



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



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention d'un diplôme de Master académique en Biologie

Option : Alimentation humaine et qualité des produits

Thème

Effet de la matière première sur la qualité d'un fromage à pâte molle type «Camembert» fabriqué à la laiterie- fromagerie «Pâturage d'Algérie» .

Réalisé par

CHOUGAR Silya

HADJAM Souad

Jury composé de

Promotrice : M^{me} REMANE Y.

Maitre assistante classe A UMMTO

Président : M^{me} ABDOUNE S.

Maitre assistante classe A UMMTO

Examineurs :

- M^{elle} BENAHMED DJILALI A. Maitre de conférences classe B UMMTO
- YESLI A. Maitre assistant classe A UMMTO

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions le dieu de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour achever ce modeste travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à notre promotrice M^{me} REMANE_ BENMALLEM YAKOUT maître assistante classe A à l'université MOULOUD MAMMERI, TIZI OUZOU, qui a accepté de nous encadrer et de nous avoir aidé et pour toutes les efforts quelle la faite pour diriger ce travail. .

On remercie M^{me} OUALI_ABDOUNE SAMIA maître assistante classe A pour son aide et ses conseils judicieux et pour avoir accepté de nous honorer par sa présence comme président de la commission du jury

Nous tenons à remercier également les membres de jurys d'avoir accepté d'examiner ce travail:

- M^{elle} BENAHMED DJILALI ADIBA maître de conférences classe B à l'université MOULOUD MAMMERI, TIZI OUZOU
- M^r YESLI ABDENOUR maître assistant classe A à l'université MOULOUD MAMMERI, TIZI OUZOU

Nous tenons à exprimer nos remerciements aux personnels du laboratoire de la laiterie-fromagerie de « Pâturage d'Algérie », exceptionnellement à monsieur BOUNSIAR MOULOUD pour son assistance et son aide, ainsi qu'aux personnels du laboratoire commun 1 de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques pour leur contribution.

Nous remercions vivement tous ceux ou celles qui ont participé discrètement à l'accomplissement de ce travail.

Dédicaces

J'ai l'honneur à dédier ce modeste travail :

A mes chers parents pour leur amour, soutien et leur
confiance qu'ils m'ont toujours accordé

A mes chères frères : Salim et Sarah

A mon cher fiancé et partenaire « Bilal » ainsi qu'à toute sa
famille

A ma chère sœur et partenaire de réussite que j'estime
beaucoup « Fayza » et son fiancé « Samir »

A mes grandes mères et grand père « Saïd », que dieu leur
accorde une longue vie

A mes oncles et leurs épouses

A mes cousins et cousines

A tous mes amis et partenaires de travail

A ma binôme « Silya » et toute sa famille.

Souad

Dédicaces

Je dédie ce travail à:

Mes chers parents

Mes chers frères et sœurs

Tous mes amis (es) et toute ma famille

Ma binôme « Souad» et toute sa famille

Toute la promotion AHQP 2015-2016

Silya

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

INTRODUCTION 1

PREMIÈRE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I-Généralités sur le lait 3

1-Définition 3

2- Propriétés physico-chimiques du lait 3

3-La composition du lait 4

4-Les caractéristiques microbiologiques de lait 9

II-Généralités sur le fromage 11

1-Historique..... 11

2-Définition de fromage 11

3-Composition des fromages..... 11

4-Classification des fromages 13

III-Camembert 16

1-Définition 16

2-Les étapes de la fabrication..... 16

DEUXIÈME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTALE

IV-Matériel et méthodes 25

1-Aperçu sur l'unité » pâturage d'Algérie » 25

2-Diagramme de fabrication du Camembert à l'unité 25

3-Matériel 28

4-Méthodes 30

4-1-Prélèvement et préparation des échantillons..... 30

4-2-Analyses physico-chimiques 30

4-2-1-Détermination de la densité 30

4-2-2-Détermination de l'acidité titrable..... 30

4-2-3-Détermination de pH 31

4-2-4-Mesure de l'extrait sec total 31

4-2-5-Détermination de l'humidité 31

4-2-6-Détermination de la teneur en matière sèche dégraissée 31

4-2-7-Détermination de la teneur en matière grasse 32

4-2-8-Détermination de la teneur en protéines..... 33

4-3-Analyses microbiologiques..... 34

4-3-1-Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobique totale 35

4-3-2-Recherche et dénombrement des coliformes..... 35

4-3-3-Recherche et dénombrement des levures et moisissures 35

4-3-4-Recherche et dénombrement de Clostridium Sulfito-réducteur 35

4-3-5-Recherche et dénombrement des salmonelles 36

4-3-6- Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus 36

4-4-Analyses organoleptiques 36

4-4-1-Le jury de dégustation 36

4-4-2-Le déroulement des séances de dégustation..... 36

V-Résultats et discussions 38

1- Évaluation de la qualité du lait destiné à la fabrication du camembert..... 38

1-1- Évaluation de la qualité physicochimique 38

1-1-1-La densité	38
1-1-2- L'acidité et le pH.....	39
1-1-3-La teneur en protéines	39
1-1-4-La teneur en matière grasse	40
1-1-5-La teneur en extrait sec totale	40
1-1-6-La teneur en extrait sec dégraissée	40
1-2-Évaluation de la qualité microbiologiques	41
2- Evaluation de la qualité du fromage aux différents stades d'affinage	42
2-1-Évaluation de la qualité physicochimique	42
2-1-1-Évolution de EST au cours de l'affinage.....	44
2-1-2-Évolution de MG au cours de l'affinage	45
2-1-3-Évaluation de ESD des fromages au cours de l'affinage	46
2-1-4-Évolution du rapport G/S au cours de l'affinage.....	47
2-1-5-Évolution du pH au cours de l'affinage.....	48
2-1-6-Évolution de l'humidité au cours de l'affinage	49
2-2-Evaluation de la qualité microbiologique	50
2-3-Evaluation de la qualité sensorielle	53
2-3-1-L'aspect	54
2-3-2-La texture	54
2-3-2-Le gout et l'odeur	55
Conclusion générale	56
Références bibliographiques	
Annexes	

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AT : acidité titrable

BSA : Sérum Albumine Bovin

CMP : caséinomacropéptide

DO : densité optique

ESD: extrait sec dégraissé

EST: extrait sec total

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

GDL: gluconodéltalactone

H/E : huile dans l'eau

HFD : teneur en eau dans le fromage dégraissé

ISO : Organisation internationale de normalisation

MGLA : matière grasse laitières anhydre

OMS : Organisation mondiale de la santé

SARL: société à responsabilité limitée

TB : taux butyreux

TP : taux protéique

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I</i> : Composition moyenne du lait entier.	4
<i>Tableau II</i> : Composition moyenne et distribution des protéines du lait.	6
<i>Tableau III</i> : Constituants lipidiques du lait de vache et localisation dans les fractions physicochimiques.	7
<i>Tableau IV</i> : Composition minérale du lait de vache.	8
<i>Tableau V</i> : Composition vitaminique moyenne du lait cru.	9
<i>Tableau VI</i> : Classification des fromages en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage selon la norme A-6-FAO/OMS.	15
<i>Tableau VII</i> : Comparaison entre un caillé lactique et un caillé présure.	20
<i>Tableau VIII</i> : Résultats des analyses physicochimiques des laits destinés à la fabrication du camembert.	41
<i>Tableau IX</i> : résultats des analyses microbiologiques des laits destinés à la fabrication du camembert.	43
<i>Tableau X</i> : Résultats des analyses physicochimiques au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert.	46
<i>Tableau XI</i> : Résultats des analyses microbiologiques au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert.	51
<i>Tableau XII</i> : Résultats des analyses sensorielles pour les trois types de Camembert. ..	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Classification didactique des fromages.	14
Figure 2 : Phase de coagulation enzymatique du lait et formation du réseau.	20
Figure 3 : Diagramme de fabrication du Camembert à l'unité Pâturage d'Algérie.	27
Figure 4 : $DO = f [B.S.A.]$ courbe étalon de dosage des protéines par la méthode de (LOWRY et al, 1951).	34
Figure 5 : Suivi de l'évolution de l'extrait sec totale au cours de l'affinage pour les trois types du camembert.	44
Figure 6 : Suivi de l'évolution de la matière grasse au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert.	45
Figure 7 : Suivi de l'évolution de l'extrait sec dégraissé au cours de l'affinage pour les trois types de camembert.	46
Figure 8 : Suivi de l'évolution du rapport gras sur sec au cours de l'affinage des trois types de camembert.	47
Figure 9 : Suivi de l'évolution du pH au cours de l'affinage des trois types de camembert.	48
Figure 10 : Suivi de l'évolution de l'humidité au cours de l'affinage des trois types de camembert.	49

Résumé

Dans le but d'apprécier la qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué au niveau de la wilaya de Tizi Ouzou. Nous avons suivi le procédé de fabrication de ce type de fromage dans l'une des unités fromagères de la wilaya plus précisément dans la laiterie-fromagerie « Pâturage d'Algérie » afin d'évaluer la qualité de produit sur le plan physico-chimique, microbiologique et organoleptique.

Trois types de fromages à pâte molle type Camembert ont fait l'objet d'analyse, l'un fabriqué à partir de lait cru, l'autre à base de lait standardisé par la MGLA et le troisième fabriqué par du lait additionné de crème fraîche.

Il ressort de cette étude que la nature du lait influe sur la qualité du fromage. Le recours à l'enrichissement par la crème fraîche et par la MGLA a pour but de corriger le taux butyreux faible relevé dans la composition du lait de vache local acheminé à l'usine.

Mots clés : lait cru, Camembert, MGLA, crème fraîche, coagulation, affinage, qualité.

Introduction

L'Algérie est un pays de tradition laitière. Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens; ils apportent la plus grosse part de protéines d'origine animale. Eu regard de son contenu en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments de base.

Cependant, c'est un produit facilement altérable en raison de son caractère instable, néanmoins, la déstabilisation biologique et physico-chimique du lait est apparue rapidement comme un moyen permettant d'éliminer une partie de l'eau et de concentrer les fractions lipidiques et protéiques d'intérêt nutritionnel. Cette transformation qui constitue en fait, une forme de conservation du lait est rendue possible par un ensemble de réactions biochimique aboutissant aux différents produits dérivés notamment le fromage en améliorant les propriétés gustatives et digestives du produit de départ.

Parmi les diverses variétés de fromage existant dans le monde, le Camembert est probablement l'un des fromages les plus célèbres. La qualité de ce produit finale est fortement liée à la qualité des matières premières mises en œuvre qui est fortement influencée par les techniques et les conditions de son élaboration. La variabilité de ces derniers est le problème majeur rencontré en industrie laitières, surtout que la production de fromage de qualité constante reste la principale préoccupation des fromageries.

Le Camembert passe par plusieurs étapes de fabrication dont chacune est dépendante de l'étape qui la précède, ses caractéristiques sont déterminées par plusieurs facteurs liés à la nature et l'état du lait, des ingrédients de fabrication et des facteurs technologiques liés particulièrement à la conduite de fabrication ; c'est de leur maîtrise que dépendra la qualité recherchée par le consommateur. Afin d'arriver à un produit fini ayant des caractéristiques plus normatives et plus reproductibles d'une fabrication à une autre, les laiteries ont eu recours à la standardisation de la matière première.

Partant de là, et afin de nous faire une idée sur l'influence de la matière première sur le produit fini, nous allons essayer de suivre la production de trois types de fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie-fromagerie « pâturage d'Algérie », l'un est à base de lait cru, l'autre à base de lait cru additionné de matière grasse laitière anhydre et le dernier est préparé à base de lait cru additionné de crème fraîche.

Ainsi notre travail sera scindé en trois parties :

- Une partie physico-chimique qui nous permettra d'examiner les propriétés de la matière première et du produit dérivé et fini.

Introduction

- Une partie microbiologique qui portera sur l'évaluation de la qualité hygiénique de la matière première et du produit dérivé.
- une analyse sensorielle pour évaluer la qualité organoleptique du produit fini.

I- Généralités sur le lait

1- Définition

Selon la définition établie par le congrès international de la répression des fraudes alimentaires à Genève (1908) «le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir le colostrum».

Selon ABOUTAYEB (2011), le lait est un liquide opaque, blanc mat de saveur légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marquée et au goût douceâtre, sécrété, après parturition, par les glandes mammaires des mammifères femelles pour nourrir leurs nouveau-nés.

2- Propriétés physico-chimiques du lait

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

2-1- Densité

Selon POINTURIER(2003), La densité du lait varie généralement à une température de 20°C de 1.028 à 1.032. Chacun des constituants du lait agit sur la densité et comme la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1 de ce fait plus le lait ou le produit laitier contient de la matière grasse plus sa densité sera basse.

2-2- Acidité du lait

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

L'acidité titrable d'un lait normal se situe entre 16 et 18 degrés Dornic (°D), celui d'un lait mammiteux ou de fin de lactation est inférieure à 15°D tandis que celui d'un lait en début de lactation se situe entre 19 et 20°D (CECCINATO et al, 2009).

2-3- pH

Le pH permet de mesurer la concentration des ions H⁺ en solution, ces valeurs représentent l'état de fraîcheur du lait. Le pH du lait de vache se situe généralement entre 6,6 et 6,8 (AMIOT et al, 2002).

2-4- Point de congélation

Le point de congélation du lait peut varier de -0.530°C à -0.575°C avec une moyenne de -0.555°C . Un point de congélation supérieur à -0.530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'un cryoscope (AMIOT et al, 2002).

2-5- Point d'ébullition

D'après AMIOT et al(2002), comme pour le point de congélation, le point d'ébullition subit l'influence de la présence de solides solubilisés. Il est légèrement supérieur au point d'ébullition de l'eau, soit $100,5^{\circ}\text{C}$. Cette propriété physique diminue avec la pression.

3- La composition du lait

Selon FAVIER (1985), le lait est une source importante de protéines de très bonne qualité, riches en acides aminés essentiels, tout particulièrement en lysine qui est par excellence l'acide aminé de croissance. Ses lipides sont beaucoup plus riches en acides gras saturés qu'en acides gras insaturés. La composition moyenne du lait entier est représentée dans le tableau I.

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

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

3-1- Eau

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

3-2- Matières azotées totales

La dénomination « matières azotées totales » regroupe les protéines (taux protéique), ainsi que l'azote non protéique (dont l'urée). En effet plus le taux protéique (TP) est élevé et plus le rendement de transformation fromagère sera bon. La teneur totale avoisine 34 à 35 g/L (MAHAUT et *al*, 2000).

Les protéines du lait représentent 95% des matières azotées totales. Les 5% restants sont constitués :

- d'acides aminés libres et de petits peptides
- d'azote non protéique, essentiellement de l'urée (0,3 à 0,4 g/L) mais aussi de la créatinine, de l'acide urique,...

Les protéines du lait forment un ensemble assez complexe constitué de : 80% de caséines et 20% de protéines solubles (FAO, 1998) :

➤ **Caséines**

Les caséines sont des polypeptides phosphorés associés à des constituants minéraux, en particulier le calcium, mais aussi le phosphore, le magnésium et le citrate, de manière à former des micelles de phosphocaseinate de calcium. En présence de calcium, elles forment des unités qui agrègent plusieurs milliers de molécules, constituant les micelles de caséine dispersées dans la phase hydrique du lait (diamètre variant de 100 à 250 µm) (AMIOT et *al*, 2002).

➤ **Les protéines du lactosérum**

Les protéines du lactosérum sont des protéines d'excellente valeur nutritionnelle, elles se retrouvent sous forme globulaires. Elles ont de remarquables propriétés fonctionnelles mais

sont sensibles à la dénaturation thermique (LEYMARIOS, 2010). La Composition moyenne et la distribution des protéines du lait sont représentée dans le tableau II.

Tableau II : Composition moyenne et distribution des protéines du lait (FAO, 1998).

	Moyennes absolues (g/L)	Moyennes relatives (%)
Matières azotées totales	34	100
Protéines	32	94
Protéines non solubles	26	82
Protéines solubles	6	18
α –lactalbumine	2.7	45
β –lactoglobuline	1.5	25
Sérum albumine bovine	0.3	5
Globulines immunes	0.7	12
Protéases peptones	0.8	13
Substances azotées non protéiques	2	6

3-3- Matière grasse

Les matières grasses sont présentes dans le lait sous forme d'une émulsion de globules gras. La teneur en matières grasses du lait est appelée « taux butyreux » (TB).

