

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de RELIZANE
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences Biologiques



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :
Microbiologie et contrôle de qualité
Intitulé

**Dans le suivi de la transformation du lait :
Le Camembert**

Présenté par :

Mr : Belkadi Walid Benaouda

Mr : Chair Abed Abderahmane

Devant les membres de jury :

.

Président : Mme	DERMECHE Keltoum	Maître de conférence (A)	(U. Relizane)
Encadreur : Mme	ADDI Nesrine	Maître de conférence (B)	(U. Relizane)
Examineur : Mr	GADI Omar	Maître Assistant (A)	(U. Relizane)

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

A l'issu de ce modeste travail, nous remercions dieu pour nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce travail.

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice **Mme ADDI N.** pour nous avoir fait l'honneur de nous encadrer.*

*Nos profonds respects pour l'ensemble du personnel du laboratoire de l'unité de **SIDI SAADA** ainsi qu'à tout le personnel de la production*

Comme nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Ce modeste travail, achevé avec l'aide de Dieu le tout
puissant,

Je dédie ce projet

A mes chers parents, pour leur soutien indéfectible tout au
long de ce parcours académique.

A mes amis, pour leur présence et leurs encouragements.

A mes professeurs, pour leur enseignement précieux et leurs
conseils avisés.

Ce travail est le fruit de vos efforts combinés, et je vous en
suis profondément reconnaissant.

ABED

Dédicaces

Louange à Dieu,

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers à mon cœur « Mes Parents » pour tout ce qu'ils ont fait pour moi depuis ma naissance, pour leur amour, et de m'avoir soutenu pendant toutes les périodes difficiles que j'ai traversé pour arriver à ce que je suis maintenant. Je prie Dieu le tout puissant de les garder.

À mes frères et mes sœurs pour leur soutien

À mes amis et à toute ma famille

À tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à l'université.

À vous tous

Je dédie ce modeste travail

Walid

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Composition moyenne du lait entier	4
Tableau 2: Classification des protéines	7
Tableau 3: Composition minérale du lait de vache	8
Tableau 4 : la composition vitaminique moyenne du lait cru	9
Tableau 5: Caractéristiques des principaux enzymes du lait.....	10
Tableau 6 : Caractéristiques physicochimiques du lait.....	12
Tableau 7: composition du camembert pour 100g du produit frais.....	13
Tableau 8 : Résultats des analyses physicochimiques des laits crus analysés.....	49
Tableau 9 : Caractéristiques physico-chimiques des échantillons du camembert analysé.....	51
Tableau 10 : Résultats des analyses microbiologiques du camembert analysés.....	53

Liste des figures :

Figure 1: Composition de la matière grasse du lait	5
Figure 2: Structure d'une sub-micelle caséique	6
Figure 3 : S.P.A laiterie SIDI SAADA.....	25
Figure 4 : le lait à la réception.....	28
Figure 5: phase de coagulation.....	30
Figure 6: opération du découpage.....	30
Figure 7: Brassage d'un caillé du camembert.....	31
Figure 8: les moules utilisés à l'unité.....	31
Figure 9: Opération du moulage.....	32
Figure 10: Opération des retournements.....	32
Figure 11: Opération du salage.....	33
Figure 12: l'affinage.....	34
Figure 13 : Les échantillons de camembert dans les hâloirs.....	34
Figure 14: Conditionnement et emballage.....	35
Figure 15 : PH-mètre.....	36
Figure 16 : Le test de Beta Star Combo pour la recherche des antibiotiques dans le lait cru.....	38
Figure 17 : Mesure du pH du camembert	40
Figure 18 : Mesure de la matière sèche totale.....	40
Figure 19 : La méthode acido-butyrométrique	41
Figure 20 : résultats du test antibiotique.....	52
Figure 21 : Résultat négatif des coliformes totaux.....	54
Figure 22 : Résultat négatif des <i>Staphylococcus aureus</i> et des salmonelles et des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	55

Table des matières:

Introduction	1
Chapitre 01 : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Le lait.....	3
1.1.Définition.....	3
1.2. Composition du lait	3
1.2.1.Eau.....	4
1.2.2. Matière grasse.....	4
1.2.3. Protéines.....	5
1.2.4.Lactose.....	8
1.2.5. Minéraux.....	8
1.2.6. Vitamines.....	8
1.2.7. Enzymes.....	9
1.3. Propriétés physico-chimiques du lait.....	10
1.3.1. Densité et masse volumique.....	10
1.3.2. PH	11
1.3.3. Point d'ébullition.....	11
1.3.4. Acidité du lait.....	11
1.3.5. Point de congélation.....	11
1.4. Valeur nutritionnelle du lait.....	12
1.5. Facteurs influençant la composition du lait	12
1.5.1. Facteurs génétiques.....	12
1.5.2. Stade de lactation.....	13
1.5.3. Effet de l'âge au premier vêlage.....	13
1.5.4. Facteurs alimentaires.....	13
1.5.5. Facteurs climatiques etsaisonniers.....	13
2.Camembert.....	14
2.1. Historique.....	14
2.2. Définition.....	14
2.3. Composition et valeur nutritionnelle.....	14
2.4. Technologie de fabrication du camembert.....	15
2.4.1. Matières premières utilisées pour la fabrication du camembert.....	15
2.4.1.1. Lait.....	15
2.4.1.1.1. Lait cru.....	15
2.4.1.1.2. Lait recombiné	15
2.4.1.1.3. Lait en poudre	15
2.4.1.2. La matière grasse laitière anhydre (MGLA).....	16
2.4.1.3. L'eau de reconstitution.....	16
2.4.1.4. Les ingrédients.....	16
2.4.1.4.1. La présure.....	16
2.4.1.4.2. Les levains lactiques.....	16
2.4.1.4.3. Les levains fongiques.....	16
2.4.1.4.4. Les sels.....	17
2.5. Le processus technologique de la fabrication du camembert.....	17
2.5.1. Préparation du lait.....	17
2.5.1.1. Standardisation.....	17
2.5.1.2. Homogénéisation	17
2.5.1.3. Pasteurisation.....	17
2.5.2. Ensemencement et maturation.....	18

2.5.3. La fabrication proprement dite	18
2.5.3.1. Emprésurage	18
2.5.3.2. Coagulation.....	18
2.5.3.3. Moulage	18
2.5.3.4. Egouttage	18
2.5.3.5. Démoulage	18
2.5.4. Les étapes de finition du caillé	19
2.5.4.1. Salage.....	19
2.5.4.2. Ressuyage	19
2.5.4.3. Affinage	19
2.5.4.4. L'Emballage et le Conditionnement.....	19
2.6. Influence du gras/sec sur le rendement final du camembert.....	20
2.6.1. Définition du rendement fromager.....	20
2.6.2. Importance du contrôle de rendement fromager	20
2.6.3. Facteurs influençant le rendement fromager.....	21
2.6.3.1. Teneur en humidité conservée dans le produit	21
2.6.3.2. Richesse du lait en matières grasses.....	21
2.6.3.3. Richesse du lait en matière protéique	21
2.7. Traitement thermique du lait	21
2.8. Contrôle du rendement et l'origine des pertes.....	21
2.9. Egouttage trop poussé des caillés bottes.....	22
2.10. Pertes de particules de caillé tout au long du procédé	22
2.11. Pertes de matière grasse.....	22
2.12. Perte de protéine	22
2.13. Pertes liées à l'entreposage du lait.....	23
2.14. Pertes liées au surpoids.....	23
2.15. Influence de la matière grasse sur le rendement.....	23
Chapitre 2 : Matériels et méthodes	
1. Objectifs de l'étude	25
2. Présentation de l'unité	25
3. Echantillonnage	27
4. Processus de fabrication du camembert	27
4.1. Réception du lait à l'usine	27
4.2. Standardisation	28
4.3. Pasteurisation.....	28
4.4. Pré-maturation	29
4.5. Phase d'ensemencement-maturation	29
4.6. Emprésurage et coagulation	29
4.7. Découpage et brassage	30
4.8. Moulage.....	31
4.9. Egouttage et retournement.....	32
4.10. Démoulage.....	33
4.11. Salage.....	33
4.12. Affinage	34
4.13. Conditionnement et emballage	34
5. Matériels et méthodes	35
5.1-Analyses physicochimiques du lait	35
5.1.1- Mesure de pH	35
5.1.2- Mesure de l'acidité Dornic.....	36
5.1.3- Mesure de la densité	36

5.1.4- Mesure de la teneur en matière sèche totale	37
5.1.5- La recherche des résidus d'antibiotiques	37
5.1.6-Teste d'amidon.....	38
5.1.7-Teste d'ébullition.....	38
5.1.6 test de température	38
5.1.7- Mesure de la teneur en matière grasse.....	39
5.1.8_ Détermination de la teneur en extrait sec dégraissée.....	39
5.2- Analyses physicochimiques du Camembert	40
5.2.1- Mesure du pH	40
5.2.2- Mesure de la teneur en matière sèche totale	40
5.2.3- Mesure de la teneur en matière grasse	40
5.3- Analyses microbiologiques de lait cru et de camembert	41
5.3.1- La préparation des dilutions.....	41
5.3.2- Recherche et dénombrement des germes de contamination	42
5.3.2.1- Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	43
5.3.2.2- Recherche et dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	44
5.3.2.3- Recherche et dénombrement des <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	45
5.3.2.4- Recherche des <i>Salmonelles</i>	45
5.3.2.5- Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FTAM)	46
6. Résultats et discussion.....	50
6.1- L'analyse physicochimique du lait cru et de fromage (camembert).....	50
6.1.1-Lait.....	50
6.1.1.2-PH.....	50
6.1.1.3-Lacidité dornic.....	50
6.1.1.4-La densité et la température.....	51
6.1.1.5-Matière grasse.....	51
6.1.1.6-La teneur en matière sèche.....	51
6.1.1.7-La recherche des antibiotiques.....	51
6.1.1.8-Test d'ébullition.....	52
6.1.1.9-Test d'amidon.....	52
6.1.2-Fromage (camembert).....	52
6.1.2.1-PH.....	52
6.1.2.2-La teneur en matière grasse.....	53
6.1.2.3-L'extrait sec total.....	53
6.2 –Analyse microbiologique du lait cru et fromage	53
6.2.1-Lait cru.....	53
6.2.1.1-flore aérobie mésophile total (FAMT).....	53
6.2.1.2-Coliformes totaux.....	53
6.2.1.3- <i>Staphylococcus aureus</i>	54
6.2.2-Fromage (camembert).....	54
6.2.2.1-Coliformes totaux.....	55
6.2.2.2- <i>Staphylococcus aureus</i>	55
6.2.2.3- <i>Salmonelles</i>	55

6.2.2.4- <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs à 44°C.....	55
7-Discussion générale.....	56
Conclusion.....	58
Références bibliographique.....	59
Résumé.....	65

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

En raison de la croissance démographique et de la présence croissante des produits laitiers dans les régimes alimentaires, le marché de ces produits est en plein essor dans les pays méditerranéens et notamment en Algérie.

Le lait joue un rôle essentiel dans le système de consommation en Algérie. On estime qu'il représente environ 22% des importations alimentaires totales du pays selon **SILAIT (2008)**, l'Algérie occupe actuellement la première place en tant que premier importateur africain de denrées alimentaires et de lait en poudre. Elle occupe ainsi la deuxième place mondiale en termes d'importation de laits et de produits laitiers après la Chine (**FIL, 2013**).

Les fromages sont certainement parmi les produits laitiers les plus anciens, ils étaient autrefois la seule façon de conserver le lait et étaient très intéressants pour leur valeur nutritive. Ces aliments sont parfaitement adaptés pour répondre aux besoins nutritionnels.

Le Camembert demeure l'un des fromages les plus populaires sur le marché algérien, étant le fromage le plus célèbre, le plus apprécié et largement consommé par la population. Selon les normes internationales qui définissent sa forme, sa taille, son poids et sa teneur en matière grasse, sa production requiert principalement une expertise assez stricte.

La réputation du Camembert repose sur ses méthodes de production ainsi que sur ses propriétés physico-chimiques et microbiologiques (**AMIOT et al., 2002**). Il est essentiel de suivre attentivement la qualité de la matière première et du produit en cours de transformation pour une bonne maîtrise de ces paramètres.

Nous nous sommes intéressés au cours de ce travail au suivi de production de camembert, et pour cela nous avons effectué un stage à l'usine laitière de **Sidi Saada de Yellel**. Cette unité fait partie des laiteries-fromageries les plus importantes du pays. Elle se concentre principalement sur la fabrication de fromage à pâte molle comme le Camembert à partir de lait cru.

Chapitre 01

Partie Bibliographie

1. Le lait

1.1. Définition

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

En Algérie et selon le journal officiel, le nom « LAIT » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique. (Arrêté de 18/08/1993, décret du 27/10/1993).

Le lait est une source très essentielle de Ca^{+2} , P de la riboflavine, la vitamine B12, et une grande majorité de protéine, sucre, lipides de qualité, son richesse avec tous ces éléments nutritifs lui rend nécessaire en matière de nutrition humaine (**Kaan-Tekinsen, 2007**).

Le lait cru n'a été soumis à aucun traitement de conservation, à l'exception de la réfrigération à la ferme. La date limite de vente est fixée au jour suivant la traite. Il est nécessaire de porter le lait cru à l'ébullition avant de le consommer (car il renferme des germes pathogènes). Il est recommandé de le maintenir au réfrigérateur et de le consommer dans les 24 heures (FREDOT, 2006).

1.2. La composition du lait

Selon **FAVIER (1985)**, le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de la croissance. Ses lipides, caractérisés par rapport aux autres corps gras alimentaires par une forte proportion d'acides gras à chaîne courte, sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. Ils véhiculent par ailleurs des quantités appréciables de cholestérol et de vitamine A ainsi que de faibles quantités de vitamine D et E.

Les principaux constituants du lait par ordre croissant **selon POUGHEON et GOURSAUD(2001)** sont:

- L'eau, très majoritaire ;
- Les glucides principalement représentés par le lactose ;
- Les lipides, essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
- Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- Les protéines, caséines rassemblées en micelles, albumines et globulines solubles ;
- Les éléments à l'état de trace mais au rôle biologique important, enzymes, vitamines et oligoéléments.

