

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



## *Mémoire de fin de cycle*

En vue d'obtention d'un diplôme de Master académique en Sciences Alimentaires

Option : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité

### *Thème*

**Variabilité des paramètres physico-chimiques du lait de vache et du lait de chèvre et son impact sur l'aptitude fromagère**

*Réalisé par :*

**ABDELLI Yacine**

**CHOUGAR Kahina**

*Présenté devant le jury :*

Promotrice : **M<sup>elle</sup> LAMMI S.**

Maître assistante à l'UMMTO

Président : **M<sup>r</sup> Sadoudi R.**

Maître de conférences à l'UMMTO

Examineurs : **M<sup>me</sup> Remane Y.**

Maître assistante à l'UMMTO

## Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu le tout puissant le miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la sante et la persistance et de nous avoir permis de finaliser ce travail dans les meilleurs conditions.

Nous exprimons nos remerciements et nos gratitudes à M<sup>elle</sup> LAMMI. S, maitre de la conférence à UMMTO pour nous avoir guidé et encouragé pendant toute la durée de notre travail, ainsi qu'à la confiance qu'elle nous a attribue tout au long de notre étude.

Nous remercions particulièrement M. NECHICHE. B, et le responsable général de laboratoire d'analyse au niveau du l'unité « STLD » pour nous avoir propose ce sujet, pour son aide et ses conseil afin de réaliser ce travail dans des bonnes conditions au niveau de l'unité.

Egalement nous remercions tout membre de l'équipe de travail de l'unité STLD et surtout au personnel de laboratoire d'analyse pour leur aide et leur conseil durant l'élaboration de l'expérimentation de ce mémoire.

Nous tenons également à présenter nos plus vifs remerciements à M. SADOUDI. R, maitre de conférence à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour l'honneur qu'il nous faisons en acceptant de présider la commission d'examen de cette soutenance.

À M<sup>me</sup> REMANE. Y, Maître assistante à l'UMMTO, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'être membre de jury.

Enfin nous remercions tous ceux qui de prés ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

## **Dédicaces**

Je dédie le fruit de ce modeste travail comme un geste de gratitude à :

Mes très chers parents, qui m'ont soutenu, encouragé pour que je puisse mener à bien mes études, et qui attendu ce jour avec patience.

Mes sœurs et mes frères

Mon binôme : Yacine

A toute la promotion AACQ 2017/2018

A mes enseignants et mes amis.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail

**Kahina**

# Dédicace

Grace à ALLAH...

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont toujours soutenu,  
et qui m'ont toujours encouragé durant mes études.

A ma sœur et mes frères.

A ma tante et à toute ma famille.

A tout(es) mes ami(e)s surtout ma binôme.

A tous les étudiants de ma promotion.

A tout qui m'a aider prés ou loin.