De tous les composants du lait de vache, les lipides sont ceux qui, quantitativement et qualitativement, varient le plus. Les taux moyens précisés dans la littérature est de 35 g/L et peuvent être retenus en pratique industrielle lorsque le lait est un mélange provenant de plusieurs animaux (CROGUENNEC et *al*, 2008).

La matière grasse du lait se présente sous la forme d'une émulsion de globules gras d'un diamètre moyen de 0,2 à 15 μm . Elle est composée à 99,5 % de lipides, le reste étant constitué de substances liposolubles appelées également «substances lipoïdiques» ou « fraction insaponifiable ». Cette dernière est constituée d'hydrocarbures (dont le carotène), d'alcools (dont le cholestérol), de tocophérols et de vitamines liposolubles A, D et K (MAHAUT et *al*, 2000).

Le tableau III ci-contre détaille à la fois la teneur (par 100 g de matière grasse) et la (ou les) localisation(s) principale(s) des lipides du lait.

Tableau III : Constituants lipidiques du lait de vache et localisation dans les fractions physicochimiques (g/100 g de matière grasse) (FAO, 1998).

Constituants lipidiques	Proportions	Localisation
Triglycérides	96-98	Globule gras
Diglycérides	0,3-1,6	Globule gras
Monoglycérides	0,0-0,1	Globule gras
Phospholipides	0,2-1,0	Membrane du globule gras et lactosérum
Cérébrosides	0,0-0,08	Membrane du globule gras
Stéroïdes	0,2-0,4	Globule gras
Acides gras libres	0,1-0,4	Membrane du globule gras et lactosérum
Esters du cholestérol	Traces	Membrane du globule gras
Vitamines	0,1-0,2	Globule gras

3-4- Glucides

Le lactose, disaccharide composé de glucose et de galactose, est le seul glucide libre du lait présent en quantités importantes, sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/L. Cette teneur présente de faibles variations à la différence du taux butyreux. Il joue un rôle nutritionnel particulier et intervient également comme élément de fermentescibilité (MAHAUT et al, 2000).

Le lait contient également en quantités souvent négligeables (0,1g/L) d'oligosaccharides notamment du glucose et du galactose issus de la dégradation du lactose (LEYMARIOS, 2010).

3-5- Minéraux

Selon GAUCHERON(2004), le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux minéraux sont le calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions comme le montre le tableau IV.

Tableau IV : Composition minérale du lait de vache (JEANTET et *al*, 2007).

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

3-6- Vitamines

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

On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (vitamine du groupe B) en quantité constante, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (JEANTET et *al*, 2008).

Un litre de lait couvre pratiquement la totalité du besoin journalier d'un être humain en 5 vitamines A, B1, B2, B12 et en acide folique (MAHAUT et *al*, 2000). Le tableau V présente les principales vitamines du lait et leur teneur moyenne.

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

Vitamines	Teneur moyenne
Vitamines liposolubles	
Vitamine A (+carotène)	40µg/100ml
Vitamine D	2.4µg/100ml
Vitamine E	100µg/100ml
Vitamine K	5µg/100ml
Vitamines hydrosolubles	
Vitamine C (acide ascorbique)	Traces
Vitamine B1 (thiamine)	45µg/100ml
Vitamine B2 (riboflavine)	175µg/100ml
Vitamine B 6 (pyridoxine)	50µg/100ml
Vitamine B 12(cyanocobalamine)	0.45µg/100ml
Niacine et niacinamide	90µg/100ml
Acide pantothénique	350µg/100ml
Acide folique	5.5µg/100ml
Vitamine H (biotine)	3.5µg/100ml

3-7- Enzymes

POUGHEON(2001), définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se retrouve dans la membrane des globules gras.

4- Les caractéristiques microbiologiques de lait

Le lait contient un nombre variable de cellules ; celles-ci correspondent à la fois à des constituants normaux comme les globules blancs, mais également à des éléments d'origine exogène que sont la plupart des microorganismes contaminants.

Les microorganismes principalement présents dans le lait sont les bactéries, mais on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voire des virus.

De très nombreuses espèces bactériennes sont susceptibles de se développer dans le lait qui constitue, pour elles, un excellent substrat nutritif. Au cours de leur multiplication dans le lait, elles libèrent des gaz (oxygène, hydrogène, gaz carbonique, etc.), des substances aromatiques, de l'acide lactique (responsable de l'acidification en technologie fromagère), diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (BENHEDANE, 2012).

4-1- Flore originelle

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de 10³ germes /ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : microcoques, streptocoques lactiques, lactobacilles (GUIRAUD, 2003).

4-2- Flore de contamination

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

II- Généralités sur le fromage

1- Historique

Non seulement le lait se consomme à l'état nature, il peut également subir différentes biotransformations qui contribuent à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage. De l'ancienne français « fromage » (du latin *formaticus* , c'est-à-dire fait dans une forme).

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnu. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps les phénomènes de coagulation du lait depuis la découverte, sur les rives du lac Neuchâtel, de moules à cailler datant de 5000 ans avant J.-C. Cependant, l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. On s'entend pour dire que le fromage serait originaire du Sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans. Les Romains auraient stimulé le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 avant J.-C. et 300 après J.-C. Leur influence s'est reflétée dans l'étymologie : en effet, le mot latin *caseus* signifiant fromage, est la racine qui donnera le mot caséine en français, nom qui désigne la protéine coagulable du lait (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

2- Définition de fromage

La dénomination "fromage" est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes pour 100 grammes de fromage (JORF ,2007).

3- Composition des fromages

3-1- Protéines

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. Ce sont les aliments les plus riches en protéines, en particulier les fromages à pâte pressée dont la teneur en protéines (30%) dépasse celle de la viande. ces protéines proviennent de la caséine modifiée dont, au cours de l'affinage, une partie importante se trouve dégradée et solubilisée

en oligopeptides et en acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, ce qui confère au produit final sa texture et sa saveur (DILLON et BERTHIER, 2006).

3-2- Lipides

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipases microbiennes, subit une lipolyse limitée avec formation d'acide gras libres qui va de 0.25% de la matière grasse dans le camembert frais à 6.4% dans le Camembert très affiné. Certains de ces acides gras sont volatils et interviennent dans la formation de l'arôme. Les lipides du lait se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend plus digestibles (DILLON et BERTHIER, 2006).

3-3 Minéraux

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium et phosphore. Cependant leurs teneurs varient en fonction du mode de fabrication et de la teneur en eau (MAHAUT *et al*, 2000). GUEGUEN(2006), note une bonne constance des teneurs en calcium pour les fromages à pâte pressée, par contre, il a constaté une grande variabilité pour les fromages à pâte molle, en particulier pour le Camembert dont la teneur en calcium varie selon la marque de 200 à 700 mg par 100 g

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

3-4- Vitamines

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

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

4- Classification des fromages

4-1- Classification didactique

LENOIR et *al* (1983), donne une vue synthétique et didactique de la diversité des fabrications fromagères.

Les modalités de coagulation, d'égouttage et d'affinage du caillé conduisent à une grande diversité de fromage.

4-2- Classification officielle

La norme internationale A-6 (1978 - FAO/OMS) permet de classer les fromages (Tableau VI) en fonction de leur teneur en eau dans le fromage dégraissé (HFD), leur teneur

en matière grasse (G/S) et les principales caractéristiques d'affinage (FAO, 1998).

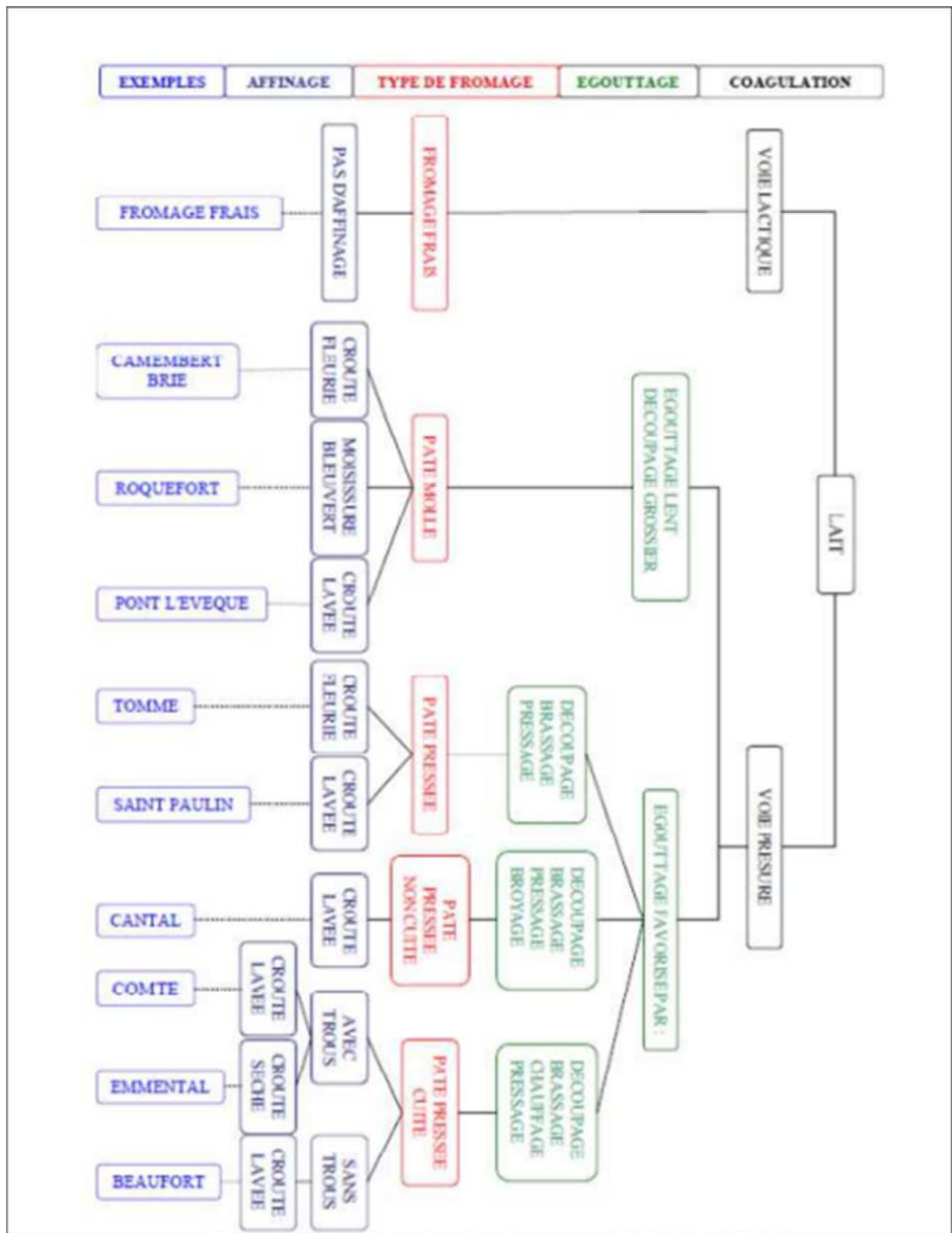


Tableau VI : Classification des fromages en fonction de la consistance, de la teneur en matière grasse et des principales caractéristiques d'affinage (FAO/OMS, 1978)

Formule I		Formule II		Formule III
HFD (%)	Le premier élément de la dénomination sera :	G/EST	Le second élément de la dénomination sera :	D'après les principales caractéristiques d'affinage :
< 51	Pate extra dure	>60	a- Extra	1- Affiné
49 – 56	Pate dure	45-60	b-Tous gras	a- Principalement en surface.
54 – 63	Pate demi-dure	25-45	c- Mi- gras	b- Principalement dans la masse.
61 – 69	Pate demi- molle	10-25	d-Quart-gras	2- Affiné aux moisissures
>67	Pate molle	<10	e-Maigre	a- Principalement en surface.
				b- Principalement dans la masse.
				3- Frais.

III- Camembert

1- Définition

Le Camembert est un fromage à pâte molle à caillé non divisé, affiné en surface, principalement par des moisissures, conformément à la norme générale pour le fromage (CODEX STAN283-1973) et qui se présente sous la forme d'un cylindre plat, d'un diamètre de 10 à 11 cm et d'une épaisseur de 3 cm. Il renferme au moins 40 % de matière grasse et le poids total de matière sèche ne doit pas être inférieur à 110g.

Selon la conduite de l'affinage, deux types de croûte peuvent se développer permettant de diviser les fromages à pâte molle en deux groupes : les pâtes molles à croûte fleurie comme les Brie et le Camembert et les pâtes molles à croûte lavée ou croûte morguée comme les Epoisses et le Munster. (MAHAUT *et al*, 2000).

Quatre ingrédients principaux interviennent dans la fabrication des fromages à pâte molle : le lait, la présure, les micro-organismes et le sel. La composition du fromage varie donc en fonction de type de lait utilisé et des paramètres technologiques appliqués.

Ces variations se traduisent au niveau des pourcentages des constituants majeurs du fromage qui sont : l'eau, les lipides, les glucides, les protéines et le calcium

2- Les étapes de la fabrication

2-1- Nature de la matière première

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 grandes traditions fromagères tel que la France, ce fromage est élaboré, soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé. Dans les pays où la production en lait cru est déficitaire comme l'Algérie, il est fait appel au lait recombinaison (OUALI, 2003).

2-2- Traitements préliminaires du lait

A leur arrivée à l'usine, les laits crus sont triés en éliminant ceux impropres à la transformation fromagère (laits plus ou moins acides ayant une charge microbienne importante). Après un entreposage à basse température (3-4°C), ils vont subir certains traitements technologiques (l'homogénéisation, la standardisation et le traitement thermique) qui ont pour objectifs de permettre l'obtention d'un produit dérivé de qualité appréciable et ce avec un bon rendement de fabrication (OUALI, 2003).

Néanmoins, il a été établi que ces traitements, quand ils sont pratiqués de façon anarchique engendrent plutôt des modifications physico-chimiques et nutritionnelles (JEANTET *et al*, 2008).

2-3- La standardisation

Afin de s'affranchir des variations de la teneur en protéines des laits et d'améliorer l'aptitude à la coagulation, les industriels règlent le taux protéique des laits entre 35 et 40 g/L par élimination de l'eau ou par enrichissement en caséinates (JEANTET *et al*, 2008).

Afin de satisfaire le rapport gras/sec et de maîtriser la structuration de l'eau dans le fromage, les industriels ajustent la teneur en matière grasse par l'ajout de la matière grasse laitières anhydre(MGLA) (MAHAUT *et al*, 2000).

Pour corriger les variations des teneurs en calcium du lait, le chlorure de calcium (CaCl_2) est rajouté à une dose variant entre 50 et 200 mg/l de lait, améliorant ainsi l'aptitude à la coagulation (JEANTET *et al*, 2008).

Pour déterminer les temps technologiques et le degré de minéralisation du caillé les industriels ajustent le pH d' emprésurage par une maturation biologique, par addition de GDL, par injection de CO_2 ou par apport de protéines sériques acides (MAHAUT *et al*, 2000).

Enfin la standardisation, bactériologique doit permettre de s'affranchir de la flore initiale du lait en éliminant la flore pathogène et la flore banale indésirable par des traitements thermiques adéquats et d'apporter la flore désirée par ensemencement des microorganismes tel que les bactéries lactiques (MAHAUT *et al*, 2000).

2-4- 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).

2-5- 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 (HERMIER et CERF, 1990).

Les industries fromagères font recours 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 (OUALI, 2003). Pour cela, des barèmes appropriés (température / temps de chauffage) ont été proposés:

- Basse pasteurisation 63 °C pendant 30 minutes.
- Haute pasteurisation 72°C pendant 20 secondes.

2-6- Maturation

C'est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée qui va participer, d'une part, à la coagulation du lait 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%. Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées. Une fois ses souches revivifiées, le levain servira à ensemenecer les grandes cuves de coagulation (OUALI, 2003).

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 *Géotrichum candidum* (MAHAUT et al, 2000).

2-7- Coagulation

La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui floclent puis se soudent pour former un gel emprisonnant des éléments solubles du lait (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action des enzymes ou encore par l'action combinée des deux (MAHAUT et al, 2000).

2-7-1- Coagulation acides

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pH_i=4,6$) par acidification biologique à l'aide de ferments qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimiques ou encore par ajout de protéines sériques à pH acide (MAHAUT et al, 2000).

L'acidification brutale, par addition d'un acide minéral ou organique entraîne une floculation des caséines à $pH=4.6$ sous la forme d'un précipité plus ou moins granuleux qui se

sépare du lactosérum. En revanche, une acidification progressive obtenue soit par fermentation lactique soit par hydrolyse de la gluconolactone, conduit à la formation d'un coagulum lisse, homogène qui occupe entièrement le volume initial du lait (ECK et GILLIS, 2006).