La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Composition moyenne du lait entier (FREDOT, 2006).

composants	Teneures (g /100g)
Eau	89.5
Matières azotés	3.44
Protéines	3.27
caséines	2.71
Protéines solubles	0.56
Azote non protéique	0.17
Matières grasses	3.5
Lipides neutres	3.4
Lipides complexes	< 0.05
Composés liposolubles	< 0.05
Glucides	4.8
Lactose	4.7
Gaz dissous	5% du volume du lait
Extrait sec total	12.8

1.2.1. Eau

D'après AMIOT *et al.*, (2002), l'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Puisque les matières grasses possèdent un caractère non polaire (ou hydrophobe), elles ne peuvent se dissoudre et former une émulsion du type huile dans l'eau. Il en est de même pour les micelles de caséines qui vont former une suspension colloïdale puisqu'elles sont solides.

1.2.2. Matière grasse

JEANTET *et al.*, (2007) rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de diamètre de 0,1 à 10 µm et est essentiellement constitué de triglycérides (98%). La matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés. Elle renferme:

- ✓ Une très grande variété d'acides gras (150 différents).
- ✓ Une proportion élevée d'acides gras à chaînes courtes, assimilés plus rapidement que les acides gras à longues chaînes.
- ✓ Une teneur élevée en acide oléique (C18 :1) et palmitique (C16 :0).
- ✓ Une teneur moyenne en acide stéarique (C18 :0).

La figure 1 présente un globule gras du lait. La membrane est constituée de phospholipides, de lipoprotéines, de cérebrosides, de protéines, d'acides nucléiques, d'enzymes et d'oligoéléments (métaux) et d'eau (BYLUND, 1995).

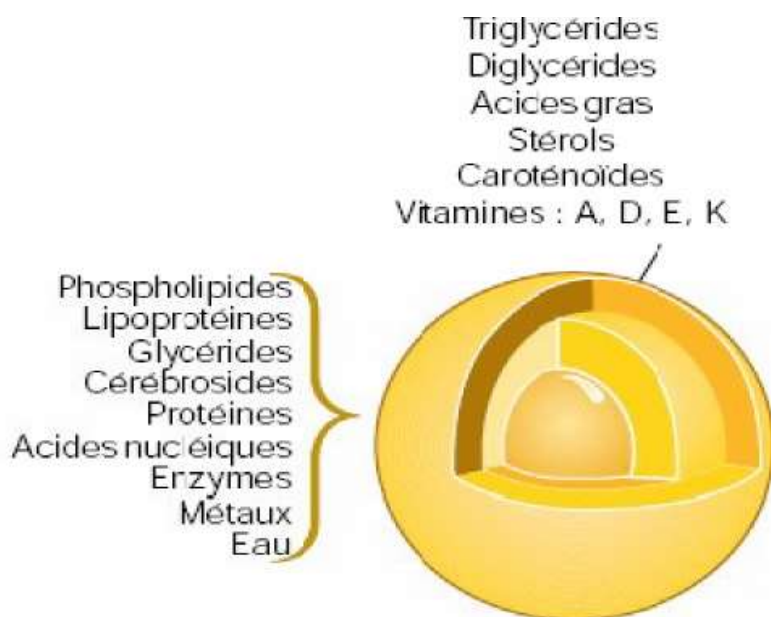


Figure 1: Composition de la matière grasse du lait (BYLUND, 1995).

Les phospholipides représentent moins de 1% de la matière grasse, sont plutôt riches en acides gras insaturés. Le lait de vache est pauvre en acides gras essentiels (acide linoléique C18 :2 et acide linolénique C18 :3) par rapport au lait de femme (1,6% contre 8,5% en moyenne) (JEANTET et al, 2007).

La matière grasse du lait est produite principalement à partir des acides gras volatils (acides acétique et butyrique). Le premier est formé principalement à partir des glucides pariétaux des fourrages (cellulose) et le second à partir des glucides rapidement fermentescibles (sucre de betterave). Une partie de la matière grasse du lait provient de la mobilisation des réserves lipidiques de la vache (jusqu'à 60 kg). Sous certaines conditions, des graisses alimentaires peuvent également contribuer à la formation de la matière grasse du lait (STOLL, 2003).

1.2.3. Protéines

Selon JEANTET et al., (2007), le lait de vache contient 3,2 à 3,5% de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- ✓ Les caséines qui précipitent à pH 4,6, représentent 80% des protéines totales ;
- ✓ Les protéines sériques solubles à pH 4,6, représentent 20% des protéines totales.

La classification des protéines est illustrée dans le tableau II.

A. Caséines :

JEAN et DIJON (1993) rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g mol⁻¹, forme une dispersion colloïdale dans le lait. Les micelles protéiques ont un diamètre de l'ordre de 0,1 µm dans le lait de vache (**Figure 2**).

La caséine native a la composition suivante: protéine 9%, calcium 3%, phosphore 2,2%, acide citrique 0,5%et magnésium 0,1% (**ADRIAN et al., 2004**).

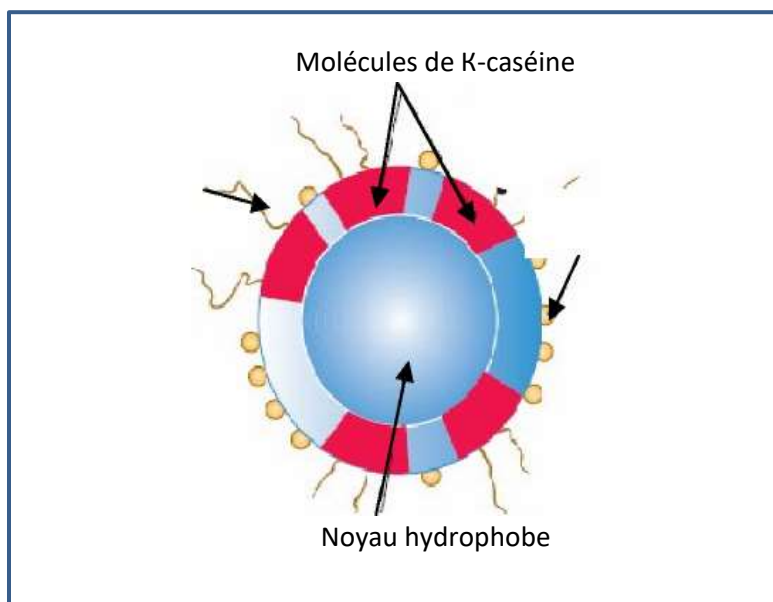


Figure 2: Structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 1995)

B. Protéines du lactosérum

Les protéines du lactosérum représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées (**DEBRY, 2001**).

THAPON (2005) définit les protéines du lactosérum comme étant des protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais sont sensibles à la dénaturation thermique.

a- La β -lactoglobuline

La β -lactoglobuline est la plus importante des protéines du sérum puisqu'elle en représente environ 55%. Son point isoélectrique est 5,1 ; c'est une protéine de 162 acides aminés comportant 7 variantes génétiques (A, B, C, D, E, F, G). Lors du chauffage la fixation d'une molécule de caséine K et d'une β -lactoglobuline se fasse également par un pont disulfure (**DEBRY, 2001**).

b- L ' α -lactalbumine

L' α -lactalbumine est une métalloprotéine présente environ 22% des protéines du sérum constitué de 123 acides aminés comportant trois variantes génétiques (A, B, C). Elle possède un atome de calcium par mole du type globulaire (structure tertiaire quasi sphérique). (VIGNOLA, 2002).

c- L'albumine sérique

Représente environ 7% des protéines du sérum. Elle est constituée de 582 résidus d'acides aminés. Elle présente un seul variant génétique A est identique au sérum albumine sanguine (VIGNOLA, 2002).

d- Les immunoglobulines

Ce sont des glycoprotéines spécifiques de haut poids moléculaire responsable de l'immunité. Nous pouvons distinguer trois grandes classes d'immunoglobulines: IgA, IgG, IgM. Elles sont très abondantes dans le colostrum. Les immunoglobulines sont les protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (THAPON, 2005).

e- Protéoses-peptones

Elles forment la fraction protéique soluble après chauffage du lait acidifié à pH 4,6 vers 95°C pendant 20 à 30 minutes. C'est un groupe hétérogène issu de la protéolyse par la plasminine de la caséine β (DEBRY, 2001).

Tableau 2: Classification des protéines (BRUNNER, 1981)

NOMS	%des protéines	Nombre d'AA
CASEINES	75-85	
Caséine α S1	39-4	199
Caséine α S2	8-11	207
Caséine	25-35	209
Caséine k	8-15	169
Caséine g	3-7	
PROTEINES DU LACTOSERUM	15-22	162
-Lactoglobuline	7-12	123
-Lactalbumine	2-5	582
Sérum-albumine	0,7-1,3	-
Immunoglobulines (G1, G2, A, M)	1,9-3,3	-
Protéoses-peptones	2-4	

1.2.4. Lactose

MATHIEU (1999) évoque que le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau. Sa molécule $C_{12}H_{22}O_{11}$, est

constituée d'un résidu galactose uni à un résidu glucose. Le lactose est synthétisé dans les cellules des acini à partir du glucose sanguin. Celui-ci est en grande partie produit par le foie.

Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache. Cette teneur présente de faibles variations dans le sens inverse des variations du taux butyreux. Le lactose est un sucre spécifique du lait (**HODEN et COULON, 1991**).

1.2.5. Minéraux

Selon **GAUCHERON (2004)**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont calcium, magnésium, sodium et potassium pour les et phosphate, chlorure et citrate pour les anions (Tableau 3).

Tableau 3: Composition minérale du lait de vache (JEANTET et al. 2007).

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

1.2.6. Vitamines

Selon **VIGNOLA (2002)**, les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires.

L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. Nous trouvons d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B et vitamine C) en quantité constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) présenté dans le tableau 4. (**JEANTET et al., 2007**).

Tableau 4 : la composition vitaminique moyenne du lait cru (AMIOT *et al.*, 2002)

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotènes)	40µg /100ml
Vitamine D	2.4µg/100ml
Vitamine E	100µg/100ml
Vitamine k	5µg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	2mg/100ml
Vitamine B1 (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B6 (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B12 (cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg /100ml
Acide pantothénique	350µg/100ml
Acide folique	5.5µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3.5µg/100ml

1.2.7. Enzymes

Le lait contient une grande variété d'enzymes. Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou organismes vivants agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques (**Linden, 1987**). Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras mais le lait contient de nombreuses cellules (leucocytes, bactéries) qui élaborent des enzymes : la distinction entre éléments natifs et éléments extérieurs n'est donc pas facile (Tableau 5).

Chapitre 01 : Partie Bibliographique

Tableau 5: Caractéristiques des principaux enzymes du lait (VIGNOLA, 2002).

Groupe d'enzyme	Classes d'enzymes	PH	Température	Substrats
Hydrolases	Estérases			
	Lipases	8.5	37	Triglycéride
	Phosphatase alcaline	9-10	37	Ester phosphorique
	Phosphatase acide	4.0-5.2	37	Ester phosphorique
	Protéases			
	Lysozyme	7.5	37	Parois cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogéné oxydases	Sulphydrile oxydase	7	37	Protéines, peptides
	Xanthine oxydase	8.3	37	Bases puriques
Oxygénases	Lactoperoxydase	6.8	20	Composés
	Catalase	7	20	réducteurs+H ₂ O ₂ H ₂ O ₂

1.3. Propriétés physico-chimiques du lait

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont la masse volumique et la densité, le point de congélation, le point d'ébullition et l'acidité (**AMIOT et al., 2002**).

1.3.1. Densité et masse volumique

La densité du lait est également liée à sa richesse en matières sèche. Un lait pauvre en matière sèche aura une densité faible; il faut cependant nuancer cette remarque, car le lait contient de la matière grasse de densité inférieure à 1 (0,93 à 20°C). Il en résulte qu'un lait enrichi en matière grasse a une densité qui diminue et qu'à l'opposé, un lait écrémé a une densité élevée. L'appréciation précise de cette propriété se fait par la détermination de la masse volumique (**AFNOR, 1986**).

En pratique la masse volumique de l'eau est de 1g/ml à 4°C et de 0,99823g/ml à 20°C. La densité du lait à 15°C varie de 1,028 à 1,035 pour une moyenne de 1,032. Chacun des constituants agit sur la densité du lait. Etant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1, plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé en matière grasse, plus sa densité sera basse (**VIGNOLA, 2002**).

1.3.2. PH

Le pH du lait normal est de l'ordre de 6,7, cela est due en grande partie aux groupements basiques ionisables et acides dissociables des protéines, groupements esters phosphoriques de caséines et acides phosphoriques et lactiques. Les valeurs du Ph représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines (AMIOT *et al.*, 2002).

1.3.3. Point d'ébullition

AMIOT *et al.*, (2002) ont défini le point d'ébullition comme la température atteinte lorsque la pression de vapeur de la substance ou de la solution est égale à la pression appliquée. Ainsi comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence des solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit 100,5°C.

1.3.4. Acidité du lait

Selon JEAN et DIJON(1993), l'acidité du lait résulte de l'acidité naturelle, due à la caséine, aux groupes phosphate, au dioxyde de carbone et aux acides organiques et de l'acidité développée, due à l'acide lactique formé dans la fermentation lactique.

L'acidité titrable du lait est déterminée par dosage par une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine. Bien que l'acide lactique ne soit pas le seul acide présent, l'acidité titrable peut être exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait ou en degré Dornic (°D). 1°D = 0,1g d'acide lactique par litre de lait.

Un lait cru au ramassage doit avoir une acidité ≤ 21 °D. Un lait dont l'acidité est ≥ 27

°D coagule au chauffage ; un lait dont l'acidité est ≥ 70 °D coagule à froid.

1.3.5. Point de congélation

NEVILLE et JENSEN (1995) ont pu montrer que le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau pure puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Cette propriété physique est mesurée pour déterminer s'il y a addition d'eau au lait.

