



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{elle} Mahfoud Mebrouka

MASTER EN BIOLOGIE)

Spécialité: Exploitation des Écosystèmes Microbiens Laitiers

THÈME

Étude des qualités d'un fromage à
pâte molle type camembert issu d'un
lait de vache de début de lactation

Soutenue publiquement le 09/06/2016

DEVANT LE JURY

Président	<i>M. Benbouziane.B</i>	<i>M.C.B</i>	U. Mostaganem
Encadreur	<i>M. Bekada.A</i>	Professeur	U. Tissemsilet
Examineurs	<i>Mme. Benmahdi</i>	<i>M.C.A</i>	U. Mostaganem
Co-encadreur	<i>Mme. Boutarfa.A</i>	Doctorante	U. Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire des Sciences et Technique de Production Animales



DÉDICACE

Je dédie ce travail:

A la source de la tendresse, ma mère.

A mon père, qui m'a appris que la patience est le Secret du succès.

A tous mes frères Hicham, Yaakoub, mohamed et assoum.

A

A mes sœurs, Fatima, Fatiha, Khadidja, Zohra, Rkiai, djamila et Aicha.

A ma grand mere masouda

A ma fiancé Abdella.

A toutes mes copines a la cite universitaire, Meriam.A,

A toutes mes collègues, Dalilla, Chafiai, Fatima, Sakina, F.z, F.M. b, A, Amina, S, M.a, Dj,

Noir, Radiai, Walid, Safa, Maroi et toutes M2 EEML

MAHFOUD MEBROUKA

INTRODUCTION

Partie I. Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 : le lait de vache, matière première

1- Définitions du lait	2
2- Composition du lait.....	3
2.1-L'eau	3
2.2-La matière grasse.....	3
2.3- Matière azotée.....	4
2.4- Les glucides	5
2.5 Matière minérale.....	6
2.6 Biocatalyseurs.....	6
2.6.1 Enzymes.....	6
2.6.2 Vitamines.....	9
3 -Variations dans la composition du lait.....	9
3.1 Facteurs intrinsèques.....	9
3.1.1 Facteurs génétiques	9
3.1.2 Stade de lactation	10
3.1.3 Age et nombre de vêlage.....	10
3.1.4 Etat sanitaire.....	10
3.2 Facteurs extrinsèques.....	11
3.2.1 Alimentation	11
3.2.2 Saison et climat.....	11
4 -Quelques caractéristiques physico-chimiques du lait.....	11
4-1-La densité du lait	11
4-2-La pression osmotique	11
4-3-Le point de congélation	12
4-4-Acidité titrable	12
4-5-Indice de réfraction du lait.....	13
4-6-Indice d'iode	13
4-7-Le PH	13

4-8-Cellules somatiques	14
5 -Le lait de vache: matière première dans la fabrication du Camembert.....	14
6- Contrôle de la qualité du lait destiné à la fabrication du Camembert.....	15
Chapitre 2 : la lactation du lait des vaches	
1-Physiologie de la lactation.....	16
a- La lactogenèse.....	16
b- La galactopoïèse	16
2-Quelques indicateurs de la lactation.....	17
3-les stades de la lactation	18
3-a- Début de la lactation.....	18
3-b- Milieu de la lactation.....	19
3-c- Fin de la lactation.....	21
4- Période de tarissement	23
Chapitre 3 : fabrication de camembert	
Technologie fromagère des pâtes molles de type Camembert	
1-Définitions	25
2-Caractéristiques principales de Camembert.....	25
3- Composition physico-chimique de Camembert.....	26
4-Traitements préliminaires du lait	27
4-1- La standardisation	28
4-2- l'homogénéisation	28
5- les traitements thermiques.....	28
6- Les étapes clés de la fabrication du <i>Camembert</i>	29
6-1- La phase d'ensemencement – maturation	29
6-2- La coagulation	29
6-3- l'égouttage	31
6-4- l'affinage	31
Chapitre IV :Matériel et méthodes	
1. Echantillonnage du lait	32

2. Analyses physico–chimiques du lait	32
3. Analyses microbiologiques de lait	33
3.1. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale	33
3.2. Dénombrement des coliformes	33
3.3. Dénombrement des coliformes fécaux	33
3.4. Dénombrement des streptocoques fécaux	33
3.5. Dénombrement des staphylocoques	34
3.7. Dénombrement des <i>Streptocoques lactiques</i>	35
3.8. Dénombrement des <i>Lactobacilles bulgaricus</i>	35
3.9. Dénombrement des <i>levures et moisissures</i>	36
4. Les différentes étapes de fabrication du Camembert au Laboratoire	35
5. Les analyses physico–chimiques de fromage	37
• Mesure de Ph.	37
• Mesure de l'acidité tétrable.....	37
• Dosage des lipides totaux (M.G) (Méthode de Folch et al, 1975).....	37
• Détermination de l'extrait sec total (EST)	38
• Détermination de la teneur en protéines	38
• Dosage de l'azote (méthode de Kjeldahl).....	38
6. Calcul du rendement fromager.....	39
7. Les analyses microbiologiques de la flore intervenant au cours de l'affinage... ..	39
• La flore lactique	40
• Dénombrement des Streptocoques lactiques	40
• Dénombrement des Lactobacilles	40
• La flore mésophile totale.....	40
• Dénombrement de staphylocoques.....	40
• recherche de Coliformes totaux	40
• Coliformes fécaux	40

- Dénombrement de Salmonella.....40

Chapitre V. Résultats et discussions

Résultats d'analyses de la matière première

1. Les caractéristiques physico-chimiques de lait.....42
2. les analyses microbiologiques du lait.....44
3. Résultats des caractéristiques physico-chimiques de fromage.....46
4. Rendement fromager 1^{er} stade de lactation.....48
5. Résultats des analyses microbiologiques de fromage.....49

LISTE DES ABREVIATIONS

°C : Degré Celsius

°D : Degré dornic.

µm : Micro mètre

a-La : α -Lactalbumine

a_{s1}-CN : caséine α_{s1}

a_{s2}-CN : caséine α_{s2}

b-Lg : β -Lactoglobuline

E.S.D : extrait sec dégraissé

E.S.T : extrait sec total

EGH : Epithelial Growth Hormon

ES : Extrait sec.

FAO : Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture

GH : Growth Hormon

ISO: Internatiol Standard Organisation.

K : kilogramme

L : litre

LCV : lait consommé par le veau

LCVM : lait consommé par le veau le matin

LCVS : lait consommé par le veau le soir

Met: Methionine

MG : Matière Grasse

MP : Matière protéique

MSD : % matière sèche dégraissée

NaOH : hydroxyle de sodium

OGA: Oxytétracycline Glucose Agar

OH : ions hydroxyle

PCA: Plat Count Agar

PI : production initiale

PL : production laitière

PLK : production laitière quotidienne

Rdt: rendement

SH : degrés Soxhlet Henkel

TB: taux butyreux

Th : degrés Thmer

TP: taux protéique

UFC : Unité Formant Colonie

VL : vache laitière

VRBL: bouillon lactosé vert brillant

LISTE DES TABLEAUX

tableau	titre	page
N°1	Composition moyenne du lait de vache (Alais et <i>al.</i> , 2008).	8
N°2	évolution des besoins journaliers en UFL, PDI et Calcium de la vache laitière de la fin d'une lactation au pic de la lactation suivante.	20
N°3	Rythmes de distribution du concentré de production au dessus de la quantité de lait permise par les UFL de la ration de base selon la valeur énergétique du concentré et la ration de base.	22
N°4	Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type	27
N°5	Caractéristiques des deux modes habituels de coagulation du lait selon DESMAZEAUD (1992).	31
N°6	Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons du lait ont été réalisé par l'appareil de Lactostar	43
N°7	Résultats de dénombrement d'analyses microbiologiques de lait	46
N°8	Résultats du suivi de pH et l'acidité stade de l'affinage en jours	47
N°9	Résultats des caractéristiques physico-chimiques des 03 échantillons de stade d'affinage	48
N°10	Résultats de dénombrement des bactéries lactiques durant trois (3) semaines de stade d'affinage.	50
N°11	Résultats d'analyses microbiologiques de la flore intervenant au cours de l'affinage	51

LISTE DES FIGURES

figures	Liste des figures	page
N°1	Structure d'un globule de matière grasse (VIGNOLA, 2002).	4
N°2	Critères de fromageabilité du lait (Jakob et Hänni, 2004).	14
N°3	Les critères de qualité du lait et leurs impacts (Cauty et Perreau, 2009).	16
N°4	les périodes de risque d'engraissement pour des vaches laitières (D'après Walter, 2001)	23
N°5	les objectifs principaux en fonction du lactation (Wolter, 1997)	25
N°6	Coagulation du lait en fromagerie.	36
N°7	moulage de fromagerie.	37
N°8	pulvérisation du <i>Penicillium</i> Camembert.	37
N°9	Histogramme représente les valeurs d'analyse physico-chimique des trois échantillons du lait.	45
N°10	Histogramme représente les valeurs de suivi l'acidité (°D) et pH des trois échantillons du fromage.	48
N°11	Histogramme représente les valeurs d'analyse physico-chimique des trois échantillons du fromage d'afin l'affinage.	49

Introduction

Le lait et les produits laitiers constituent des denrées alimentaires d'origine animale de très grande valeur nutritive en raison de leur richesse en protéines, en calcium et en vitamines.

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

A travers cette étude nous sommes intéressés de faire ressortir l'impact du premier stade de lactation sur la composition du lait de vache et son influence sur les qualités nutritionnelles et microbiologiques de fromage à pâte molle type camembert fabriqué à partir du lait cru de vache provenant de différentes régions de Mostaganem à l'ouest algérien.

L'étape clé de la réussite d'un fromage quel que soit son type est la coagulation. Elle consiste à la formation d'un gel suite à des modifications physico-chimique intervenant sur les micelles de caséines du lait. L'agent coagulant le plus anciennement utilisé en fromagerie est la présure par **ALAIS** (1984).

Pour la fabrication des fromages à pâte molle de type camembert à partir de lait cru, et avant d'être pasteurisé et soumis à l'ensemble des étapes de fabrication, le lait subit une préparation comprenant un traitement thermique, un ajustement des taux de matière grasse et de protéines et une étape de maturation.

Une évaluation de la qualité hygiénique du lait permet de rechercher la microflore naturelle et des microorganismes témoins de contaminations extra-mammaires éventuelles.

L'objectif de ce travail est de :

- Fabriquer des fromages à pâte molle type *Camembert* à partir du lait cru de vache de première lactation provenant de différentes régions de Mostaganem à l'ouest algérien.
- Déterminer les qualités nutritionnelles et microbiologiques des laits récoltés et des fromages produits.

1-Définition :

❖ Définition générale :

Le lait est un liquide sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la naissance du jeune. C'est un liquide de composition complexe, blanc et opaque, d'une saveur douce, d'une réaction ionique (pH) voisin de la neutralité. La fonction naturelle du lait est d'être un aliment exclusif des jeunes mammifères pendant la période critique de leur existence, après la naissance, alors que la croissance est rapide et qu'il ne peut lui être substitué d'autres aliments. La grande complexité de la composition du lait répond à cette fonction (*Alais, 1984*). Le lait sécrété dans les premiers jours après la parturition s'appelle le colostrum (*Mamirole, 2011*).

❖ Définition légale :

- Le lait est le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (*Mamirole, 2011*).

- La dénomination "lait" sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservée au lait de vache. Le lait est alors le produit de la sécrétion mammaire normale, obtenu par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction (*NT 14-01 1983*).

❖ Le colostrum :

Le colostrum est le premier lait sécrété par un animal après la naissance du jeune. Il est très différent du lait normal dans sa composition et ses propriétés. Une caractéristique très distinctive du colostrum est sa forte teneur en protéines solubles: environ 11% (du poids total) contre environ 0.65% dans le lait normal. Cela a comme effet une coagulation du colostrum lorsqu'il est chauffé. Les immunoglobulines sont une partie importante des protéines du sérum de fromagerie et des anticorps protègent le veau de toutes infections jusqu'à la mise en place complète de son système immunitaire. Le colostrum a une couleur jaunâtre et un goût plutôt salé. Sa teneur en catalase et peroxydase est élevée (*Mamirole, 2011*).

2- Composition du lait

Le lait de vache est un lait caséineux. Sa composition générale est représentée au tableau n°1. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

2.1-L'eau

L'eau est l'élément quantitativement le plus important : 900 à 910 g par litre. En elle, sont dispersés tous les autres constituants du lait, tous ceux de la matière sèche (**Mathieu, 1998**).

2.2-La matière grasse

La matière grasse du lait est principalement sous forme globulaire à l'état d'émulsion (MAHAUT *et al.*, 2000). Le diamètre des gouttelettes varie de 0,1 à 22 μm (**SCOTT, 1981**).

L'enveloppe globulaire possède, à pH 6,7 une charge électrique négative à l'origine de la répulsion des globules (**MATHIEU, 1998**).

La matière grasse du lait se compose principalement de triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable constituée en grande partie de cholestérol (**VIGNOLA, 2002**).

Les globules gras (figure 1) dans le lait sont en émulsion huile dans l'eau, chaque globule est formé de différentes couches de triglycérides : les triglycérides liquides, à bas point de fusion, sont au centre du globule et les triglycérides solides, à haut point de fusion se superpose au précédents. Le globule est entouré à la périphérie d'une sorte d'enveloppe contenant des phospholipides, qui jouent le rôle d'émulsifiant dans la stabilité du globule gras, et des lipoprotéines (**KEENAN et PATTON, 1995**).