2-7-2- Coagulation par voie enzymatique

Il y'a un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origine animale, végétale ou microbienne qui ont la propriété de coaguler le lait, la présure d'origine animale constituée principalement de chymosine et d'un peu de pepsine est le coagulant le plus utilisé. Elle appartient à la famille des endopeptidases et possède une activité très spécifique, car elle n'hydrolyse que la caséine κ (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

On distingue trois phases :

➤ La phase primaire ou phase enzymatique

Correspond à une attaque de l'enzyme sur la composante qui stabilise la micelle (la caséine κ) avec libération d'un peptide, la caséinomacropeptide. L'enzyme hydrolyse la caséine κ au niveau de la liaison PHE 105-MET 106. La chaîne peptidique se trouve ainsi couper en deux segments inégaux, le segment 1-105 est la paracaséine κ et le segment 106-169 le caséinomacropeptide (CMP) (MAHAUT et *al*, 2000 ; ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

➤ La phase secondaire ou d'agglomération

Elle correspond à la coagulation proprement dite, elle commence lorsque 90% de la caséine κ est hydrolysée. Le CMP se détache de la caséine κ et la micelle perd son caractère hydrophile, il y'a diminution de son degré d'hydratation et de son potentiel de surface.

Les liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent alors entre les micelles modifiées et vont entraîner la formation du gel (MAHAUT et *al*, 2000 ; ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

➤ Phase tertiaire

Les micelles agrégées subissent de profondes réorganisations par la mise en place de liaisons phosphocalciques et peut-être des ponts disulfures entre les paracaséines (MAHAUT et *al*, 2000 ; JEANTET et *al*, 2007).

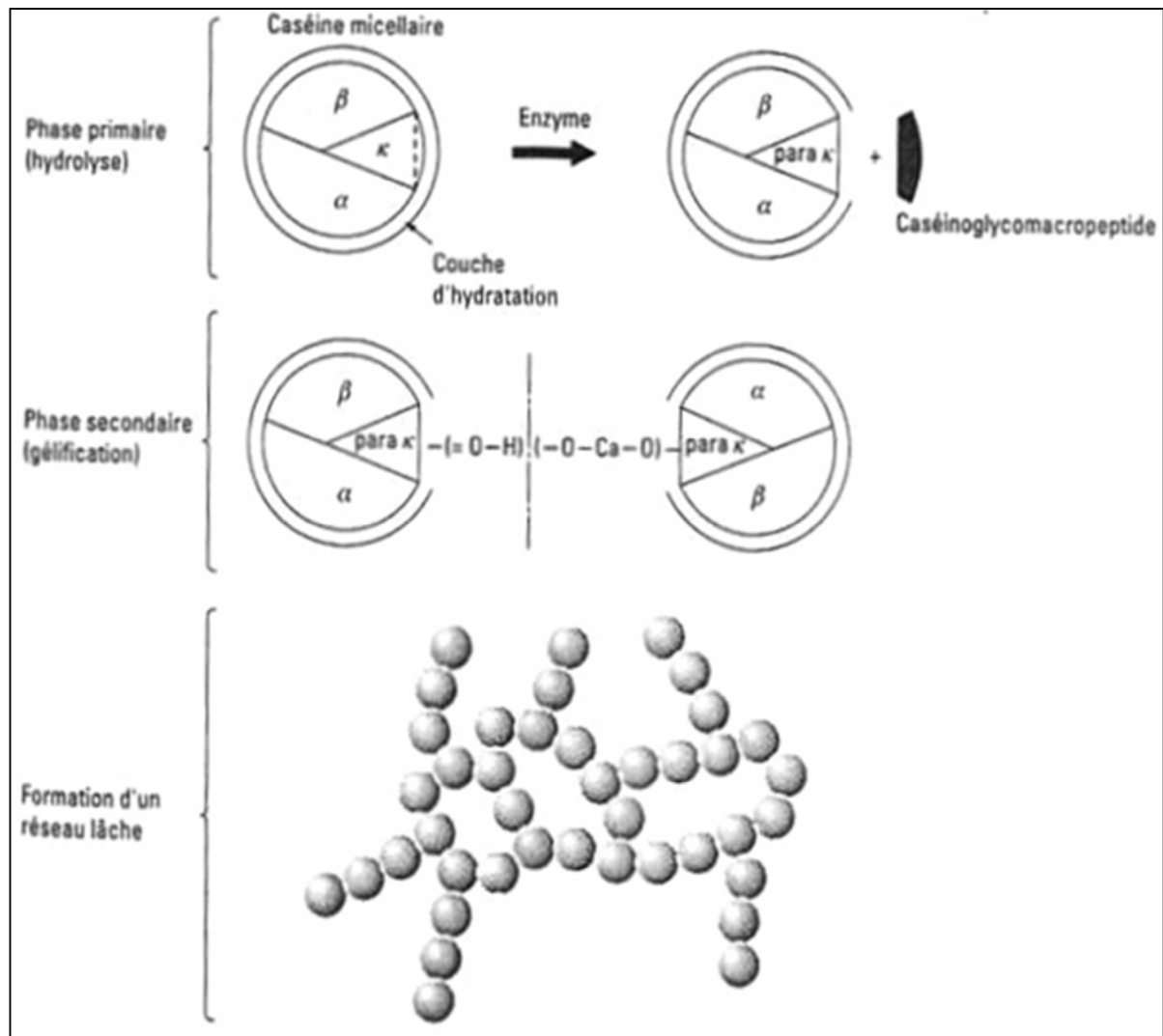


Figure 2 : phase de coagulation enzymatique du lait et formation du réseau (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

❖ Comparaison des deux gels obtenus par voie acide et enzymatique

Les mécanismes de coagulation du lait par voie acide ou par voie enzymatique permettent d'obtenir deux types de gels, donc des caillés distincts. Le tableau VII résume les caractéristiques des caillés lactiques et des présures.

Tableau VII : Comparaison entre un caillé lactique et un caillé présure (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

Paramètres	Type de caillés	
	Lactiques	Présures
Egouttage	Faible	Élevé
Teneur en eau	Elevé	Faible
Teneur minérale	Faible	Élevé
Pouvoir tampon	Faible	Élevé
Teneur résiduelle en lactose	Élevé	Faible
Structure des caséines	État dissocié	État micellaire
pH	Faible < 4.6	Élevé > 5.00
Type de texture	Plastique : fragile	Elastique : solide
Durée de conservation	Faible (quelques semaines)	Élevé (plusieurs mois)

2-7-3- Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (MAHAUT et *al*, 2000).

❖ Les facteurs influençant la coagulation

➤ La température

Le phénomène de coagulation est fortement dépendant de la température. la présure possède un maximum d'activité à dans un intervalle de température de 40 à 42 °C. à une température inférieure à 10°C, la coagulation ne se produit pas, entre 10 et 20°C elle devient extrêmement lente et au-delà de 65°C elle est nulle car on a une inhibition de l'activité d la présure (MAHAUT et *al*, 2000).

➤ Concentration en présure

Il existe une corrélation linéaire entre la concentration en présure et le temps de coagulation, ce dernier devenant plus court à mesure que la concentration en présure

augmente jusqu'à la saturation. Le taux de raffermissement et la fermeté du gel augmentent quant à eux avec la concentration en présure (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).

➤ **Concentrations en chlorure de calcium**

L'addition de CaCl_2 au lait diminue le temps de coagulation et accroît la fermeté du coagulum, mais à haute concentration en CaCl_2 ($\geq 0.3\text{M}$), le temps de coagulation peut être diminué (ILBOUDO et *al*, 2012). L'ajout de CaCl_2 permet également de réduire le pH du lait résultant et une augmentation du taux d'agrégation des protéines.

➤ **pH**

L'influence du pH sur le temps de coagulation et la vitesse de raffermissement du caillé est très forte (PIRES et *al*, 1999; AWAD, 2005). Le pH optimal d'hydrolyse de la caséine □ se situe entre 5,1-5,3 (LOPEZ et *al*, 1998; ZBIKOWSKA et *al*, 2004). En revanche à pH, supérieur à 7 il n'ya plus de coagulation, l'enzyme étant rapidement inactivée. L'effet le plus important de l'abaissement du pH est la solubilisation du phosphate de calcium micellaire, ainsi que la diminution de la charge nette de la molécule de caséine, suivi de la dissociation des caséines des micelles.

L'abaissement du pH augmente la vitesse de raffermissement du caillé (DAVIAU et *al*, 2000).

➤ **Diamètre micellaire**

La coagulation enzymatique est un phénomène de surface et elle est influencée par le diamètre des micelles de caséine. En général, plus le diamètre est grand, plus le temps de prise est long et plus le taux de raffermissement et la fermeté finale sont faibles (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002). En fromagerie, de petites micelles seront donc recherchées puisqu'elles sont associées à un temps de prise plus court et un taux de raffermissement plus rapide. De plus, les micelles de petites tailles fusionnent plus étroitement entre elles et sont donc caractérisées par la formation d'un réseau protéique plus dense, plus cohérent et plus ferme que celles de grande taille (FILION, 2006).

2-8- L'égouttage

L'égouttage du coagulum se fait de manière spontanée, à la différence des fromages à pâte pressée, mais il peut être accéléré par le tranchage du gel et le brassage. Le caillé qui en

résulte est caractérisé par une teneur en matière sèche peu élevée, une faible minéralisation et un pH assez bas au démoulage (CHOLET, 2006).

2-9- Le salage

Le salage des fromages permet dans un premier temps de compléter l'égouttage. Il contribue également à la formation de la croûte. Par la régulation de l'activité de l'eau (A_w), le sel module le développement des micro-organismes et favorise les activités enzymatiques au cours de l'affinage.

Deux procédés de salage peuvent être utilisés : le salage à sec (manuel ou mécanique) ou le salage par saumurage pour lequel les fromages sont immergés dans une solution habituellement saturée en chlorure de sodium. La plupart des fromages à pâte molle ont une teneur en sel de 1,5 à 2,0 % (CHOLET, 2006).

2-10- l'affinage

L'affinage correspond à une succession de transformations biochimiques, réalisées à la fois par des enzymes déjà présentes dans le lait ou le caillé, et par des enzymes synthétisées par la microflore qui se développe au cours de la maturation (bactéries, levures et/ou moisissures) (CHOISY et *al*, 1997 ; MAHAUT et *al*, 2000). La température des caves d'affinage se situe autour de 12 à 14 °C avec une humidité relative de 85 à 95 % suivant la phase d'affinage. Le temps d'affinage varie en moyenne de 12 à 45 jours suivant les fromages et les qualités organoleptiques désirées (CHOLET, 2006).

❖ Biochimie d'affinage

Le processus de maturation des fromages est dominé par trois grands phénomènes biochimiques : la fermentation du lactose, l'hydrolyse de la matière grasse et la dégradation des protides. Ces phénomènes, et plus particulièrement le dernier, modifient l'aspect, la texture et la consistance de la pâte; simultanément, ils sont à l'origine du développement de la saveur du fromage (MAHAUT et *al*, 2000).

➤ Conversion du lactose en acide lactique

La dégradation du lactose par la β -galactosidase conduit à la production d'énergie intracellulaire (glucose) et d'acide lactique (lactose). L'évolution des concentrations en lactose et en acide lactique est variable suivant le type de pâte et la flore microbienne utilisée. Dans le cas des fromages de type Camembert, la quantité de lactose résiduel diminue rapidement en surface au cours des premiers jours d'affinage pour disparaître au bout du 10^{ème}

jour, alors qu'au cœur de produit, sa dégradation est plus lente et ne s'achève que vers le 30^{ème} jour de maturation (CHOISY et *al*, 1997). Le catabolisme du lactose se fait selon une voie homofermentaire (la voie d'Embden-Meyerhof-Parnas) ou hétérofermentaire (la voie des pentoses phosphates). La voie homofermentaire est prédominante en raison de l'utilisation de levains lactiques mésophiles homofermentaire (MAHAUT et *al*, 2000).

➤ **Hydrolyse de la matière grasse**

La dégradation de la matière grasse ou la lipolyse peut être due à l'action de la lipase naturelle du lait et à celle des lipases d'origines microbiennes.

Les micro-organismes des fromages les plus lipolytiques sont les moisissures. En effet, *Penicillium Camemberti* constitue l'agent principal de la lipolyse du Camembert. Cependant *Géotricum candidum* (levure) est probablement responsable de la modification du profil des acides gras libres en faveur des acides insaturés, via la production de lipases (CHOISY et *al*, 1997).

➤ **La protéolyse**

Les enzymes protéolytiques se subdivisent en endopeptidases qui hydrolysent les protéines en peptides et en exopeptidases qui scindent les peptides en acides aminés libres.

Au cours de la maturation du Camembert dans les hâloirs, il y'a une hydrolyse enzymatique progressive des caséines en peptides (de tailles variables) et en acides aminés libres, qui sont l'origine de l'assouplissement de la pâte et le développement de la saveur (MAHAUT et *al*, 2000).

IV- Matériel et méthodes

1- Aperçu sur l'unité « Pâturage d'Algérie »

Pâturage d'Algérie est une société à responsabilité limitée(SARL), située à la zone industrielle sud ouest de la ville de Tizi Ouzou.

Elle fut créée en 1998 sous le nom « Montagnard », dans la ville de AIN EL HAMMAM, elle avait pour objectif de fabriquer des produits de large consommation tel que le lait pasteurisé, le camembert et le fromage fondu. Face aux difficultés économiques et techniques qu'imposait la région, la société a dû déménager en 2002 pour s'installer à Tizi Ouzou ou elle a pris le nom de « pâturage d'Algérie ».

L'unité compte dans son effectif 200 employés permanents, gérée par Mr. Madani Ounnoughene. Elle a une capacité de transformation d'environ 200.000 litres de lait par jour.

L'unité offre une gamme de produits très variée allant des fromages frais et fondus aux fromages à pâte dure en passant par les fromages à pâte molle type Camembert (petit brie , le Cerisier, le Figuier).

2- Diagramme de fabrication du Camembert à l'unité

La fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert à l'unité « Pâturage d'Algérie » comprend les étapes suivantes

2-1- Préparation du lait

Pour obtenir un bon camembert répondant aux normes de qualité le lait utilisé est soigneusement préparé. Durant cette étape le lait est filtré afin d'enlever les impuretés apparentes avant de passer dans le pasteurisateur.

2-2- Pasteurisation

Cette étape est nécessaire pour créer les conditions bactériologiques favorables à la coagulation du lait. La pasteurisation est réalisée à une température de 85°C pendant 20 secondes. Ensuite le lait est refroidi et standardiser selon les besoins et les propriétés physicochimiques à donner aux produit fini par la crème fraîche ou la matière grasse laitier anhydre et acheminé vers les cuves de fabrication.

2-3- Maturation

Durant cette étape le lait estensemencé par des ferments lactiques mésophiles et thermophiles, à 37°C, en se multipliant dans le lait, ces ferments assurent deux fonctions essentielles: abaisser le pH du milieu, contribuer aux caractères organoleptiques du fromage. Ces souches sont sous forme lyophilisées.

Le lait est additionné de chlorure de calcium (CaCl_2) au début de la prématuration ou du phosphate monocalcique. Selon REMEUF (1994), le CaCl_2 a pour effets, la réduction de la résistance du gel, l'accroissement de la vitesse de raffermissement, une meilleure cohésion du caillé et une forte diminution des pertes du coagulum dans le sérum.

2-4- emprésurage

Le lait est emprésuré à un pH de 6.4 dans des cuves de 100 L. La présure est la substance coagulante utilisée pour cailler le lait. Cette présure est sous forme lyophilisé.

2-5- Moulage

Le moulage s'effectue manuellement à l'unité, dans des moules en plastique déposés sur des plateaux ouverts légèrement inclinés. La mise en moule est une opération fondamentale autant pour la régulation du drainage du lactosérum que pour la mise en forme du fromage.

Le caillé moulé subit 3 retournements : le premier à lieu après 30mn de moulage, le deuxième après 1 h et le troisième après 2h. Au cours de ces retournements l'acidité de caillé passe de 30°D à 100°D. Les retournements permettent de réactiver le drainage et d'éviter ainsi un colmatage des surfaces. Après 24h d'égouttage, le démoulage à lieu.

Le salage se fait en immergeant pendant 30 à 40 mn les caillés démoulés préalablement dans une saumure à 18% de NaCl.