Sa valeur moyenne se situe entre $-0,54$ et $-0,55$ °C, celle-ci est également la température de congélation du sérum sanguin. Nous constatons de légères fluctuations dues aux saisons, à la race de la vache, à la région de production. Par exemple nous avons signalé des variations normales de $-0,530$ à $-0,575$ °C. Le mouillage élève le point de congélation vers 0°C, puisque le nombre de molécules, autres que celles d'eau, et d'ions par litre diminue.

D'une manière générale tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation (MATHIEU, 1999).

Les caractéristiques physico-chimiques du lait sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Caractéristiques physicochimiques du lait (FAO, 1998).

Constante	Densité à 20°C	pH à 20°C	Acidité titrable (°D)	Point de congélation (°C)	Point d'ébullition (°C)
Valeur	1.031	6.6	16	-0.53	100.5

1.4. Valeur nutritionnelle du lait

En regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments ; il est considéré donc comme un aliment de forte densité nutritionnelle. Le lait n'est cependant pas un aliment parfait car il ne contient pas à l'état naturel de fibres et que son contenu en certains nutriments, dont le fer et la vitamine D, demeurent relativement faibles.

Le lait et les produits laitiers constituent un des quatre grands groupes reconnus d'une alimentation saine. Ces recommandations reposent surtout sur le fait que le lait et les produits laitiers constituent une bonne et même une excellente source de certains nutriments qui se retrouvent en concentration élevée dans ces aliments. Ce sont donc ces nutriments qui ont une signification particulière pour la santé, autant en ce qui concerne la croissance normale des enfants que le maintien en santé et la prévention des maladies à tout âge de la vie.

Par ailleurs, les concentrations ou l'intégrité de ces mêmes nutriments peut subir des modifications à la suite des différents traitements industriels appliqués au lait (**AMIOT *et al.*, 2002**).

1.5. Facteurs influençant la composition du lait

Selon **COULON (1994)**, la composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter.

1.5.1. Facteurs génétiques

Il existe indéniablement des variabilités de composition entre les espèces, les races et les intra-race mais les études de composition ne sont pas faciles à mener, car les écarts obtenus lors des contrôles laitiers sont la combinaison des différences génétiques et des conditions d'élevage. Généralement les races les plus laitières présentent un plus faible taux de matières grasses et protéiques or le choix d'une race repose sur un bilan économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les races qui produisent un lait de composition élevée (**Srairi *et al.*, 2005**).

1.5.2. Stade de lactation

Les teneurs du lait en matières grasses et protéiques évoluent de façon inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation (période colostrale), elles chutent jusqu'à un minimum au 2ème mois de lactation après un palier de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

1.5.3. Effet de l'âge au premier vêlage

L'âge au premier vêlage est associé au poids corporel qui doit être d'environ 60 à 70% du poids de l'adulte, le fait de diminuer le poids de vache laitière au vêlage entraîne la diminution de la production laitière en première lactation (**Biochard, 1986**).

En France, dans une région peu étendue et au sein de la même race, les génisses vêlent à des âges très différents. D'autres auteurs ont montré la grande variation de l'âge au premier vêlage selon les races, pouvant aller jusqu'à sept mois (**Craplet et al., 1973**).

1.5.4. Facteurs alimentaires

L'alimentation n'est pas un des principaux facteurs de variation du lait mais elle est importante car elle peut être modifiée par l'éleveur. Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la part des acides gras à chaînes longues).

Avec un apport de fourrages à volonté un niveau d'apports azotés conduit à un meilleur taux azoté avec un accroissement de l'apport non protéique (ANP) et des caséines. L'addition de matières grasses dans la ration induit le plus souvent une baisse du TB. Elle est due à une perturbation des fermentations ruminales, mais elle influence la composition en AG de la matière grasse du lait (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

1.5.5. Facteurs climatiques et saisonniers

La saison a une influence importante qui se rajoute à d'autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge, etc.) de façon immuable, le taux butyreux (TB) passe par un minimum en juin- juillet et par un maximum à la fin de l'automne. La teneur en protéines passe par deux minimums un à l'herbe et à la fin de la période du pâturage (**D'hour et Coulon, 1994**).

2. Camembert

2.1. Historique

C'est le plus célèbre des fromages originaires de Normandie. En raison de sa vogue immense auprès des consommateurs, il est fabriqué aujourd'hui dans la plupart des régions laitières françaises. Sa réputation a franchi les frontières et de nombreuses usines étrangères le fabriquent.

A ce produit reste attaché le nom de Marie Harel qui exploitait à la fin du 18^{ème} siècle une ferme, près de Vimoutiers, dans la petite commune de Camembert (Orne). Pour les uns,

Marie Harel est la créatrice du camembert, pour les autres, elle n'a fait que contribuer seulement à son développement local, le fromage existant déjà vers 1700, date à laquelle il est cité dans le « dictionnaire » de Thomas Corneille. Le mérite de Marie Harel fut de fabriquer un fromage type Brie dans un moule à Livarot. C'est le fromage qui est devenu le camembert (Veisseyre, 1975).

2.2. Définition

La définition légale du camembert précise qu'il s'agit d'un fromage à caillé non divisé, de 105 à 110 mm de diamètre, à pâte non malaxée et légèrement salée, à moisissures superficielles, renferment au moins 40g de matière grasse pour 100 g de fromage sec et dont le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 110g (Veisseyre, 1975).

2.3. Composition et valeur nutritionnelle

Le tableau 7, donne la composition du camembert pour 100g du produit frais

Tableau 7: composition du camembert pour 100g du produit frais (Adrian *et al.*, 2003)

Eau (g)	Kcal	KJ	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Ca (mg)	Fe (mg)
50	290	1215	21.4	22.6	0.3	256	0.7

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

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

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

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

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

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

2.4. Technologie de fabrication du camembert

2.4.1. Matières premières utilisées pour la fabrication du camembert

2.4.1.1. Lait

Le lait est la matière première destinée à la fabrication fromagère. Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physico-chimiques est indispensable. Cela aide à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (**GAUCHERON, 2004**).

Différents laits peuvent être utilisés dans la fabrication du camembert, on distingue :

2.4.1.1.1. Lait cru

Le lait cru est un lait frais riche en éléments essentiels (Matières azotées, matières grasses, sucres et minéraux). De plus ce lait doit être d'une haute qualité bactériologique (**GUIRAUD et GALZY, 1980**).

2.4.1.1.2. Lait recombinaé

Selon le **CODEX alimentarius (1996)**, le lait recombinaé est un mélange de lait en poudre écrémaé et de l'eau auquel est ajoutaé de la maéiere grasse laéitière anhydre (MGLA) ou de l'huile du beurre pour obtenir un produit ayant la composition d'un lait frais.

2.4.1.1.3. Lait en poudre

Les poudres de lait sont des produits résultants de l'élimination partielle de l'eau du lait.

Elles sont réparties en trois groupes: la poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémée et la poudre de lait écrémée (**Carole et Vignola, 2002**).

2.4.1.2. La matière grasse laitière anhydre (MGLA)

La MGLA doit contenir au minimum 99,8% de matière grasse. Elle est obtenue à partir de la crème ou du beurre par élimination de l'eau et des matières sèches non grasses par décantation ou par centrifugation (**Luquet, 1990 ; Mahaut et al., 2000**).

2.4.1.3. L'eau de reconstitution

Selon LUQUEL (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.

2.4.1.4. Les ingrédients

2.4.1.4.1. La présure

La présure est la substance permettant de faire cailler le lait. C'est une enzyme d'origine animale, nommée aussi « chymosine », elle est obtenue à partir du suc gastrique de la quatrième poche de l'estomac des jeunes veaux abattus non sevrés (**Eck, 1987**).

2.4.1.4.2. 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

Dans le cas du camembert, les levains lactiques sont constitués de :

- *Lactobacillus casei*
- *Lactobacillus plantarum* (**Eck, 1987**).

2.4.1.4.3. Les levains fongiques

Les champignons jouent un rôle important dans les technologies de transformation des produits alimentaires. Parmi ces champignons :

- *Penicillium camemberti* :

Cette moisissure a une activité protéolytique et lipolytique déterminant les caractères organoleptiques des fromages à l'étape de l'affinage. Elle est souvent désignée par les fromagers sous le nom de « *Penicillium candidum* » (Bourgeois et Larpent, 1989).

- *Geotricumcandidum* :

C'est la moisissure responsable du revêtement blanchâtre du camembert. Elle contribue à la formation de la saveur et de l'arôme du camembert (Bourgeois et Larpent, 1989).

2.4.1.4.4. Les sels

L'addition du chlorure de calcium et du phosphate mono-calcique à raison de 0,2g/L a pour but de favoriser l'équilibre salin et d'améliorer la coagulation. Ainsi l'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à raison de 1,7 à 2,5% apporte le goût caractéristique du fromage et agit sur l'activité de l'eau superficielle (Mahaut *et al.*, 2000).

2.5. Le processus technologique de la fabrication du camembert

2.5.1. Préparation du lait

Cette étape consiste à donner au lait la composition correspondant à celle du fromage et à créer les conditions bactériologiques nécessaires à la coagulation du lait (Bertrand, 1988).

Elle comprend :

2.5.1.1. Standardisation

La standardisation consiste à régler la composition du lait de mélange afin d'obtenir une teneur minimale en ES (Extrait Sec) et en MG (Matière Grasse) dans le fromage commercialisé. Elle est réalisée par le mélange du lait entier à du lait écrémé ou de la crème à du lait écrémé dans des proportions calculées.

Actuellement, certaines techniques (ultrafiltration ou la microfiltration sur membrane) permettent de standardiser le lait en protéine (Thapon, 2005).

2.5.1.2. Homogénéisation

L'homogénéisation est un traitement physique, qui consiste à faire éclater sous une forte pression les globules de matières grasses en très fines particules. La matière grasse se trouve ainsi répartie d'une façon homogène dans tout le volume (Eck, 1997).

2.5.1.3. Pasteurisation

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

2.5.2. Ensemencement et maturation

Le lait estensemencé par les levains lactiques à raison de 1,5 à 2% dans le but d'élever l'acidité de ce dernier, ensuite le phosphate mono-calcique et le calcium sont ajoutés afin de faciliter l'égouttage et de rétablir le temps de prise et de coagulation (**Lenoir et al., 1983**).

2.5.3. La fabrication proprement dite

2.5.3.1. Emprésurage

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

2.5.3.2. Coagulation

La coagulation du lait, qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physico-chimiques intervenant au niveau des micelles de caséine. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification et /ou action d'enzymes coagulantes (**Eck, 2006**).

2.5.3.3. Moulage

Le moulage est la répartition du caillé dans des moules perforés, en métal ou en matière plastique, dont la forme et les dimensions varie avec les types de fromages. La mise en moule se fait manuellement ou automatiquement (**Veisseyre, 1975**).

2.5.3.4. Egouttage

Cette phase consiste en l'élimination plus au moins grande de lactosérum (**Mahaut et al., 2000**).

L'égouttage est accéléré par une série de retournement que les fromages subissent pendant qu'ils sont encore dans les moules (**Veisseyre, 1975**).

2.5.3.5. Démoulage

Les caillés sont fait sortir de leurs moules soit manuellement par retournement, ou automatiquement (**Veisseyre, 1975**).

2.5.4. Les étapes de finition du caillé

2.5.4.1. Salage

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

Le salage complète l'égouttage du fromage en favorisant le drainage du lactosérum. Il apporte ainsi le goût caractéristique du fromage et il agit sur l'activité de l'eau qui influence sur le développement des micro-organismes (Eck, 2006).

2.5.4.2. Ressuyage

Le ressuyage est une opération qui consiste à un séchage en surface, il est réalisé à une température de 11 à 13°C et à une humidité de 90 à 95%.

Le ressuyage est effectué en même temps qu'une pulvérisation du *Penicillium candidum* (Eck, 1990).

2.5.4.3. Affinage

Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique du caillé. Lors de la coagulation et de l'égouttage, le substrat préparé est constitué essentiellement de caséine, de matière grasse et d'une fraction des composants du lait. Ces constituants seront transformés sous l'action enzymatique au cours de l'affinage d'où l'apparition de matières sapides et odorantes (Eck, 1987).

Selon Mcsweeney et Sousa (2000), plusieurs types de dégradation s'effectuent simultanément ou successivement dans la pâte fromagère touchant :

- la fermentation du lactose ;
- la lipolyse ;
- la protéolyse.

2.5.4.4. L'Emballage et le Conditionnement

Le conditionnement du camembert en vue de sa vente bien évidemment, doit assurer sa protection contre les agents extérieurs, durant ce délai qui a pour origine le conditionnement.

Le meilleur conditionnement consiste à l'emballer dans du papier cellulosique et le placer dans des boîtes en carton (Eck et Gillis, 1997)

2.6. Influence du gras/sec sur le rendement final du camembert

2.6.1. Définition du rendement fromager

Le rendement fromager ou le rendement de la transformation du lait en fromage est l'expression mathématique de la quantité de fromage obtenu à partir d'une quantité donnée de lait (souvent 100 L ou 100 kg) (**Vandewegh, 1997**). Le rendement fromager est exprimé

selon la formule suivante (**Hanno et al., 1991 ; Libouga et al., 2006**) :

$$\text{Rdt} = \frac{\text{EST (lait)} - \text{EST (sérum)}}{\text{EST (coagulum)} - \text{EST (sérum)}} \quad \text{avec : Rdt} = \text{Rendement}$$

Le rendement fromager est l'une des données les plus importantes dans une fromagerie. En effet, la quantité de fromage généralement obtenue est faible par rapport à la quantité d'ingrédients mis en oeuvre (il faut environ 100kg de lait pour obtenir 10 à 12kg de fromage). Autrement dit, une faible variation de rendement peut avoir des conséquences économiques importantes (**Eck, 1987**).

La matière première n'est plus seulement un des composants du lait, mais le lait tout entier, ou mieux, une partie plus ou moins importante de tous ces composants. C'est ainsi que la presque totalité de la caséine et de la matière grasse employée ; de même une partie notable de l'eau passe dans le fromage ; et une proportion faible du lactose et des sels est retenue quel que soit la nature du produit fabriqué (**Colin et al, 1992**).