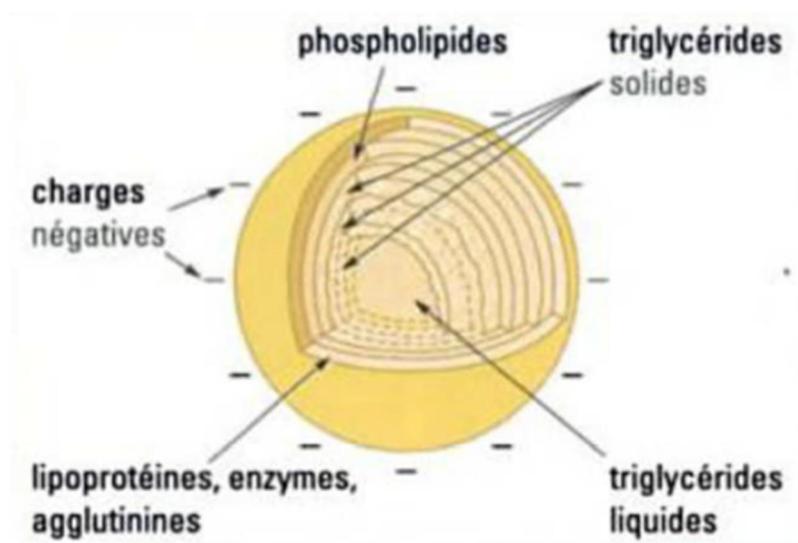


Figure N°1 : Structure d'un globule de matière grasse (VIGNOLA, 2002).

2.3- Matière azotée

La matière azotée du lait englobe deux groupes, les protéines et les matières non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5% de l'azote minéral du lait (Goursaud, 1985). Les protéines se répartissent en deux phases : une phase micellaire et une phase soluble. La phase micellaire représente la caséine totale (environ 80% des protéines du lait) du lait. Elle est formée par quatre protéines individuelles :

- Alpha-caséines ou caséines α_{s1} 36 % et α_{s2} 10 %
- Bêta-caséine ou caséine β 34 %
- Kappa-caséine ou caséine κ 13 %
- Gamma-caséines ou caséine γ 7 % (produits de la protéolyse de la β -caséine)

(Goy et al, 2005).

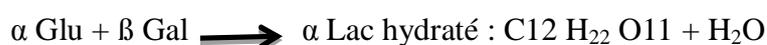
Une micelle de caséine contient environ 92 à 93% de protéines, les caséines, et 8% de minéraux. La partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (2,9 % de Ca, 0,1% de Mg, 4,3% d'ions phosphate, 0,5% d'ions citrate) (Cayot et Lorient, 1998). La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (Marchin, 2007).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisée par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (Ramet, 1985).

L'autre fraction protéique (environ 17%) du lait est présente dans le lactosérum. Les deux principales protéines sériques sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine (**Cayot et Lorient, 1998**).

2.4- Les glucides

Le sucre principal du lait est le lactose ; c'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 50g par litre. C'est un disaccharide constitué par de l' α ou β glucose uni à du β galactose, ce qui est à l'origine de la présence de 2 lactoses (**Luquet, 1985**):



Le lactose est fermentescible par de nombreux micro-organismes et il est à l'origine de plusieurs types de fermentations pouvant intervenir dans la fabrication de produits laitiers (**Morrissey, 1995**).

- Fermentation lactique : due aux bactéries lactiques naturelles ou ajoutées (ferments lactiques) qui utilise le lactose en le transformant en acide lactique. Cette fermentation lactique est souvent accompagnée d'une production plus au moins grande de substances secondaires (ex. diacétyl) responsables de l'arôme des produits laitiers (**Gordon et Loisel, 1991**).

- Fermentation propionique : due aux bactéries propioniques qui transforment le lactose en acide propionique et en acide acétique responsables de la saveur des fromages à pâte cuite et en gaz carbonique induisant l'ouverture de ces fromages (**Luquet, 1985**).

- Fermentation butyrique : par des bactéries du genre *Clostridium* qui utilisent l'acide lactique déjà produit en le transformant en acide butyrique, responsable d'odeurs putrides et de goût piquant, et en gaz carbonique et hydrogène. Ces substances induisent le gonflement tardif des fromages, en particulier à pâte cuite.

- Fermentation alcoolique : due à des levures qui hydrolysent le lactose en glucose et galactose et qui transforment ensuite le glucose en alcool éthylique. Cette fermentation est utilisée en particulier dans la fabrication du kéfir, boisson issue de la fermentation du lait, contenant peu d'alcool et légèrement gazeuse. A température élevée, le lactose participe avec les protéines à des réactions de brunissement non enzymatique pouvant altérer la couleur des laits stérilisés (**Alais, 1975**).

2.5 Matière minérale

La matière minérale du lait (7g à 7,5g/l) est fondamentale d'un point de vue nutritionnel et technologique. Il est possible de doser les matières minérales ou cendres du lait par une méthode de calcination à 550°C (**Luquet, 1985**).

Les minéraux sont présents, soit en solution dans la fraction soluble, soit sous forme liée dans la fraction insoluble (ou colloïdale). Certains minéraux se trouvent exclusivement à l'état dissous sous forme d'ions (sodium, potassium et chlore) et sont particulièrement biodisponibles. Les ions calcium, phosphore, magnésium et soufre existent dans les deux fractions (**Mathieu, 1998**).

Il existe un équilibre entre les formes solubles et colloïdales, d'une part, et entre les formes ionisées et non dissociées d'autre part. Cet état est précaire parce qu'il est sensible à divers facteurs, notamment au pH, à la température, et à la concentration ou à l'addition de calcium. Toute altération de ces équilibres modifie la stabilité du lait, notamment les propriétés de la caséine native.

En raison de la présence concomitante de lactose et de phosphopeptides (produits d'hydrolyse de la caséine), les minéraux sont, de tous les éléments du lait, ceux qui sont les mieux adsorbés et retenus. A cet égard, le rapport calcium/phosphore (Ca/P) du lait de vache (voisin de 1,2), bien qu'inférieur à celui du lait maternel (voisin de 2,2), est de loin supérieur à celui des autres denrées alimentaires, faisant du lait une excellente source de calcium et un bon correctif des rations pauvres en calcium (**FAO, 1995**).

2.6 Biocatalyseurs

2.6.1 Enzymes

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

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

- Lyses des constituants originels du lait ayant des conséquences importantes sur le plan technologique et sur les qualités organoleptiques du lait (lipases, protéases). Ainsi, on distingue des protéases originelles du lait ; la plasmine est le composant majoritaire (elle provient du sang et migre via la glande mammaire), et des protéases d'origine

microbienne. Le genre *Pseudomonas* et tout particulièrement l'espèce *Pseudomonas fluorescens*, synthétise des protéases exocellulaires thermostables. Il est également à souligner que dans les laits de mammites, le nombre de cellules somatiques peut être considérablement accru, le niveau de protéolyse est nettement plus élevé que dans les laits normaux (**Miranda et Gripon, 1986**).

-Rôle antibactérien, elles apportent une protection au lait (lactoperoxydase et lysozyme).

- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), de traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétylsterase, sont des enzymes thermosensibles) et d'espèces (test de la xanthineoxydase pour détecter le lait de vache dans le lait de chèvre) (**Pougheon, 2001**).

Tableau n°1 : Composition moyenne du lait de vache (Alais et al., 2008).

	Composition (g/L)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) plus eau liée (3,7%)
Glucides (lactose)	49	Solution
Lipides		Emulsion des globules gras (3 à 5 µm)
Matière grasse proprement dite	35	
Lécithine (phospholipides)	34	
Insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérol)	0,5 0,5	
Protides	34	Suspension micellaire
Caséine	27	phosphocaséinate de calcium (0,08 à 0,12 µm)
Protéines solubles (globulines, albumines)	2,5	Solution (colloïdale)
Substances azotées non protéiques	1,5	Solution (vraie)
Sels		Solution ou état colloïdale
De l'acide citrique (en acide)	9	
De l'acide phosphorique (P ₂ O ₃)	2	
Du chlorure de sodium (NaCl)	2,6 1,7	
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces	
Extrait sec total	127	
Extrait sec non gras	92	

2.6.2 Vitamines

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique.

On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait et
- les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (**Debry, 2001**).

3-Variations dans la composition du lait

Le lait qui arrive à l'usine, constitue une matière première dont la composition n'est pas fixe. Ce caractère rend donc l'utilisation de cette matière première assez difficile, diminue les rendements et modifie les caractères organoleptiques des produits finis.

Deux grands types de variation existent, au stade de l'animal et au stade du traitement du lait. La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs (**Stoll, 2003**).

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus. Ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire, etc.), soit extrinsèques liés 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 compte tenu de leurs interrelations (**Wolter, 1988**).

3.1 Facteurs intrinsèques

3.1.1 Facteurs génétiques

On observe des variations importantes de la composition du lait entre les différentes races laitières et entre les individus d'une même race. D'une manière générale, on remarque que les fortes productrices donnent un lait plus pauvre en matières azotées et en matière grasse. Ces dernières sont les plus instables par rapport au lactose (**Veisseyre, 1979**).

Jakob et Hänni, (2004), notent l'existence de variants génétiques A et B issus des mutations ponctuelles. Ces derniers donnent des protéines différentes qui ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés. Les variants génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine κ (κ -Cn) et de la β -lactoglobuline (β -Lg), influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches.

3.1.2 Stade de lactation

Au cours de la lactation, les quantités de matière grasse, de matières azotées et de caséines évoluent de façon inversement proportionnelle à la quantité de lait produite. Les taux de matière grasse et de matières azotées, élevés au vêlage, diminuent au cours du premier mois et se maintiennent à un niveau minimal pendant le deuxième mois. Ils amorcent ensuite une remontée jusqu'au tarissement. L'amplitude de variation est généralement plus importante pour le taux butyreux que pour le taux protéique. Les laits de fin de lactation présentent les mêmes caractéristiques des laits sécrétés par les animaux âgés. En outre, les deux taux, protéique et butyreux, ont tendance à diminuer au cours des lactations successives (**Meyer et Denis, 1999**).

3.1.3 Age et nombre de vêlage

Veisseyre, (1979), montre que la quantité de lait augmente généralement du 1^{er} vêlage au 5^{eme}, puis diminue sensiblement et assez vite à partir du 7^{eme}. Le vieillissement des vaches provoque un appauvrissement de leur lait, ainsi la richesse du lait en matière sèche tend à diminuer. Ces variations dans la composition sont attribuées à la dégradation de l'état sanitaire de la mamelle ; en fonction de l'âge, le nombre de mammites croît et la proportion de protéines solubles augmente en particulier celles provenant du sang (**Mahieu, 1985**).

3.1.4 Etat sanitaire

Lors d'infection, il y a un appel leucocytaire important qui se caractérise par une augmentation de comptage cellulaire induisant des modifications considérables dans la composition du lait (**Badinand, 1994**).

Les mammites sont les infections les plus fréquentes dans les élevages laitiers. Elles sont à l'origine d'une modification des composants du lait avec pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager (**Toureau et al., 2004**).

3.2 Facteurs extrinsèques

3.2.1 Alimentation

L'alimentation joue un rôle important ; elle permet d'agir à court terme et de manière différente sur les taux de matière grasse et de protéines. En effet, selon **Coulon et Hode, (1991)**, le taux protéique varie dans le même sens que les apports énergétiques, il peut aussi être amélioré par des apports spécifiques en acides aminés (lysine et méthionine). Quant au taux butyreux, il dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration, de son mode de présentation et de distribution (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments).

3.2.2 Saison et climat

L'effet propre de la saison sur les performances des vaches laitières est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'effet conjoint du stade physiologique et des facteurs alimentaires (**Coulon et al, 1991**).

A partir des travaux réalisés par **Spike et Freeman en (1967)** cité par **Coulon et al., (1991)**, il a été montré que la production laitière est maximale au mois de juin et minimale en décembre. A l'inverse, les taux butyreux et protéique du lait sont les plus faibles en été et les plus élevés en hiver. Chez des vaches de type pie noire, ils atteignent 3g/Kg pour le taux butyreux et près de 2g/Kg pour le taux protéique.

4- Caractéristiques physico-chimique du lait :

4-1- La densité du lait :

La densité du lait de vache varie généralement entre 1,028 et 1,038 g/cm³ selon la composition.

On peut calculer la densité du lait à 15,5°C en utilisant la formule suivante :

$F = \% \text{ matière grasse}$

$MSD = \% \text{ matière sèche dégraissée}$

4-2- La pression osmotique :

La pression osmotique est de - 0,555°D, elle dépend du nombre de molécules ou particules, et non du poids du soluté. Ainsi, 100 molécules de taille 10 auront 10 fois la pression osmotique plus élevée. Le lait est formé à partir du sang, les deux étant

séparées par une membrane perméable. De ce fait, ils ont la même pression osmotique, autrement dit, le lait est isotonique avec le sang. La pression osmotique du sang est remarquablement constante ou variable, même si la composition peut varier pour ce qui est des pigments, des protéines, etc....

4-3-Le point de congélation :

Le point de congélation du lait est le seul paramètre fiable pour vérifier un mouillage.

Le point de solidification du lait de vache, mesurée individuellement est compris entre - 0,54 et - 0,59 °C, il convient également de mentionner que lorsque le lait est exposé au traitement haute température (UHT ou stérilisation), la précipitation de certains phosphates provoque l'augmentation du point de congélation.

La pression interne ou osmotique détermine également la différence de point de congélation entre la solution et le solvant (eau) / Si bien que l'abaissement du point de congélation sert à évaluer cette pression osmotique.

4-4-Acidité titrable :

L'acidité titrable du lait est la quantité de solution d'ions hydroxyle (OH^-) d'une concentration donnée, nécessaire pour augmenter le pH d'une quantité donnée de lait d'un pH d'environ 8,4.

Le but de l'épreuve à la phénophtaléine est de trouver la quantité d'alcali nécessaire au pH pour passer de 6,6 à 8,4.

Si le lait devient sûr à cause d'une activité bactérienne, il faut augmenter la quantité d'alcali requise, et ainsi, l'acidité (ou valeur du titrage) du lait augmente (**Gallois et Langlois,1990**).