2-6- Ressuyage

Les fromages sont mis sur des clayettes inclinées et sont entreposées dans une salle de ressuyage pendant 24h, à une température de 8°C et humidité de 95%.

2-7- Affinage

Cette étape est réalisée dans des chambres conditionnées à une température de 14C° et à une humidité de 95%. Ils sont retournés une fois tous les deux jours et leur temps de séjour est de 11jours.

Le diagramme de fabrication tel qu'il est suivi par l'unit' est représenté dans la figure 5.

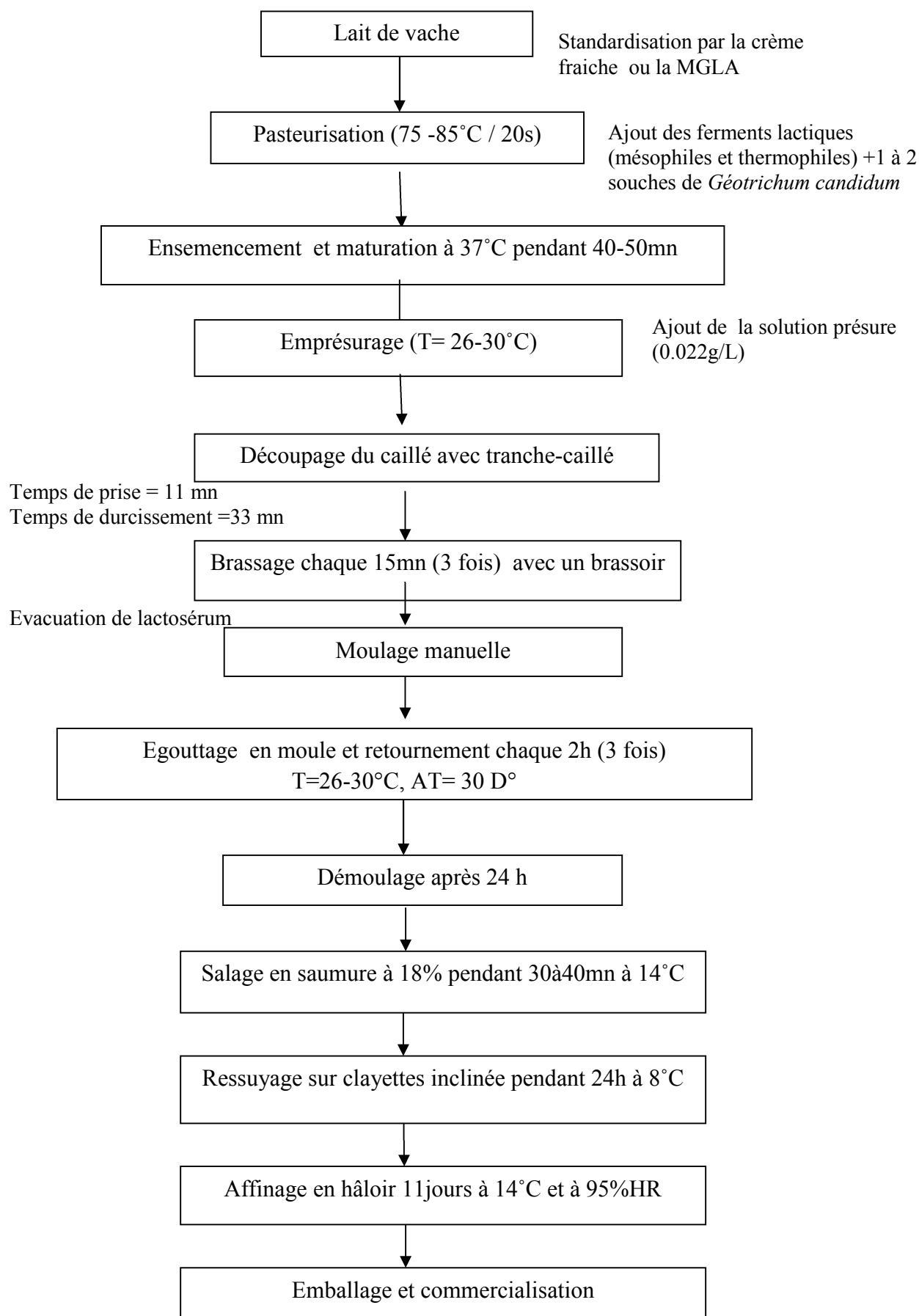


Figure 3 : Diagramme de fabrication du Camembert à l'unité » Pâturage d'Algérie ».

3- Matériel

3-1- Nature de la matière première

3-1-1- Lait de vache

Le lait de vache cru a été collecté par l'unité au travers les différentes fermes d'élevages réparties dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Il est transporté dans des camions à citernes iso-thermiques par les collecteurs assurant ainsi un bon conditionnement. Une fois la réception est terminée, le lait est stocké dans un tank réfrigéré à basse température (7°C) avant qu'il ne soit pasteurisé et transformé en fromage.

3-1-2- La matière grasse laitière anhydre (MGLA)

La MGLA utilisée par la fromagerie est obtenue par l'élimination des composés non gras du lait frais (ECK, 1990). Elle est importée à partir des pays de l'union européenne tels que la Belgique, l'Allemagne et la France. Cette poudre est conditionnée dans des sacs de 25 Kg et stockée à une température ambiante.

Selon ECK(1990), la matière grasse laitière anhydre est composée de :

- 0,1 % d'eau.
- 0,1 % d'extrait sec non gras
- 99,8 % de matières grasses.

Cette matière permet de préparer à l'usine un produit ayant une composition similaire à celle du lait cru. L'avantage d'incorporer la MGLA au lait est de standardiser ce dernier s'il a un taux initial faible en matière grasse.

3-1-3- La crème fraîche

La crème fraîche est fabriquée à partir de la crème de lait (la partie grasse de lait), séparée des autres composants du lait par la centrifugation.

La fabrication de la crème comprend deux étapes essentielles : l'écémage du lait et la pasteurisation.

L'écémage est le procédé par lequel on sépare la crème des autres composants du lait. Le lait, chauffé à environ 60°C, alimente en continu la cuve de l'écémeuse-centrifugeuse qui le soumet à une rotation très rapide. La force centrifuge accélère la séparation des composants

du lait : les plus denses gagnent les parois extérieures tandis que les plus légers, les corps gras, se rassemblent au centre. C'est la crème.

La pasteurisation est appliquée à toutes les crèmes. Elle consiste à éliminer les germes pathogènes éventuellement présents par chauffage contrôlé à une température de 80°C à 100°C pendant 10 à 50 secondes. On assure ainsi la destruction des germes pathogènes, tout en préservant les qualités organoleptiques et nutritionnelles de la crème.

La crème fraîche utilisée présente les caractéristiques physico-chimiques suivantes:

- MG=30%
- pH =4,93

3-2- Appareillage

3-2-1- Au niveau de laboratoire de la laiterie pâturage d'Algérie

- Bain-Marie
- Balance de précision (200g/0,01 mg)
- Bec Bunsen
- Butyromètre de GERBER et VANGULIK
- Centrifugeuse
- Dessicateur à infra rouge
- Thermo-lactodensimètre
- pH-mètre

3-2-2- Au niveau de laboratoire commun de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

- Agitateur à barreaux magnétique
- Balance de précision (0,01 mg)
- pH-mètre de paillasse
- Spectrophotomètre UV– visible

3-2-3- Autres matériels

- Verrerie : béchers, burette, éprouvette, flacons en verre, fioles jaugées, pipettes graduée, tubes à essai.
- Matériel approprié pour l'analyse microbiologique : boîtes de pétri, pipettes pasteur, micropipette, autoclave, étuve.

3-2-4- Produits chimiques et réactifs

- Solvants et réactifs : phénolphtaléine, alcool isoamylique, acide sulfurique, Trypton Sel Eau (TSE), eau distillée, réactif de Folin–Ciocalteu.
- Sels : sulfate de cuivre, tartrate de sodium et de potassium, hydroxyde de sodium, carbonate de sodium.

3-2-5- Supports d'analyse et produits biologiques

Milieux de cultures pour le dénombrement de microorganismes, Sérum Albumine Bovin (BSA).

4- Méthodes**4-1- Prélèvement et préparation des échantillons**

Les échantillons de lait et de fromage ayant servi aux différents tests analytiques ont été prélevés au niveau de la laiterie- fromagerie « Pâturage d'Algérie » .

Le lait destiné à la fabrication du fromage a été prélevé après le traitement de pasteurisation

Trois échantillons de fromages ont été analysés :

- Fromage à base de lait cru collecté localement (P01)
- Fromage à base de lait cru collecté localement additionné de matière grasse laitière anhydre MGLA (P02)
- Fromage à base de lait cru collecté localement additionné de crème fraîche (P03)

Les échantillons de Camembert destinés à l'analyse ont été prélevés aléatoirement dans des conditions aseptiques aux stades suivants :

- Introduction du fromage au hâloir pour affinage (stade : $J = 0$)
- Après 3 jours d'affinage = (J+3)
- Après 5 jours d'affinage = (J+5)
- Après 8 jours d'affinage = (J+8)
- Après 11 jours d'affinage = (J+11)

Chaque pièce de camembert prélevée est divisée en 2 : une partie pour les analyses microbiologiques et l'autre pour les analyses physico-chimiques.

Pour l'ensemble de ces prélèvements, les analyses ont été effectuées sur la partie interne du fromage, il est à signaler que vu le manque de moyens pour la réalisation de toutes les manipulations nous sommes limités aux analyses de routine les plus courantes réalisées à l'unité.

4-2- Analyses physico-chimiques

Toutes les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire d'analyses physico-chimique de la laiterie-fromagerie « Pâturage d'Algérie » à l'exception de la teneur en protéines que nous avons réalisée au niveau du laboratoire commun de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.

4-2-1- Détermination de la densité

➤ Principe

C'est le rapport entre la masse d'un volume de lait et celle d'un même volume d'eau à 20°C. La densité est mesurée en utilisant un thermo-lactodensimètre (annexe n°1).

➤ Expression des résultats

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

- Si la température du lait au moment de la mesure est supérieure à 20°C, augmenter la densité lue de 0.0002 par degré au-dessus de 20°C.
- Si la température du lait au moment de la mesure est inférieure à 20°C, diminuer la densité lue de 0.0002 par degré au-dessous de 20°C.

4-2-2- Détermination de l'acidité titrable (AT)

➤ Principe

Titration de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine comme indicateur de couleur (annexe n°2).

➤ Expression des résultats

L'acidité titrable est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait.

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

V = le volume en ml de la solution de soude

D°= degré DORNIC

1°D = 0.1g d'acide lactique par litre du lait.

4-2-3- Détermination de pH

➤ Principe

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre. En introduisant directement la sonde dans l'échantillon à analyser à une température de 20° C (annexe n°3).

➤ Expression des résultats

Le pH est lu directement sur le pH-mètre.

4-2-4- Mesure de l'extrait sec total (EST)

➤ Principe

L'extrait sec total est déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge SARTORIUS-MA 35. Son principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges jusqu'à l'obtention d'un poids constant de la prise d'essai analysée (annexe n° 4).

➤ Expression des résultats

La valeur de l'extrait sec est lue directement sur l'afficheur numérique après le bip sonore.

Le résultat est exprimé en (g/L) pour le lait et par pourcentage pour le fromage.

4-2-5- Détermination de l'humidité(H)

Le pourcentage d'humidité (H) ou de solide est calculé par la différence entre le poids humide initial et le poids de l'extrait sec total.

➤ Expression des résultats

$$H = 100 - EST$$

4-2-6- Détermination de la teneur en matière sèche dégraissée (ESD)

La matière sèche dégraissée est obtenue par la différence entre la matière sèche totale et la matière grasse.

➤ Expression des résultats

$$ESD = EST - MG$$

4-2-7- Détermination de la teneur en matière grasse (MG)

➤ Principe

La matière grasse est déterminée par la méthode de Gerber et celle de VAN GULIK (annexe n°5)

- Cas du lait

Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution de la matière grasse à doser par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool isoamylique, la matière grasse se sépare en couche claire dont les graduations du butyromètre révèlent le taux (AFNOR, 1980).

- Cas du fromage

La matière grasse du fromage est séparée par centrifugation au butyromètre, après avoir dissous les protéines du fromage par l'acide sulfurique. La séparation de la matière grasse est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isoamylique. La teneur en matière grasse est obtenue par lecture directe sur l'échelle du butyromètre (ISO : 3433-2002).

➤ Expression des résultats

La teneur en matière grasse est exprimée, soit en gramme pour 100g de lait, soit en grammes pour 100ml.

La teneur en matière grasse est égale :

$$MG=B - A$$

A est la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse.

B est la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de matière grasse.

4-2-8- Détermination de la teneur en protéines (méthode de LOWRY et *al*, 1951)

➤ Principe

L'addition successive à une solution protéique diluée d'un sel de cuivre en milieu alcalin puis du réactif de Folin-Ciocalteu donne une coloration bleue foncée. Celle-ci résulte de la réaction du cuivre sur les liaisons peptidiques et la réduction de l'acide phospho-tungsto-molybdique par la tyrosine, le tryptophane et la cystéine.

Les espèces réduites absorbent à 750 nm. A cette longueur d'onde, le spectrophotomètre donne une valeur de densité optique (DO) qui permet de déterminer la concentration en protéines de l'échantillon analysé (annexe n°6).

➤ Expression des résultats

Une courbe étalon est tracée en portant sur l'axe des abscisses les concentrations en BSA et sur l'axe des ordonnées les DO mesurées respectivement pour chaque dilution.

La concentration inconnue est déterminée en portant la valeur de la DO correspondante sur l'axe des ordonnées qui est ensuite projetée sur l'axe des abscisses.

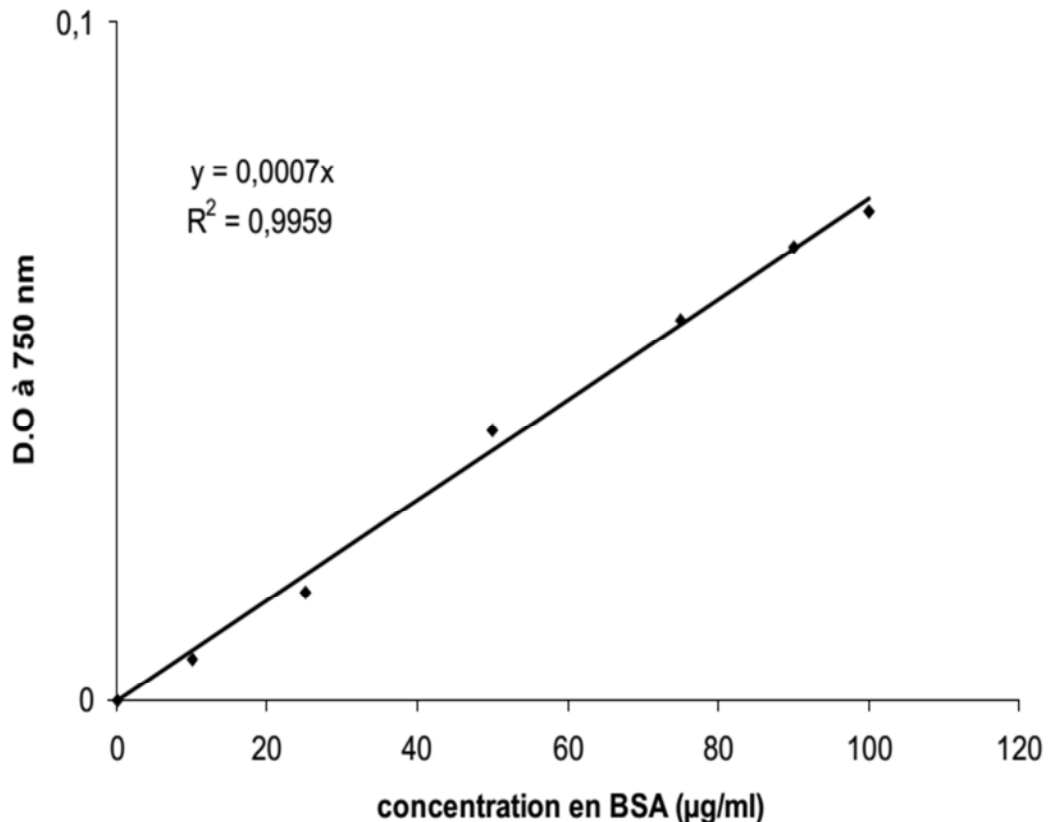


Figure 4: $DO = f[B.S.A.]$ courbe étalon de dosage des protéines par la méthode de (LOWRY *et al*, 1951).