**YACINE**

## SOMMAIRE

### Liste des figures

### Liste des abréviations

### Résumé

### Introduction

<b>1. Généralité sur le lait.....</b>	<b>3</b>
1.1 Définition.....	3
1.2 Propriété physico-chimique du lait .....	3
1.2.1 Densité.....	3
1.2.2 Acidité du lait .....	4
1.2.3 pH.....	4
1.2.4 Point décongélation.....	4
1.2.5 Point d'ébullition.....	4
1.3 La composition du lait .....	4
1.3.1 Eau .....	5
1.3.2 Matière azote totale.....	6
1.3.3 Matière grasse.....	6
1.3.4 Glucide .....	7
1.3.5 Minéraux.....	7
1.3.6 vitamine .....	7
1.3.7 Enzyme .....	8
1.4 Les caractéristiques microbiologiques du lait .....	8
1.4.1 Flore originale .....	8
1.4.2 Flore de contamination .....	9
<b>2. Camembert.....</b>	<b>9</b>
2.1 Historique des fromages .....	9
2.2 Définition des fromages .....	9
2.3 Classification des fromages .....	10
2.4 Les fromage à pâte molle type camembert .....	10
2.4.1 Définition .....	11
2.4.2 Composition .....	12
2.4.3 Les étapes de fabrication .....	17
<b>3. Les facteurs influençant l'aptitude fromagère .....</b>	<b>17</b>
3.1 Les factures influençant la coagulation du lait .....	17
3.1.1 la tenure en caséine .....	17
3.1.2 Concentration en calcium et en phosphate de calcium18	
3.1.3 Démentions de micelles.....	18
3.1.4 pH.....	18
3.1.5 La température .....	18
3.1.6 Concentration en présure .....	19
3.2 Les facteurs influençant l'égouttage .....	19
3.2.1 Découpage .....	19
3.2.2 Brassage.....	19
3.2.3 Pressage .....	19
3.2.4 Température .....	19
3.2.5 Acidité .....	20
3.2.6 Autre facteurs.....	20
3.3 Les facteurs influençant l'affinage .....	20
3.3.1 Le substrat.....	20
3.3.2 Activité enzymatique.....	21
3.3.3 Paramètre d'ambiance .....	21
3.3.4 Paramètre relevant de la composition du fromage .....	21
3.4 Les facteurs influençant le rendement fromager .....	22
3.4. Composition physico-chimiques du lait .....	22
3.4.2 Technologie de fabrication .....	23

<b>4. Martiale et méthode .....</b>	<b>23</b>
4.1 Présentation du l'unité .....	2
4.2 Diagramme de fabrication du camembert .....	3
4.3 Matériel .....	27
4.3. Matière première.....	27
4.3.2 Appareillage.....	27
4.3.3 Autres matériels .....	27
4.4 Méthodes .....	27
4.4.1 Prélèvement et préparation des échantillons .....	27
4.4.2 Analyse physico-chimique.....	28
4.4.3 Détermination des paramètres technologiques .....	31
4.4.4 Analyse statistiques .....	32
<b>5. résultat et discussion .....</b>	<b>33</b>
5.1 Résultats des analyses physicochimiques du lait .....	33
5.1.1 Taux de protéines (TP) .....	33
5.1.2 Matière grasse (MG) .....	34
5.1.3 Extrait sec total (EST) .....	34
5.1.4 extrait sec dégraissé <sup>34</sup>	
5.1.5 Humidité .....	35
5.1.6 Densité.....	35
5.1.7 Acidité dornic et pH .....	36
5.2 Résultats des physicochimique du lactosérum au décaillage .....	37
5.3 Résultats des physicochimique de caillé au démoulage .....	38
5.4 Résultats des physicochimique du camembert au cours d'affinage .....	40
5.4.1 Évaluation de la variation en EST du camembert durant l'affinage .....	40
5.4.2 Évaluation de la variation en MG du camembert durant l'affinage .....	41
5.4.3 Évaluation de la variation en ESD du camembert durant l'affinage .....	42
5.4.4 Évaluation de la variation en G/S du camembert durant l'affinage .....	43
5.4.5 Évaluation de la variation de pH du camembert durant l'affinage.....	44
5.4.6 Évaluation de la variation de poids du camembert durant l'affinage .....	45
5.5 Résultats des analyses des paramètres technologiques .....	45
5.5.1 Résultats de mesure de temps de prise et le temps de coagulation .....	45
5.5.2 Résultats du calcul de rendement fromager .....	46
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

## LISTE DES FIGURES

**Figure 01 :** Diagramme de fabrication du Camembert au niveau de la laiterie-fromagerie STLD de DBK.

**Figure02 :** Résultats des analyses physicochimiques du lait de vache et du lait de chèvre destinés à la fabrication du camembert.

**Figure03 :** Résultats des analyses physicochimiques du lactosérum au décaillage du lait de vache et du lait de chèvre destinés à la fabrication du camembert.

**Figure 04 :** La moyenne des résultats des analyses physicochimiques du caillé au démoulage de lait de vache et de chèvre destinés à la fabrication du camembert.