Il est possible d'exprimer l'acidité titrable en utilisant différentes valeurs, qui ne surent toute la concentration en hydroxyle de sodium (NaOH) nécessaire au moment du titrage :

- SH = degrés Soxhlet Henkel

- Th = degrés Thmer

- D = degrés Dornic

4-5-Indice de réfraction du lait :

La répartition des différents acides gras dans la matière grasse affecte également la façon dont elle réfracte la lumière.

A partir de là, il est courant de déterminer l'indice de réfraction de la matière grasse pour calculer l'indice d'iode. C'est une méthode rapide pour évaluer la fermeté de la matière grasse.

En général, l'indice de réfraction varie entre 40 et 46.

4-6-Indice d'iode :

Les acides gras avec le même nombre d'atome C et H mais avec différents nombres de liaisons simples et doubles ont des caractéristiques complètement différentes. La méthode la plus importante et la plus largement utilisée pour indiquer leurs caractéristiques spécifiques consiste à mesurer l'indice d'iode (IV) de la matière grasse.

L'indice d'iode indique le pourcentage d'iode que la matière grasse peut lier et permet d'évaluer directement la teneur en acide oléique de la matière grasse (**Gripon et al., 1975**).

4-7-Le PH :

L'acidité d'une solution dépend de sa concentration en ions hydronium. Elle varie cependant beaucoup d'une solution à l'autre. Le symbole pH désigne la concentration en ion hydronium.

Mathématiquement, le pH est défini comme étant le logarithme négatif de base 10 de la concentration en ion hydronium exprimée en molarité. C'est-à-dire $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

4-8-Cellules somatiques :

Le nombre cellule somatique par ml est de 300 000 le taux de cellule somatique varie entre 200 000 et 500 000 cellule par ml.

Les cellules somatique proviennent du pis du la vache, leurs taux est faible dans un pis sain mais il augmente si le pis est malade (**Gallois et Langlois, 1990**).

5-Le lait de vache : matière première dans la fabrication du Camembert

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'emploi d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grande tradition fromagère tel que la France, ce fromage est élaboré, soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé.

Remeuf et al., en 1991 soulignent que la fromageabilité du lait c'est-à-dire l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres (figure n°2) dont :

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

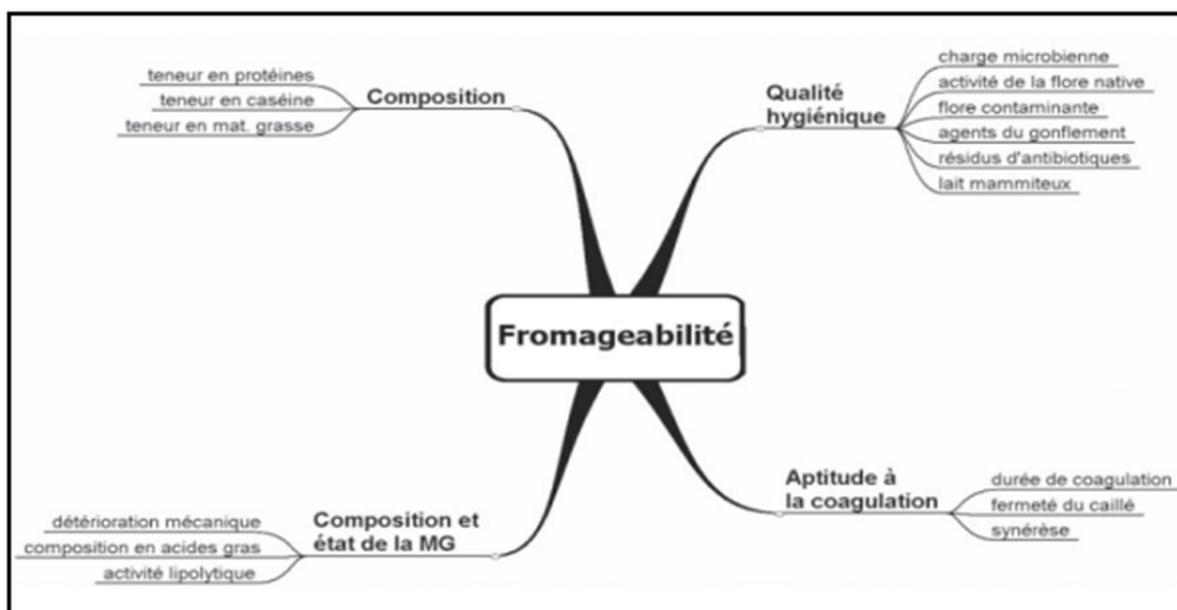


Figure N°2 : Critères de fromageabilité du lait (Jakob et Hänni, 2004).

6-Contrôle de la qualité du lait destiné à la fabrication du Camembert

La qualité du lait est déterminée sur la base de six critères différents : le nombre de germes, le nombre de cellules somatiques, la présence de résidus d'antibiotiques ou de désinfectants, le point de congélation et la propreté visible (figure n°3).

Le nombre de germes est utilisé pour mesurer la contamination par les bactéries.

Le matériel de traite peut constituer une importante source de contamination. De même, le refroidissement insuffisant du lait entraîne une augmentation du nombre de germes.

Les exigences pour ce critère varient selon le devenir du lait. Ainsi, ils seront plus sévères dans le cas de fabrication de fromage au lait cru que lorsqu'il y a pasteurisation.

Le nombre de cellules somatiques est un indicateur important de la santé du pis. Un lait chargé en cellules présente un taux de protéines solubles élevé, une faible teneur en caséine, une protéolyse et une lipolyse accrue. En conséquence, le rendement fromager est diminué et des difficultés de coagulation apparaissent.

Pour le traitement des animaux malades, l'emploi de médicaments vétérinaires, notamment d'antibiotiques, peut s'avérer nécessaire. Il est, toutefois, strictement interdit de fournir du lait contenant des substances inhibitrices dépassant les normes légales. A cette fin, chaque livraison de lait est analysée quant à la présence de résidus d'antibiotiques.

Les désinfectants sont nécessaires pour garder l'installation exempte de bactéries.

Grâce à un rinçage à l'eau claire, les restes de ces produits sont éliminés. Si ce rinçage n'est pas effectué ou est insuffisant, des restes de ces produits peuvent aboutir dans le lait.

Le point de congélation du lait indique la présence d'eau ajoutée dans le lait. Le plus souvent, c'est dû à la négligence dans le nettoyage de l'installation de traite, de sorte que de l'eau de rinçage se mélange au lait. Mais il peut être le résultat d'une fraude.

La propreté visible est déterminée par le filtrage du lait à l'aide du matériel filtrant adéquat. Un filtre sale indique que le pis et son environnement sont insuffisamment propres.

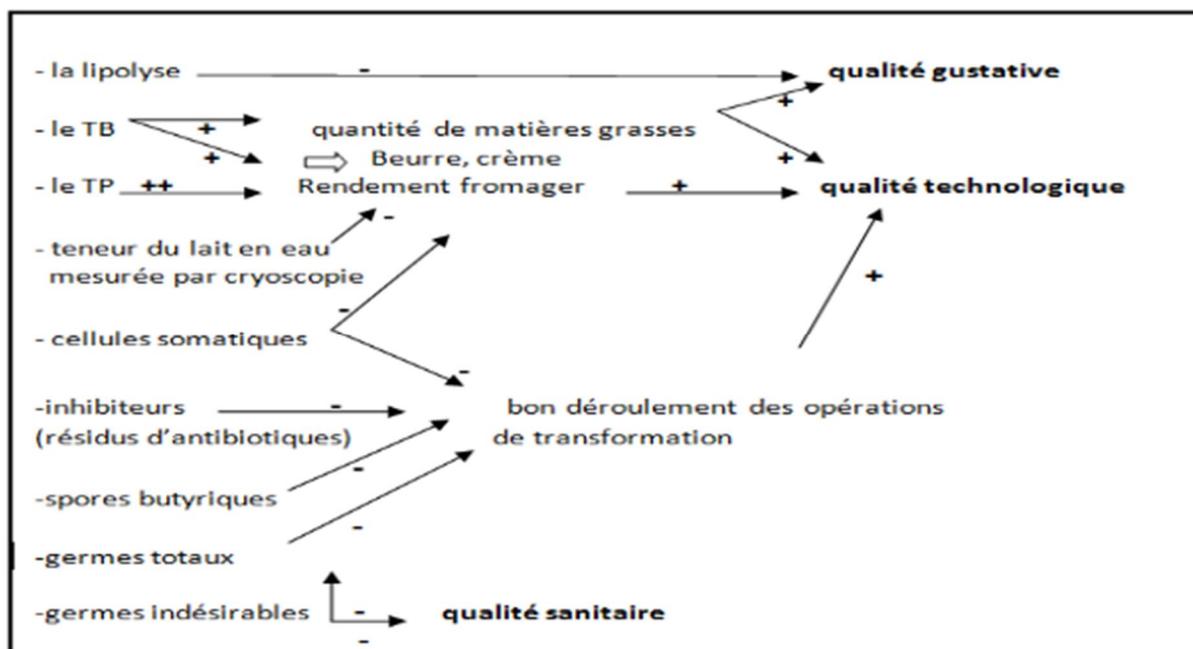


Figure n°3 : Les critères de qualité du lait et leurs impacts (Cauty et Perreau, 2009).

(+) effet positif ; (-) effet négatif

La composition du lait est contrôlée par deux critères : la teneur en matière grasse et la teneur en protéines. La valeur économique du lait dépend surtout de ces composants. Ils constituent la base de la production de fromage, de yaourt, de beurre, de crème, etc. (Gabli, 2005 ; Michel, 2005 ; Cauty et Perreau, 2009).

Ces six critères définissent les trois composantes de la qualité du lait (figure n°3) :

- La qualité technologique, elle dépend de la composition chimique (TB, TP), de la qualité bactériologique et de l'aptitude à la transformation ;
- La qualité sanitaire, le lait doit provenir de vaches saines, ne présentant aucune trace d'antibiotiques, d'antiseptiques, ou de pesticides
- La qualité gustative : bonne saveur, absence de goût désagréable, pas de rancissement (Cauty et Perreau, 2009).

1-Physiologie de la lactation

La lactation est la phase de production du lait. Elle commence après la mise-bas et évolue dans le temps. Elle a une durée variable selon les races: 180 jours chez les races locales et peut atteindre 10 mois ou 305 jours chez celles améliorées. Elle est le résultat de l'activité physiologique des mamelles d'une femelle après la parturition **(OUEDRAOGO, 1995)**.

La lactation est le dernier stade du cycle de reproduction des mammifères. Elle est indispensable au nouveau-né et nécessite la mise en place de tissus mammaires différenciés **(KOLB, 1975)**. Elle comprend:

a- La lactogénèse :

Elle est le mécanisme d'initiation de la sécrétion lactée. Il s'agit d'un processus endocrinien qui a pour principale hormone, la prolactine sécrétée par l'hypophyse **(VEISSEYRE, 1979; DJANE ET KELLY, 1991)**. Selon **DELOUIS et RICHARD (1991)**, à partir de la puberté chez la vache, le développement des tissus de la glande mammaire est suffisant pour qu'en présence des hormones lactogènes, la sécrétion du lait puisse avoir lieu. La lactogénèse nécessite un taux élevé d'œstradiol (E17~) et de progestérone (P4) qui n'est pas atteint pendant les cycles mais seulement à un stade avancé de la gestation. C'est alors que l'œstradiol stimule la sécrétion de la prolactine et la production de facteurs de croissance des acini de type Epithélial Growth Hormon (EGH) et Growth Hormon (GH) tandis que la progestérone empêche l'expression des récepteurs de la prolactine sur les acini, inhibant ainsi la sécrétion lactée.

La chute brutale du taux des hormones ovariennes (œstradiol et progestérone) à la parturition, permet l'expression de la prolactine et par conséquent le déclenchement de la sécrétion lactée.

b- La galactopoïèse :

L'entretien de la sécrétion lactée ou galactopoïèse est assurée par l'élaboration continue de la prolactine. Toutefois, cette élaboration diminue graduellement, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la parturition. C'est ce qui explique l'abaissement progressif de la production de lait **(VEISSEYRE, 1979)**. L'éjection du lait dépend d'un réflexe neuro-hormonal. Elle est déterminée par tout stimuli que l'animal va associer à une traite imminente (vue du petit, lavage de la mamelle...), ainsi que le massage des trayons, l'excitation nerveuse gagne l'hypothalamus puis l'hypophyse sécrète l'ocytocine qui atteint la glande mammaire par la voie sanguine. Elle provoque la contraction des cellules myoépithéliales entraînant l'expulsion du lait vers la lumière des acini. Le lait est alors évacué vers les canaux centraux qui se

contractent, participant à son éjection. Mais l'action de l'ocytocine est fugace, cessant une dizaine de minutes après sa sécrétion; d'où l'importance d'effectuer une traite rapide avant son inactivation (**DELOUIS ET RICHARD, 1991**).

2-Quelques indicateurs de la lactation

L'étude de la lactation fait appel à des repères fondamentaux dont quatre retiendront ici notre attention :

➤ **Courbe de lactation:**

Elle est la représentation graphique de la quantité de lait produite par une vache depuis le vêlage jusqu'au tarissement.

➤ **Pic de lactation:**

Il correspond au point de production journalière maximale de la vache au cours d'une lactation. Selon la forme de la courbe, on considère le pic comme un intervalle plus ou moins large et on parle de plateau (**MEYER *et al*, 1999**).

➤ **Persistence:**

Elle est l'aptitude que possède une vache à maintenir une production élevée, le plus longtemps possible. Suite au pic de la lactation, la production diminue progressivement jusqu'à s'annuler au tarissement. Cette chute s'exprime par un coefficient dit de persistance. Selon **CHARRON (1986)**, la production de chaque mois est un pourcentage constant de celle du mois antérieur. Le coefficient de persistance varie avec la race, le rang de mise-bas et les conditions du milieu, notamment l'alimentation.