2.6.2. Importance du contrôle de rendement fromager

Compte tenu de l'importance économique accrue accordée à la rentabilité d'une fabrication, l'industrie doit pouvoir calculer à l'avance son rendement fromager, c'est-à-dire la quantité de fromage qu'il peut théoriquement fabriquer à partir du volume de lait mise en oeuvre. Cette détermination lui permettra d'abord de prévoir les moyens nécessaires (main d'œuvre, matériel), elle rendra possible également le contrôle du fonctionnement de l'usine (**Hurtaud et al., 1991**).

En effet, il suffira de comparer le rendement théorique au rendement pratiquement observé pour mettre en évidence les pertes évitables dues, dans la plus part des cas, à des erreurs de fabrication dont la correction est aisée lorsqu'elles sont décelées (**Veisseyre, 1975**).

L'industriel connaît la quantité de lait entrée dans son usine, il connaît bientôt la quantité ou le poids des fromages fabriqués avec ce lait ; un simple calcul, une modeste division, lui indique le nombre de litres de lait employés pour faire soit un fromage, soit un kilogramme de fromage. Il compare ce chiffre avec celui qu'il a obtenu précédemment et constate des différences en plus ou en moins dans ce rendement, ce qui l'incite à rechercher si nécessaire les causes de cette différence qu'il attribue, soit à une trop grande acidité du lait, soit à un chauffage trop fort ou trop faible, soit à un égouttage plus ou moins rapide ou défectueux, soit enfin à la saison ou à toutes autres causes. Dans certains cas il remédiera à ces accidents, lorsqu'il en sera

le maître ; souvent il ne pourra que constater « je le fais sans pouvoir agir ». (Carole et Vignola, 2006 ; Meyer *et al.*, 1998).

2.6.3. Facteurs influençant le rendement fromager

2.6.3.1. Teneur en humidité conservée dans le produit

Plus on garde de l'eau dans un fromage, moins il faut mettre de lait en œuvre pour l'obtenir. Ainsi, il faut moins de litre de lait pour faire un kg de patte fraîche que pour faire 1kg de comté (pâte ferme), et bien évidemment, on extraira moins de sérum pour 1 kg de pâtes fraîches que pour 1 kg de comté. Schématiquement, en augmentant le caractère lactique d'un fromage, on tend à augmenter le rendement ; inversement, en augmentant le caractère présure, on tend à réduire le rendement (Colin, 1992).

2.6.3.2. Richesse du lait en matières grasses

Plus le lait de fabrication est riche en matières grasses, plus le rendement sera élevé ; on considère qu'un gramme par litre de matière grasse en plus fait gagner 1,3g de fromage. Ainsi les rendements en fabrication de camembert à 50% de gras/sec sont plus élevés qu'en fabrication de 45% car le lait est plus riche au départ (Anonyme, 1991).

2.6.3.3. Richesse du lait en matière protéique

Comparativement aux matières grasses, ce sont les matières azotées qui conditionnent les rendements. On considère que 1g de matière azotée fixe 2,3 à 2,8g d'eau, tandis que 1g de matière grasse fixe au plus 0,2g. On sera donc amené lorsque l'on fabrique un fromage vendu à la pièce à moduler la quantité de lait mise en œuvre pour obtenir un fromage à poids constant en fonction de la richesse des laits en protéines (Mietton, 1986).

2.7. Traitement thermique du lait

Il entraîne un gain dû à la précipitation des protéines sériques qui restent dans le fromage, au lieu de partir dans le sérum. Les rendements en fabrication du camembert pasteurisé sont plus élevés qu'en cru (Liquet, 1991).

2.8. Contrôle du rendement et l'origine des pertes

Sur le plan économique, le rendement fromager global comme la récupération des ingrédients revêt une place primordiale puisqu'une augmentation de 1% du rendement peut se traduire par une augmentation de 20% du profit. En regard de la qualité des fromages, le rendement est directement lié à la composition finale du produit, particulièrement en eau. Ce facteur change considérablement la qualité du produit et sa capacité à développer des qualités organoleptiques propres, ce qui limite aussi l'augmentation possible du rendement (Carole, 2002).

2.9. Egouttage trop poussé des cailles bottes

L'humidité finale du produit est le facteur principal du rendement fromager. Elle est aussi une caractéristique principale du fromage et il n'est pas possible d'augmenter le rendement en diminuant la quantité de sérum soutiré. Par exemple, le cheddar ne peut pas contenir plus de 39% d'eau, selon sa définition légale.

Essayer d'augmenter le rendement en augmentant l'humidité de la pâte reviendrait à obtenir un produit hors norme. Par ailleurs cette valeur maximale n'est pas toujours souhaitable. En effet, la qualité de l'affinage et donc du produit fini exige souvent une humidité inférieure. Avec 39% d'humidité, le cheddar serait difficile à affiner et défaut de saveur (amertume) et de texture serait à craindre, l'ajustement de l'humidité optimal tient compte à la fois du maximum permis et des caractéristiques du produit ainsi que capacité de la caille botte de s'affiner dans de bonnes conditions (Werber, 1997).

2.10. Pertes de particules de caillé tout au long du procédé

Ces pertes proviennent essentiellement des différentes opérations d'égouttage. Le découpage, les brassages, les transferts de caillé sont autant d'opération qui peuvent briser le gel en de très fines particules qui seront entraînées dans le sérum. A titre d'exemple, la forme d'aiguisage, la vitesse de rotation des couteaux utilisés lors du décaillage peuvent entraîner des variations importantes de rendement fromager (Maubois *et al.*, 1970).

2.11. Pertes de matière grasse

La matière grasse ne fait pas partie du gel caséine, mais se retrouve emprisonnée dans le réseau protéique. Dans une fabrication normale, les pertes de matières grasses peuvent atteindre de 4 à 20% des matières grasses initiales.

L'importance des pertes de la taille des globules de gras. Les globules de gras de plus petites tailles sont moins susceptibles de rester dans le gel et ont plus de chance d'être entraînés par le lactosérum. Par conséquent, l'homogénéisation du lait de fromagerie est généralement à proscrire puisque ce traitement augmenterait les pertes en matière grasse et, dans une moindre mesure, les pertes en protéines fixées sur la membrane globulaire reconstituée (Banks *et al.*, 1984).

2.12. Perte de protéine

Les pertes globales en protéines concernent surtout les protéines sériques solubles dans l'eau et donc entraînée par le lactosérum. Dans une fabrication conventionnelle, 80 à 90% des protéines du sérum se retrouvent dans le lactosérum. Cependant, ces protéines ne représentent qu'un cinquième des caséines qui, sont récupérées à plus de 92% dans le fromage.

Pour augmenter le taux de récupération des protéines qui, on peut appliquer des traitements de chaleur, ou des traitements acidifiants, sur les protéines sériques. Sans d'autres précautions, ces traitements, s'ils augmentent le rendement fromager, nuisent à la quantité du fromage en

entraînant des problèmes d'égouttage et des défauts majeurs dans le produit fini (**Mahaut et al., 2000**).

2.13. Pertes liées à l'entreposage du lait

Notons enfin que l'entreposage du lait réfrigéré pendant une période trop longue (supérieure à 72 heures) entraîne une baisse du rendement par :

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

2.14. Pertes liées au surpoids

Dans le fromage vendu à l'unité, il faut ajouter les pertes dues au surpoids puisqu'il est dans ce cas difficile de contrôler avec précision le poids final de chaque unité (**Carole, 2002**).

2.15. Influence de la matière grasse sur le rendement

La composition de la matière grasse du lait (longueur de la chaîne carbonée et degré d'insaturation), et donc du fromage, dépend du stade de lactation, mais aussi et surtout de l'alimentation des animaux (**Chilliard et al., 2000**). Elle peut être à l'origine des différences de texture et/ou de flaveur des fromages (**Buchin et al., 1999, Collomb et al., 1999, Bugaud et al., 2002**).

Bugaud et al., (2002) ont observé une relation étroite entre la déformation à la fracture du fromage et la teneur en acides gras longs insaturés du lait. Le point de fusion plus faible de ces acides conduit à des matières grasses plus fluides et donc à des fromages plus souples. Par ailleurs, certains acides gras peuvent être dégradés par les enzymes microbiennes lors de l'affinage du fromage pour donner des composés responsables d'arômes dans le fromage (**Urbach, 1997**).

Enfin, des travaux récents ont montré que les propriétés des globules gras du lait pouvaient modifier les caractéristiques physicochimiques et sensorielles (fermeté, élasticité, couleur) des fromages de type Camembert (**Michalski et al., 2003**). Or il est possible que les propriétés des globules gras du lait soient en partie sous la dépendance de facteurs alimentaires et/ou génétiques (**Munro et al., 1984**).

Le rendement augmente avec la teneur en MG, mais de façon beaucoup moins importante que la teneur en protéine. En effet, les caséines, quand elles coagulent, forment un réseau protéique qui emprisonne les autres constituants, et en particulier la matière grasse présente sous forme de globules gras. Un point de taux butyreux (TB) supplémentaire ferait ainsi gagner entre 90 et 165g de fromage pour 100 litres de lait.

Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation (**Anonyme 2**).

La matière grasse, en quantité trop importante peut devenir gênante car elle va encombrer le réseau protéique formé lors de la coagulation : la synérèse est freinée lorsque, à même taux protéique et à mêmes paramètres technologiques, la MG augmente. Les fromages prennent alors un caractère plus « lactique » car plus humides et plus déminéralisés au moulage, et avec une plus grande quantité de sucres résiduels (risque de post-acidification).

Pour compenser cette augmentation de la matière grasse, outre l'écémage partiel de la matière première, on va essentiellement jouer sur la réduction de la durée de durcissement afin d'avoir un gel moins ferme, réaliser un décaillage plus fin, augmenter la température lors du travail en cuve et augmenter le nombre ou l'intensité des brassages : Il faudra chercher à compenser l'encombrement du réseau et donc le manque d'égouttage par plus de travail et d'égouttage en cuve. Sa sera le contraire si la MG est trop faible (**Anonyme 3**).

Chapitre 02

Matériel et méthodes

1. Objectifs de l'étude :

Notre étude consiste à faire un suivi de la matière grasse au cours des différents stades de fabrication du camembert et étudier son impact sur le rendement fromager. Ainsi, nous avons effectué un stage à l'usine de fabrication laitière de SIDI SAADA.

2. Présentation de l'unité :

La laiterie- Fromagerie Sidi Saada est une unité fromagère sous le nom juridique SPA laiterie SIDI SAADA (Figure 3), située dans la commune de sidi Saada, daïra de Yellel, wilaya de Relizane. Elle a été mise en service en 1987. Après le départ de son constructeur Français, certains ateliers n'ont pas pu être mis en service, c'est pour cela que le nouveau propriétaire s'est attelé à la rénovation des équipements pour la mise en exploitation de la totalité des capacités existantes.

Les travaux ont touché les utilités (traitement de l'ambiance, station de production froid et traitement des eaux) et l'introduction de nouveaux produits laitiers (Fromage frais type Laibni) par l'installation d'un nouvel atelier de fabrication.

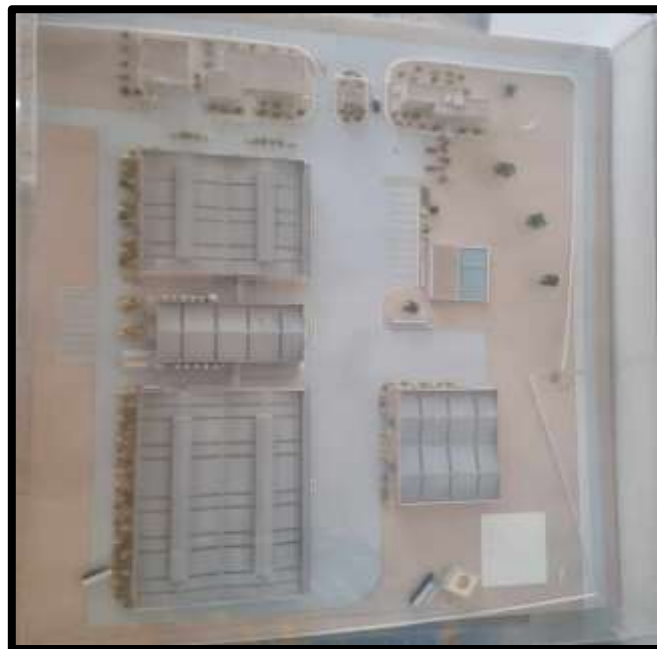


Figure 3 :S.P.A laiterie SIDI SAADA

Identification :

Forme juridique : SPA laiterie SIDI SAADA

Capitale sociale : 1114800000.00

Président du conseil d'administration : Mr Tlemsani Mahmoud

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

Directeur générale : Mr Karere Ali

La situation géographique :

Siege sociale et usine de production commune de sidi Saada daira de Yelle wilaya de Relizane

Historique :

1987 : lancement du projet : maitre de l`ouvrage :l`office régional ouest du lait (Orolait)

Constructeur : ALFA LAVAL France

1993 : mis en exploitation de l`usine

1997 : passage sous la tutelle du GIPLAIT après dissolution des offices régionaux (Octobre).

2001 : changement de statu en filiale du groupe Giplait (Avril).

2007-2017 :session de la totalité des actions de EPE laiterie fromagerie Sidi Saada spa a la sarle produit laitière « Tréfle ».

Infrastructure :

- Infrastructure :

*L`infrastructure de l`entreprise laitière de Sidi Saada comprend :

- une surface totale de 98000 m² dont 23000m² en batis composés de :
- Un atelier abritant les ateliers de réception de lait de ferme pour la fabrication des produits laitiers
- Deux bâtiments, abritant les magasins de matières premières et matières consommables
- des locaux techniques abritant les équipements d`énergie et des utilites (transformateurs) groupes électrogènes de secours, onduleurs, chaudière, compresseurs, équipements de froidetc.)
- Des locaux sociaux (casiers, toilettes, cafétéria, ...etc.)
- Un bloc administratif
- Un laboratoire d`autocontrôle
- Une station d`épuration des eux usés
- Une cité de trente logements.