4-3- Analyses microbiologiques

Afin d'avoir une idée sur la qualité hygiénique des laits utilisés dans la fromagerie pour la fabrication de Camembert et d'autres part pour déterminer la charge microbienne au cours des différents stades d'affinage. Nous avons recherché les groupes microbiens suivants : les coliformes totaux et fécaux, les staphylocoques, les Clostridium sulfite réducteurs, les salmonelles, levures et moisissures.

Toutes les analyses microbiologiques sont effectuées après pasteurisation.

❖ Préparation de la solution mère

On met aseptiquement 20g de fromage dans un sachet Stomacher stérile contenant 180 ml de Trypton Sel Eau (TSE). Après broyage et repos de 30 mn à 1 heure, pour la revivification des germes, la solution est prête à être utilisée (annexe n°7).

4-3-3- Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobique totale (FMAT)

Cette flore est considérée comme un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC présentes dans un produit. Le milieu de culture utilisé pour la détermination de la FMAT est une gélose PCA.

Ce dénombrement se fait après incubation à 30°C pendant 72h (annexe n°8). Les colonies des FAMT se présentent sous forme lenticulaire et de taille différente.

4-3-4- Recherche et dénombrement des coliformes

Les coliformes se caractérisent par leur aptitude à fermenter le lactose avec ou sans production de gaz. Ils sont dénombrés en milieu solide. Le milieu utilisé est la gélose au cristal violet au rouge neutre à la bile et au lactose (VRBL) qui va être ensemencé par la technique de double couche (annexe n°9).

L'incubation s'effectue à 30°C pendant 24 heures pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux. On dénombre les colonies rouges ayant une forme ronde et lenticulaire et un diamètre d'au moins 0,5mm.

4-3-5- Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Les levures et moisissures sont des microorganismes qui après ensemencement avec un milieu inhibiteur pour les bactéries aérobies tel que le milieu dit gélose à l'oxytétracycline glucose agar (gélose OGA) forment des colonies après une incubation de 30°C pendant 72h (annexe n°10).

Le dénombrement de cette microflore acidophile permet d'apprécier la capacité de conservation des produits laitiers.

4-3-6- Recherche et dénombrement de Clostridium Sulfito-réducteur

Les bactéries du genre Clostridium sont dites telluriques et thermophiles. Elles se rencontrent aussi bien dans le sol, dans l'eau et même dans l'intestin de l'homme. Leur aptitude à sporuler leur confère une grande résistance.

Leur présence est souvent utilisée comme des indicateurs pour l'appréciation de la qualité hygiénique. La recherche des *Clostridium* se fait par inoculation profonde dans la gélose viande foie (VF) contenant le sulfite de sodium et l'alun de fer (annexe n° 11).

4-3-7- Recherche et dénombrement des salmonelles

Les salmonella appartiennent à la famille des entérobactériaceae. Bien que leur présence dans les produits laitiers pasteurisés, soit rarissime, il convient de les rechercher sur un grand nombre de produits et plus particulièrement ceux consommés par les sujets à haut risque, nourrissons, jeunes enfants et vieillards, car les *Salmonella* peuvent provoquer de très graves toxi-infections.

Du fait de leur rareté et de l'endommagement des cellules selon les produits, il s'applique un processus de revivification et de multiplication, correspondant à un enrichissement voir à un pré-enrichissement des cellules. Ces opérations sont suivies d'isolement sur divers milieux gélosés sélectifs (annexe n° 12).

4-3-8- Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) est l'espèce la plus pathogène du genre *Staphylococcus*. Elle est responsable par la sécrétion d'entérotoxines d'intoxications alimentaires, d'infections localisées suppurées et, dans certains cas extrêmes, de septicémies physiques, raison pour laquelle leur recherche et dénombrement sont recommandées dans la majorité des produits laitiers (annexe n° 13).

4-4- Analyses organoleptiques

Cette analyse nous permet d'évaluer la qualité organoleptique du produit fini. La méthode d'évaluation choisie est basée sur l'exploitation systématique des réactions d'un jury de dégustation.

4-4-3- Le jury de dégustation

Le jury de dégustation est composé de 10 panélistes (étudiants et enseignants), âgés de 22 à 40 ans, du sexe féminin.

4-4-4- Le déroulement des séances de dégustation

L'évaluation a été faite au niveau du laboratoire des analyses physico-chimiques de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.

Des précautions ont été prises pour que les sujets ne soient pas influencés par des facteurs extérieurs:

- Absence d'odeurs étrangères
- Lumière uniforme

L'heure à la quelle se déroulent les essais se situe entre 12 heures et 13 heures.

Chaque poste de dégustation est muni de:

- Une bouteille d'eau minérale et un gobelet en plastique pour le rinçage de la bouche après la dégustation.
- Les petits morceaux de chacun des fromages à déguster sont placés dans une grande assiette en plastique, divisée par traçage
- Un questionnaire (annexe n°14).

Le fromage était sorti de réfrigérateur 1 heure avant la dégustation puis coupé en petites morceaux.

La qualité organoleptique évaluée concerne : l'aspect, la texture, le gout et l'odeur.

V- Résultats et discussions

1- Évaluation de la qualité du lait destiné à la fabrication du camembert

1-1- Évaluation de la qualité physicochimique

Le résultat des analyses physicochimiques des différents laits est représenté dans le tableau VIII

Tableau VIII: Résultats des analyses physicochimiques des laits destinés à la fabrication du camembert après pasteurisation(les résultats correspondent à une moyenne de 3 essais).

Paramètre	P 01	P 02	P 03	Normes FIL-AFNOR
pH	6,7	6,68	6,4	6,6 -6.8
Acidité (°D)	16	16	22	16 - 18
Densité	1,030	1,029	1,030	1,028-1,035
MG (g/L)	32	35	34	34-36
TP (g/L)	33,84	32,2	31,4	34-36
EST (g/L)	115,2	118	121,4	102-125
ESD (g/L)	83,2	83	87,4	87,5-89,9
Humidité (%)	88,48	88,2	87,86	87,5-89,8

- **P01** : préparation à base de lait cru
- **P02** : préparation à base de lait cru additionné de MGLA
- **P03** : préparation à base de lait cru additionné de la crème fraîche

1-1-1- La densité

La densité dépend directement de la teneur en matière sèche du lait (TB, TP, lactose et minéraux).

En examinant la densité des échantillons de lait, on constate qu'elles sont dans les normes.

1-1-2- L'acidité et le pH

Le pH et l'acidité dépendent de la teneur en caséines, en sels minéraux et en ions (ABOUTAYEB, 2011), ainsi que des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et son activité métabolique (MATHIEU, 1998).

D'après les résultats, le pH et l'acidité de lait de la (P01) et la (P02) sont dans les normes. Cependant, le lait de la (P03) enregistre un pH en dessous des normes (pH= 6,4) et une acidité très élevée (AT= 22°D).

Cette variation pourrait être due à l'enrichissement de lait par la crème fraîche qui apporte au lait des constituants à caractère acide réagissant avec la soude lors du titrage.

1-1-3- La teneur en protéines

Les résultats des teneurs en protéines (TP) des différents types de laits ont révélé l'existence d'une différence appréciable. En effet le lait de vache possède la teneur la plus élevée (TP =33.84g/L) par rapport à celle de lait standardisé par la crème fraîche (TP=31.4g/L) ou par la MGLA (32.2g/L).

Selon MARTIN et COULON (1995), beaucoup de facteurs sont susceptibles d'influencer négativement sur le taux protéique et butyreux des laits. Outre que l'alimentation quotidienne déficiente en fourrages et plantes herbacées, il y a lieu de citer l'effet de la race, l'âge, le stade de lactation, la saison, le climat. Le premier facteur semble néanmoins prépondérant dans l'obtention de ces teneurs faibles. Il a été établi par PISSAVY et DEZENDRE (2006), que certaines races sont plus prédisposées que d'autres à produire un lait riche en protéine.

1-1-4- La teneur en matière grasse

Pour ce paramètre nos résultats montrent qu'il y a une différence entre la (P01) et la (P03), alors que la (P02) est plus riche en MG avec un teneur de (35g/L)

Les résultats obtenus sont dans les normes recommandées par l'AFNOR pour la (P02) et la (P03); en effet la standardisation par la MGLA ou la crème fraîche a permis d'enrichir le lait en MG.

1-1-5- La teneur en extrait sec totale

Les teneurs en EST de la préparation à base de lait cru additionné de MGLA et de la préparation à base de lait cru additionné de la crème fraîche sont respectivement de 118,g/L et 121,4 g/L; elles sont plus élevées que celle de la préparation à base de lait cru (115,2g/L).

Cette différence est la conséquence de l'enrichissement de lait, ce qui provoque une concentration du lait de vache en tous les éléments de la matière sèche et par conséquence une augmentation de son EST (MIETTON, 1986).

1-1-6- La teneur en extrait sec dégraissée

Pour la teneur en ESD, la (P02) possède la teneur la plus élevée (83g/L) par rapport à celle de la (P01) et du lait standardisé par la crème fraîche (P03). Cette différence peut s'expliquer par l'augmentation de l'EST du lait.

Nos résultats sont en concordance avec ceux obtenus par MIETTON (1986), qui a constaté que l'augmentation ou la diminution de L'ESD du lait est corrélée avec la teneur en EST et en MG.

1-2- Évaluation de la qualité microbiologiques

Le résultat des analyses microbiologiques des différents laits est représenté dans le tableau IX

Tableau IX: résultats des analyses microbiologiques des laits destinés à la fabrication du Camembert

Germes/ml	Nombres de germes			Normes JORA
	P01	P02	P03	
Germes aérobies à 30° C	$2,1.10^4$	$2,2.10^4$	$2,2.10^4$	3.10^4
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes fécaux	Abs	Abs	Abs	Abs
Staphylocoques	Abs	Abs	Abs	Abs
Clostridium Sulfito-réducteurs	Abs	Abs	Abs	50
Salmonelles	Abs	Abs	Abs	Abs/ 25g
Levures et moisissures	Abs	Abs	Abs	–

Abs : absence

L'analyse microbiologique de la flore mésophile totale des différents types de lait a révélé des résultats conformes aux normes de JORA.

Ceci peut s'expliquer par le fait que les collecteurs acheminent leur lait directement après la traite dans des citernes iso-thermiques limitant la prolifération des différentes flores bactériennes.

Les staphylocoques, les salmonelles et les Clostridium sont absents. Ces résultats sont conformes aux normes citées.

L'importance de la pasteurisation se fait sentir dans ce cas, car elle a permis de réduire considérablement la flore totale et a éliminé toutes les flores de contamination notamment les levures et les moisissures, les coliformes fécaux et les coliformes totaux

D'après HERMIER et CERF (1997), la pasteurisation appliquée au lait de fromagerie à essentiellement deux objectifs :

- Assurer l'assainissement du lait par la destruction de la flore pathogène
- Limiter les risques d'accidents de fabrication par la destruction de la flore non désirable et réduire la flore banale du lait.

2- Evaluation de la qualité du fromage aux différents stades d'affinage

2-1- Évaluation de la qualité physicochimique

Le résultat de l'évaluation de la qualité physicochimique des Camemberts aux différents stades d'affinage est représenté dans le tableau X

Tableau X : Résultats des analyses physicochimiques au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert.

paramètre	Stade d'affinage en jours														
	J=0			J+3			J+5			J+8			J+11		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
EST(g/100g)	40,96 ±0,03	41,29 ±0,02	44,08 ±0,06	43,84 ±0,03	43,54 ±0,02	46,98 ±0,03	46,20 ±0,02	45,89 ±0,15	48,06 ±0,04	47,46 ±0,03	47,74 ±0,03	50,05 ±0,87	48,73 ±0,04	48,81 ±0,02	50,12 ±0,08
MG(g/100g)	20±0,67	20±0,00	23±00	20,5±0,33	21±00	23,5±0,33	21±0,00	21,5±0,33	23,8±0,20	21,4±0,38	21,8±0,24	24±00	22±00	22±0,00	24±0,67
ESD(g/100g)	20,96 ±0,67	21,29 ±0,02	21,07 ±0,06	23,34 ±0,36	22,54 ±0,02	23,48 ±0,36	25,2±0,02	24,39 ±0,48	24,26 ±0,20	26,06 ±0,35	26,04 ±0,22	26,05 ±0,87	26,73 ±0,04	26,81 ±0,02	26,12 ±0,59
G/S(%)	48,83 ±1,63	48,43 ±0,03	52,18 ±0,07	47,08 ±0,79	48,23 ±0,02	50,02 ±0,74	45,45 ±0,02	46,85 ±0,88	49,52 ±0,42	45,48 ±0,77	45,45 ±0,49	47,95 ±0,83	45,14 ±0,04	45,07 ±0,01	47,88 ±1,26
pH	5,12±0,08	4,99±0,01	5,08±0,03	5±0,13	4,81±0,02	4,97±0,02	4,80±0,01	4,88±0,00	4,91±0,09	5,06±0,04	4,98±0,03	4,96±0,02	5,24±0,02	5,2±0,08	5,11±0,02
H(%)	59,04 ±0,03	58,71 ±0,02	55,93 ±0,06	56,16 ±0,03	56,46 ±0,02	53,02 ±0,03	53,8±0,02	54,11 ±0,15	51,94 ±0,04	52,54 ±0,03	52,26 ±0,03	49,95 ±0,87	51,27 ±0,04	51,19 ±0,02	49,88 ±0,08

- 1= Camembert à base de lait cru
- 2= Camembert à base de lait cru additionné de MGLA
- 3= Camembert à base de lait cru additionné de la crème fraîche

2-1-1- Évolution de l'extrait sec totale au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert

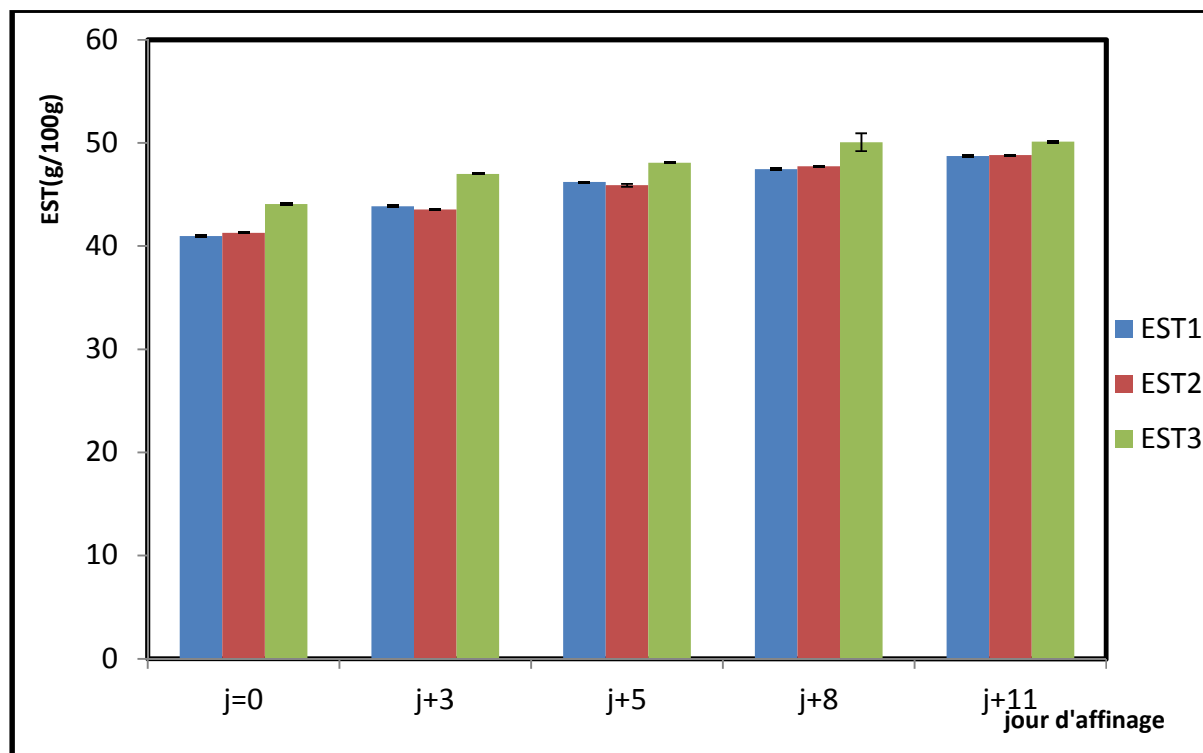


Figure 5 : Suivi de l'évolution de l'extrait sec totale au cours de l'affinage pour les trois types du Camembert.

