on constate la présence de coliformes totaux au stade P₂ et P₅ suite aux passages successifs des fromages qui diminuent la teneur en sel et augmentent l'acidité de la saumure ce qui a nécessité son renouvellement.

Il ressort également que lorsque la saumure est neuve, le salage entraîne une diminution de la charge microbienne des caillés saumurés. Ceci s'expliquerait par la teneur en sel initiale élevée de la saumure.

Il faut souligner que les germes pathogènes sont absents dans tous les échantillons étudiés en raison des traitements thermiques subis et le respect des règles d'hygiène.

Conclusion générale

Le but de notre travail a consisté à étudier l'évolution physico-chimique et bactériologique de la saumure ainsi que son influence sur la qualité du camembert et de proposer des traitements de la saumure afin de prolonger sa durée d'utilisation et de minimiser la pollution de l'environnement lors de son renouvellement.

Tout abord, nous avons effectué des analyses physico-chimiques sur le lait lors de sa réception. Ces analyses ont porté sur :

- ✓ la détermination de l'acidité ;
- ✓ du pH ;
- ✓ de la densité ;
- ✓ la détermination du taux de matière grasse ;
- ✓ le test d'antibiotique.

Les résultats font ressortir que l'acidité, le pH, la densité et le taux de matière grasse, se situent dans l'intervalle admis par l'unité. Le test d'ATB effectué est négatif.

Ensuite, en plus des trois premiers paramètres physico-chimiques effectués sur le lait, la détermination de l'E.S.T est faite sur la saumure. Les résultats ont révélé que l'acidité est en augmentation tandis que, le pH, la densité et l'E.S.T sont en diminution.

En complémentarité avec ces résultats, les analyses bactériologiques, qui ont été effectuées, ont montré l'absence totale de la contamination de la saumure par la flore pathogène ainsi que la flore fécale tandis que la flore totale a été retrouvée.

Puis, nous avons effectué des analyses physico-chimiques sur les caillés, avant et après saumurage. Les résultats ont démontré que les caillés saumurés subissent des pertes de poids et d'humidité tandis que l'E.S.T augmente comparativement aux caillés avant saumurage. Le taux de matière grasse reste relativement invariable. Ensuite, nous avons réalisé les mêmes analyses bactériologiques de la saumure sur les caillés avant et après saumurage. Les résultats ont révélé l'absence de contaminations pathogènes alors que la contamination par la flore totale et la flore fécale a été retrouvée en diminution après le saumurage des caillés.

A ces analyses, nous avons ajouté celles du matériel et celles du personnel, portées sur le dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux. Les résultats ont révélé l'absence de toute contamination du matériel et la présence de la flore fécale pour le personnel.

Enfin, et en se basant sur les résultats qui ont été obtenus, nous avons pu conclure que la saumure évolue au cours de son utilisation et influence sur la qualité physico-chimique et bactériologique du camembert ce qui oblige l'unité de fabrication à effectuer des renouvellements.

Pour des raisons économiques et environnementales, nous avons suggéré quelques traitements de la saumure afin de prolonger sa durée d'utilisation et de minimiser la pollution de l'environnement par cette dernière lors des renouvellements. Les traitements proposés sont :

- Le maintien de la concentration en sel.
- Ajustement de la valeur du pH et de degré d'acidité.
- Nettoyage de la saumure : Méthode usuelle, filtration, filtration sur membranes.
- Stérilisation thermique.
- La désinfection par UV.
- Addition d'antiseptiques (peroxyde d'hydrogène).

Pour compléter cette étude, il serait intéressant de suggérer les perspectives suivantes :

- ✓ La formation du personnel sur les bonnes pratiques d'hygiène.
- ✓ Effectuer régulièrement le nettoyage et la désinfection.
- ✓ L'adoption de la politique « la marche en avant ».
- ✓ La contribution à la mise en place d'un système HACCP.

Références Bibliographiques

A

- **AFNOR (1980)**. Recueil des normes françaises. Laits et produits laitiers.
- **ALAIS C (1975)** : Principes des techniques laitières. 3ème Edition. Edition SEPAIC, Paris.
- **ALAIS C (1988)**: Principe des techniques laitières. 4 ème Edition. Edition SEPAIC, Paris.