➤ **Production laitière totale (PLT) :**

elle correspond à la quantité totale de lait produite par la vache au cours d'une lactation. Elle comprend la quantité de lait trait (production exploitée) d'une part et celle de lait consommé par le veau ou la velle (production exploitable) d'autre part (**ALICE, 2000**).

La quantité de lait consommé par le veau (LCV) est mesurée par la méthode de la double pesée c'est-à-dire, une pesée du veau avant la tétée (Pi) et une autre après la tétée (Pt).

LCV (kg) = Pt (kg) - Pi (kg). La production laitière quotidienne (**PLQ**) = quantité de lait trait le matin (LTM) + quantité de lait consommé par le veau le matin (**LCVM**) + quantité de lait traité soir (**LTS**) + quantité de lait consommé par le veau le soir (**LCVS**).

PLQ (kg) = LCVM (kg) + LCVS (kg) + [LTM (1) + LTS (1)] * 1,03

1 litre de lait pèse 1,03 kg (VEISSEYRE, 1979).

La quantité de lait consommé par le veau (LCV) peut être mesurée aussi grâce à la formule de **COULOMB (1976)** :

$$\text{LCV (litres)} = 9,18 \times \text{poids du veau à la date } i - \text{poids du veau à la date } i / X$$

x = nombre de jours écoulés entre les dates i et j .

3-les stades de la lactation :

3-1- Début de la lactation

C'est la phase croissante de la lactation, les quantités de lait augmentent d'autant plus que le niveau de production est élevé (figure), l'accroissement entre la production initiale (PI=moyenne des 4-5 et 6^{ème} jours) et maximale hebdomadaire (PM) varie d'environ 6Kg de lait pour les faibles productrices (PM=20Kg chez les primipares, 25g chez les multipares) à plus de 10Kg de lait pour les fortes productrices (PM=30Kg chez les primipares, 45Kg chez les multipares) (**Faverdin et al 1987**).

Un déficit énergétique inévitable est observé en début de la lactation, causé par une très forte augmentation des besoins nutritifs et la faible capacité d'ingestion de la vache qui ne progresse que lentement. Cela conduira la vache à la mobilisation de ses réserves corporelles, qui sont de 15 à 60Kg de matières grasses selon le potentiel des animaux, c'est l'apport énergétique nécessaire à la production de 150 à 600Kg de lait. Concernant les réserves protéiques mobilisables elles sont beaucoup plus réduites et varient entre 5 et 10Kg, selon le potentiel des animaux, soit l'équivalence pour la production de 100 à 200Kg de lait (**Hoden et al, 1988**).

Selon (Wolter, 1994) le recours excessif à l'aliment concentré, durant cette période pour éviter le problème de la sous-alimentation, n'est pas une solution car cela peut causer des risques d'acidose, suite à la diminution de la consommation du fourrage et les modifications des fermentations digestives. Pour surmonter ce problème de déficit énergétique en début de lactation, la vache devrait être en bon état corporel au vêlage et qu'elle soit capable de mobilité ($\geq 40\%$), d'un apport en aliment concentré ($\leq 60\%$) et un taux de cellulose ≥ 16 à 18% pour assurer une bonne fibrosité de la ration et un bon fonctionnement du rumen pour le maintien du TB du lait à sa valeur normale.

En début de la lactation, les variations du taux protéique du lait sous l'effet du niveau des apports énergétiques sont faibles comparativement à celles de la production laitière (le

taux protéique augmente de 0,6 g/Kg pour 1 Kg/j d'augmentation de la production laitière). D'après **Coulons et Rémond (1991)**, cette augmentation du taux protéique est un peu plus importante dans les essais de longues durées (0,8 g/kg pour 1Kg/j d'augmentation de la production laitière).

Sérieys (1997) note que la somme des besoins d'entretien, de la gestation et de la production de la vache laitière varient dans des proportions considérables de la fin d'une lactation jusqu'au pic de la lactation suivante et cela selon le niveau de production de ces animaux (tableau N°2). **D'après Meschy (1992)** la mobilisation des réserves minérales osseuses est un processus physiologique inévitable en début de la lactation, donc il faut profiter leurs reconstitutions lorsque la capacité d'absorption est plus élevée (fin de la lactation).

Tableau N°2 : évolution des besoins journaliers en UFL, PDI et Calcium de la vache laitière de la fin d'une lactation au pic de la lactation suivante.

Stade physiologique	Vache produisant 600Kg/an			Vache produisant 8000Kg/an		
	UFL	PDI	Ca	UFL	PDI	Ca
Dernière semaine de lactation	11,7	1160	88	13,6	1390	103
1 ^{er} mois de tarissement	6,6	535	52	6,6	535	52
2 ^{eme} mois de tarissement	7,6	605	61	7,6	605	61
1 ^{ere} semaine après vêlage	17,2	2030	164	21,6	2610	208
2 ^{eme} semaine après vêlage	17,5	2025	156	21,9	2595	198
3 ^{eme} semaine après vêlage	18,1	2000	152	22,4	2525	190
4 ^{eme} semaine après vêlage	18,0	1960	152	22,2	2470	190
5 ^{eme} semaine après vêlage	18,0	1920	150	22,2	2420	188

3-2- Milieu de la lactation

Selon Faverdin et al., (1987) au cours phase décroissante de la lactation, les persurances de la production laitière (entre les semaines 10 et 40) sont plus faibles chez les multipares que chez les primipares (89,2% par mois contre 93,8). Durant cette phase, le bilan énergétique devient largement positif et la satisfaction des besoins azotés est plus facile à

réaliser en raison de leurs moindres dépendances de la capacité d'ingestion (**Hoden et al., 1988**).

Selon Chilliard et al., (1983) cités par **Favordin et al., (1987)**, la reconstitution des réserves corporelles doit commencer dès le milieu de la lactation. En effet, la reprise d'un point d'état corporel (soit 30Kg de lipides et 40 à 45Kg de poids vif) nécessite en milieu de la lactation au moins au moins 70 jours. Une vache laitière haute productrice a donc besoin d'au moins 4 à 5 mois pour reconstituer ses réserves corporelles. De ce fait, la réduction des apports nutritifs en cette période peut être préjudiciable à la santé de l'animal et à la qualité technologique du lait. Notamment, la chute du taux protéique (**Hoden et al., 1988**).

Pendant cette phase, les besoins de production de lait et ceux de la reconstitution des réserves corporelles doivent être satisfaits par un apport d'une ration alimentaire équilibré en énergie et en azote. Le rythme de distribution du concentré de production doit être en fonction de la qualité de la ration de base (tableau N°3). D'après Hoden et al (1988), seules les rations de fourrages ayant un rapport PDI/UFL voisin de 100g permettent des niveaux de production identique pour l'énergie et l'azote.

Tableau N°3 : Rythmes de distribution du concentré de production au dessus de la quantité de lait permise par les UFL de la ration de base selon la valeur énergétique du concentré et la ration de base.

Ration de base		Rapport PDI/UFL du concentré (g)	Rythme de distribution du concentré (Valeur UFL/Kg brut du concentré)		
Qualité	Lait permis par les UFL avant correction		1,0	0,9	0,8
1. Fourrages offerts à volonté					
médiocre	5	105	1Kg/2,2Kg de lait	1Kg/2Kg de lait	1Kg/1,8Kg de lait
moyenne	5 à 10	115	1Kg/2,4Kg de lait	1Kg/2,2Kg de lait	1Kg/2Kg de lait
Bonne	10 à 15	135	1Kg /2,8Kg de lait	1Kg/2,6Kg de lait	1Kg/2,2Kg de lait
excellente	15	145	1Kg/3Kg de lait	1Kg/2,8Kg de lait	1Kg/2,4Kg de lait
2. Fourrages offerts sans refus					
	Moins de 7,5	105	1Kg/2,2Kg de lait	1Kg/2Kg de lait	1Kg/1,8Kg de lait
	Plus de 7,5	115	1Kg/2,4Kg de lait	1Kg/2,2Kg de lait	1Kg/2Kg de lait

(INRA, 1988)

3-3- Fin de la lactation

Cette période correspond aux deux derniers mois de la lactation, elle se caractérise par une chute plus importante de production qui résulte de l'effet des hormones de gestation. La progestérone qui a pour rôle l'inhibition des contractions de l'utérus, empêchant ainsi la

naissance prématurée a aussi un effet inhibiteur sur la lactogènes, en supprimant la formation des récepteurs à la prolactine, en inhibant la synthèse de la prolactine par la glande pituitaire et en bloquant la liaison des glucocorticoïdes avec leurs récepteurs (**Martinet et Houdebine, 1993**).

Dulphy et rouel (1988), notent que les vaches en fin de la lactation ont bien une capacité d'ingestion élevée qui leur permet d'être largement suralimentées (+2,3 UFL dans les 2 essais) et de reprendre du poids. **Selon Walter (2001)**, Pendant le dernier tiers de la lactation, si la consommation ou la concentration de la ration en éléments nutritifs ne sont pas adaptées aux besoins des vaches, les apports excessifs en énergie conduiront à l'engraissement excessif des vaches dans le dernier tiers de la lactation (figure N°4). Cette erreur d'alimentation ne peut plus être corrigée pendant la période de tarissement. Cet auteur rajoute qu'en fin de la lactation, les fourrages peuvent suffire à couvrir les besoins nutritifs des vaches ayant une grande capacité d'ingestion, de sorte que des apports supplémentaires d'aliments concentrés sont superflus. C'est en fin de la lactation que l'éleveur commence à préparer la vache au tarissement en réduisant les apports alimentaires essentiellement le concentré de production, donc il est primordial que l'éleveur connaisse bien la consommation de ses bêtes et la valeur nutritive des aliments qu'il met à leur disposition.

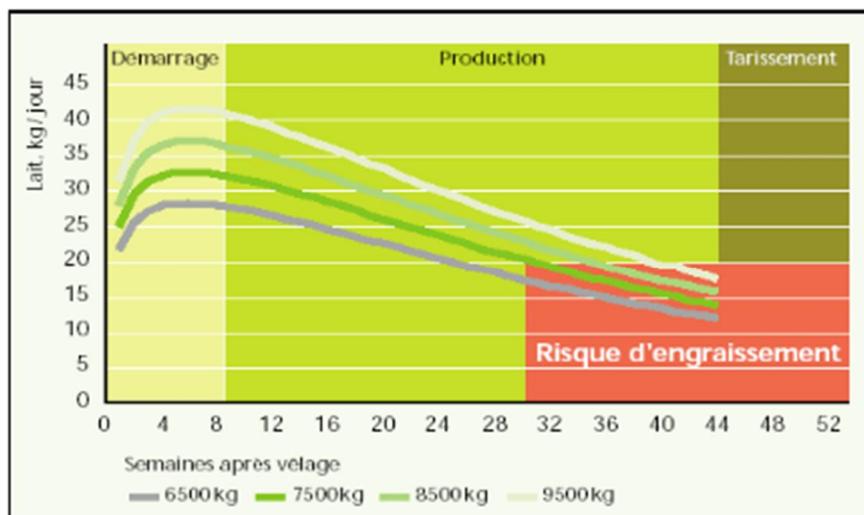


Figure N°4 : les périodes de risque d'engraissement pour des vaches laitières (D'après Walter, 2001)

6- Période de tarissement :

Cette période est obligatoire pour une relance hormonale et une régénération des tissus mammaires et non pas pour une remise en état qui doit intervenir antérieurement, en seconde partie de la lactation (figure) (**Wolter, 1997 ; Annen et al., 2004**). Cette période se distingue par des besoins quantitatifs relativement faibles, mais par des exigences qualitatives particulières liées à la gestation (**Wolter, 1997**). La vache ne devrait ni s'engraisser, ni maigrir si elle était en bon état de chair avant le tarissement. Cependant, la capacité d'ingestion dépasse 10 à 12KG de MS, ce qui implique d'apporter un régime fibreux comportant plus de 30% de ligno-cellulose tel qu'un pâturage moyen, du foin à volonté, du foin en complément d'ensilage d'herbe (rationné à 5KG de MS) ou d'ensilage de maïs (rationné à 3KG de MS) pour couvrir ainsi les besoins d'entretien et de la gestation (**Sérieys, 1997**) et favoriser une forte rumination (**Vespar, 1986**). Ce type de régime d'après (**Wolter, 1997**) évite le sur-engraissement et permet le développement de la panse. Concentrant les vaches maigres, (**Sérieys 1997**) recommande l'utilisation de manière plus libérale des fourrages plus énergétiques comme l'ensilage de maïs.

La période qui se situe autour du vêlage correspond à deux moments physiologiques différents ; la fin de la période de tarissement, caractérisée par des besoins alimentaires modérés, et le début de la lactation, caractérisé par des besoins qui deviennent rapidement importants (**Enjalbert, 2003**) et une capacité d'ingestion qui reste faible et évolue moins vite que les besoins (**Araba, 2006**).

Comme toutes les transitions, elle doit s'effectuer de façon très progressive et permettre à la microflore de s'adapter. En effet, c'est à ce moment que surviennent la plupart des maladies métaboliques (acidose, cétose, hypocalcémie puerpérale), dues en grande partie à des erreurs de rationnement (**Enjalbert, 2003**).

Selon (**Vespar, 1986**), la phase d'adaptation au régime alimentaire correspond à la préparation de la lactation. Sa durée est de 30 jours pour les génisses et de 15 jours pour les vaches. Par contre, (**Wolter, 1997**) l'estime à 3 semaines avant le vêlage et préconise à ce que les fourrages comme les concentrés qui sont introduits en cette période soient de même nature avant et après vêlage pour constituer un même « fond de cuve » pour la microflore.

Le complément de production doit être incorporé selon ce même auteur progressivement au cours des trois dernières semaines de gestation « STAMING-UP », en moyenne :

- 1Kg /VL/j : 3 semaine avant vêlage.
- 2 Kg/VL/j : 2 semaines avant vêlage.
- 2 à 3 Kg/VL/j : 1 semaine avant vêlage.