*un parc d`équipements de production comprenant notamment

- Les différents équipements de fabrication « process » pasteurisateurs, réchauffeurs, refroidisseurs ...etc.)
- les équipements des utilités pour la production des énergies : transformateurs, groupes électrogènes, onduleurs, compresseurs, groupes de froid, etc.)
- Les équipements de conditionnement en pots pour les yaourts, pates fraîches et en bouteilles (sidel) pour les laits de longue conservation.
- les équipements de stockage(les différents tanks)
- les équipements de transport et de manutention.

3. Echantillonnage

Nous avons effectué un suivi de trois productions où la matière grasse a été fixée, et suivi trois autres productions dont l'extrait sec total a été fixé ; tout en sachant que chaque production présente la moyenne de trois production pour chaque paramètre précédemment cité.

Nous avons procédé à des analyses du lait le produit fini.

Le lait cru a été directement prélevé à partir des citernes de collecte après homogénéisation.

Quant aux échantillons du fromage, nous avons essayé d'effectuer l'analyse en opérant à deux niveaux de prélèvement :

- Au démoulage
- A la fin de l'affinage (12jours)

Les échantillons ont été prélevés à la laiterie de SIDI SAADA, et les analyses physicochimique (MG, EST, D°,...) ont été effectuées au laboratoire de la laiterie.

4. Processus de fabrication du camembert

4.1. Réception du lait à l'usine

L'unité de sidi Saada reçoit quotidiennement des quantités importante du lait qui destiné a la fabrication des sous-produits du lait « les fromages », les conditions d'hygiènes sont respectées pendant le ramassage et la collecte de lait, le lait de vache provient des éleveurs est

porté dans des camions citerne en acier inoxydable bien nettoyé avant et après l'utilisation parce que le lait est un excellent milieu de culture microbienne.

Durant la réception du lait, des mesures physico-chimiques ont porté essentiellement sur l'acidité, la densité, température et la matière grasse.



Figure 4 : le lait à la réception

4.2. Standardisation :

C'est une étape qui consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer, et cela s'effectue en ajoutant de la poudre du lait (0% et 26%).

Et pour réaliser la stabilisation de l'émulsion de la MG et éviter la remontée de la crème, le lait subie une homogénéisation. **(Bertrand, 1988)..**

4.3. Pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique qui entraîne la destruction de la plupart des formes végétatives de microorganismes banaux et celles de tous les microorganismes pathogènes. La pasteurisation inactive en outre le phosphate du lait cru ainsi que d'autres enzymes, ceci permet de contrôler son action. **(Guiraud, 2003)**

En pratique, il s'agit d'une pasteurisation en continue, elle s'effectue en circuit fermé, le lait est pasteurisé dans un échangeur à plaque, à une température de 86°C pendant 15 à 20 secondes, puis il est conduit vers des tanks de stockage où la température est de 8 à 10°C.

4.4. Pré-maturation

Une fois le lait refroidi de 8 – 10°C, il est réparti dans des tanks de 10000 L auquel on ajoute 1,5 L de CaCl_2 . On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène d'affinage. Il s'agit de spores de *Pénicillium candidum*, *Pénicillium camemberti* ; ensuite on laisse le lait reposé 10 à 12 heures.

Après la pré-maturation le lait est passé dans un réchauffeur à plaques à une température 36°C, pour les ensemencements avec ferment lactiques.

4.5. Phase d'ensemencement-maturation

C'est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée qui va participer :

D'une part à la coagulation du lait (en provoquant l'acidification) c'est à dire la production d'acide lactique, qui est un sous-produit de la fermentation (voie de dégradation des sucres en condition anaérobie).

D'autre part, à l'affinage du fromage (rôle dans l'activité protéolytique), les bactéries lactiques ne peuvent absorber et utiliser que des acides aminés libres, peu abondants dans le lait, ou des peptides courts (composés seulement des quelques acides aminés).

Après l'addition des ferments au lait, les bactéries commencent la dégradation du lactose en l'acide lactique.

4.6. emprésurage et coagulation

Après la maturation, le lait (10000 L pour chaque production) est acheminé vers la salle de production à travers la tuyauterie de la fromagerie pour remplir les bassins (cuves) de 1000L, on ajoute une quantité 190 g de présure pour 10000 L de lait (19g / 1000 L).

La présure est diluée dans 1 L d'eau distillée. On incorpore 100 ml de la présure diluée pour chaque 1000 L de lait puis on agite le mélange. La température de l'emprésurage est comprise entre 36 à 37°C.

Pour la coagulation le lait sera modifié, il passe de l'état liquide à l'état de gel dans un temps calculé (quand définit le temps de prise), le temps de prise est compris entre 10 et 15 minutes, il est obtenu par chronométrage à partir du moment de l'emprésurage jusqu'à l'apparition des flocons.

La phase de coagulation est représentée dans la figure suivante (Figure 5) :



Figure 5: phase de coagulation

Après la gélification du lait, le lactosérum remonte, on fait le découpage.

4.7. Découpage et brassage

Le découpage se fait manuellement par la tranche caillé c'est une pièce de métal inoxydable, de forme d'arc (demi-cercle) menu des files (fil de pêche) à un espacement entre les fils égale à 1,5cm. Cette étape est présentée dans la figure 6.



Figure 6: opération du découpage

Le but de cette étape est de faciliter la sortie de l'eau et favoriser ainsi la sortie de lactosérum du coagulum. A la laiterie le caillé est soumis à un découpage en petits cubes de 1 à 2 cm², le découpage s'effectue à deux fois (Figure 7), le temps de prise (le moment de découpage) est déterminé par le temps de prise : 15 à 20 min. Le caillé découpé subit deux brassages :

- 1^{er} brassage se fait 15 min après découpage.

- 2^{ème} brassage se fait 15 min après le 1^{er} brassage



Figure 7: Brassage d'un caillé du camembert

4.8. Moulage

Le moulage se fait dans des moules disposés sur les plateaux d'égouttages, le moulage a pour but de donner au fromage sa forme définitive.

Les moules utilisés à l'unité sont des moules en plastique, de forme cylindrique, ont un diamètre de 12 cm et une hauteur de 8 cm.

Les moules ne comportant pas de fond, sont placés directement sur des plaques en plastiques perforées pour éviter les pertes du caillé.



Figure 8: les moules utilisés à l'unité.

Les plaques reposent eux-mêmes sur les plateaux en aluminium, qui sont munies des trous sur les côtés qui permettent l'écoulement du sérum. Le remplissage des moules suit au passage du caillé par la goulotte située à l'extrémité de chaque bassin.

L'opération est conduite en déplaçant les plateaux montés sur des chariots à la table d'égouttage, pour favoriser l'écoulement du sérum qui s'acidifie progressivement. La

température de salle de moulage est de 26 à 28°C. L'opération du moulage est représentée dans la figure 9.



Figure 9: Opération du moulage.

4.9. Retournement et égouttage

Il permet d'évacuer le lactosérum accumulé dans des cavités, de rendre plus homogène la teneur en eau aux différents endroits et d'accélérer l'égouttage.

Les pièces obtenues vont subir deux retournements successifs, le premier retournement est adopté 1 h 30 minutes après moulage et suivie d'un deuxième retournement 3 h après moulage.

L'égouttage c'est un phénomène dynamique qui se traduit par une importante de lactosérum et s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement du gel.

Cette action passe dans la salle d'égouttage à la température (20-28°C) qui s'abaisse de 1°C pour heure jusqu'à 20-22°C où elle reste constante par la suite durant toute la nuit.



Figure 10: Opération des retournements

4.10. Démoulage

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

Au moment du démoulage, le pH du caillé est $< 4,9$ et le taux de l'humidité est de 58 à 60 %.

Après le démoulage, le fromage est transporté vers la salle de salage, les fromages démoulés sont déposés sur des claies métalliques d'affinage.

4.11. Salage

Quand l'acidité du lactosérum atteint 80 à 90° D. les caillées sont démoulés placés dans des claies de salage et plongés dans un bain de saumure durant 20 minutes (Figure 10), la durée de salage est en fonction de l'acidité de démoulage .lorsque l'acidité diminue la durée de salage augmente, cette opération complète l'égouttage et crée à la surface des fromages un milieu sélectif.

Caractéristique de la saumure :

- Température : 14° c.
- Densité : 1180.
- Concentration du sel 320 g/L.



Figure 11: Opération du salage.

4.12. Affinage

Les fromages sont placés dans une salle appelée hâloir durant 12 jours dont les conditions d'ambiance réglées à température 12° C et d'humidité relative 95-98% donc c'est l'étape finale de la fabrication du camembert. Ceci étant fait, une première pulvérisation, d'une suspension de spores de *Penicillium candidum* lyophilisant, est effectuée.

Les fromages sont retournés une fois tous les deux jours, cette opération est à chaque fois accompagnées par une nouvelle pulvérisation.

- A partir du 5^{ème} jour d'affinage, le *Penicillium* commence à envahir la surface des fromages



Figure 12: l'affinage.



Figure 13: Les échantillons de camembert dans les hâloirs

4.13. Conditionnement et emballage

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

A l'unité SIDI SAADA, les fromages sont emballés manuellement dans un papier perforé cellulosique puis dans des boîtes en cartons. Les fromages sont emballés dès le 12^{ème} jour lorsque la moisissure est suffisamment développée. Ils sont commercialisés sous cette forme avec l'appellation « Tassili » représenté dans la figure suivante :



Figure 14:Conditionnement et emballage.

5-Matériel et méthode

5.1.-Analyses physicochimiques du lait

Cette étude a porté sur 3 échantillons de lait cru, provenant de 3 laiteries représentatives des différents quartiers de la ville de RELIZANE.

Les échantillons ont été prélevés le matin (7h à 9h), et placés dans un sac isotherme avec des glaçons, pour éviter l'augmentation de température lors du transport vers le laboratoire.

L'échantillonnage a porté sur 1 litre de lait (acheté) de chaque laiteries (1/2L de lait pour les analyses physicochimiques et 1/2L pour les analyses microbiologiques).

A l'aide d'un appareil Lactostar, on procède à l'analyse des différents paramètres physicochimiques du lait cru (matière grasse, matière sèche non grasse, densité, point de congélation, pH,...).

5.1.1 - Mesure de pH

Le pH du lait a été mesuré par un pH-mètre digital (Figure 15). Le bout de l'électrode du pH- mètre est immergé dans un bécher contenant 10 ml de lait cru. (Aggad *et al.*, 2009).



Figure 15: pH-mètre

5.1.2.- Mesure de l'acidité Dornic

L'acidité Dornic du lait, c'est la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries. L'acidité Dornic du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (**Aggad et al., 2009**). Le titrage de l'acidité se fait par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine comme indicateur.

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

Le résultat se lit selon le volume de soude nécessaire, 1mL de NaOH correspond à 10°D et 1°D correspond à 0,1g/l d'acide lactique. (**Aggad et al., 2009**)

Dans un bécher on introduit 10 mL de lait prélevé à la pipette, on ajoute deux ou trois gouttes de la solution de phénolphthaléine à 1% puis on titre par la soude d'hydroxyde de sodium (0.1mole/l) jusqu'à virage au rose, facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait. On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose persiste pendant une dizaine de secondes,

D'après la **FAO**, l'acidité du lait est en moyenne 16 (15-17 °D). L'augmentation de cette acidité peut être due à la dégradation du lactose en d'autres acides en plus de l'acide lactique et des liquides

5.1.3- Mesure de la densité

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

Elle est déterminée à l'aide d'un thermo lactodensimètre étalonné de manière à donner (par simple lecture du trait correspondant au point d'effleurement) la densité de l'échantillon à analyser dans lequel il flotte. Elle est ramenée à 20°C par la formule suivante :

- Si la $T > 20^{\circ}\text{C}$, Densité corrigé = densité lue + 0, 2(température du lait-20)
- Si la $T < 20^{\circ}\text{C}$, Densité corrigé = densité lue - 0, 2(température du la
- Si la $T = 20^{\circ}\text{C}$, Densité corrigé = densité lue

On verse le lait dans l'éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse ou de bulles d'air, on remplit l'éprouvette jusqu'à un niveau tel que le volume restant soit inférieur à celui de la carène de lactodensimètre

L'introduction de lactodensimètre dans l'éprouvette pleine de lait provoque un débordement de liquide, ce débordement est nécessaire, il débarrasse la surface du lait des traces de mousse qui gêneraient la lecture.

On place l'éprouvette ainsi remplie en position verticale, il est recommandé de la plonger dans le bain à 20°C lorsque la température du laboratoire n'est pas comprise entre 18°C et 22°C.

On plonge doucement le lactodensimètre dans le lait en le maintenant dans l'axe de l'éprouvette en le retournant dans sa descente jusqu'au voisinage de sa position d'équilibre, Puis on attend trente secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation, cette lecture étant effectuée à la partie supérieure du ménisque, lire la température.

5.1.4- Mesure de la teneur en matière sèche totale

On entend par matière sèche du lait le produit résultant de la dessiccation du lait dans les conditions décrites par la présente norme (AFNOR, 1985).

Dans une capsule séchée et tarée, on introduit 5ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette puis on introduit la capsule dans une étuve à 103°C pendant 3 heures, après refroidissement dans un dessiccateur, on effectue une deuxième pesée de l'échantillon dans une balance analytique.

La matière sèche totale s'élève habituellement de 125 à 130g/l pour le lait de vache. La matière sèche du lait exprimée en pourcentage en masse, est égale à :

$$\frac{M1-M0}{M} \times 1000$$

M1: Masse en grammes, de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement. M0: Masse en grammes, de la capsule vide.

M : Masse de la prise d'essai en grammes.

5.1.5-La recherche des résidus d'antibiotiques :

Les antibiotiques se retrouvant dans le lait inhibant la croissance des bactéries lactiques utilisées comme ferments en retardant ou en empêchant le développement des ferments. Par ailleurs, la présence des antibiotiques dans les produits laitiers peut créer de graves problèmes de santé pour le consommateur. C'est pourquoi les industries laitières recherchent leur présence par différentes techniques.

La recherche des antibiotiques est un test qui se fait dès la réception du lait cru, par une méthode appelée Beta Star Combo.

Beta Star Combo est un test de détection visuelle rapide pour les Béta-lactames (Amoxicilline, Ampicilline...) et résidus d'ATB Tétracycline (Oxytétracycline, Tétracycline...) dans le lait cru.