B

- **BERGERE et LENOIR. (2006)**. In : «le fromage » : le la science à l'assurance qualité. 3ème Ed., Technique et Documentation
- **BOULARAK A. (2005)**. Guide des déterminations analytiques des laits et produits.
- **BOURGEOIS C-M et LARPENT J-P, (1989)**. Le fromage à pâte molle, fraîche, pressée, persillée ; in, « microbiologie alimentaire : les fermentations alimentaires ». Ed Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

C

- **CAROLE. L. VIGNOLA., JEAN AMIOT., PAUL ANGERS., LAURETENT BAZINET., JEAN-LUC BOUTONNIER., MICHEL BRITTEN., FRANCOIS CASTAIGNE., CLAUDE CHAMPAGNE., CHRISTINE DUPINS., ISMAIL FLISS., STEPHANE FOURNIER., NANCY GARDNER., JULY JEAN., MICHEL LAMONTAGNE., MARYSE LAMOREUX., YOLAINE LEBEUF., JEAN-CHAUDE MICHEL., SILVAIN MOINEAU., PAUL PAQUIN., MICHEL POULIOT., JOEL RAITZ-AUSSEUR., JACQUES RICARDE., DANIEL ST-GELAIS., ROBERT SIMPSEN., RENI TARDIF., PATRICK TISARD-COLLAT et JOHANNE VERGE (2002)**. Transformation et technologie du lait, Canada, pp380, 381.

Cheeses. Part I: microbiological and physicochemical evolutions. Journal of Dairy Research 71, 346-354.

- **CORNEVAUX P (2013)**. Application de la méthode HACCP en élevage bovine laitier. Thèse de doctorat en science vétérinaire. Université CLAUD- BERNARD De LYON I.

E

- **ECK A (1987)**. Le fromage. 2ème Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris.

- **ECK A (1990).** Le fromage. 3ème Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris. Edition L'USINE NOUVELLE PARIS.

F

- **FAUCHERE J.L et AVRILJEAN. LOUP (2002).** Bactériologie générale et médicale, ELLIPES édition Marketing S.A-paris, 365 pages.

G

- **GALZY P (1980) :** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires.
- **GELAIS ST-D. TIRRARD-COLLER P ; BELANGER G ; DRAPEAU R ; COUTURE R (2002).** Le fromage In science et technologies du lait, transformation du lait par Vignola carole L. presse internationale polytechnique .349-413 pp.
- **GEURTS T-J; MALSTRA P et MULDER H (1974):** Transport of Salt and mater during salting of cheese. Analysis of theses processes involved neth Milk. Dairy journal 28, 102-129.
- **GILLIS, J.-C(2004).** Manuel du salage en fromagerie - Théorie et pratiques. Arilait Recherches, Paris, France, 69 pages.
- **GUINEE, T.P., Fox, P.F (2004).** Salt in cheese, physical, chemical and biological aspects. Dans: Fox, P.F., Mc Sweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P. Eds.Cheese: chemistry, physics and microbiology - Volume I: general aspects. 3ème éd. AcademicPress, Ireland.

H

- **HARDY J (1976).** Etude de la diffusion du sel dans les fromages à pâte molle type camembert. Comparaison de salage à sec et de salage en saumure. Thèse d'ingénieure en agronome. NANCY.
- **HERMIER J ET LENOIR J ET WEBER F (1992).** Les groupes microbiens d'intérêt laitier .Edition CEPIL, Paris, 568 pages.

J

- **JAOUVEN J-C (1977) :** La fabrication du fromage de chèvre fermier. 2ème Edition.
- **JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT N., SCHUCK P., BRULE G (2008).** Les produits laitiers. Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. ISBN : 978-2-7430-10324.
- **JRIDI M (2007).** Formation des experts nationaux en sécurité des aliments : les dangers biologiques, Organisation des Nations Unies pour le Développement

Industriel (ONUUDI).

L

- **LACROMPE J-L, HARDY J, RAMET J-P et LEBER E (1971)** : Contribution à l'étude de l'évolution chimique et de traitement des saumures de fromageries. Le lait 503-504 ; 158-175.
- **LAMBERT J (1977)** : conditionnement des produits alimentaires.
- **LECLERCQ-PERLAT, M.-N., BUONO, F., LAMBERT, D., LATRILLE, E., LENOIR J : LAUBORET G et SCHMIDT J-L (1983)** : Elaboration d'un fromage, exemple du camembert pour la science 69, 30-42.
- **LEQUET F(1986)**: Lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvres) TOME 3. Edition Technique et documentation. LAVOISIER, Paris.
- **LUQUET F-M (1990)**.lait et produits laitères : Vache, brebis, chèvre, lait produits laitier, transformation et technologie. Volume 3. Ed. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

M

- **MAHAUT M., JEANTET R., SCHUCK P. et BRULA G (2000)**. Initiation à la technologie fromagère. Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- **MULTON J-L., TEMPLE H., VIRUEGA J-L (2013)**. Traité pratique de droit alimentaire. Ed Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. ISBN : 978-2-7430-14575.

N

- **NF T 90-415 (1985)**. Essais des eaux : Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies Sulfito-réductrices et de Clostridium sulfito-reducteurs, 0335-3931.

O

- **OAULI 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. Département de nutrition, alimentation et technologie Agro-alimentaire, faculté des sciences, Université Frères Mentouri, Constantine.