**Figure 05 :** Résultats des analyses de l'EST des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.

**Figure 06 :** Teneurs moyennes en MG des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.

**Figure 07 :** La moyenne de l'ESD des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.

**Figure 08 :** La moyenne des résultats d'analyses de G/S des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.

**Figure 09 :** pH moyen des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.

**Figure 10 :** Résultats moyens des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.

## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau I :** Composition moyenne des laits de chèvre et de vache.

**Tableau II :** Comparaison des différentes protéines dans le lait de vache et de chèvre.

**Tableau III :** Classement des fromages en fonction de leur procédé de fabrication.

**Tableau IV:** composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert.

**Tableau V :** Résultats moyens de mesure de temps de prise et de temps de coagulation des laits destinés à la fabrication du camembert.

**Tableau VI :** Tableau récapitulatif des résultats d'analyse physicochimiques du camembert au cours de l'affinage.

**Tableau VII :** Résultats moyen du rendement fromager et le rendement élémentaire des deux laits.

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 grande part de protéines d'origine animale. Par son apport en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments de base (MAHAUT *et al.*, 2000).

La production locale du lait tourne autour de 600 à 800 millions de litres/an, alors que les besoins actuels sont de 4,5 à 5 milliards de litres/an, soit un déficit de près de 4 milliards de litres/an qui est comblé par les importations. Le taux moyen de consommation par personne est de 115 litres/habitant/an en Algérie contre 65 au Maroc, 85 en Tunisie et 35 dans les pays de l'Afrique sub-saharienne. Sa part dans les importations alimentaires totales du pays représente environ 22%. L'Algérie importe plus de 70% des disponibilités en lait et produits laitiers, elle est classée 3<sup>ème</sup> importateur mondial (DRISS, 2017).

Le lait est un produit très fragile, du fait de sa richesse en eau et autres constituants favorables au développement des microorganismes (KEKE *et al.*, 2009). Cependant, il fait l'objet de diverses transformations en produits dérivés ayant des propriétés nutritionnelles et organoleptiques meilleures que celles du produit de départ tels que les fromages.

Le fromage constitue une forme ancestrale de conservations des protéines, de la matière grasse ainsi que d'une partie du calcium et de phosphore. Il est très apprécié par les consommateurs pour sa valeur nutritionnelle, gustative et le plaisir que procure sa consommation.

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 laitier est fortement liée à celle des matières premières mises en oeuvre, ainsi que les techniques et les conditions de son élaboration. La variabilité de ces dernières est le problème majeur rencontré en industries fromagères.

En vue de diversifier la production du camembert et de répondre aux exigences des consommateurs, la laiterie-fromagerie STLD « Société de Transformation de Lait Dérivés » de Draa Ben Khedda « le fermier » fabrique deux types de camembert, dont l'un est à base de lait de vache et l'autre à base de lait de chèvre.

Notre travail a pour objectif de mettre en évidence l'impact de la nature de la matière première sur l'aptitude fromagère au cours de la fabrication d'un camembert, à partir d'un lait provenant de deux espèces différentes (lait de vache et lait de chèvre).

Afin de répondre à cet objectif, nous avons opté pour la démarche expérimentale suivante :

- Analyses physico-chimiques des deux matières premières, du lactosérum, du caillé et le camembert.
- Evaluation de l'aptitude fromagère des deux types de laits par la détermination des paramètres technologiques à savoir :
  - temps de prise ;
  - temps de coagulation ;
  - calculer le rendement fromager global et le rendement élémentaire (EST et MG).
- Le suivi des paramètres physico-chimiques à différents stades d'affinage.

## **1.1 Définition**

« 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 ». C'est la définition adoptée par le 1er congrès international pour la répression des fraudes alimentaires tenu à Genève en 1908, pour le lait propre à la consommation humaine.

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

En raison de l'absence de  $\beta$ -carotène, le lait de chèvre est plus blanc que le lait de vache. Le lait de chèvre à un goût légèrement sucré il est caractérisés par une saveur particulière et un goût plus relevé que le lait de vache (ZELLER, 2005 ; JOUYANDAH et ABROUMAND, 2010).