On met 0.2 ml de lait dans un flacon récepteur, celui-ci est incubé dans un appareil chauffant « Heater block » à 47.5°C pendant 3 mn.

Une bandelette est plongée dans le tube et incubée à 47.5 / 5min, puis on fait la lecture de résultats à l'aide d'un référence



Figure 16 : Le test de Beta Star Combo pour la recherche des antibiotiques dans le lait cru

5.1.6 Teste d'amidon :

Ce test nous renseigne sur la nature du lait (naturel ou reconstitué). Il consiste à l'ajout diode (I2) dans quelques mL de lait.

Mode opératoire

-Dans un tube à essai, on met quelque ml de lait fraîchement prélevés, on chauffe le tube quelques minutes à 70°C puis on ajoute quelques gouttes diode (I2).

-S'il y'a virement de coloration au bleu brick le test est considéré comme positif si non le test est négatif.

5.1.7 _ Teste d'ébullition :

Dans un tube on introduit 2 à 5mL de lait et on porte à l'ébullition. - Si le lait est normal, le liquide reste homogène après quelques instants d'ébullition et au refroidissement il se forme en surface une pellicule blanche, plissée (formée principalement).

5.1.8- Mesure de la température :

La température est déterminée sur place à l'aide d'un thermomètre. Elle varie de 4,5 à 10°C, tranche de stabilité des germes.

5.1.9- Mesure de la teneur en matière grasse

- par la méthode acido – butyrométrique (**norme AFNOR, 1980**)

La méthode acido-butyrométrique est une technique conventionnelle qui lorsqu'elle est appliquée à un lait entier de teneur en matière grasse moyenne et de masse volumique moyenne à 20°C (27°C dans les pays tropicaux) donne une teneur en matière grasse exprimée en grammes pour 100g de lait ou 100 ml de lait (**AFNOR, 1985**).

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 couche claire dont les graduations du butyromètre révèlent le taux exprimé en g/l.

A l'aide d'une pipette, on mesure 10 ml d'acide sulfurique et on l'introduit dans le butyromètre, puis on retourne doucement trois ou quatre fois le récipient contenant l'échantillon préparé, après on prélève immédiatement à la pipette le volume fixé du lait et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci de façon qu'il forme une couche au-dessus de l'acide, à l'aide d'une pipette, on mesure 1ml d'alcool amylique et on l'introduit dans le butyromètre sans mouiller le col du butyromètre ni mélanger les liquides. Bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu.

On agite et on retourne le butyromètre jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé, et jusqu'à ce que les protéines soient entièrement dissoutes.

On place immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, amener la centrifugeuse à la vitesse requise (1200 tr/mn) en 2 minutes puis maintenir cette vitesse pendant 4 minutes.

On place le butyromètre dans un bain d'eau à $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 2 à 3 minutes, puis on enlève le butyromètre du bain d'eau, le bouchon étant toujours ajusté vers le bas.

La matière grasse est bien détectée par sa couleur jaune claire par rapport aux autres Constituants. La teneur en M.G du produit exprimée en pourcentage en masse est déterminée par l'expression suivante :

$$\text{MG (\%)} = N1 - N2$$

Où :

N1: la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne du butyromètre.

N2 : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne du butyromètre

5.1.10- Détermination de la teneur en extrait sec dégraissée

Le pourcentage d'extrait sec dégraissé a été calculé par la différence entre extrait

Sec total et la matière grasse :

$$ESD = EST - MG$$

ESD : extrait sec dégraissée ;

EST : extrait sec total ;

MG : matière grasse

5.2- Analyses physicochimiques du Camembert

5.2.1- Mesure du pH

La mesure du pH (Figure 17) est effectuée par un pH mètre, on l'introduit au cœur du fromage. L'expression des résultats s'effectue par une simple lecture directe sur l'écran du pH-mètre. (Aggad et *al.* 2009).



Figure 17: Mesure du pH du camembert

5.2.2- Mesure de la teneur en matière sèche totale :

Après élimination de la croûte du camembert, on pèse 3 grammes du fromage soigneusement broyé, qu'on introduit dans une étuve à 103°C pendant 3 heures, après refroidissement dans un dessiccateur, on effectue une deuxième pesée dans une balance analytique.



Figure 18 : mesure de la teneur en matière sèche totale.

5.2.3 - Mesure de la teneur en matière grasse

- Par la méthode acido – butyrométrique (**norme AFNOR, 1980**) :

On pèse 3g de fromage et on le broie dans un godet et on l'introduit dans le butyromètre de VanGulik.

On introduit par l'extrémité du butyromètre de l'acide sulfurique jusqu'à ce que le niveau de l'acide dépasse le godet de 2 mm puis on place le butyromètre dans un bain-marie jusqu'à la dissolution totale du fromage

- Retirer le butyromètre, on agite puis on introduit 1ml d'alcool isoamylique ;
- Ajouter de l'acide sulfurique jusqu'à l'avant dernière graduation du butyromètre ;
- Faire des retournements puis des agitations (2 fois) ;
- Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à 1200 tours / min pendant 6 minutes



Figure 19 : La méthode acido-butyrométrique

5.3- Analyses microbiologiques du lait cru et du camembert

Les techniques de dénombrement sont effectuées selon le manuel d'usage relatif aux analyses et tests des produits laitiers (Petraschi et Lapied, 1981).

5.3.1- La préparation des dilutions :

Aseptiquement, on prélève près d'une flamme d'un bec bunsen 10g du produit à analyser (camembert) ou 10 mL pour le lait qu'on introduit dans un flacon stérile préalablement taré contenant 90 mL d'eau physiologique, qu'on agite à homogénéisation, la solution étant préparée et considérée comme dilution 10-1 à partir de celle-ci on procède à la réalisation d'autres dilutions en prélevant à l'aide d'une pipette pasteur, et d'une façon aseptique 01 mL de la solution mère (10-1) qu'on introduit dans un tube contenant 09 mL d'eau physiologique, et on obtient la dilution voulue tout en changeant de pipette d'une dilution à une autre, puis on ensemence les milieux de culture. (Bereda *et al.* 2012; Gargouri *et al.* 2014; Ventimiglia *et al.*, 2015).

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

- La flore aérobie mésophile totale
- Et les bactéries témoins de contamination fécale :
 - Les coliformes totaux ;

- Les coliformes fécaux ;
- Les *Staphylococcus aureus*;
- Les *Clostridium* sulfito-réducteurs.
- Les salmonelles.

5.3.2-Recherche et dénombrement des germes de contamination

5.3.2.1 Dénombrement des Coliformes totaux

. Rappel

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

Principe

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

Mode opératoire

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

Sélection et numération des colonies

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

2. Dénombrement des Coliformes fécaux

Rappel

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

Principe

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

Mode opératoire

- L'opération s'effectue à proximité d'une flamme ;
- Porter aseptiquement 1ml de la dilution 10-1, à mettre dans une boîte de pétri vide
- préparée à cet usage, et recouvrir par la suite avec 15 à 20 ml de la gélose VRBL
- préalablement liquéfié et refroidit à 45°C $\pm$ 1°C ;
- Faire ensuite des mouvements circulaires de va et de vient en forme de « 8 » pour homogénéiser le tout ;
- Laisser solidifier le mélange sur une paillasse ;
- Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau environ 4 à 5ml de la même gélose : cette double couche a pour rôle de protéger contre les diverses contaminations ;
- laisser solidifier à nouveau ;
- La boîte est incubée, couvercle en bas pendant 24 h à 44°C pour la recherche des coliformes fécaux ;
- La recherche des coliformes fécaux se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur double couche : on met le volume de solution nécessaire dans la boîte de pétri, puis on le recouvre de milieu de culture VRBL, après que la gélose soit à peu près solide on rajoute une seconde couche de gélose. Cette méthode a pour but d'éviter que les colonies s'étalent. Ce qui permet un meilleur dénombrement.

Sélection et numération des colonies

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

5.3.2.2-Dénombrement des *Staphylococcus aureus* :

Rappel

Staphylococcus aureus est une cocco bactérie à Gram positif, catalase positive, ce denier a un diamètre d'environ 0,5 à 1,5 μm , non sporulé, immobile et facultativement anaérobique, qui fait partie de la flore humaine et est surtout présent dans le nez et sur la peau.

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

Principe

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

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

Mode opératoire

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

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

Sélection et numération des colonies

- Les colonies caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires brillants et convexes dont le diamètre est au minimum de 1 mm et au maximum de 2.5 mm entourées d'un halo d'éclaircissement et de précipitation.
- Les colonies non caractéristiques après 48 h d'incubation sont noires et brillantes avec ou sans bord blanc étroit avec des halos d'éclaircissement et de précipitation
- absents ou à peine visibles. Elles peuvent être grises dépourvues de zone claire.
- Les colonies caractéristiques et / ou non caractéristiques sont dénombrés manuellement, si la boîte contient moins de 102 de colonies caractéristiques et/ ou non caractéristiques selon la norme, alors cette dernière est retenue.

5.3.2.3-Dénombrement des *Clostridium* Sulfito-Réducteurs

Rappel

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

. Principe

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

. Mode opératoire

- Ensemencer dans un tube à essai stérile 1 ml de la dilution 10^{-1} , puis remplir le reste
- de tube avec 20 ml de la gélose TSN ;
- Homogénéiser l'ensemble par un mouvement circulaire vertical en évitant toute introduction d'air (anaérobiose : absence d'O₂) ;
- Placer le tube à 46°C et observer après 24 h ;
- La recherche des *Clostridium* Sulfito-Réducteurs se fait donc par la méthode d'ensemencement en profondeur.

. Sélection et numération des colonies

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

5.3.2.4.-Dénombrement des Salmonelles

Rappel

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

Principe

Du fait de leur rareté, il s'applique un processus de revivification et de multiplication, Correspondant à un enrichissement voire un pré enrichissement de cellules .ces opérations est suivi d'isolements sur divers milieux gélosés sélectifs.

Mode opératoire

1) Pré enrichissement non sélectif :

Cette première étape consiste à :

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

2) Enrichissement sélectif :

Cette seconde étape consiste à :

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

3) Isolement

Cette troisième étape consiste à

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

. Sélection et numération des colonies

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

5.3.2.5-Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT) :

NB : on recherche FAMT seulement dans le lait et ne pas dans le camembert.

• Principe:

Guiraud a montré que cette flore est un bon indicateur de la qualité sanitaire globale des produits laitiers et leur stabilité. La flore totale aérobie mésophile est constituée d'un ensemble de microorganismes variés correspondant au germes banales de contamination (**Guiraud et Rose, 2004**).

• Mode opératoire :

Le nombre total de la flore aérobie mésophile a été déterminé par l'introduction de 1ml de la dilution appropriée (10-1 et 10-2) dans une boîte de pétri, puis on coule le milieu gélosé PCA (plate Count Agar) fondu au préalable au bain d'eau à ébullition et refroidi à 45°C, on fait ensuite des mouvements circulaires et en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée, on les laisse solidifier sur paillasse puis on incube dans une étuve à 30°C pendant 72 heures, les boîtes de pétri retournées (**Mallet et al., 2012**).

• Expression des résultats

Formule adaptée par la FIL retenir pour le comptage des colonies compris entre 10 et 300. Calculer le nombre de micro-organisme par ml de lait à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\sum C}{V} \cdot (n_1 + 0,1 n_2 + \dots) \cdot d$$

D'où :

N : Nombre d'UFC par gramme ou par ml de produit initial.

∑C : somme totale des colonies comptées.

n₂ : nombre de boîtes comptées dans la première dilution.

n₁ : nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution.

d : le facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus. v : le volume de solution déposée.

Sélection et numération des colonies :

- Le dénombrement s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en
- tenant compte les facteurs suivants :
- -Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies, -
- Multiplier toujours le nombre trouve par l'inverse de sa dilution,
- -Faire ensuite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions

Chapitre 3 :

Résultats et Discussion

6-Résultats et discussion :

6.1- L'analyse physicochimique du lait cru et de fromage (camembert) :

6.1.1-Lait :

Les résultats des analyses physico-chimiques des différents échantillons de lait analysés sont illustrés dans le tableau N°08

Parametres N°de lot	échantillon	échantillon	échantillon	Normes FIL-AFNOR
Ph	6,67	6,65	6,64	6,6_6,8
A(D°)	17	18	16	16_18
T	16	18	17	14-18
Densité	1031,4	1032 ,2	1031	1028_1033
MG	30	31	29	32_36
EST	117	118	117	102_125
ATB	Absence	Absence	Absence	Absence
Test d'amidon	Négatif	Négatif	Négatif	Négatif

Norme* : AFNOR. (1958)

A : acidité, MG : matière grasse, EST : extrait sec totale, ATB : antibiotique

ESD : matière sèche dégraissé

6.1.1.2-Le pH :

Les valeurs du pH des laits crus analysés varient entre 6,64 et 6,67. Ces valeurs se reproduisent pour la majorité des échantillons analysés. Tous ces valeurs sont conformes aux normes recommandées. et elles indiquent vraisemblablement des laits frais reçus dans des bonnes conditions de collecte et de transport, elles reflètent aussi les exigences de la laiterie en termes de réception de lait.

6.1.1.3-L'acidité dornic :

L'acidité Dornic des échantillons des laits analysés est globalement acceptable, elle varie entre 16 et 18. Le niveau d'acidité est un indice de la fraîcheur du lait et permet aussi de déterminer l'aptitude technologique de cette denrée alimentaire (**Czerniewicz et al., 2006**) Ces valeurs restent dans l'intervalle d'acidité d'un lait frais qui dépend étroitement des conditions hygiéniques lors de la traite, du transport et de la manutention du lait. Le développement de la flore microbienne totale et son activité métabolique influencent ce paramètre par la transformation du lactose en acide lactique (**Mathieu, 1998**). Les valeurs normales indiquent généralement une bonne qualité hygiénique.

6.1.1.4-La densité et la température :

Les moyennes que nous avons obtenues pour la densité varient entre 1031 et 1032,2elles se situent dans une fourchette de normativité en comparaison aux normes technologiques qui sont estimés à 1028_1033, la densité étant en relation avec la température, pour cela, les moyennes de la température varient entre 17-18, elles marquent presque la normativité (14°-18°C).