Mais ces quantités doivent être modulées en fonction de corporel individuel qui devrait se situer vers une note de 3,5 à 4 au moment du vêlage (**Wolter, 1997**) (figure N°5).

	Alimentation	Traite	Reproduction	Santé	
Tarissement	++			++	← Équilibre alimentaire + Hygiène
Début lactation	+++	+++	+++	+++	← Niveau alimentaire
Milieu lactation	+	++			
Fin lactation		+			← Reconstitution des réserves

Figure N°5: les objectifs principaux en fonction du lactation (**Wolter, 1997**)

Technologie fromagère des pâtes molles de type Camembert

1-Définitions

❖ Les fromages à pâte molle

Ils s'identifient par une définition légale donné par l'article 9 du décret du 26 octobre 1953 du règlement française (**Cogitore. 1987**) précisant que les fromages à pâte mole sont des fromages ayant subi indépendamment de la fermentation lactique, d'autres fermentations, affinés, dont la pâte n'est ni cuite, ni pressé et qui dans le cas échéant, peuvent comporter des moisissures internes.

❖ Camembert

Le Camembert fait partie des fromages à pâte molle et à croûte fleurie (**décret n° 60-172 du 19 février 1960**).

Ainsi, la dénomination Camembert est réservée à un fromage à pâte molle, à égouttage spontané, à caillé non déversé, en forme du cylindre plat, d'un diamètre de 10-11 à 15 cm, fabriqué avec du lait emprésuré, à pâte légèrement salée, à moisissures superficielles renfermant au moins 40 gramme de matière grasse par 100 gramme après complète dessiccation et dont le poids total de la matière sèche ne doit pas être inférieur à 110 grammes (**Cogitore. 1987**)

2-Caractéristiques principales de Camembert

Les Camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface, principalement par des moisissures, conformément à la norme générale pour le fromage (**CODEX STAN A6-(1978)**) qui se présente sous la forme d'un cylindre plat ou de morceaux du cylindre.

La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle (lorsqu'on appuis dessus avec la pouce) mais non friable, affinée de la surface au centre du fromage.

Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelque ouverture et fissure est acceptable. Une croûte molle, entièrement recouverte de moisissures blanches mais présentant parfois des taches de couleur rouge, brunâtre ou orange, se développe.

Pour le camembert près à la consommation, la procédure d'affinage destinée à développer les caractéristiques de goût et de texture dure normalement 10 jours minimum à une température comprise entre 10 et 16°C, en fonction du degrés de maturité requis.

D'autres conditions d'affinage (y compris l'ajout d'enzymes d'amélioration de l'affinage) peuvent être utilisées, pour autant que le fromage présente des propriétés physiques, biochimiques et sensorielles similaires à celles obtenues par la procédure d'affinage précitée.

La formation de croûte et la maturation (protéolyse) de la surface vers le centre sont essentiellement causées par le *Penicillium candidum* et /ou le *Penicillium camembertii* et le *Penicillium caseicolum*

La coagulation des protéines du lait s'obtient généralement par l'action combinée de l'acidification microbienne et de protéases (par ex. présure) à une température de coagulation appropriée (**CODEX STAN 276-(1973)**).

3- Composition physico-chimique de Camembert

Le fromage de type Camembert est riche en protéines, lipides, minéraux et vitamines, le tableau n°4 suivant présente la composition moyenne de fromage à pâte molle de type Camembert.

Tableau N°4: Composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type

Camembert (guégen.1979)	
Eau (g)	50
Energie	310
Glucides (g)	4
Lipides (g)	24
Protéines (g)	20
Calcium (mg)	400
Phosphore (mg)	250
Magnésium (mg)	20
Potassium (mg)	150
Sodium (mg)	700
Zinc (mg)	5
Vitamine A (U.I)	1010

- **Protéines**

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. Ce derniers ont pour origine les micelle des caséines modifié, au cours de l'affinage, une partie importante se trouve dégradée et solubilisé en oligopeptides et acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, différentes selon la microflore, ce qui confère au produit final sa texture et sa saveur.

Outre sa teneur élevée en protéines, la haute valeur biologique du fromage lui est conféré par sa composition en acides aminés très intéressant sur le plan nutritionnel (**DILLION et BERTHIER (1997)**)

- **Calcium**

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium. Toutefois, le taux de calcium varie en fonction de la teneur en eau et de mode de fabrication.

Pour les pâtes molles, on constate une grande variabilité, en particulier pour le camembert dont la teneur en calcium varie selon de marque de 200 à 700mg par 100g (**Guégen.(1979)**).

- **Les lipides**

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte de fromage. Au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipases microbiennes, une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres qui va de 0.25% de la matière grasse dans le camembert frais à 6.4% dans le camembert très affiné (Bejambes. (1952)). Certains de ces acides gras sont volatils et interviennent dans la formation de l'arome (**DILLION et BERTHIER (1997)**).

4-Traitements préliminaires du lait :

Aussitôt leur réception à l'usine, les laits sont triés en éliminant ceux impropres à la transformation fromagère (laits plus ou moins acides ayant une charge microbienne importante). Après un entreposage à basse température (3-4°C), ils vont subir certains traitements technologiques (dont notamment l'homogénéisation et le traitement thermique) qui ont pour objectifs de permettre l'obtention d'un produit dérivé de qualité appréciable et ce avec un bon rendement de fabrication (**LENOIR, 1974 ; MIRANDA et GRIPON, 1986**).

Néanmoins, il a été établi que ces traitements, quand ils sont pratiqués de façon anarchique engendrent plutôt des modifications physico-chimiques et nutritionnelles préjudiciables (**FEUILLAT *et al*, 1976 ; LEMIEUX *et al*, 1994**) dont nous relèverons plus loin certains de leurs particularismes.

4-1- La standardisation :

Elle consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer. Elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse (qui doit se situer autour de 28 g/l de lait) et parfois du taux de protéines (qui doit être supérieur à 31 g/kg de fromage) (**BERTRAND, 1988**).

4-2- l'homogénéisation

C'est une action mécanique réalisée à une température supérieure à 60 °C dans un homogénéisateur. Elle a pour but de stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait par la réduction du diamètre des globules gras à environ 1 micron et ce grâce à une pression exercée sur le lait de 100 à 200 bars (**BOURDIER et LUQUET, 1991**).

5- les traitements thermiques

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

Ainsi, la thermisation (traitement qui a lieu à 64°C pendant 15 à 20 secondes) est surtout utilisée pour détruire les bactéries psychrotrophes, qui se développent dans un lait ayant subi, soit une réfrigération à la ferme, soit un stockage réfrigéré au niveau de la fromagerie. Ces bactéries surtout les espèces des genres : *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Flavobacterium* produisent des lipases et des protéases exocellulaires résistantes à la pasteurisation (72-74°C, 15-20 sec) et même à la stérilisation UHT (132°C, 1-2 sec) (**LENOIR et al, 1983**). Ces enzymes peuvent être responsables de goûts désagréables (malté, amer, rance), et de pertes de rendements fromagers.

Comme ce traitement ne peut présenter une protection sûre pour la santé du consommateur, car il ne détruit que partiellement les germes dangereux (**BERTRAND, 1988**), il est souvent fait recours dans les industries fromagères à la pasteurisation qui présente

l'avantage de détruire la totalité des germes pathogènes susceptibles de se trouver dans le lait et de réduire sa flore banale.

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

- Pasteurisation basse \longrightarrow 63 °C pendant 30 minutes ;
- Pasteurisation haute (HTST) \longrightarrow 72°C pendant 20 secondes (**LUQUET et BOURDIER, 1991**).

6- Les étapes clés de la fabrication du *Camembert*

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

6-1- La phase d'ensemencement – maturation

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

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

On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène de l'affinage. Il s'agit de spores de *Penicillium Camemberti*, *Penicillium caseicolum* ainsi que *Geotrichum candidum*.

6-2- La coagulation

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

Pour les fromages à pâtes molles, la coagulation est généralement mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) et les bactéries lactiques (coagulation acide) (tableau N°5).

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

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

Il a été établi qu'au cours de la coagulation enzymatique, la présure en hydrolysant la caséine k au niveau de la liaison (Phe₁₀₅- Met₁₀₆), induit une déstabilisation des micelles de caséines qui vont peu à peu flocculer pour former un gel ferme, compact et ayant une bonne cohésion (VEISSEYRE, 1977).

Tableau N°5 : Caractéristiques des deux modes habituels de coagulation du lait selon DESMAZEAUD (1982).

	Coagulation par	
	Action des enzymes	acidification
<i>Processus biochimique</i>	-Action enzymatique (lactose non dégradé)	Fermentation lactique
<i>Fermentation de la caséine</i>	-transformation en paracaséine, séparation d'une partie non protéique	-pas de modification chimique de la protéine elle- même
<i>Ph</i>	-6,8	Vers 4,6
<i>Composition du coagulum</i>	Phospho-paracaséinate de calcium	-caséine (déméralisée)
<i>Nature du coagulum</i>	-gel élastique imperméable	-gel friable sans cohésion
<i>Synérèse (réaction naturelle du gel et expulsion du sérum)</i>	- rapide	- lente

6-3- l'égouttage :

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

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

- expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre (synérèse) ;
- séparation du sérum et du caillé par action physique.

La pâte obtenue est salée par addition de chlorure de sodium. Le sel inhibe certaines proliférations microbiennes, complète l'égouttage du caillé et relève la saveur du fromage (**ALAIS et LINDEN, 1993**).

6-4- l'affinage :

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

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

- la dégradation des protéines ;
- l'hydrolyse de la matière grasse ;
- la fermentation du lactose.

Comme cette étape constitue, pour une grande part, l'objet de notre étude, nous nous proposons d'examiner dans ce qui suit ses différentes réactions, particulièrement l'activité protéolytique.

Matériels et méthodes

1. Echantillonnage du lait

Les échantillons du lait destinés à la fabrication du *camembert* proviennent de trois régions de la wilaya de Mostaganem (Mazagran, Ouled Hamou et Sidi Lakhdar).

2. Analyses physico-chimiques du lait

- Les analyses des échantillons ont été réalisées par l'appareil de Lactostar. Cet appareil permet d'analyser avec précision les paramètres suivants :
 - La M.G
 - Protéines
 - Lactose
 - E.S.D
 - E.S.T
 - Densité.

Les résultats sont exprimés en pourcentage.

- **Détermination du pH**

Elle se base sur une mesure électrométrique (acidité ionique), Le pH est donné par une lecture directe sur le pH mètre après immersion de l'électrode dans le lait. (AFNOR, 1986).

- **Détermination de l'acidité**

L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium NaOH à 0,11 moles/l.

La présence de phénolphtaléine, comme indicateur coloré, indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pâle). Cette acidité est exprimée en degré

Dornic (°D) où : 1 ° D représente 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait (le mode opératoire est donné en annexe n° 5).

3. Analyses microbiologiques de lait

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

Le dénombrement a porté sur les germes aérobies mésophiles totaux, *Coliformes totaux* et *fécaux*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonelles*, *Streptocoques fécaux*, *Clostridium sulfito-réducteurs*, les levures et moisissures.

Des dilutions (10^{-1} à 10^{-6}) ont été préparées pour chaque échantillon.

3.1 Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

Les microorganismes aérobies et aérobies anaérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif gélosé défini non sélectif incubé à 37°C pendant 48 heures. Ils apparaissent sous forme de colonies de tailles et de formes différentes.

3.2. Dénombrement des *Coliformes*

Le dénombrement des coliformes est effectué sur le milieu VRBL avec un ensemencement en masse de 1 ml de chaque dilution, les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures.

3.3. Dénombrement des *Coliformes fécaux*

Le recensement des coliformes fécaux est effectuésur le même milieu VRBL après 48 heures d'incubation à 44°C.

3.4. Dénombrement des *Streptocoques fécaux*

Le bouillon de Rothe est utilisé comme test présomptif pour le dénombrement des *Streptococcus fécaux* (3tubes) en deux étapes (présomption et confirmation). En effet, le test de présomption consiste à prendre une série de 9 tubes contenant le milieu Rothe à raison d'une série de trois tubes par dilution. A partir des dilutions décimales, un volume d'1 ml est mis dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donné. L'incubation est à 37°C pendant une durée de 24 à 48 heures.

De ce fait, les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs, feront systématiquement l'objet d'un test de confirmation. Pour ce dernier, les tubes positifs sur le milieu de Rothe sont repiqués (2 à 3 gouttes) une seule fois sur le milieu Eva Litsky. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Pour la lecture, les tubes seront considérés positifs s'ils présentent un trouble microbien avec l'apparition d'une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube (**Benlahcen et al., 2013**), (le mode opératoire est donné en annexe n° 5).

3.5. Dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Le dénombrement est effectué sur le milieu Chapman par étalement en surface de 0,1 ml de chaque dilution. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

3.6. Dénombrement de *Clostridium Sulfito-réducteurs*

Les tubes contenant les dilutions 10^{-1} et 10^{-2} seront soumis d'abord à un échauffement à 80°C pendant 8 à 10 minutes, puis à un refroidissement ; afin d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées. Après, et avec une répétition de deux (2) fois, un volume d'1 ml de chaque dilution est porté aseptiquement dans deux tubes de 16 mm de diamètre, puis, on ajoute 15ml de la gélose violette de Foie mélangée avec 3 gouttes d'Alum de Fer et 10 gouttes de sulfite de sodium. en laissant le milieu se solidifier sur la paillasse pendant 30 min. les tubes seront ainsi incubés à 37°C pendant 24 à 48 heures. L'apparition des colonies noires indiquent la présence de spores du *Clostridium Sulfito-réducteurs* (**beldjil et al., 2013**).

3.7. Dénombrement des *Streptocoques lactiques*

Le principe de ce dénombrement repose sur l'utilisation d'un milieu spécifique (le milieu M17) rendu sélectif par addition d'acide nalidixique. L'incubation a lieu à 37°C pendant 72 heures (**BOURGEOIS et LEVEAU, 1991**).