La figure 5 montre que l'EST évolue dans le même sens pour les trois types de fromage au cours de l'affinage; nous constatons qu'au dernier jour d'affinage (11^{ème} jour), l'EST du fromage issu de la troisième préparation reste significativement la teneur la plus élevée (EST3= 50,12±0,08 g/100g) par rapport à celle du fromage issu de la première préparation (EST1= 48,73±0,06 g/100g) et la deuxième préparation (EST2= 48,8±0,02 g/100g) qui sont presque similaires.

Selon ALAIS (1984), l'extrait sec total du fromage dépend de la composition initiale du lait, ce qui explique les variations de l'extrait sec observées entre les trois types du fromage.

Les résultats des extraits secs obtenus à partir des différents laits, sont supérieurs aux normes recommandées par le CODEX ALIMENTARIUS qui est de 42% comme teneurs minimale pour les fromages à pâtes molles ayant G/S compris entre 40% et 50%.

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

2-1-2- Évolution de la matière grasse au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert

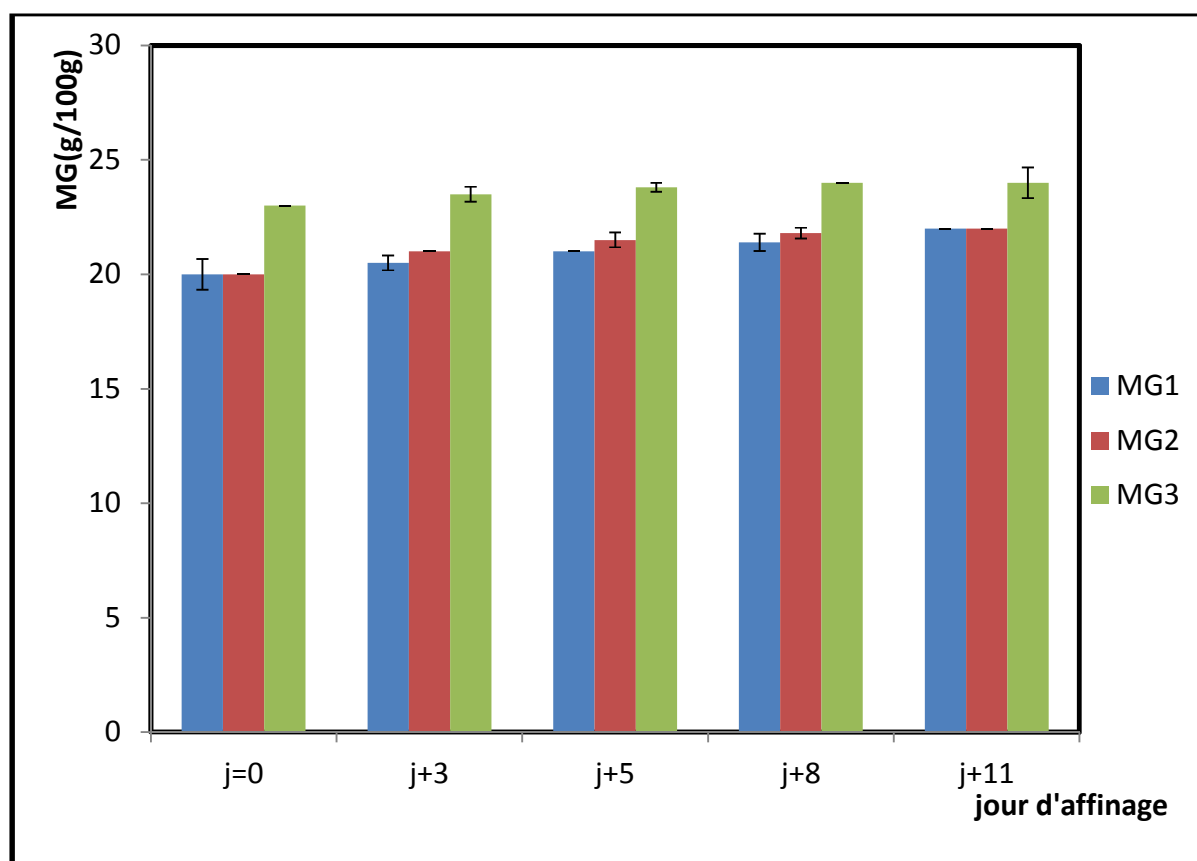


Figure 6: Suivi de l'évolution de la matière grasse au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert.

Les résultats expérimentaux obtenus révèlent une augmentation du taux de matière grasse au cours de l'affinage dans les trois types de camemberts

Les valeurs passent de 20 ± 0.67 g/100g (j=0) à 22 g/100g (j=11) pour le fromage à base de lait de vache et de 20 g/100g (j=0) à 22 g/100g (j=11) pour le fromage à base de lait de vache standardisé et pour le fromage préparé à base de lait de vache additionné de la crème fraîche, il passe 23 g/100g (j=0) à 24 ± 0.67 g/100g (j=11).

Cette augmentation peut être attribuée à la concentration des composants du fromage suite à la perte d'eau par évaporation et l'activité des lipases.

Selon MAHAUT et al (2000), l'activité des lipases est maximale dans un intervalle du pH de 7.5 à 9.0

D'après CHOISY et al (1997), les microorganismes les plus lipolytiques des fromages sont les moisissures telle que le *Penicillium* qui peut produire des grandes quantités de lipases exocellulaires

Les teneurs en matières grasses des trois types de fromages au dernier jour d'affinage sont conforme à la norme qui est de 20g par 100g de fromage.

2-1-3- Évaluation de l'extrait sec dégraissé des fromages au cours de l'affinage

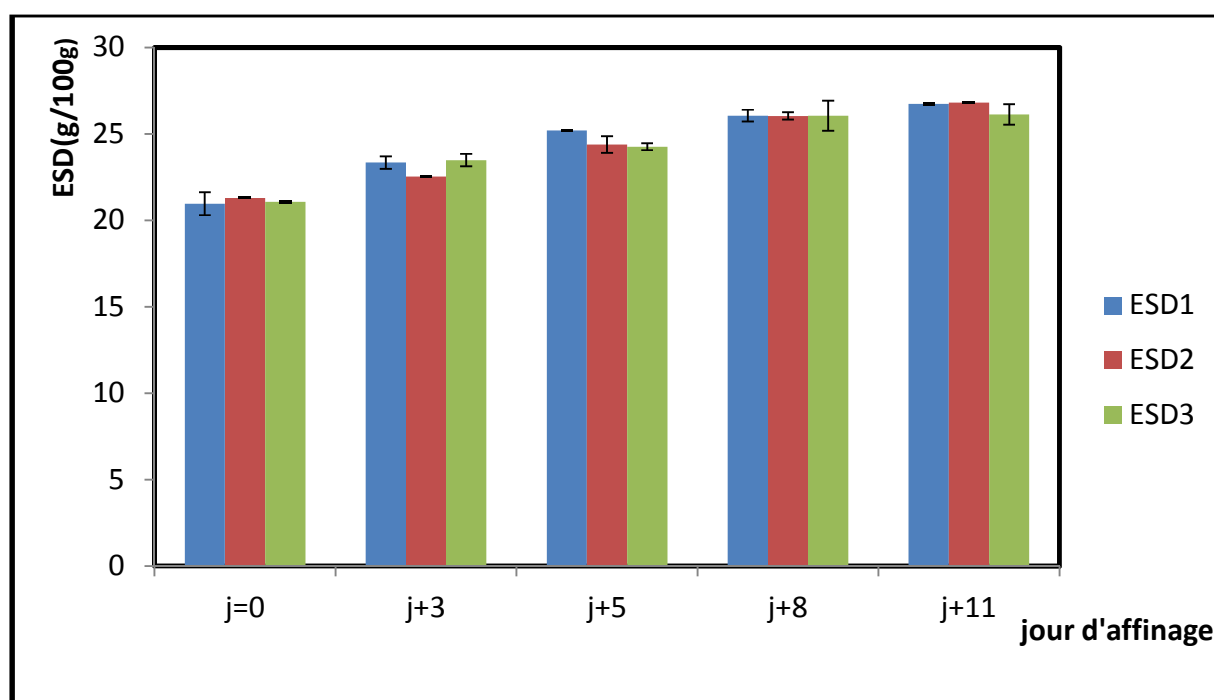


Figure 7: Suivi de l'évolution de l'extrait sec dégraissé au cours de l'affinage pour les trois types du Camembert.

L'extrait sec dégraissé augmente avec le temps de maturation du fromage. Les valeurs passent de $20,96 \pm 0,99$ g/100g (j=0) à $26,73 \pm 0,06$ g/100g (j=11) pour le fromage à base de lait de vache et de $21,3 \pm 0,03$ g/100g (j=0) à $26,8 \pm 0,02$ g/100g (j=11) pour le fromage à base de lait de vache standardisé et pour le fromage préparé à base de lait de vache additionné de la crème fraîche, il passe de $21,08 \pm 0,08$ g/100g (j=0) à $26,12 \pm 0,76$ g/100g (j=11). Cela n'est qu'une

conséquence logique des constatations faites pour les paramètres précédents à savoir l'EST et la MG.

2-1-4- Évolution du rapport gras / sec au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert

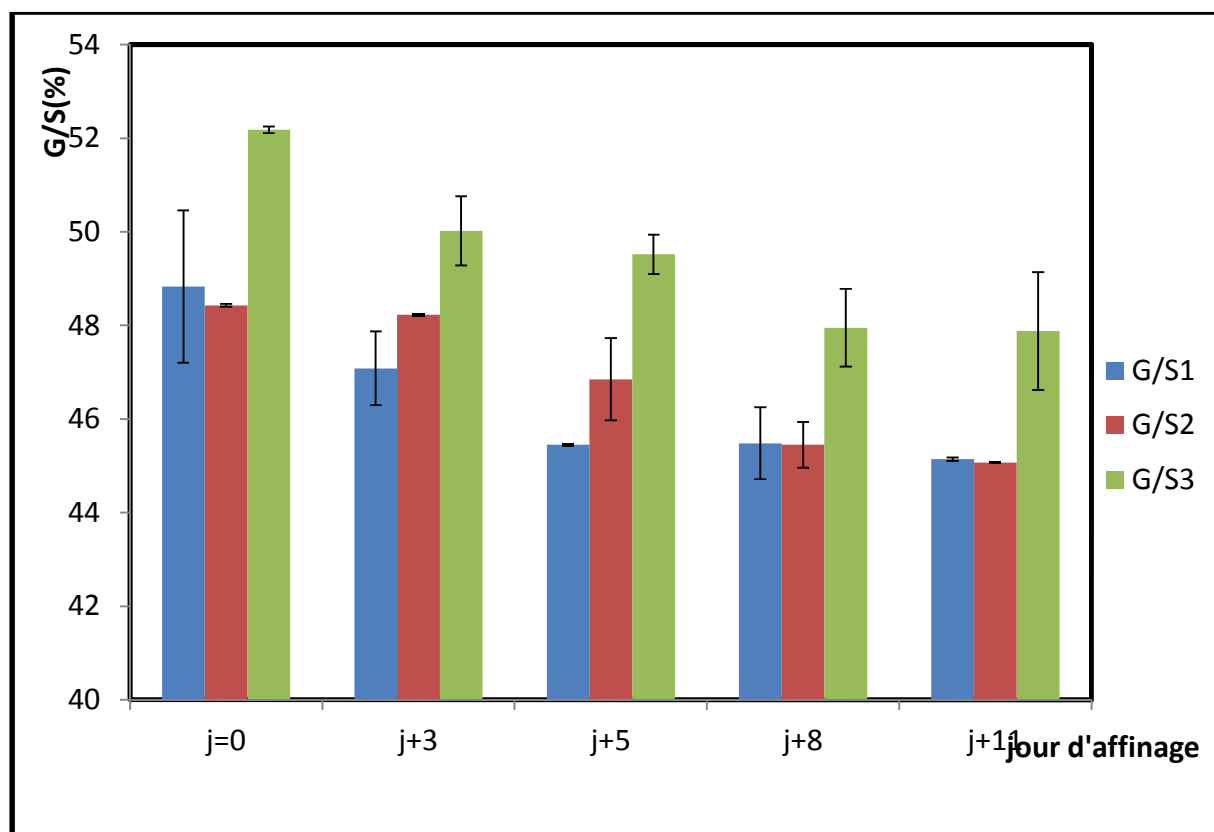


Figure 8 : Suivi de l'évolution du rapport gras sur sec au cours de l'affinage des trois types de Camembert.

Ce rapport signifie le pourcentage de la matière grasse dans la matière sèche; c'est un caractère d'évaluation de la qualité des fromages. Pour les fromages à pâte molle type Camembert ce paramètre doit être obligatoirement indiqué sur l'emballage.

D'après les résultats expérimentaux représentés par la figure 9, nous constatons que la diminution du rapport G/S est la conséquence de la variation du taux de MG et d'EST.

Néanmoins les valeurs obtenues au dernier jour d'affinage à savoir $47.89\% \pm 1.26$ pour la (P03), $46.33\% \pm 0.01$ et $45.07\% \pm 0.04$ pour la (P01) et la (P02) respectivement, sont en accord avec celle apportées par (LUQUET, 1990) qui sont de 40% à 50%.

2-1-5- Évolution du pH au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert

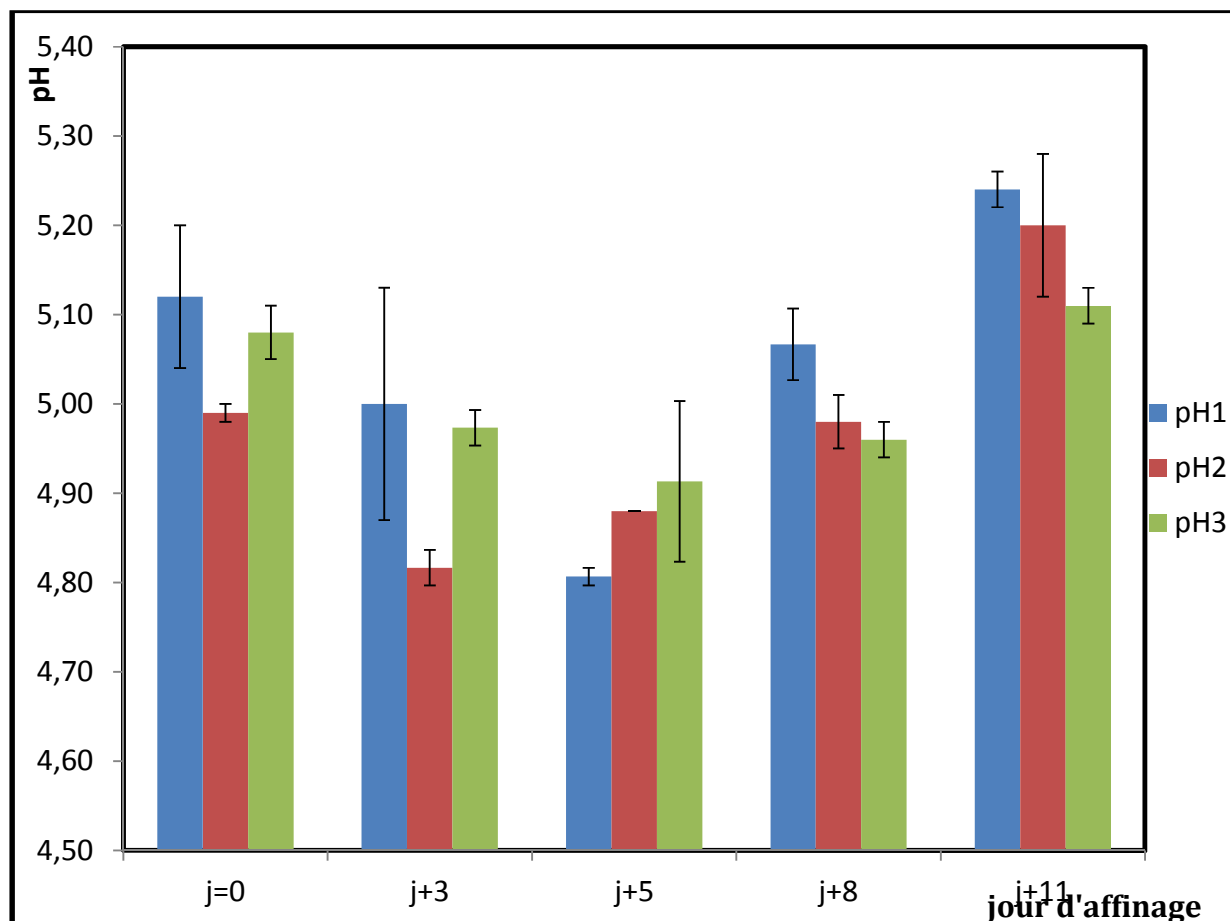


Figure 9 : Suivi de l'évolution du pH au cours de l'affinage des trois types de Camembert.