La densité dépend de la teneur en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires.

6.1.1.5-Matière grasse :

Teneur en matière grasse des échantillons de lait cru analysés varie de 29 à 31g/l pour les échantillons analysés. Elle semble légèrement plus faible que celles des laits bovins (37g/l) et humains (45 g/l), et ceci a également été rapporté par **Chethouna (2011)**. Ces valeurs restent en dessous de la norme AFNOR (1998) du lait qui tolère des valeurs se situant entre 32 à 36 g/l. La teneur de la matière grasse dans le lait varie essentiellement en fonction de l'alimentation et du niveau de production.

6.1.1.6-La teneur en matière sèche :

La teneur en matière sèche totale de lait cru de vache analysé varie entre 117 et 118 g/l. La teneur du lait frais en matière sèche selon la norme AFNOR(1998) est comprise entre 102 et 125g/l, ce qui indique que notre échantillon rentre dans la norme. La teneur en matière sèche variera selon l'alimentation, du climat, mais également de la race de l'animal (**Seydi, 2004**).

6.1.1.7-La recherche des antibiotiques :

La présence d'antibiotiques dans le lait pose un problème technologique en empêchant le caillage de celui-ci, limitant ainsi la gamme de produits que peut offrir la laiterie.

En effet, la laiterie procède à des contrôles de présence d'antibiotiques par l'utilisation d'un kit d'analyse prêt à l'emploi. Les laits positifs ne sont pas réceptionnés conformément à la réglementation en vigueur dans **le JO N°35 du 27 mai 1998**. Les échantillons analysés ne présentaient pas de traces d'antibiotiques et ceci peut être visible par les photos du kit en figure 20.

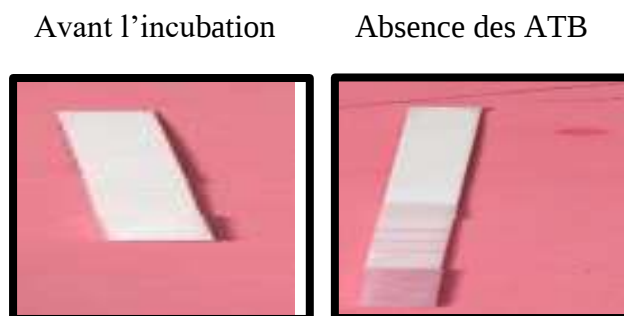


Figure 20 : résultats du test antibiotique.

6.1.1.8-Test d'ébullition :

Test d'ébullition est conforme pour tous les échantillons, le lait reste homogène et n'est pas acide.

6.1.1.9-Teste d'amidon :

Test d'amidon pour tous les échantillons est négatif : c'est-à-dire que les échantillons analysés n'ont pas subi de poudrage.

6.1.2- Fromage (camembert) :

Les résultats des analyses physico-chimiques sont représentés sur le **tableau N°09**

Tableau 9 : Caractéristiques physico-chimiques des échantillons du camembert analysé

N°de lot Paramètres	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon3	Normes FIL AFNOR
pH	5,18	5,14	5,20	—
MG%	21	20	19	20-26
EST%	42,17	44,70	43,50	42_48

Norme interne établir par l'industrie laitière, le reste des normes est confidentielle à l'industrie

6.1.2.1-Le PH :

Le pH du camembert est varié entre [5,18 à 5,20] avec une valeur moyenne 5,17 cette valeur est conforme en comparaison aux Normes du Journal officiel N°54. 30 août 2000. Au début de l'affinage, l'acidification qui a été développée au cours de toutes les étapes de fabrication depuis la coagulation semble être abaissée par le biais de souches d'affinages dont particulièrement le *Penicillium Camemberti* capables de consommer l'acidité lactique du milieu et ceci reste en accord avec les résultats de **Vesseyre (1975)**. Cette diminution de pH permettra une meilleure prolifération et production enzymatique de la flore d'affinage (**Eck, 1987**).

6.1.2.2-La teneur en matière grasse :

La teneur en matière grasse varie entre [19-21] g/L, Cette variation fait référence à la qualité de la matière première utilisée pour la fabrication du Camembert, ceci peut être dû aussi dû à un affinage poussé lors duquel la matière grasse est fortement métabolisée. Les valeurs de la matière grasse montrent que notre produit fini est conforme aux normes recommandées.

6.1.2.3-L'extrait sec total :

L'extrait sec total varie entre 42,17 et 44,70 g/Kg, il est dans l'intervalle 42-48g/kg exigé par les Normes FIL-AFNOR et la norme (**Codex STAN 276, 1973**). La pâte molle fabriquée est relativement riche en eau. Il est établi que plus la quantité de lactosérum exsudée est importante plus l'EST du fromage est élevé (**Eck, 1987**). Cette exsudation est en liaison avec le salage qui contribue aussi à augmenter l'EST.

6.2- Analyse microbiologique du lait cru et fromage (camembert) :

6.2.1-Lait cru :

Pour tous les échantillons de lait cru analysés, on n'a pas détecté la présence des colonies caractéristiques de spore *Clostridium* sulfite réducteur, de salmonelles.

6.2.1.1-Flore aérobie mésophile totale (FAMT) :

Les laits crus analysés contiennent une charge variable de la FTAM, située entre $1,2 \cdot 10^5$ UFC/ml et $6 \cdot 10^5$ UFC/ml. Cette charge totale est importante, et reste dans la limite supérieure d'acceptation selon la norme algérienne (10^5 UFC/ml), ces résultats sont également similaires aux charges maximales tolérées par les deux réglementations Françaises et Américaines qui sont respectivement de $5 \cdot 10^5$ UFC/ml et $3 \cdot 10^5$ UFC/ml (**Alais, 1984**).

La présence de FMAT est liée au manque d'hygiène et ou des équipements utilisés pour la traite. la santé du troupeau laitier, la traite et les conditions de pré-stockage sont aussi des déterminants de base pour la qualité du lait, les bactéries peuvent entrer dans le lait pendant qu'elle est encore dans la mamelle et la plupart des microorganismes retrouvés dans le lait cru sont des contaminants provenant de la surface externe de la mamelle, des ustensiles de traite et des trayeurs. La mauvaise qualité de l'eau utilisée pour laver les ustensiles peut conduire à l'obtention d'un lait de qualité microbiologique médiocre

6.2.1.2-Coliformes totaux :

Les résultats des analysés présentent une absence totale des coliformes totaux pour tous les échantillons. Figure 21



Figure 21 : résultat négatif des coliforme totaux

6.2.1.3-Staphylococcus aureus :

La présence de *staphylococcus aureus* (SA), avec des valeurs qui dépassent la valeur maximale indiquée par la république française est en rapport avec les conditions environnementales. SA est reconnu comme l'agent causal des mammites cliniques et subcliniques en élevage bovin.

6.2.2-Fromage (camembert) :

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert exprimés en UFC/g sont Présentés, dans le tableau N°10. Ils représentent la salubrité microbienne existant dans le produit fini camembert. Les germes recherchés et dénombrés dans notre travail sont Considérés comme des indicateurs de la qualité globale du produit fini et des pratiques D'hygiène.

Les résultats du tableau N°10 obtenus ont permis d'évaluer la qualité microbiologique du produit fini après sa fabrication. Le dénombrement des germes est effectué par la multiplication du nombre des germes par l'inverse de la dilution.

Tableau 10 : Résultats de qualité microbiologique des échantillons de lait

	Germes dénombrés et rechercher en UFC/g			
	CT	salmonella	<i>Staphylococcus aureus</i>	CSR
Echantillon1	Abs	abs	00	00
Echantillon2	Abs	abs	00	00
Echantillon3	Abs	abs	00	00
La norme (UFC/g)	10^2	00	10^2	1

***Norme : normes du Journal officiel N°5 27 mai 1998**

C.T: Coliformes totaux ;; abs: Absence ;; CSR : *Clostridium sulfito réducteurs*

6.2.2.1-Coliformes totaux :

Les résultats des échantillons du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire présentent une absence totale des coliformes totaux .ce qui est conforme au norme du **journal officiel N°5 27 mai 1998**.

6.2.2.2-*Staphylococcus aureus* :

L'absence totale de ces germes dans les échantillons du camembert fabriqué à l'échelle de laboratoire est la conséquence de l'utilisation de matières premières de qualité microbiologique satisfaisante et peut s'expliquer par le bon respect des règles d'hygiène générale durant les opérations de préparation du camembert. Ce résultat est conforme aux normes du le journal officiel N°5 27 mai 1998.

6.2.2.3-Salmonelles :

L'absence totale des Salmonelles dans les échantillons du camembert fabriquées à l'échelle de laboratoire, vu la bonne qualité microbiologique du lait cru qui répond aux normes, ainsi le traitement thermique utilisé dans le processus de fabrication thermisation et pasteurisation.

6.2.2.4-*Clostridium* sulfito-réductrices à 44°C :

Le résultat de dénombrement de ce genre des micro-organismes est l'absence totale, dans le premier et le deuxième contrôle des échantillons de fromage fabriqué à l'échelle de laboratoire. Ce résultat répond aux normes du journal officiel 1998.L'absence de *Clostridium* sulfito-réductrice montre que la fabrication de ce type de fromage est réalisée dans des conditions d'hygiène.



Figure 22 : résultat négatif des *Staphylococcus aureus*, Salmonelles et *Clostridium* sulfito-réducteurs.

7-Discussion générale :

Notre étude vise à faire un essai de fabrication du fromage à pâte molle type camembert à l'échelle de laboratoire suivi d'une fabrication à l'échelle pilote. L'analyse physico-chimique est un paramètre primordiale de contrôle de qualité dans le processus fabrication pour assurer une bonne qualité au consommateur, cette étape est donc obligatoire. Ainsi, Les échantillons de lait cru de vache destiné à la fabrication du « camembert » ont été analysés. Les résultats des paramètres physico-chimiques (test d'antibiotique, acidité, densité, matière grasse et EST) du lait cru de vache donnent des valeurs moyennes respectives :17°D, 1031.5 g/l, 30. g /l et de117.33g/l, et montrent de l'absence d'antibiotique. Ces résultats sont conformes aux normes **d'AFNOR, 1980**. Les résultats d'analyse physico-chimiques du produit fini camembert des paramètres, matière grasse, EST et ESD avec des moyennes respectives (20g/l, 43.45g/l et 23,45g/l) montrent que notre produit fini est de bonne qualité et ceci selon les normes précisées par l'unité.

Les analyses microbiologiques permettent de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur, en tenant compte des conditions de conservation, des habitudes de consommation et des caractéristiques du produit. Ces résultats ont aussi été observés par **Jeanne-Marie Membré (2023)**

Ils convient donc de s'assurer, par des tests microbiologiques, que le produit va être sain et de bonne qualité marchande tout au long de sa durée de vie. L'analyse microbiologique a montré une présence des coliformes totaux et fécaux a un taux nettement élevé à leur norme .Par contre, on relève l'absence de *Staphylococcus aureus*, *Clostridium* sulfito-réductrice, salmonelles dans tous les échantillons. Au vu des normes **du journal officiel 1998**, notre produit est de qualité microbiologique non satisfaisante concernant les germes des coliformes totaux et fécaux et ceci conformément à **l'arrêté interministériel n°35 du 24/01/98 du journal officiel**.

Nous avons observé que le camembert analysé ne présente aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication donc le produit est de qualité acceptable du point de vue microbiologique.

CONCLUSION

CONCLUSION :

Le modeste travail que nous avons réalisé au niveau de la laiterie fromagerie de Sidi Saada, nous a permis de nous rapprocher étroitement du laabeur quotidien assurée par les équipes de réception du lait cru, de la transformation et des contrôles au laboratoire pour garantir un produit de qualité à la hauteur des attentes du consommateur sur le marché.

Le lait est tout d'abord analysé dès sa réception à l'usine pour vérification des normes, lorsque ce dernier est accepté, une standardisation et une pasteurisation sont effectués, puis une pré-maturation, un ensemencement de maturation, et un emprésurage pour aboutir à une coagulation. Le produit obtenu est en suite découpé et brassé pour être moulé. Par la suite les moules sont retournés et égouttés. Enfin, le démoulage se fait puis le salage du fromage avant de passer à l'étape de l'affinage puis l'emballage et le conditionnement.

Même si nous n'avons pas pu respecter le protocole initial du travail, les résultats obtenus nous permettent à quelques valeurs près, de prouver que le suivi de la production est rigoureux depuis la réception jusqu'à l'affinage, et ceci permet de détecter les problèmes technologiques en temps opportun pour maintenir une qualité régulière du produit fini.

La mise en place d'un plan de contrôle plus enrichi tout au long de la fabrication permettrait inéluctablement d'améliorer les performances d'affinage en fin de production.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **adrian j., potus j., et frange r. 2003.** La science alimentaire de A à Z ,Lavoisier, 3ème édition. P549.
2. **Adrian J., Potus J. et Frangne R., 2004.**La science alimentaire de A à Z ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier : 79 (477 pages).
3. **afnor. (1986).** Contrôle de qualité des produits laitiers. 3ème Ed.
4. **alais c. et linden g. 1993.** Biochimie alimentaire. Masson ,2ème édition paris.
5. **amiot j., fourner s., lebeuf y., paquin p., simpson r et turgeon h., 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLAC.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN P :1-69 (600 pages).
6. **banks j.m., muir d.o., tamine a.y., 1984.** Equation for estimation of the efficiency of Cheddar cheese production. Dairy Ind 49(4), 14-17.
7. **bertrand f. 1988.** le fromage grand oeuvre des microbes. revue générale du froid, 78. p: 519-527.
8. **biochard d. 1986.** relation entre production et fertilité chez la vache laitière. revue : elev. et inse. n° 213, p : 15-23.
9. **bouregoise. cm et larpent. 1989 :** microbiologie alimentaire. tome 2 .pp. 31, 34.
10. **brunner j., 1981.** cow milk proteins: twentyfive years of progress. j dairy sci, 1981,64: 1038-1054. in buchin s., martin b., dupont d., bornard a., achilleos c., 1999. influence of the composition of alpine high land pasture on the chemical, rheological and sensory properties of. j. dairy res., 66, 579-588.
11. **bugaud c., buchin s., hauwuy a., coulton j.b., 2002.** texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : cas du fromage d'abondance. inra prod. anim., 15, 31-36
12. **bylund g., 1995.** dairy processing handbook-tetrapak processing systems ab s-221 86 , lund ,sweden : 18- 23-381(436 pages).
13. **caplet c., thibier m., 1973.** in la vache laitière 2ème édition : vigotefrères 720p.
14. **carole l.v., 2002.** science et technologie du lait : transformation du lait. fondation et technologie laitier du québec. p : 29-407.
15. **carole, l.v., 2006.** le fromage. 3ème ed. lavoisier, paris. p : 691-694.
16. **chilliard y., ferlay a., mansbridge r.m., doreau m., 2000.** Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, poly unsaturated, Trans and conjugated fatty acids. Ann. Zootech., 49, 151-205.