3.8. Dénombrement des *Lactobacilles bulgaricus*

Le dénombrement de cette flore repose sur l'utilisation du milieu MRS (De Man,

Rogosa, et Sharp) avec incubation à 37°C pendant 48 heures. Ce milieu tient compte des caractères acidogènes et acidophiles ainsi que des exigences nutritionnelles de ces germes

(**BOURGEOIS et LEVEAU, 1991**).

3.9. Dénombrement des levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des micro-organismes unicellulaires et filamenteux, se développent dans les milieux acides (pH inférieur à 4,5) et à une température comprise entre 20 et 25 °C. Ces micro-organismes peuvent provoquer des accidents de fabrication comme la détérioration du goût, le gonflement et le défaut de texture.

Le principe de ce dénombrement repose sur l'utilisation d'un milieu rendu sélectif par addition d'antibiotiques tel que le milieu gelosé à l'oxytétracycline glucose agar (OGA).

4. Les différentes étapes de fabrication du Camembert au Laboratoire : (norme de camembert de Normandie, 1983).

- **Coagulation du lait ou caillage :**

Elle se fait à l'aide de présure environ 0,75 à 1 ml de présure pour 5 L de lait dans le cas des fromages à pâte molle de type camembert. Et à l'aide de ferments lactiques (bactéries lactiques indigènes des laits récoltés)

- **Tranchage, Moulage et égouttage du caillé obtenu :**

-Éliminer 50 à 70% de lactosérum (petit-lait) du caillé par le tranchage de ce dernier à l'aide d'une tranche caillée (dont l'écartement des lames ou des fils est au minimum de 2,5 cm).

-Deux passages au maximum de cet instrument sont autorisés dans la bassine.

-L'élimination du petit lait est assurée à l'aide d'une louche. Le caillé est déposé dans des moules sans fond (10 à 11,5 cm de diamètre et de 3 cm d'épaisseur), sur un support permettant l'égouttage du petit lait restant.

-Pendant encore 18 heures, les fromages s'égouttent. Cependant il est important de les retourner plusieurs fois.

-Les fromages sont recouverts (plaqués) d'une plaque métallique qui exerce une légère pression sur le fromage.

- **Salage des fromages :**

Les fromages sont salés au sel sec. Après salage, le fromage peut être ressuyé avant le début de l'affinage pendant une période qui ne dépasse pas 24 heures.

- *Affinage des fromages*

L'affinage des fromages s'effectue dans un réfrigérateur à une température comprise entre 10 et 12 °C, avec pulvérisation du *Penicillium camemberti*.

5. Les analyses physico-chimiques du fromage au cours de l'affinage

- **Mesure de pH**

Le pH est mesuré selon la méthode mentionnée par (Quasem *et al.*, 2009). Un échantillon de 2 grammes du fromage est dilué dans 10 ml d'eau distillée. Le pH est déterminé par l'immersion de l'électrode du pH-mètre dans le mélange.

- **Mesure de l'acidité titrable**

L'acidité titrable est déterminée selon la méthode de l'AOA (1980). Un échantillon de 2g du fromage finement broyé est mis dans une bécher de 10 ml, avec un volume de dix (10) ml de l'eau distillée. Ensuite, le mélange est agité vigoureusement par l'agitateur. Après, trois (3) gouttes de phénolphtaléine alcoolique sont ajoutées au mélange destiné au dosage par NaOH 9/N.

- **Dosage des lipides totaux (M.G) (Méthode de Folch *et al.*, 1975)**

A partir de chacun des prélèvements, les lipides ont été extraits par la méthode de Folch *et al.*, 1975.

Principe

Cette technique repose sur le principe d'une extraction à froid des lipides par un mélange de solvant chloroforme/méthanol (2/1, v/v). L'addition d'une solution aqueuse de NaCl à 0, 58% permet la séparation des phases.

La phase supérieure constituée méthanol et d'eau, contient les composés hydrophiles (glucides et protéines) dont la dissolution est favorisée par la présence de sel, tandis que les lipides sont dissous dans la phase organique inférieure. La pesée du ballon contenant l'extrait lipidique après évaporation du solvant permet de calculer la teneur en lipides exprimée en pourcentage (**Mode opératoire Annexe n°9**).

Le pourcentage des lipides totaux peut être déterminé par la formule suivante :

$$\% \text{ des lipides totaux} = \frac{M_1 - M_0}{M} * 100$$

Avec :

M1 : Masse du ballon plein (contenant les lipides)

M0 : Masse du ballon vide

M : Masse de l'échantillon

- **Détermination de l'extrait sec total (EST)**

L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation de 5g d'échantillon mis dans l'étuve à une température de 102±2°C. Cette teneur, exprimée en g de matière sèche pour 100g de fromage, est calculée selon la formule suivante.

L'extrait sec dégraissé (ESD) est déterminé en faisant la différence entre l'extrait sec total (EST) et la matière grasse (MG).

- **Détermination de la teneur en protéines**

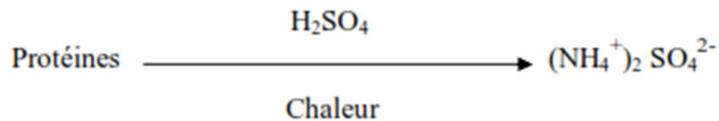
- **Dosage de l'azote (méthode de Kjeldahl)**

L'azote est dosé selon une méthode de référence qui est la méthode de Kjeldahl.

Son principe est subdivisé en trois étapes :

- minéralisation :

La matière organique est détruite à chaud par l'acide sulfurique concentré. L'azote se retrouve sous forme de sulfate d'ammonium :



- Distillation :

L'ammoniac (du sulfate d'ammonium) est déplacé par une solution d'hydroxyde de sodium concentré puis entraîné par la vapeur d'eau :



- Titration :

L'ammoniac est distillé et titré par une liqueur d'acide sulfurique centinormale en présence de 5 ml d'indicateur coloré. Le mode opératoire est donné en annexe n°8.

7. Calcul 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)

$$\text{Rdt} = \frac{\text{EST (lait)} - \text{EST (sérum)}}{\text{EST (coagulum)} - \text{EST (sérum)}}$$

Calcul du coefficient G :

- Nombre de litres de lait utilisé
- EST % du fromage
- MG % du fromage
- Poids de fromage obtenu

Dans le fromage, on détermine :

- Le taux d'extrait sec dégraissé (ESD %)

$$\text{ESD \%} = \text{EST \%} - \text{MG \%}$$

Puis l'extrait sec dégraissé total (ESDT)

$$\text{ESDT} = \text{ESD \%} \times \text{Poids du fromage obtenu}$$

- Enfin, le coefficient G :

$$G = \text{ESDT} / \text{Nombre de litres de lait emprésuré.}$$

7. Les analyses microbiologiques au cours de l'affinage

Afin de suivre l'évolution de la microflore au cours de l'affinage et son incidence sur le phénomène de protéolyse, nous avons recherché les groupes microbiens suivants :

- *Flore totale aérobie mésophile ;*
- *Bactéries lactiques ;*
- *Coliformes*
- *Streptococcus*
- *Staphylococcus*
- *la Salmonella*

Se basant sur des analyses préliminaires, nous n'avons pas pris en considération les autres groupes microbiens, (notamment les entérobactéries) car nous avons estimé que les faibles proportions qu'ils constituent ne sont pas de nature à peser considérablement sur la phase d'affinage.

➤ La flore lactique

Elle est constituée essentiellement des genres *Streptococcus lactique*, *Lactobacillus bulgaricus*, ce sont des germes utiles dans le lait.

Pour le suivi de la maturation du fromage, particulièrement de la protéolyse, un dénombrement de ces bactéries est effectué durant trois (3) semaines.

- **Dénombrement des *Streptocoques lactiques*** (voir de microbiologie du lait)
- **Dénombrement des *Lactobacilles bulgaricus*** (voir de microbiologie du lait)
- ***Flore aérobie mésophile totale*** (voir de microbiologie du lait)
- ***Staphylocoques*** (voir de microbiologie du lait)
- ***Coliformes totaux*** (voir de microbiologie du lait)
- ***Coliformes fécaux*** (voir de microbiologie du lait)
- **Dénombrement de *Salmonella***

La recherche de *Salmonella* a été réalisée selon la réglementation Algérienne décrites dans l'Arrêté du 23janvier 2005 publié dans le JORA n° 42 du 15 juin 2005.

La recherche de ces bactéries s'effectue en trois étapes :

- a) Un pré-enrichissement sur l'eau peptonnée par prélèvement de 25 g du fromage dans 250 ml d'eau peptonnée. Une agitation est effectuée pour avoir une suspension, qui est ensuite transposée dans un flacon stérile que l'on incube à 37°C pendant 18 heures.
- b) L'enrichissement s'effectue sur le bouillon FSB (Selenite-F Broth), il se fait donc à partir du milieu de pré-enrichissement. A partir de la culture de pré-enrichissement ; 1 ml est rajouté dans Le bouillon SFB contenant 10 ml. Par la suite, le tube est mélangé soigneusement, incubation à 37°C de 16 à 18h été procédée.
- c) L'isolement est réalisé en prélevant une goutte du milieu d'enrichissement avec l'anse à 37°C pendant 24h.

Les salmonelles se développent sous forme de colonies vertes ou bleutées avec ou sans contre noir.

Les analyses ont porté sur le lait de mélange des trois (03) régions de récolte.

1. Les caractéristiques physico-chimiques de lait

Tableau n°6 : Résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons de lait de mélange

Paramètres	pH	L'acidité (°D)	Densité	M.G (g /l)	Eau	Lactose (g/l)
Minimum	6,46	16,23	1,0235	60 ,4	6,69	41,8
Maximum	6,62	17,12	1,0238	61	6,72	42,1
Moyenne	6,52	16,7333	1,0236	60,85	6,70	41,96
Ecart-type	0,068	0,37258	0,0005	0,15	0,012	0,124
Normes FIL-AFNOR	6,6-7	16-18	1,030-1,032	34-36		47 – 52

L'acidité

L'acidité des échantillons de laits crus est globalement acceptable avec une moyenne de $16.73 \pm 1^\circ\text{D}$, l'écart type montre une faible variabilité des résultats.

Ces valeurs répondent à la norme **FIL-AFNOR** de l'acidité du lait frais fixée entre $16-18^\circ\text{D}$, L'étude réalisée par **Aggad et al., (2009)** dans l'Ouest algérien, a donné lieu à des acidités titrables des laits crus de mélange du même ordre de grandeur.

Ces similarités peuvent être liées au climat, au stade de lactation, à la saison (même période d'étude) et à la conduite d'élevage notamment l'alimentation et l'apport hydrique (**Labioui et al., 2009**).

La densité

La densité moyenne des laits mesurée est de $1,02 \pm 0,001$, les fluctuations autour de la moyenne sont très faibles avec un écart type de (0,00015). On note que les échantillons ont une densité inférieure aux normes **FIL-AFNOR** (1,030-1,032) avec une

valeur minimale de 1,0235. En dehors de tout mouillage du lait, la densité d'un lait varie selon sa richesse en matière sèche, et est inversement proportionnelle au taux de matière grasse (**Mathieu et al., 1998**).

La moyenne de densité des laits crus de mélange rapportée par **Aggad et al., (2009)** à se rapproche sensiblement de nos résultats.

La teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse varie entre 60.4 et 61g/L, avec une moyenne de $60,85 \pm 1,2$ g/L, dépassant les normes **FIL-AFNOR** du lait, qui tolèrent des valeurs se situant entre 34 à 36 g/L. Ces teneurs ont été obtenus lors de la traite effectuée au premier stade de lactation où le lait est riche en matière grasse, ce qui justifie cette augmentation de teneur.

pH

Le pH des échantillons de laits crus est globalement acceptable avec une moyenne de $6,52 \pm 1$ °D, l'écart type montre une faible variabilité des résultats.

Lactose

Les valeurs moyennes du lactose 41,96 g/l sont plus faibles que celles rapportées par **Mathieu, (1998)** estimées entre 47 et 52g/l, néanmoins cette teneur en lactose, principal sucre présent dans le lait, substrat de fermentation lactique pour les bactéries lactiques est globalement dans l'intervalle normal pour un lait cru soit 40-50 g/l.

L'eau

Les résultats obtenus notent la présence de l'eau en quantité présumée résultant du premier stade de lactation.

L'ensemble des résultats des analyses physico-chimiques sont illustrés dans la figure n°9 ci-dessous.

les analyses microbiologiques du lait

Les résultats des analyses microbiologiques des laits mentionnés dans le tableau n°7 représentent la charge des différentes microflores recherchées dans les laits crus analysés.

Tableau n°7 : Résultats de dénombrement des différentes microflores de lait

Flores (UFC/ml)	<i>Moyenne (UFC/ml)</i>	<i>Normes (UFC/ml) (JORA, 1998)</i>
<i>Germes aérobies mésophiles totaux</i>	162	10^5
<i>Coliformes fécaux</i>	122	10^3
<i>Coliformes totaux</i>	107	/
<i>Streptocoques fécaux</i>	140	Abs/0,1ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	3	Absence
<i>Clostridium-sulfito réducteurs</i>	absence	50
<i>Levures</i>	90	/
<i>Moisissures</i>	30	/
<i>Lactobacilles bulgaricus</i>	77	/
<i>Streptocoques lactiques</i>	230	/

Le dénombrement la *Flore aérobie mésophile totale* (FAMT) réalisé sur le milieu PCA a donné une moyenne des différents échantillons de l'ordre de 162 UFC/ml. Pour les *Coliformes fécaux* nous avons noté une moyenne de 122 UFC/ml.

Concernant les spores de *Clostridium sulfito-réducteurs*, aucune croissance n'a été observée sur le milieu Viande-foie additionnée d'Alun de fer et de sulfite de sodium, même après leur activation par le traitement thermique à 80°C pendant 10 minutes.

Ces résultats sont, en termes de norme admise, en accord avec ceux rapportés dans le journal officiel algérien des produits laitiers.