P

- **PARADAL M (2012)**. La transformation fromagère caprine fermière ; bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. Edition Technique et

Documentation Lavoisier. Paris ISBN : 978-2-7430-1447-6.

R

- **RAMET J-P (1984)** : La fromagerie et les variétés de fromage de bassin méditerranéen. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- **ROUDAUT H. et LEFRANCQ E (2005)**. Alimentation théorique. Ed doin. France ISBN: 2-7040-1192-3.

S

- **SPINLER, H.-E., CORRIEU, G (2004)**. Controlled production of Camembert-type
- **SPINLER, H.-E., CORRIEU, G (2004)**. Controlled production of Camembert-type Cheeses. Part I: microbiological and physicochemical evolutions. Journal of Dairy Research 71, 346-354.
- **SUTHERLAND, B.J (2002)**. Salting of cheese. Dans: Fuquay, J.W. (Ed.-en-chef), Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press, San Diego, USA. 293-300.
- **SUTHERLAND, B.J (2002)**. Salting of cheese. Dans: Fuquay, J.W. (Ed.-en-chef), Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press, San Diego, USA. 293-300.

T

- **TORMO H (2010)** .Diversité des flores microbiennes du lait cru de chèvre et facteurs de variabilité .Thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse, 238 pages.

V

- **VEISSEYRE R (1975)** : technologie du lait. 2eme Edition, La Maison Rustique Paris.
- **VIARD M et DEVEAU D (1972)** : Epuration chimique et stérilisation microbiologique par traitement thermique des saumures utilisés dans l'industrie alimentaire. Le lait 511-512 ; 22-27.
- **VIGNOLA C-M (2002)**. Science et technologie du lait. Ed. Presses Internationales polytechniques.

Y

- **Yennek N (2010)**. Effets des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses. Mémoire de magister en agronomie. Université des Sciences Agronomiques Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.

- **Anonyme 1 : [www. loveignoz. Com](http://www.loveignoz.com) / fromage.**
- **Anonyme 2 : [www. Agroalimentaire. free. fr](http://www.Agroalimentaire.free.fr) / processus / fromage à pâte molle.**

Annexe

La composition des milieux de culture

➤ Bouillon VRBL

- Peptone peptique de viande10g/l
- Bile de bœuf desséchée..... 20g/l
- Lactose..... .10g/l
- Vert brillant.....2ml

Dissoudre 40g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C, PH=7,4.

➤ Milieu Chapman (gélose)

- extrait de viande de bœuf.....1g
- peptone.....10g
- chlorure de sodium.....75g
- mannitol.....10g
- rouge de phénol.....0,025g
- agar.....15g
- amphotéricine
- eau distillée.....1000ml

PH=7,4± 0,2 ; autoclaver 15min à 120°C et couler en boîte de pétri.

➤ Gélose SS

- proteose peptone.....5g/l
- Extrait de levure3g/l
- Extrait de viande.....5g/l
- Lactose10 g/l
- Sels biliaire.....2 g/l
- Sodium citrate8,5 g/l
- vert brillant.....0,33 g/l
- rouge neutre.....0,025 g/l
- Agar.....18 g/l

Dissoudre 31,83g dans un litre d'eau distillée, autoclaver 15min à 121°C ; PH=7,2± 0,2.

➤ **Milieu viande-foie (VF)**

-Base viande-foie.....	30g
-Glucose.....	2g
-Amidon.....	2g
-Sulfite de Na.....	1,2g
-Carbonate de Na.....	0,67g
-Alune de fer et d'ammonium.....	0,5g
-Agar.....	11g
-Eau distillée.....	1000ml
-pH.....	7,6±0,2

Résumé

Le travail que nous avons effectué avait pour but l'étude de l'évolution physico-chimique et bactériologique de la saumure ainsi que son influence sur le camembert.

Nous nous sommes basés en premier lieu sur l'analyse de la matière première utilisée, ensuite nous nous sommes intéressés à la saumure et à ses différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques utilisés en saumurage du camembert.

D'après les résultats obtenus nous avons pu démontrer l'évolution de la saumure utilisée, ainsi que sa relation et son influence sur la qualité du produit fabriqué, d'où la nécessité de son renouvellement.

Pour des raisons économiques et environnementales nous avons proposé quelques traitements de la saumure.

Abstract

The work we did was to study the physical, chemical and bacteriological evolution of the brine and its influence on the pie chart.

We based primarily on the analysis of the raw material used, follows we are interested in brine and its various physico-chemical and bacteriological parameters used in brining the pie.

According to the results we could demonstrate the evolution of the brine used, as well as his relationship and influence on the quality of the manufactured product, hence the need for its renewal.

For economic and environmental reasons we proposed some treatments brine.