Références bibliographiques:

17. **codexalimentarius. 1996** : programme mixte fao/ oms sur les normes alimentaire et l'agriculture organisation mondiale de la santé. 2eme édition.
18. **colin o., laurent f., vighon b. 1992.** variation du rendement fromager en pâte molle, relation avec la composition du lait et les paramètres de coagulation .p : 307-319.
19. **collomb m., bütikofer u., spahni m.,jeangros b., bosset j.o., 1999.** composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du laitde vache en zone de montagne et de plaine. sci. aliments, 19, 97-110
20. **coulon j.b., 1994.** facteurs de variation du taux protéique du lait de vache en exploitation. inra prod. anim.,4 (4) : 303-309 in pougheon s.,contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire ,ecole nationale vétérinaire toulouse, france: 59 (102 pages).
21. **d'hour p., coulou j.b. 1994.** variation de la production et de la compositiondu lait au pâturage en fonction des conditions climatiques. annales de zootechnie, 43, p : 105-109.
22. **debry g., 2001.** lait, nutrition et santé, tec et doc, paris : 21(566 pages).
23. **dillon, j. c et berthier, a.m. 1997.** le fromage dans l'alimentation. in : « fromage ». ed : eck et gillis. lavoisier, paris.
24. **eck a. 1987.** le fromage. technique documentation. 2'ème ed .lavoisier. paris. p : 13, 17, 137,138. 529.
25. **eck a. 1990** : le fromage, lavoisier, 2eme édition, paris. p. 539.
26. **eck a. 1990.** le fromage 3eme edition, techniques et documentation, lavoisier, paris.
27. **eck a. 1997** : le fromage, lavoisier, 4eme édition, paris. p. 875.
28. **eck, a et gillis j.c. 1997):** le fromage, 3ème édition, paris. 891p.
29. **eck et gillis j.c. 2006** : le fromage, lavoisier, 3eme édition, paris. p.874.
30. **fao (food agriculture organisation).** le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. 1998 ; 346.
31. **fredot e., 2006.** connaissance des aliments-bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, tec etdoc, lavoisier: 25 (397 pages).
32. **GAUCHERON F., 2004.** minéraux et produits laitiers, tec et doc, lavoisier. p :494-783. (922 pages).
33. **guiraud j et galzy p. 1980** : les analyses microbiologiques dans les industries agroalimentaires. edition de l'usine nouvelle. paris. p.236.
34. **guiraud j., (2003).** microbiologie alimentaire. edition dunon, paris. pp : 136- 141.

Références bibliographiques:

35. **hanno r., lehmann e., dolle k.h., 1991.** centrifuges for milk clarification and bacteriaremoval. technicalscientific documentation, second édition, 12, pp: 19- 29. **vandewegh j., 1997.** le rendement en fromage: prédétermination et mesure,in : eck a. le fromage. 2ème édition tec et doc lavoisier, pp : 791 – 874.
36. **hurtaud c., verite r., rulquin h. 1991.**détermination de l'aptitude des laits à la transformation fromagère : intérêt et limites des tests de laboratoire, journée sur la qualité du lait.
37. **jean c., et dijon c., 1993.** au fil du lait, isbn 2-86621-172-3.
38. **jeantet r., croguennec t., schuck p. et brule g., 2007.** science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, lavoisier : 17 (456 pages).
39. **jensen r., 1995.**handbook of milk composition-general description of milks, academic press,inc:3 (919 pages)
40. **lenoir j, lambert g et schmidt j.l. 1983:** l'élaboration d'un fromage exemple camembert pour la science. pp .93.
41. **libouga d.g., vercaigne-marko d., djangal s. l., i. choukambou, ebangi a.l., m. ombionyo, beka r.g., aboubakar t.m., guillochon d., 2006.** mise en évidence d'un agent coagulant utilisable en fromagerie dans les fruits de balanites aegyptiaca. tropicultura, 24, pp : 229-238.
42. **luquet, fm. 1990 :** lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre. transformation et technologie. edition technique et documentation. lavoisier (2eme édition. tome 2). p. 26-633.
43. **maubois jl, ricordeau g, mocquot g 1970.** étude des rendements en fromagerie de camembert et de saint-paulin. lait 50, 351.
44. **mahaut m., jeantet r., schak p. brul g. 2000.** les produits laitiers. ed. tec et doc, lavoisier. paris. p: 26-180.
45. **mathieu j., (1999).** initiation à la physicochimie du lait, tec et doc, lavoisier, paris: 3-190 (220 pages).
46. **maubois j.l., ricordeau g., mocquot g 1970.** etude des rendements en fromagerie de camembert et de saint-paulin. lait 50. p : 351-373.
47. **mcsweeney p.l.h et sousa j.m., 2000.**biochemicalpathways for the production of flavour compound in cheese duringrepning: review milk n° 80.pp. 293 à 324.
48. **meyer c., duteurtreg. 1998.** equivalent lait et rendement en produit lactières : modes de calculs et utilisation. p : 247-257.

Références bibliographiques:

- 49. mietton. 1986.** la préparation des laits de fromage en technologie pâte molle. industrie alimentaire et agricole.
- 50. mietton b. 1995.** incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. revue des enil, 189, 19-27.
- 51. munro g.l., grieve p.a., kitchen b.j., 1984.** effects of mastitis on milk yield, milk composition, processing properties and yield and quality of milk products. aust. j. dairy technol., 39, 7-16
- 52. neelakanten j., shahani k.m., arnold r.g. 1971.** lipases and flavordevelopment in someitalian cheese varieties. food production développement, 5,52- 58.
- 53. neville m. c et jensen r. g., 1995.** the physicalproperties of humain and bovine milks in jensen r., handbook of milk composition-general description of milks, academicpress, inc: 82 (919 pages) .
- 54. pougheon s .et goursaud j., 2001.**le lait caractéristiques physicochimiques in debry g., lait, nutrition et santé, tec et doc,
- 55. pougheon s., 2001.** contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, ecole nationale vétérinaire toulouse, france.p : 31-34 (102 pages).
- 56. scriban r. 1999 :** biotechnologie 5eme édition technique et documentation lavoisier. paris.
- 57. srairi m.t., hasni alaoui i., hamama a., faye b. 2005.** relation entrepratiques d'élevages et qualité globale du lait de vache en étable sub urbaines au maroc. revue de médecine vétérinaire, 156 (3). p : 155-162.
- 58. st-gelais d. et tirard-collet p. 2000.** le fromage : in : « science et technique du lait : transformation du lait » ed : presses internationales polytechnique, montréal. 349-412
- 59. thapon j.l., 2005.** science et technologie du lait, agrocampus-rennes, france: p : 14-51.(77 pages).
- 60. tremoliere, j ., serville, y ., jacquot, r .et dupin, h. (1984).**manuel d'alimentation humaine. tome 1.
- 61. urbach g., 1990.**effect of feed on flavor in dairy foods. j.dairysci., 73, 3639- 3650
- 62. veisseyre r. 1975:** technologie du lait. constitution, récolte, traitement et transformation du lait 2'ème ed. la maison rustique. paris. p : 461-692.
- 63. veisseyre r., 1975.** technologie du lait : constitution, récolte, traitement et transformation du lait, 3émeédition. rustique. p1. p3.
- 64. werber f. 1997.** altération des produits laitiers par les bactéries lactiques. in « bactéries lactiques » de roissart h, luquet f, m. ed. lorica, uriage. p : 567-572.

Références bibliographiques:

65. amiot j., fourner s., lebeuf y., paquin p., simpson r et turgeon h., 2002. composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait in **vignola c.l**, science et technologie du lait - transformation du lait, école polytechnique de montréal, isbn:3-25-29 p :600.

66. jeanne- marie membré 2023 evaluation des risques microbiologique mars 2023 p : 256.

67. bertrand f., 1988. le fromage grand œuvre des microbes .revue générale de froid, 78,519-527.

webographie

1. anonyme 1. 1991. l'utilisation des ferments lactiques en laiterie. centred'enseignement par correspondance.

2. anonyme 2. http://cfbourgogne.free.fr/img/pdf/fiche_ameliorer_rendement.pdf

3. anonyme 3. [http://annexe 1 rappels fondamentaux sur acidification / égouttage en ppnc \(1\) pdf](http://annexe%201%20rappels%20fondamentaux%20sur%20acidification%20-%20égouttage%20en%20ppnc%20(1).pdf)

4. aboutayeb r., 2009. technologie du lait et dérivés laitiers <http://www.azaquar.com>.

5. favier j. c., 1985. composition du lait de vache-laits de consommation, <http://www.horizon.documentation.fr>

6. franworth e. et mainville i ., 2010.les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique, centre de recherche et de développement sur les aliments, saint-hyacinthe. <http://www.dos.transf.edwa.pdf>

7. hoden p., et coulton h., 1991.composition chimique du lait, <http://www.2.vet.lyon.fr>.

8. mittaine j., 1980.les laits autres que le lait de vache, [http://whqlibdoc.who.int/monograph/who mono.](http://whqlibdoc.who.int/monograph/who_mono_64.pdf)

9. stoll w., 2003. vaches laitières -l'alimentation influence la composition du lait , vol 9 , [http://www.db- alpadmin-ch/fr/publication en/ docs/ 2612.pdf](http://www.db-alpadmin.ch/fr/publication_en/docs/2612.pdf).

ملخص:

تعد صناعة الألبان واحدة من أكبر الصناعات في العالم، وهي مستمرة في التحسن والتطور لتقدم لنا مجموعة متنوعة من منتجات الألبان. ولهذا السبب أصبحنا مهتمين بمعالجة الحليب وبشكل أكثر دقة بإنتاج جبن الكممبير. وهكذا، قمنا برصد إنتاج الكممبير بمصنع ألبان "سيدي سعادة" بولاية غليزان. يتم تحليل الحليب أولاً عند استلامه في المصنع للتحقق من المعايير، وعندما يتم قبول الأخير، يتم إجراء التوحيد و البسترة، ثم النضج المسبق، والبذر، والتخمير حتى التخثر. يتم بعد ذلك قطع المنتج الذي تم الحصول عليه وخلطه ليتم تشكيله. يتم بعد ذلك قلب وتصفيته. وأخيراً يتم إخراج الجبن من القالب ومن ثم تمليحه قبل الانتقال إلى مرحلة التكرير ومن ثم التغليف والتعبئة. يتم تحليل المنتج النهائي وتظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية التالية: 17 درجة مئوية للحموضة، 1031.5 جم / لتر للكثافة، 30 جم / لتر في الدهون و 117.33 جم/لتر بالنسبة لـ EST، مع عدم وجود مضاد حيوي.

ويجب أن تحترم جميع هذه الخطوات المعايير حتى يكون المنتج النهائي مطابقاً وغير ضار بصحة المستهلك.

الكلمات المفتاحية: الحليب، المعالجة، الكممبير، المنفعة، التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

Abstract

The dairy industry is one of the largest in the world, it continues to improve and develop in order to offer us a variety of dairy products. This is why we became interested in milk processing and more precisely in the production of Camembert. Thus, we monitored the production of Camembert at the “Sidi Saada” dairy factory which is located in the wilaya of Relizane. The milk is first analyzed upon receipt at the factory to verify standards, when the latter is accepted, standardization and pasteurization are carried out, then pre-maturation, maturation seeding, and renneting to complete. To coagulation. The product obtained is then cut and mixed to be molded. The mussels are then turned over and drained. Finally, the cheese is removed from the mold and then salted before moving on to the refining stage and then wrapping and packaging. The finished product is analyzed and shows the following physicochemicals results: 17°D for acidity, 1031.5 g/l for density, 30 g/l fat, 117.33g/l for TSE values. All these steps must respect standards so that the finished product is compliant and not harmful to the health of the consumer.

Key words: Milk, processing, Camembert, rennet, physicochemical analyses.

Résumé

L'industrie laitière est l'une des plus importantes mondialement, elle ne cesse de s'améliorer et de se développer afin de nous offrir une variété de produits laitiers. C'est pour cela que nous nous sommes intéressé à la transformation du lait et plus précisément à la fabrication du camembert. Ainsi, nous avons effectué un suivi de la fabrication du camembert à l'usine laitière de « Sidi Saada » qui se situe dans la wilaya de Relizane. Le lait est tout d'abord analysé dès sa réception à l'usine pour vérification des normes, lorsque ce dernier est accepté, une standardisation et une pasteurisation sont effectués, puis une pré-maturation, un ensemencement de maturation, et un emprésurage pour aboutir à une coagulation. Le produit obtenu est en suite découpé et brassé pour être moulé. Par la suite les moules sont retournés et égouttés. Enfin, le démoulage se fait puis le salage du fromage avant de passer à l'étape de l'affinage puis l'emballage et le conditionnement. Le produit finit est analysé et montre les résultats physico-chimiques suivants : (acidité, densité, matière grasse et EST) du lait cru de vache donnent des valeurs moyennes respectives : 17°D pour l'acidité, 1031.5 g/l pour la densité, 30 g/l en matière grasse et de 117.33g/l pour l'EST, avec absence d'antibiotique. Toutes ces étapes doivent respecter des normes pour que le produit finit soit conforme et non nuisible à la santé du consommateur.

•Mots clés : Lait, transformation, camembert, présure, analyses physico-chimiques