Pour les levures et moisissures, les valeurs obtenues sont de l'ordre 90-30 UFC/g en moyenne.

Notons enfin la présence des *Staphylococcus aureus* et *Streptocoques* fécaux avec des valeurs moyennes respectives de l'ordre de 03 et 140 UFC/ml. Ces résultats sont inacceptables en se référant au journal officiel algérien des produits laitiers, signifiant la contamination du lait qui semble être due aux conditions hygiéniques lors de la traite, ou lors des manipulations au laboratoire.

2. Résultats des caractéristiques physico-chimiques de fromages

Tableau n° 8: Résultats du suivi de pH et l'acidité au stade d'affinage en jours

Paramètres	Ph					L'acidité (°D)				
	J=0	J+3	J+6	J+9	J+15	J=0	J+3	J+6	J+9	J+15
Minimum	4,3	4,5	4,79	5	6,81	18	17	16,4	16	16,07
Maximum	4,37	4,6	4,8	5,45	6,84	18,4	17,2	16,99	16,23	16,6
Moyenne	4,34	4,54	4,79	5,21	6,82	18,13	17,06	16,63	16,24	16,26
Ecart-type	0,03	0,04	0,004	0,18	0,011	0,18	0,09	0,257	0,10	0,23

Concernant les paramètres physico-chimiques mesurés au cours de l'affinage du fromage (Tableau n°8), nous constatons que :

Pour le pH et l'acidité, les valeurs moyennes enregistrées sont de l'ordre de 4,34 et l'acidité Dornic mesurée à ce stade de début d'affinage (J=0) est de 18.13°D. Après 9 jours, les valeurs de pH s'élèvent à 5.21 pour atteindre un maximal de 6,82 au bout de 15 jour d'affinage, alors que l'acidité Dornic décroît et atteint des teneurs moyennes de 16,14°D à cause de la désacidification progressive du fromage. Ceci est en accord avec les travaux de **BOUTROU et al (1999)**. Ce phénomène s'explique par la poursuite de la fermentation du lactose résiduel du caillé par les bactéries lactiques au début d'affinage, puis l'installation de la flore fongique le fait remonter, en consommant l'acide lactique et

en libérant des composés de nature basique suite au métabolisme protéique (désaminations et transaminations).

Selon **Fox**, (1989), cette neutralisation de la pâte, due au développement des levures et notamment des moisissures traduisant une activité maximale de la plupart des enzymes protéolytiques et lipolytiques et contribue à une modification de la texture du caillé qui perd son aspect granuleux.

Tableau n°9 : Résultats des caractéristiques physico-chimiques des échantillons de fromage au stade d'affinage (moyenne de 03 échantillons)

Paramètres	M.G %	E.S.D %	E.S.T %	Protéine %
Minimum	22	37	61	18,75
Maximum	24	44,8	66,8	19,875
Moyenne	23	40,96667	64,13333	19,25
Ecart-type	0,816497	3,185732	2,390723	0,467707

Concernant l'extrait sec total, nous remarquons une concentration progressive de la pâte fromagère du à la richesse en nutriments du lait du premier stade de lactation.

La variation de la teneur protéique et celle de la matière grasse sont relativement adéquates et acceptables tout au long du processus d'affinage.

3. Rendement fromager 1^{er} stade de lactation

- C'est le poids de fromage obtenu à partir de 100 litres ou 100 kg de lait emprésuré. On peut l'exprimer par la quantité de lait nécessaire pour obtenir un fromage, on parle aussi de nombre de fromages obtenus à partir de 100 litres de lait ou à la bassine.

$$\text{Rdt} = 15,69 \text{ Kg} / 100$$

- **Coefficient G** : c'est le nombre de grammes d'extrait sec dégraissé laissé dans le fromage salé et mûr à partir d'un litre de lait emprésuré.

$$G = 128,03$$

4. Résultats des analyses microbiologiques de fromage

Tableau n°10 : Résultats de dénombrement des bactéries lactiques durant trois (3) semaines de stade d'affinage.

semaines	Flores	Moyenne UFC/ml	Normes (UFC/ml) (JORA, 1998)
1 ^{er}	<i>Streptocoques lactiques</i>	320	/
	<i>Lactobacilles bulgaricus</i>	420	/
2 ^{ème}	<i>Streptocoques lactiques</i>	220	/
	<i>Lactobacilles bulgaricus</i>	120	/
3 ^{ème}	<i>Streptocoques lactiques</i>	328	/
	<i>Lactobacilles bulgaricus</i>	140	/

Les résultats des analyses microbiologiques de fromage analysé, sont représentés dans le tableau n°10. Ils représentent la charge en différentes microflores recherchées dans les 3 échantillons de fromage à pâte molle type camembert.

Tableau n°11 : Résultats d'analyses microbiologiques de la micro-organisme intervenant au cours de l'affinage

Flores (UFC/ml)	Moyenne UFC/ml	Normes (UFC/ml) (JORA, 1998)
<i>Coliformes fécaux</i>	75	10
<i>Coliformes totaux</i>	86	10 ²
<i>Staphylococcus aureus</i>	15	10 ²
<i>Salmonella</i>	absence	absence
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	absence	1

Globalement, le dénombrement microbien réalisé dans le fromage à pâte molle montre que celui-ci est de bonne qualité microbiologique selon les normes algériennes rapportées dans le journal officiel et répond, par conséquent aux normes de fabrication fromagère.

CONCLUSION

A travers cette étude, nous avons évalué le degré de contamination de la matière première, le lait cru de vache du premier stade de lactation, destiné à la fabrication du fromage à pâte molle type camembert. Ainsi, 03 échantillons de lait cru de mélange ont fait l'objet d'une étude physico-chimique et une étude microbiologique portant sur 9 flores.

Les résultats des analyses physico-chimiques sont généralement, compris dans des intervalles proches des normes internationales retenues pour ce produit, avec une moyenne d'acidité de 16,73°D et une densité de moyenne de 1,023 et une moyenne de matière grasse de 60,85 g /l.

La présence de *Staphylococcus aureus* et les Streptocoques fécaux dans les échantillons indique clairement des contaminations qui semblent être liés aux conditions hygiéniques lors de la traite, ou lors de l'expérimentation au laboratoire.

Au regard des résultats des analyses physico-chimiques du fromage, nous pouvons conclure que les valeurs obtenues, sont en accord aux normes de **FIL-AFNOR**.

L'analyse microbiologique réalisée sur le fromage obtenu expérimentalement montre que celui-ci est indemne de toute contamination par des germes pathogènes pouvant porter préjudice à la santé qui sont donc en accord avec les normes du journal officiel Algérien sur les produits laitiers et confirme ainsi, que ce fromage est de bonne qualité et répond aux normes de fabrication laitière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alais C. (1975).** Sciences du lait. Principes des techniques laitières. Edition Sepaic.
- ALAIS C. et LINDEN G. (1993).** Biochimie alimentaire. Masson ,2éme édition paris.
- Alais C., Linden G. et Miclo L. (2008).** Biochimie alimentaire, Dunod 6 édition. Paris. pp :86-88
- Alais. C, 1984.** Sciences du lait, principes des techniques laitiers, volume11, 4émé édition, p14.
- Alais. C, 1984.** Sciences du lait, principes des techniques laitiers, volume10, 3éme édition,
- ALICE GISELE S. 1ANAGO, mars 2000.** Rapport d'activités. INERA, Productions Alimentation et nutrition n°28.Aliments.Animales. Programme Bovins. Farakoba, 12 pages.
- Annen, E.L., Collier, R.J., McGuire ? M.A. et Vicini, J.L., 2004.** « Effects of dry period lengthon milk yield and mammaryepithelial cells. » J Dairy Sci. V.87, supple: E66-76.
- Badinand F. (1994).** Maîtrise du taux cellulaire du lait. Rec. Méd. Vét., n°170. *Balanites aegyptiaca*. Tropicultura, 24, pp : 229-238.
- Bejambes M., Savoie S. et Cluzel S., (1952).** Ann. Technol. Agr., 1,23-30.
- Beldjil Ali A. F., Benlahcen K., Guessas B., Aggad H., Kihal M., (2013).** Evaluation of microbiological and sanitary quality of ewe's raw milk in Western of Algeria and detection of antibiotic residue by Delvotest. Adrances in Emironmental Biology. 7(6): 1027-1033.
- Benlahcen K., Mouloudi F., Kihal M (2013).** Study of the microbiological and physicochemical quality of raw milk from cows exposed to environmental pollutants in the region of west Algeria. 1(9): 229-240.
- BERTRAND F. (1988).**le fromage grand œuvre des microbes .revue générale de froid, 78,519-527.
- BERTRAND F. (1988).**le fromage grand œuvre des microbes .revue générale de froid, 78,519-527.

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

BOURDIER J. M LUQUET M.F (1991).dictionnaire laitier. Techniques et documentation, Lavoisier, 2ème édition, Paris.

Cayot P. et Lorient D. (1998). Structures et Technofonctions des Protéines du Lait.

CHARRON G., 1986. Les productions laitières. Volume 1 : les bases de la production. Collection agriculture aujourd'hui. Sciences, techniques et applications Paris, 847 pages.

Chilliard, Y., Doreau, M., Gagliostro, G., Elmeddah, Y., 1993. Addition de lipides protégés (encapsulés ou savons de calcium) à la ration de vaches laitières. Effets sur les performances et la composition du lait. INRA Prod. Anim., 6(2), 139-150.

CODEX STAN 276-(1973) : norme codex pour le camembert.

CODEX STAN A-6-(1978).

Coulon, J.B., Remond, B., 1991. Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. INRA Prod, Anim., 4(1), 49-56.

DELOUIS C. ET RICHARD P., 1991. La lactation. P 487-514. In reproduction chez les mammifères et l'homme. Thibault C., Levasseur M-C. INRA, Paris, 1991. 767 pages.

DEZMAZEAUD M.J. (1982). Les bactéries lactiques; recherche et application industrielle en agro-alimentaire. Colloque APRIA du 12-13 septembre 1992, Caen, France.

DILLION J.C et BERTHIER AM., (1997). Le fromage dans l'alimentation. In : Le fromage de la science à l'assurance qualité, 3^{ème} édition, Paris, PP. 713-724.

DJANE J. ET KELLY P., 1991. La prolactine. P 112-126. In reproduction chez les mammifères et l'homme. Thibault C., Levasseur M-C. INRA. Paris, 1991. 767 pages.

Dulphy, J.P., Rouel, J., 1988. Note sur la capacité d'ingestion des vaches laitières en fin de lactation. INRA Prod, ANIM., 1(2), 93-93.

EBANGI A.L., M. OMBIONYO, BEKA R.G., ABOUBAKAR T.M., GUILLOCHON D., ECK A. (1990). Le Fromage 3^{ème} Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.

Enjalbert, F. 2003. Alimentation de la vache laitière : Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. Point Vét / N°23 : 40-44. Eria.htm.

Enil Mamirole, 2011. Connaissance du lait Congrès international de la répression des Fraudes à Genève 1999 Normes tunisienne NT 14-01 1983.

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.

Faverdin P., Coulon J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA., 70, 133-152.

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

Gallois A., Langlois D. ,(1990). New results in the volatils odorus compounds of french cheeses. Le lait, 70,89 -106.

Gordon B. et Loisel W. (1991) . Dosage des protéines. Dans : Multon J.L., Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agronomiques. Vol 4, 2ème édition, Tec& Doc, Lavoisier, Paris.

Gripon J.C., Desmazeaud M.J., Le Bras D. et Bergere J.L., 1975. Etude du rôle des microorganismes et des enzymes au cours de la maturation des fromages. II. Influence de la présure commerciale. Le lait N° 548 , 502-516

Guégen L., (1979). Cach. Nutr. Diét., 14, 213-217.

H. Aggad, F. Mahouz, Y. Ahmed Ammar et M. Kihal, «Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien ». Revue Méd. Vét., 160, 12, pp.590-595, 2009.

H. Labioui, E. Laarousi, A. Benzakour, M. El Yachioui, E. Berny et M. Ouhssine, « Etude physico-chimique et Handbook of milk composition. Academic Press, San Diego, pp: 5-50.

Hoden, A., Marquis, B. Delaby, L., 1988. Association de betteraves fourragères à une ration mixte d'ensilages de maïs et de trèfle violet pour vaches laitières. INRA Prod, Anim., 1(3), 165-169.

IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

INRA Prod. Anim., 4 (5).pp: 361-367.

INRA Prod. Anim., 4 (5).pp: 361-367.

INRA., 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Alimentation des J. Mathieu, « Initiation à la physicochimie du lait ». Guides Technologiques des IAA. Ed. Lavoisier Tec et Doc, Paris, 1998.

JORA n°42 du 15 juin 2015 Arrêté 23 janvier 2005. Rendant obligatoire une méthode de recherche des salmonella dans le lait et les produits laitiers.

KOLB E., 1975. Physiologie des animaux domestiques. Edition Vigot et Frères, paris, 974 pages.

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

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

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

LIBOUGA D.G., VERCAIGNE-MARKO D., DJANGAL S. L., I. CHOUKAMBOU, Luquet F. M. (1985). Laits et produits laitiers - Vache, brebis, chèvre. Tome 1 : Les Luquet F.M.. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris.

Madji A. (2009). Séminaire sur les fromages AOP ET IGP.INAT. Tunisie.

MAHAUT M., JEANTET R., BRULE G., 2000. Initiation à la technologie fromagère. Tec &Doc Lavoisier. pp : 1-21.

Marchin S. (2007). Dynamique de la micelle de caséines : caractérisation structurale. Thèse INRA/ Agrocampus Rennes.

Martinet, J., Houdebine L.M., 1993. Biologie de la lactation. Ed. INRA., 597p

Mathieu J. (1998). Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des

Meschy, F., Bravo, D., 2004. Analyse quantitative des réponses des vaches laitières à l'apport de substances tampon. INRA Prod. Anim., 17 (1), 11-18. Courriel : meschy @jouy.fr.