Il y a une légère diminution en début d'affinage jusqu'au stade (j+5). Ce phénomène est dû selon MIETTON et *al* (1994), à l'activité acidifiante des ferments ainsi qu'à l'intensité de l'égouttage qui a pour effet de concentrer les bactéries lactiques et de l'épuiser en lactose indispensable pour la fermentation lactique.

Après le cinquième jour d'affinage, il y a une désacidification progressive et lente. Ceci est dû aux levures et aux moisissures qui sont généralement implantées en surface du Camembert en dégradant l'acide lactique et en désacidifiant la pâte.

Selon KIKUCHI et *al* (1974), le pH acide des pâtes au dernier jour d'affinage assure la protection ultérieure du produit par la réduction des activités enzymatiques, protéolytiques et lipolytiques qui seraient plus active à un pH proche de la neutralité.

2-1-6- Évolution de l'humidité au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert

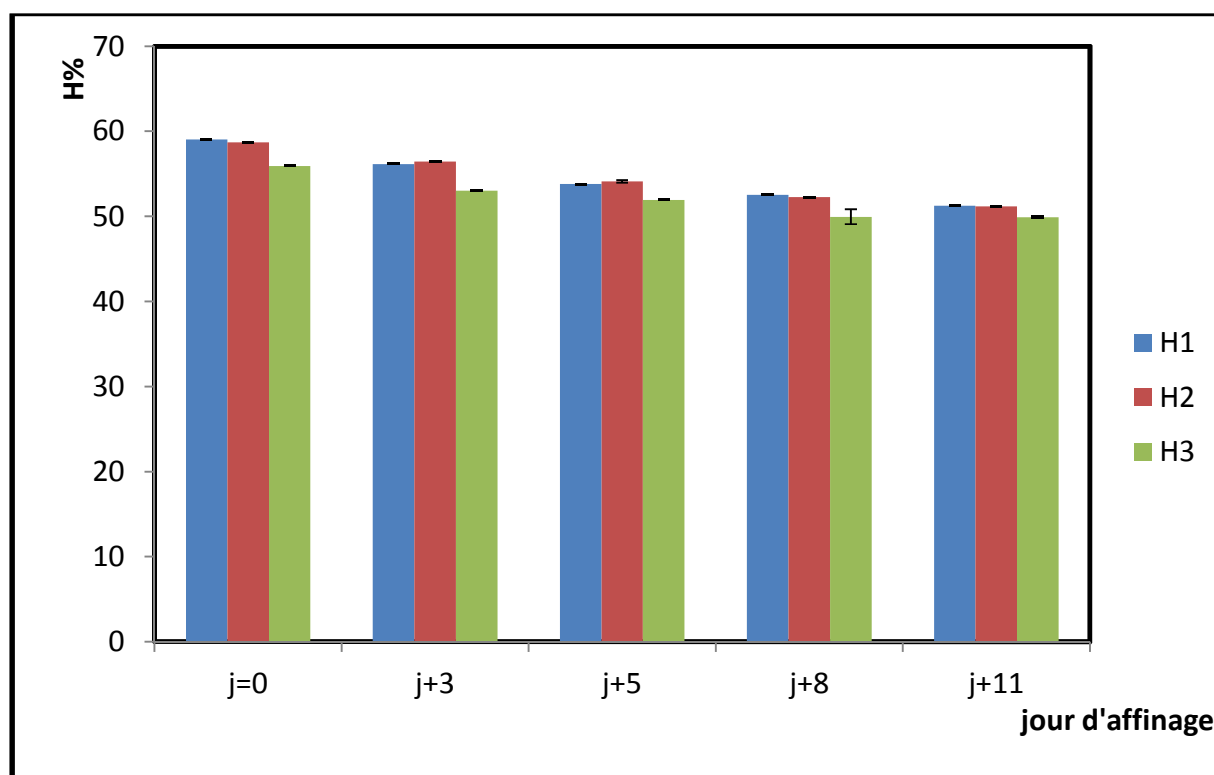


Figure 10 : Suivi de l'évolution de l'humidité au cours de l'affinage des trois types de Camembert.

L'humidité est le critère physicochimique qui détermine la consistance et la fermeté des fromages, aussi elle joue un rôle important dans la conservation du produit fini.

Les résultats expérimentaux obtenus révèlent une diminution de l'humidité avec le temps dans les trois types de fromage.

L'hygrométrie étant inférieure à 100 %, il se produit toujours une évaporation de l'eau contenue dans le fromage vers l'ambiance .

Cette perte d'eau varie fortement d'un type de fromage à un autre en fonction de diverses caractéristiques de celui-ci, à savoir : la teneur en eau totale, la surface spécifique du fromage qui détermine l'importance de la surface d'évaporation, l'état de liaison de l'eau, l'état de surface des fromages et le temps de séjour dans les locaux d'affinage.

Il convient de noter par ailleurs que les réactions d'ordre biochimique intervenant dans le substrat en cours d'affinage correspondent pour la plupart à des réactions d'hydrolyse qui fixent l'eau ; en conséquence, elles entraînent une diminution de l'eau libre et donc celle de l' a_w (FAO, 1998).

2-2- Evaluation de la qualité microbiologique

Le résultat de l'évaluation de la qualité microbiologique des Camemberts aux différents stades d'affinage est représenté dans le tableau XI

Tableau XI : Résultats des analyses microbiologiques au cours de l'affinage pour les trois types de Camembert.

Jour d'affinage Les germes	J=0			J+3			J+5			J+8			J+11			Norme de JORA
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Coliformes totaux à 37°C	10 ²	1,8. 10 ²	1,1. 10 ²	0,95. 10 ²	1,52. 10 ²	0,97. 10 ²	0,72. 10 ²	1,04. 10 ²	0,82. 10 ²	0,68. 10 ²	0,9. 10 ²	0,88. 10 ²	0,81. 10 ²	1,1. 10 ²	0,91. 10 ²	10 ²
Coliformes fécaux à 44°C	00	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	00	07	10	10	10
Clostridium Sulfito-réducteurs	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	1
salmonelles	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	Abs
Staphylococcus aureus	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	10 ²

Abs : Absence

Selon les résultats du dénombrement, on note que l'évolution des grands groupes microbiens étudiés est globalement similaire pour les trois types de fromages et ce durant les différents stades d'affinage suivis.

D'après le tableau XI on constate que les fromages obtenus renferment un nombre de coliformes totaux inférieurs à la norme fixée par JORA qui est de 10^2 germe/g pour le fromage à pâte molle.

Le nombre réduit de coliformes observé peut être expliqué par l'acidification au cours de la coagulation, ce qui a empêché le développement des coliformes. En effet selon RIAHI (2006), l'acidification permet non seulement de défavoriser l'action de la présure et la synérèse du caillé, mais encore d'inhiber la croissance de nombreuses bactéries indésirables, dont pas mal de pathogènes.

La diminution de la charge microbienne est aussi le résultat de saumurage des fromages qui abaisse l'activité de l'eau. En effet l'abaissement de l'activité de l'eau augmente la durée de la phase de latence des micro-organismes et diminue sélectivement leur vitesse de croissance.

En ce qui concerne les coliformes fécaux, on remarque leur présence dans tous les fromages ceci peut être le résultat d'une contamination par le matériel lors des étapes de fabrication et / ou par le personnel lors de la manipulation.

On remarque aussi une absence des *Clostridium* Sulfite réducteurs, salmonelles, staphylocoques, ce qui est conforme à la norme JORA. Ceci est due à l'absence de ces germes dans la matière première et à la bonne maîtrise d'hygiène au cours de la fabrication du Camembert.

2-3- Evaluation de la qualité sensorielle

Le résultat de l'évaluation de la qualité sensorielle des Camemberts est représenté dans le tableau XII

Tableau XII : Résultats des analyses sensorielles pour les trois types de Camembert.

Paramètres \ Fromage		1	2	3
Aspect	Couleur Blanche	3	4	4
	Couleur Jaune	7	6	6
Texture	Molle	7	9	3
	Dur	3	1	7
	Souple	6	5	3
	Friable	4	5	7
	Onctueux	6	8	3
	Granuleux	4	2	7
GOUT	Typique	1	1	4
	Acide	2	1	3
	Salé	5	5	7
	Amère	2	3	0
	Persistant	4	3	2
	Acre	0	2	3
	Doux	10	8	6
Odeur	Typicité	3	3	3
	Satisfaisante	5	6	6
	Désagréable	2	1	1

2-3-1- L'aspect

L'aspect et couleur des fromages qui se révèlent du sens de la vue pourraient être regroupées sous le terme général d'apparence du fromage qui constitue, bien évidemment, une caractéristique importante de l'attrait exercé par le produit (HARDY et SCHER, 2006).

D'après les résultats de tableau XII on constate que les dégustateurs ont apprécié différemment la couleur de la pâte. En effet l'aspect de couleur jaune est prépondérant par rapport à l'aspect blanchâtre ; et ceci on le remarque pour les trois types de Camembert (1, 2 et 3).

Selon CHEFTEL et al (1984), cette différence de couleur peut être due à l'EST, l'ESD et à la MG du fromage.

Les caroténoïdes des produits laitiers proviennent des caroténoïdes des fourrages et sont responsables de la coloration jaune des produits laitiers et des tissus adipeux bovins (PRACHE et al, 2002).

2-3-2- La texture

Les résultats de la texture révèlent une similarité entre les deux Camembert (1) et (2) pour les caractères molle, souple et onctueux par rapport au Camembert (3) qui est dur, friable et granuleux.

HARDY et SCHER (2006), montrent que le pH et l'extrait sec total(EST) sont les deux variables qui agissent le plus sur la fermeté de fromage de type « pâte molle ».

Selon HARDY et SCHER (2006), la teneur en sel et en eau à un effet important sur la dureté de la pâte. Ce qui pourrait être le cas de notre fromage (3) préparé à base de lait cru additionné de crème fraîche.

De plus la fermeté de la pâte peut être influencée par la nature des acides gras. Selon BUGAUD et al (2002), plus il y a de longs acides gras insaturés (point de fusion bas) dans la composition du fromage, plus la fermeté est faible.

2-3-2- Le gout et l'odeur

Sur le plan gustatif l'observation montrent une saveur salé pour les trois types de fromages avec une légère acidité et typicité pour le Camembert à base de lait cru additionné de la crème fraîche par contre les deux autres Camemberts (1 et 2) sont un peu amer. La salinité est du probablement à un saumurage excessif.

Les appréciations du jury révèlent également une sensation plus douce et persistante pour le Camembert à base de lait cru et à base de lait cru additionné de la MGLA. Cependant le Camembert fabriqué à base de lait cru additionné de la crème fraîche est moins doux et un peu plus acre par rapport au deux précédents (1 et 2).

En ce qui concerne l'odeur d'après les résultats de tableau XII, les trois types de fromages ont une odeur satisfaisante et agréable

Les arômes de ce type de fromage sont principalement issus des activités enzymatiques des levures et des moisissures utilisés pour leur affinage. Ils sont généralement issus du catabolisme des protéines et des lipides.

L'activité protéolytique des *Penicillium* dans les fromages à pâtes molles types Camembert est prédominante et conduit à la formation de peptides. Ces peptides peuvent être responsables d'une certaine amertume (HARDY et SCHER, 2006).

La dégradation de ses peptides sont mises en œuvre, non seulement par *Penicillium camemberti* mais sont aussi renforcées par les activités de *Géotricum candidum* et les autres levures. Les acides aminés produits sont des précurseurs d'un certain nombre de molécules volatiles (acides, alcools, aldéhydes, amines volatils) (MAHAUT et al, 2000).

Conclusion

La fabrication du fromage à pâte molle type « Camembert » nécessite beaucoup de rigueur et de délicatesse, sachant que les caractéristiques de ce type de fromage sont extrêmement dépendantes de la qualité intrinsèque du lait et des moindres manœuvres qui interviennent au cours de sa transformation.

On a suivi l'état de maturation du Camembert au cours des différents stades d'affinage, par l'analyse des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques.

Il ressort de cette étude que la nature du lait influe sur la qualité du fromage. Le recours à l'enrichissement par la crème fraîche et par la MGLA a pour but de corriger le taux butyreux faible relevé dans la composition du lait de vache local acheminé à l'usine.

Quant à l'évolution des paramètres physico-chimiques entre le Camembert préparé à base de lait de vache et celui standardisé avec de la MGLA, l'étude n'a pas révélé de différence notable au cours de leur maturation. Par contre on remarque que les analyses physico-chimiques du Camembert préparé à base de lait cru additionné de crème fraîche montre une différence plus au moins importante par rapport aux deux premiers.

Pour les analyses microbiologiques des produits finis, nous constatons une évolution relativement similaire des différentes flores dans les trois types de Camembert. Cela peut être expliqué par l'efficacité du traitement de pasteurisation appliqué aux laits de départ ainsi qu'à la bonne pratique d'hygiène.

Concernant l'analyse sensorielle, basée sur les préférences des dégustateurs qui confirment la conformité du Camembert préparé avec le lait de vache et celui standardisé avec la MGLA notamment pour leur fermeté. Par contre le Camembert additionné de la crème fraîche, présente une différence de texture et de goût. L'évaluation sensorielle montre une préférence au fromage de la première et deuxième préparation malgré que la troisième préparation est plus riche de point de vue nutritionnel.

Enfin, pour une meilleure maîtrise de la qualité du produit fini, nous recommandant :

- de renforcer les contrôles des étapes de fabrication pour minimiser les pertes et améliorer le rendement.
- Utilisation de procédés n'ayant pas d'effets néfastes sur les composants du lait en veillant sur la stabilité des barèmes de pasteurisations.
- La contribution a la mise en place d'une démarche d'assurance qualité fondée sur le principe HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point).
- Vieller au contrôle de la concentration de la saumure ainsi que sa qualité physicochimique et microbiologique.
- Equiper le laboratoire de l'unité d'un matériel plus performant et envisager d'autres analyses comme le dosage des protéines.

1. **ABOUTAYEB R. (2011).** Technologie du lait et dérivés laitiers.
2. **ADRIAN J., POTUS J. et FRANGNE R. (2004).** La science alimentaire de A à Z .Tec et Doc, Lavoisier, 2ème édition, Paris, p 79.
3. **ALAIS C., 1984.** Science du lait, principes des techniques laitières. Sepaic, Paris, 68p.
4. **AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R. et TURGEON H. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait **In** Science et technologie du lait: Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, p1-73 (600 pages).
5. **AWAD S. (2005).** Effect of sodium chloride and pH on the rennet coagulation and gel firmness. LWT – Food Science and Technology, 40: 220-224.
6. **BENHEDANE N. (2012).** Qualité microbiologique du lait cru destiner à la fabrication d'un type de Camembert dans une unité de l'est algérien. Mémoire de magister en biotechnologie alimentaire. Institut de la nutrition et des technologies agro-alimentaires. Université de Constantine, Algérie.
7. **BOURAOUI A. (2014).** Intérêt de l'usage de la poudre de Caséine et des produits de substitution dans la production des fromages analogues. Mémoire de master, Institut supérieur de biotechnologie de Monastir, Tunisie.
8. **BOURDIER J. M. et LUQUET M. F. (1991).**Dictionnaire laitier. Tec et Doc, Lavoisier, 2ème édition, Paris.
9. **BRULE G., LENOIR J., REMEUF F. (1997).** La micelle de caséine et la coagulation du lait, volume16, 3 ème édition Lavoisier, p7-14.
10. **CECCHINATO A., DEGNO L., CARRIER P. (2009).**Effect of milk protein variant on the protein composition of bovine milk. Journal of Dairy Science. 92 : 5304-5313.
11. **CHEFTEL J.C., LUQUET J.L. et LORIENT D. (1984).** Les protéines alimentaires, propriétés fonctionnelle. Tec et Doc, Lavoisier, 1^{ère} édition, Paris
12. **CHOISY C., DEZMAZEAUD M., GRIPON J. C., LAMBERT G. et LENOIR J. (1997).** La biochimie de l'affinage. **in** « Le fromage » .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p 86-153.
13. **CHOLET O. (2006).** Etude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat, pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut National Agronomique Paris Grignon.
14. **CODEX ALIMENTARIUS (2004).**

15. **CODEX STAN283-1973 (2011).** Norme codex alimentarius pour le camembert.
16. **CROGUENNET., JEANTET R. et BRULE G. (2008).** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
17. **DAVIAU C., FAMELART M.H., PIERRE A., GOUDEDRANCHE H. and MAUBOI J.L. (2000).** Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Lait*, 80: 397-415.
18. **DEBRY G. (2006).** Lait, nutrition et santé. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 566p.
19. **DILLON J.C. et BERTHIER A.M. (2006).** Le fromage dans l'alimentation **in** « Le fromage » .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p713-715(891p).
20. **ECK A. et GILLIS J.C. (2006).** Le fromage de la science à l'assurance qualité. Tec et Doc, 3^{ème} édition, Lavoisier, Paris, (891p).
21. **FAO (1998).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition, n° 28, ISBN 92-5-20534-6.
22. **FAVIER J.C. (1985)** .Composition du lait de vache: Laits de consommation.
23. **FIILION M-M. (2006).** Amélioration de la stabilité thermique du lait par modulation du potentiel d'oxydoréduction. Université Laval, Québec, Canada.
24. **FRANWORTH E. et MAINVILLE I. (2010).** Les produits laitiers fermentés et leur potentiel thérapeutique. Centre de recherche et de développement sur les aliments, Saint Hyacinthe.
25. **FREDOT E. (2006).** Connaissance des aliments : Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier, PARIS, p25 (397 pages).
26. **GAUCHERON F. (2004).** Minéraux et produits laitiers. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p783 (922 pages).
27. **GHAOUES S. (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérien. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires, Constantine, Algérie.
28. **GUEGUEN L. (2006).** La valeur minérale des fromages. **in** « Le fromage » .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p725.
29. **GUIRAUD J.P. (2003).** Méthode d'analyse en microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris.
30. **HARDY J. et SCHER J. (2006).** Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage **In** Le fromage .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p480-505(891p)..

- 31. HASSOUNA M., NAFTI A et GHRIR R. (1996).** L'affinage d'un fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert au lait cru de brebis : aspects microbiologiques et physico-chimiques. *Science des Aliments*, 16, 187-203.
- 32. HERMIER et CERF (1997).** La préparation du lait sur le plan microbiologique. *in* Le fromage .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p173 (891p).
- 33. ILBOUDO A.J., SAVADOGO A., SEYDI M.G. et TRAORE A.S. (2012).**La place de la matière azotée dans le mécanisme de la coagulation présure du lait. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6(6): 6075-6087.
- 34. JEAN C., et DIJON C. (1993).** Au fil du lait.
- 35. JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G. (2008).** Les produits laitiers ,2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (185 p).
- 36. JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G. (2007).**Science des aliments : technologie des produits alimentaires .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p17 (456p).
- 37. JORA. (1998).** Journal Officiel de la République Algérienne
- 38. JORF. (2007).** Journal Officiel de la République Française, 2007. Décret n° 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères.
- 39. LENOIR J., LAMBERT G. et SCHMIODT J.L. (1983).** L'élaboration d'un fromage : l'exemple du Camembert. *Pour la science*, 30, 69.
- 40. LEYMARIOS F.C. (2010).** Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras : Voies d'amélioration par l'alimentation. Thèse de Doctorat. École Nationale Vétérinaire d'Alfort. France.
- 41. LOPEZ M .B., LOMHOLT S.B. et QVIST K.B. (1998).** Rheological properties and cutting time of rennet gels. Effects of pH and enzyme concentration. *International Dairy Journal*, 8: 289-293.
- 42. LOWRY O.H. ROSEBROUGH N. J. FARR A. L. et RANDALL R.J. (1951).** protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193, 265- 275.
- 43. LUQUET F.M. (1990).** Lait et Produits Laitiers vache, brebis, chèvre. Tome II. Tec et Doc, 2emeEdition, Lavoisier, Paris, 180-185p.
- 44. MACHEBOEUF J.B., COULON J.B., et DHOUE P. (1993).** Aptitude a la coagulation du lait de vache : influence de la race, des variant génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et numéro de lactation, de l'alimentation et du numéro de lactation. *INRA.Pro.Anim.*, 6(5), p 333-344.

- 45. MAHAUT M., JEANTET R. et BRULE G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (194p).
- 46. MARTIN B. et COULON J.B. (1995).** Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. I. Influence des facteurs de production sur l'aptitude à la coagulation des laits de troupeaux. Lait, 75, 61-80.
- 47. MATHIEU J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 220p.
- 48. MIETTON B. (1986).** La préparation des laits de fromagerie en technologie des pâtes molles, industrie alimentaire agricole.
- 49. MIETTON B., DESMAZEAUD M., DE ROISSART H. et WEBER F. (1994).** Transformation du lait en fromage, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- 50. MITTAINE J. (1980).** Les laits autres que le lait de vache.
- 51. OUALI S. (2003).** Qualité du fromage à pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie Draa ben khedda: nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage .Mémoire de magister en sciences alimentaires, Constantine, Algérie.
- 52. PIRES M.S., ORELLANA G.A. and GATTI C.A. (1999).** Rennet coagulation of casein micelles and heated casein micelles: action of Ca^{2+} and pH. Food Hydrocolloids, 13: 235-238.
- 53. PISSAVY A., DEZENDRE N. (2006).** Quelques pistes de réflexion pour améliorer le taux protéique.
- 54. POINTURIER H. (2003).** La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p 64.
- 55. PUGHEON S. et GOURSAUD J.(2001).**Le lait : caractéristiques physicochimiques. in « Lait, nutrition et santé ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p6.
- 56. REMEUF F. (1994).** Relations entre caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Recueil de Médecine Vétérinaire, 170(6/7) ,359-365.
- 57. RIAHI M.H. (2006).** Modélisation de phénomènes microbiologiques, biochimiques et physico-chimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croûte lavée. Thèse doctorat, pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut National Agronomique Paris Grignon.

- 58. St-GELAIS D., TIRAD-COLLET P. (2002).** Fromage. **in** « Science et technologie du lait : transformation du lait ». Presses internationales Polytechnique, Montréal, Canada, p 349-415.
- 59. THAPON J.L. (2005).** Science et technologie du lait. Agro campus-Rennes, France .
- 60. TORMO H. (2010).** Diversité des flores microbiennes du lait crus de chèvre et facteurs de variabilité. Thèse en vue d'obtention de doctorat de l'université de Toulouse, France.
- 61. VIGNOLA C.L. (2002).** Science et technologie du lait : Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, Canada, 600 p.
- 62. WEBER F. (1987).** Les incidences technologique des variations de composition du lait, le lait matière première de l'industrie laitière, édition Lavoisier, p45.
- 63. ZBIKOWSKA A., SZERSZUNOWICZ I. and SMYK B. (2004).** Effect of pH on the composition and surface hydrophobicity of proteins forming the gel matrix during enzymatic coagulation of heated milk reconstituted from nonfat dry milk. *Milchwissenschaft*, 59(7/8): 417-420.

Annexe n°1 : Détermination de la densité

- _ Verser le lait dans l'éprouvette tenue inclinée afin d'éviter la formation de mousse; prenez soin de la remplir complètement.
- _ Plonger doucement le thermo-lactodensimètre dans le lait après stabilisation de celui-ci effectué la lecture.

Annexe n° 2: Dosage de l'acidité titrable

- _ Introduire dans un Becher 10 ml de lait à analyser
- _ Ajouter 3 à 4 gouttes de la solution de phénolphthaléine.
- _ Titrer avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0.1N jusqu'à l'apparition virage au rose de la solution qui doit persister pendant une dizaine de secondes.

Annexe n°3 : Détermination de pH

- _ Etalonner le pH à l'aide des deux solutions tampons.
- _ Introduire ou plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser (lait et fromage) dont la température doit être entre 20° et 25°C.
- _ A chaque détermination du pH, retirer l'électrode, rincer avec l'eau distillée et sécher

Annexe n°4 : Mesure de l'extrait sec total

➤ **Cas du lait**

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

➤ **Cas de fromage**

2g de fromage broyé est étalée sur toute la surface d'une capsule en aluminium préalablement tarée, puis introduite dans le dessiccateur et lancer l'analyse.

Annexe n° 5: Détermination de la teneur en matière grasse

➤ **Cas de lait**

- _ Installer les butyromètres sur leur support, les remplir de 10 ml d'acide sulfurique.
- _ Prélever 11 ml de lait à partir d'un échantillon bien homogénéiser, et les introduire dans un butyromètre.
- _ Ajouter 1 ml de l'alcool isoamylique et boucher les butyromètres.
- _ Agiter les butyromètres manuellement jusqu'à dissolution complète de la caséine par l'acide sulfurique.
- _ Ensuite, centrifuger pendant 3 minutes à 1200 tours / min.

➤ **Cas de fromage**

- _ Dans un godet en verre préalablement taré, introduire 3 g de fromage broyé et introduire le dans butyromètre.
- _ Ajouter l'acide sulfurique par l'ouverture de la tige jusqu'à ce que le niveau d'acide dépasse le gobelet de 2 mm environ.
- _ Après avoir bouché l'ouverture de la tige, le butyromètre est placé dans un bain d'eau à 65°C.
- _ Agiter de temps en temps le butyromètre dans un plan horizontal jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai.
- _ Ajouter 1 ml d'alcool isoamylique, ensuite de l'acide sulfurique jusqu'au trait 35 ml de la graduation.
- _ Ensuite, centrifuger pendant 3 minutes à 1200 tours / min.

Annexe n°6 : Détermination de la teneur en protéines (méthode de LOWRY *et al*, 1951).

❖ **Réactifs pour le dosage des protéines**

➤ **Solution alcaline A**

- _ Soude 0,1 N (2g /500ml) -----500 ml
- _ Carbonate de sodium Na₂CO₃-----10 g

➤ **Solution cuivrique B**

- _ Sulfate de cuivre (0,32 g/100ml) -----2 ml
- _ Tartrate de Na et K (1g/100 ml) -----2ml

➤ **Solution C**

- _ Solution A -----50 ml
- _ Solution B -----1ml

❖ **Mode opératoire**

- _ 1 ml d'échantillon contenant au maximum 100g de protéines et au minimum 25g,
- _ Ajouter 5ml de solution C, mélanger et laisser au repos 10 minutes à T° ambiante ;
- _ Ajouter 0,5ml de réactif de folin Ciocalteu ;
- _ Laisser 30 minutes à l'obscurité et lire la D.O à 750 nm au spectrophotomètre U.V
- _ visible contre un blanc.

❖ **Gamme étalon:**

On utilise la BSA pour la courbe d'étalonnage $DO=f(c)$:

Concentration mg/ml	0	10	25	50	75	100
Solution mère (ml) B.S.A	0	100	250	500	750	1000
H2O distillée	1000	900	750	500	250	0

Annexe n°7: préparation des dilutions

➤ **Le diluant**

Le diluant utilisé pour préparer les solutions mères est généralement le même que celui qu'on utilise pour effectuer les dilutions décimales. Il ne doit pas induire de variations qualitatives ni quantitatives sur la flore microbienne présente. Il doit aussi assurer la survie de tous les micro-organismes mais ne doit pas favoriser leur multiplication.

Les solutions les plus utilisées en bactériologie alimentaire sont :

- _ Solution Trypton-Sel Eau
- _ Eau physiologique.
- _ Eau citratée (à 2% de citrate de sodium)

➤ **Dilution du produit à analyser**

A l'aide d'une pipette de 10 ml, on prélève 9 ml d'eau physiologique que l'on introduit dans une série de 5 tubes stériles pour le lait et pour le fromage.

➤ **Produit liquide**

- _ On homogénéise convenablement le produit à examiner ou sa suspension (lait) à l'aide d'une pipette stérile, on prélève 1 ml de ce produit.
- _ On introduit aseptiquement le volume prélevé dans un tube contenant 9 ml de diluant ; ainsi on obtient la dilution 1/10 ou 10^{-1} et on agite manuellement.
- _ A l'aide d'une pipette stérile, on prélève 1 ml de la dilution 10^{-1} , on l'introduit dans un deuxième tube contenant 9 ml de diluant, ainsi on obtient la dilution 1/100 ou 10^{-2}
- _ On refait ainsi l'opération jusqu'à l'obtention du nombre de dilutions désiré.

➤ **Produit solide**

- _ On prélève aseptiquement 1 ml du produit à analyser (fromage) qui a été préalablement dissout dans une solution stérile de Trypton -Sel Eau, quel 'on

introduit dans le premier tube contenant 9 ml d'eau physiologique, on obtient la dilution au 1/10 ou 10^{-1}

- _ On procède de la même manière que pour le produit liquide jusqu'à obtention de la dilution 10^{-5} et on ensemence sur les différents milieux de culture.

Annexe n°8 : Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT)

- _ A partir des dilutions décimales :
- _ Introduire aseptiquement 1 ml dans les boîtes de Pétri
- _ couler le milieu gélosé fondu au préalable au bain d'eau à ébullition et refroidi à 45°C agiter lentement
- _ Incuber dans l'étuve à 37°C pendant 72 heures, les boîtes de pétri retournées
- _ Dénombrer les boîtes contenant des colonies dont le nombre est compris entre 30 et 300 multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution pour trouver le nombre de germes par millilitre ou par gramme.

Annexe n°9 : Dénombrement des coliformes

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

Annexe n°10 : Dénombrement des levures et moisissures

- _ A partir des dilutions décimales, introduire aseptiquement 1 ml dans les boîtes de Pétri ;
- _ Couler le milieu de l'oxytetracycline OGA préalablement fondu puis refroidi à 45°C ;
- _ Laisser solidifier sur une surface froide en agitant lentement par des mouvements circulaires ;
- _ Incuber à 25 °C pendant 3 à 5 jours ;

- _ Dénombrer les colonies pour chaque espèce. Ne retenir que les boîtes contenant moins de 150 colonies et les multiplier par l'inverse de la dilution pour avoir le nombre de germes par millilitre ou par gramme.

Annexe n°11 : Dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

- _ On met 25ml de la solution mère dans un bain marie à 80°C pendant 10 mn puis refroidir par l'eau de robinet
- _ Introduire aseptiquement 5 ml dans les tubes à essais et ajouter 9 ml du milieu viande foie préalablement fondu puis refroidi à 45°C
- _ Agiter lentement
- _ Laisser solidifier sur une surface froide et incuber à 37°C pendant 48 h
- _ Dénombrer les colonies noires.

Annexe n°12 : Recherche et dénombrement des salmonelles

1. **Le pré-enrichissement** : on incube la solution mère à 37°C pendant 24 h pour la revivification des germes.
2. **L'enrichissement** : introduire aseptiquement 10 ml de la solution mère dans 150 ml du milieu bouillon au sélénite de sodium (SFB) et incubé à 37°C pendant 48h.
3. **L'isolement** : s'il y a virage de couleur de jaune au orange
 - _ Introduire 2 gouttes dans le milieu HEKTOENE préalablement coulé dans des boîtes de Pétri puis refroidi
 - _ Incuber à 37°C pendant 48h
 - _ Les colonies vont apparaître de couleur vert à centre gris.

Annexe n°13 : Dénombrement des Staphylococcus

1. **L'enrichissement** :
 - _ A partir de la solution mère introduire aseptiquement 1 ml dans les tubes à essais auquel on ajoute 19 ml du milieu Giolitti Cantoni (GC) et 2 gouttes de tellurite du potassium
 - _ Incuber à 37°C pendant 48h
2. **L'isolement** : s'il y a formation d'un trouble et d'un dépôt noir due à la réduction de tellurite du potassium.
 - _ Couler le milieu de CHAPMAN préalablement fondu puis refroidi à 45°C
 - _ Introduire 2 gouttes à partir du dépôt noir dans le milieu de CHAPMAN en faisant des stries et incuber à 37°C pendant 48h

Annexe n°13 : Fiche de dégustation

Paramètres \ Fromage		1	2	3
Aspect	Couleur Blanche			
	Couleur Jaune			
Texture	Molle			
	Dur			
	Souple			
	Friable			
	Onctueux			
	Granuleux			
GOUT	Saveur			
	Typique			
	Acide			
	Salé			
	Amère			
	Persistant			
	Sensation			
Odeur	Acre			
	Doux			
	Typicité			
	Satisfaisante			
	Désagréable			