MEYER C., DENIS J. P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Editions QUAE, 314 pages.

MIETTON B. (1995). Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d'environnement sur l'activité des agents de l'affinage. Revue des ENIL, 189, 19-27.

Miranda G. et Gripon J-C. (1986). Origin, nature and technological significance of proteolysis in milk . International dairy journal, n°66. pp:1-18.

Morrissay PA. (1995). Lactose: chemical and physicochemical properties. dans : Developments in dairy chemistry 3. (FOX PF). Elsevier, London.

Normes tunisienne NT 14-01 1983

OUEDRAOGO ISSA S., 1995. Etude de la production laitière en zone périurbaine de Ouagadougou. Mémoire de fin d'études. Université de Ouagadougou. IDR, 93 pages.

OULOMB J., 1976. La race N'Dama: quelques caractéristiques zootechniques. p12.

Pougheon S. (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse doctorat d'état en médecine vétérinaire, université Paul Sabatier de Toulouse, France. Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.

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

SCOTT R., 1981. Cheesemaking practice, Applied Science Publishers, London, pp: 44-165.

Sérieys F., 1997. Le tarissement de la vache laitière. 2^{ème} Ed. France Agricole Paris 224 P (61-73, 139-143).

Stoll W. (2003). Vaches laitières: l'alimentation influence la composition du lait. RAP technologiques. INRA Prod. Anim., 4 (3).pp: 219-228.

Toureau V., Bagieu V. et Le Bastard A-M. (2004). Une priorité pour la recherche :la transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition la maison rustique, Paris, 714 pages.

VEISSEYRE R. (1979). Technologie du Lait. 3^{ème} Edition, Maison Rustique, Paris.

VIGNOLA C.L., 2002. Science et technologie du lait, transformation du lait. Presses internationales polytechnique, Québec; 608p.

Vespa R., 1986. Résussite en production laitière. In Encyclopédie Agricole Pratique. Agri-nathan. 95p.

Welter S, 2001. Optimiser la préparation de la vache à sa nouvelle lactation. Station fédérale de recherche en production animal. info@rap. Admin.

Wolter R. (1988). Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} édition. Editions France Agricole. Paris

Wolter, R., 1997. Alimentation de la vache laitière. 3eme Ed : France Agricole, Pris. 263P (118-139, 180-199).

Annexe n°1

Gélose M 17

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone	2,50 g
- Peptone pepsique de viande	2,50 g
- Peptone papaïnique de soja	5,00 g
- Extrait autolytique de levure	2,50 g
- Extrait de viande	5,00 g
- Lactose	5,00 g
- Glycérophosphate de sodium	19,00 g
- Sulfate de magnésium	0,25 g
- Acide ascorbique	0,50 g
- Agar agar bactériologique	20,00 g

pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : $7,1 \pm 0,2$.

Gélose pour dénombrement (PCA)

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone	5,0 g
- Extrait autolytique de levure	2,5 g
- Glucose	1,0 g
- Agar agar bactériologique	18,0 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,0 \pm 0,2$.

Gélose VRBL

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pepsique de viande	7,0 g
- Extrait autolytique de levure	3,0 g
- Lactose	10,0 g
- Sels biliaires	1,5 g
- Chlorure de sodium	5,0 g
- Rouge neutre	30,0 mg
- Cristal violet	2,0 mg
- Agar agar bactériologique	20,0 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $7,4 \pm 0,2$.

Bouillon de ROTHE

Pour 1 litre de milieu :

Polypeptone	20,0 g
Glucose	5,0 g
Chlorure de sodium.	5,0 g
Phosphate monopotassique.	2,7 g
Phosphate dipotassique.	2,7 g
Azide de sodium.	0,2 g

pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : $6,8 \pm 0,2$.

Gélose Baird Parker

Composition pour la préparation d'un Litre de milieu.

• Peptone	10,0 g
• Extrait de viande de bœuf	4,0 g
• Extrait de levure	2,0 g
• Pyruvate de sodium :	10,0 g
• Glycocolle	12,0 g
• Chlorure de lithium	5,0 g
• Agar-agar	20,0 g

A ajouter en conditions stériles juste avant l'ensemencement (sinon détruit par l'autoclavage) :

• Émulsion de jaune d'œuf (<i>stérile</i>) :	50,0 ml
• Tellurite de potassium (<i>stérile</i>)	0,1 g

pH du milieu = 7,2

Milieu MRS (De MAN, ROGOSA, SHARPE)

- protéose- peptone n° 3	10 g
- extrait de viande	10 g
- extrait de levure	5 g

- glucose 20 g
- Tween 80 1 g
- citrate d'ammonium 2 g
- sulfate de magnésium, 7 H₂O 0,1 g
- acétate de sodium , 3 H₂O 5 g
- sulfate de manganèse, 4 H₂O 0,05 g
- phosphate dipotassique 2 g
- agar 2 0g

pH = 6,5

- répartir en flacons de 125 ml à raison de 100 ml
- autoclaver à 125 °C pendant 20minutes

Milieu à l'oxytétracycline (OGA)

- extrait de levure 5 g
- glucose- 20 g
- gélose 16 g
- eau distillée 1000 ml

pH = 7,2 ± 0,2

- repartir en flacons de 250 ml à raison de 100 ml ;
- autoclaver à 115 °C pendant 20 minutes.

Gélose Chapman

Constituants	Quantité en g/l
Extrait de viande	3
Extrait de levure	3
Tryptone	5
Peptone bactériologique	10
Chlorure de sodium	70
Mannitol	10
Rouge de phénol	0,05
Agar	18

Dissoudre 119 g dans un litre d'eau distillée ; autoclaver 15min à 121°C ; Ph=7,4±0,1

Gélose SS

Constituants	Quantité en g/l
Proteose peptone	5
Extrait de levure	3
Extrait de viande	5
Lactose	10
Sels biliaires	2
Sodium citrate	8,5
Vert brillant	0,33
Rouge neutre	0,025
Agar	18

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

Annexe n° 2

Résultats des caractéristiques physico-chimiques des 03 échantillons du lait cru

N°	1 ^{er} enchantions	2 ^{ème} enchantions	2 ^{ème} enchantions
La nature de prélève	Lait cru	Lait cru	Lait cru
pH	6,46	6,50	6,62
L'acidité (°D)	16,23	17,12	16,85
Densité	1023,6	1023,8	1023,5
M.G (g /l)	60 ,4	61,0	60,7
M.P (g/l)	30,9	31,1	30,6
E.S.D (g/l)	78,8	78,5	79,0
Eau	6,70	6,72	6,69
Lactose (g/l)	42,0	41,8	42,1

Annexe n°3

Résultats du suivi de pH et l'acidité stade de l'affinage en jours

Paramètres	Stades d'affinage en jours				
	J=0	J+3	J+6	J+9	J +15
PH	4,36	4,5	4,8	5,2	6,84
	4,3	4,53	4,79	5	6,812
	4,37	4,6	4,8	5,45	6,83
Acidité	16,07	16	16,4	17	18
	16,6	16,23	16,5	17,2	18,4
	16,12	16,2	16,99	17	18

Annexe n°4

Résultats des caractéristiques physico-chimiques des 03 échantillons de l'affinage

N°	1 ^{er} enchantions	2 ^{ème} enchantions	2 ^{ème} enchantions
pH	4,36	4,85	6,52
L'acidité (°D)	16,07	16,60	17,12
M.G (g /L)	22	23	24
E.S.D (g/l)	44,8	41,1	37
E.S.T (g/l)	66,8	64,6	61
Protéine (g/l)	19,125	18,75	19,875

Annexe n°5

Détermination de l'acidité du lait :

* **Prise d'essai :** 10ml de l'échantillon sont préparés dans un bêcher de 100ml.

* **Mode opératoire :**

- ajouter à la solution 0,3 ml de la solution de phénolphtaléine à 1% ;
- titrer avec la soude (NaOH N/9) jusqu'au virage au rose de la solution qui doit persister pendant une dizaine de secondes.

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

Annexe n°6

Dénombrement des streptocoques fécaux

a. Test de présomption

- Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Rothe à raison de trois tubes par dilution.
- A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1ml dans chacun des deux tubes correspondant à une dilution donnée. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien.

Aucun dénombrement n'est à faire à ce niveau.

b. Test de confirmation

Chaque tube de Rothe trouvé positif lors du test de présomption fera l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose dans un tube de milieu EVA Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C, pendant 24 heures.

- Lecture :

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube.

- Lecture finale :

Elle s'effectue selon les prescriptions de la table de MAC GRADY (annexe n°10), en tenant compte des tubes EVA positifs

Annexe n°7

Recherche des salmonelles

a. Pré-enrichissement :

Introduire 25 ml de lait dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée préalablement stérilisée. La préparation est homogénéisée puis incubée à 37°C pendant 16 à 20 heures.

b. Enrichissement :

Introduire 10 ml du liquide pré-enrichi dans 100 ml de bouillon sélénite.

Incuber 24 heures à 37°C.

c. Isolement sur gélose SS :

La flore secondaire Gram négatif est inhibée par le vert brillant et les sels biliaires contenus dans la bile de bœuf, alors que les coliformes sont plus ou moins inhibés par les fortes concentrations en thiosulfates et citrate.

En outre, le thiosulfate sert avec les ions de fer à mettre en évidence les colonies capables de former du sulfure par un noircissement de ces colonies.

Le lactose agit comme composé réactionnel de la croissance éventuelle de coliformes, en provoquant par sa dégradation en acide, le virage de l'indicateur de pH, le rouge neutre.

Inoculation et incubation : on étale 0,1 ml de la solution enrichie à la surface de la boîte de Pétri contenant le milieu SS coulé préalablement.

-Lecture :

Les salmonelles et shigelles apparaissent incolores et transparentes de petite taille.

Annexe n°8

Dosage de l'azote (méthode de Kjeldhal)

Fromage :

*** remise en suspension du fromage :**

- prendre 5 g de fromage pesés au mg près ;
- broyer à l'aide d'un mortier et mélanger pour rendre le produit homogène ;
- disperser l'homogénéisât dans une solution de citrate sodique (0,5 M) dans un mixeur pendant 8 minutes ;
- transvaser sans pertes dans une fiole jaugée de 100 ml en rinçant les parois du mixeur ;
- amener le volume à 100 ml avec la solution de citrate de sodium ;

*** Dosage de l'azote soluble :**

- mettre 20 ml de la solution dans un bêcher ;
- amener à pH 4,6 avec HCl (1 N) ;
- transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 50 ml ;
- compléter avec de l'eau distillée, agiter et laisser reposer pendant 10 minutes ;

- filtrer sur papier et doser sur 5 ml de filtrat

*** Mode opératoire :**

a : Minéralisation :

- introduire dans un ballon Kjeldhal ou matras :
 - . la prise d'essai (mélanger 10 g de sulfate de cuivre cristallisé et 100 g de sulfate de potassium) ;
 - . 15 à 17 ml d'acide sulfurique concentré ;
 - agiter et placer les matras sur le dispositif de chauffage sous une hotte d'absorption des vapeurs ;
 - augmenter le chauffage jusqu'à douce ébullition du mélange acide ; prolonger le chauffage 30 minutes après décoloration du mélange acide ;
 - laisser refroidir et boucher pour éviter tout contact avec les vapeurs ammoniacales présentes dans le laboratoire.

B : distillation :

- addition de 30 à 50 ml d'eau distillée tout en rinçant les matras,
- alcaliniser le contenu du matras avec 55 à 65 ml de soude concentrée (20 à 30 ml pour le fromage) et adapter aussitôt à l'appareil de distillation,
- l'allonge du réfrigérant est ajustée de façon à ce qu'elle plonge au fond d'un bûcher dans lequel sont introduits 10 ml de solution d'acide borique avec un indicateur coloré,
- l'entraînement de l'ammoniac commence presque aussitôt et se fait très rapidement et l'indicateur contenu dans le bûcher vire à sa teinte alcaline,
- titrer avec de l'acide sulfurique 0,1 N jusqu'à virage de l'indicateur à sa teinte acide.

Annexe n°9

Dosage des lipides totaux (Méthode de Folche et al, 1957)

Mode opératoire

- 1) 10g de chaque échantillon préalablement découpé en petits cubes sont mis en présence de 60 ml réactif de folch (méthode + chloroforme) et broyés à l'aide d'un homogénéisateur (type ultra Thuraux) pendant 3min.

- 2) Le mélange obtenu est filtré à travers un verre fritté de porosité 1.
- 3) Ce filtrat additionné d'une solution de NaCl à 0,73% à raison d'un volume NaCl pour 4 volumes de filtrat est soumis à décontation dans une ampoule à décanter.
- 4) Nous obtenons une saturation de deux mélanges : méthanol-eau et chloroforme-lipides. La présence d'une émulsion peut être possible. Dans ce cas nous ajoutons quelque goutte d'éthanol.
- 5) Nous agitons et laissons décanter environ 2 heures. Après décantation, les phases apparaissent incolores, limpides et séparées par un ménisque.
- 6) La phase inférieure (chloroforme-lipides) filtrée sur du sulfate de sodium ayant la propriété d'absorber l'eau est recueillie dans un ballon à col rodé préalablement pesé.
- 7) La phase supérieure (méthanol-eau) est rincée à l'aide de 50ml d'un mélange à 20% de NaCl concentré à 0,58% de méthanol + chloroforme de façon à extraire le reliquat des lipides apparaissant à l'issue de cette opération.
- 8) Nous filtrons comme précédemment la phase inférieure.
- 9) Nous évaporons le chloroforme par le biais d'un rotavapeur.
- 10) Le poids net des lipides ainsi mis à sec est obtenu par différence entre le poids du ballon contenant la matière grasse et celui du ballon vide.

Chapitre I

Le lait de vache, matière première

Chapitre II

La lactation du lait des vaches

Chapitre III

Fabrication de camembert

Chapitre IV

Matériel et méthodes

Chapitre V

Résultats et discussion