## **1.2 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).

### **1.2.1 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 seule 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.

### **1.2.2 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 marmiteux 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).

### 1.2.3 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). Cependant, le pH de lait de chèvre, se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 (REMEUF *et al.*, 1989).

### 1.2.4 Point de congélation

Le point de congélation du lait peut varier de  $-0.530^{\circ}C$  à  $-0.575^{\circ}C$  avec une moyenne de  $-0.555^{\circ}C$ . Un point de congélation supérieur à  $-0.530^{\circ}C$  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).

### 1.2.5 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  $100,5^{\circ}C$ . Cette propriété physique diminue avec la pression.

## 1.3 La composition du lait

Les composantes du lait varient en fonction de la race et des saisons. Pour mettre les valeurs en comparaison, il a été nécessaire d'utiliser une moyenne dans les différents constituants[1]. Les résultats de ces comparaisons sont présentés au tableau I.

**Tableau I : Composition moyenne des laits de chèvre et de vache (PELLERIN, 2001)**

Composition	Lait de chèvre	Lait de vache
Eau (g)	87.5	87.7
Énergie (Kcal)	71	65
Protéines (g)	3.3	3.3
Lipides (g)	4.5	3.8
Glucides (g)	4.6	4.7
Minéraux (g)	0.7	0.7
Azote non protéique (mg)	50	25
Caséine (%)	83	82
Protéines de lactosérum(%)	17	18

### 1.3.1 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. L'établissement d'un comparatif entre le lait de chèvre et de vache montre peu de différence. Ces laits se caractérisent respectivement par 87,5 et 87,7g d'eau pour 100g de lait analysé.

### **1.3.2 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. (MAHAUT *et al.*, 2000). Contrairement au lait de vache, le seul débouché du lait de chèvre est le fromage. Donc, l'éleveur de chèvre doit s'intéresser de très près au TP car il détermine directement le rendement fromager, qui doit être maximum pour que l'atelier fromage soit le plus rentable possible.

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

#### **1.3.2.1 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  $\mu\text{m}$ ) (AMIOT *et al.*, 2002).

#### **1.3.2.2 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).

Les teneurs en protéines dans le lait de vache et celui de la chèvre sont comparables. Cependant, une différence est remarquée dans la distribution des variantes de caséines. Le lait de chèvre contient une quantité plus grande de caséine de type bêta alors que le lait de vache contient des quantités équivalentes entre les caséines alpha et bêta. Les protéines de lactosérum ne démontrent pas de différence significative, comme le montre le tableau suivant:

**Tableau II : Comparaison des différentes protéines dans le lait de vache et de chèvre (FAO ,2003)**

Protéines du lait	Lait de chèvre	Lait de vache
<b>Caséines (%)</b>		
Alpha s1	5	35
Alpha s2	25	10
Bêta	50	40
Kappa	20	15
<b>Lactalbumine</b>		
Alpha-lactalbumine	Comparable	
Bêta-lactalbumine	Légèrement inférieure dans le lait de chèvre	

### 1.3.3 Matière grasse

Le paramètre mesuré est nommé taux butyreux (TB). Les matières grasses sont présentées dans le lait sous forme d'une émulsion des globules gras d'un diamètre moyen de 0,2 à 15  $\mu\text{m}$  (FTLQ, 2002). De tous les composants du lait, les lipides sont ceux qui, quantitativement et qualitativement, varient le plus. (CROGUENNEC *et al.*, 2008). Une étude hollandaise s'oppose aux données mentionnées dans le tableau I, elle présente une teneur en lipides du lait de vache entre 3,8 et 4,3 % et des valeurs plus faibles pour le lait de chèvre, soit entre 3,1 et 4,0 % [3].

La distribution des matières grasses entre les acides gras saturés, les poly-insaturés et les mono-insaturés ne manifestent pas de différence significative. Les matières grasses du lait de chèvre sont caractérisées par la longueur des chaînes de carbone. En effet, le lait de chèvre contient deux fois plus de triglycérides à chaînes courtes et moyennes. (LAMBERT-LAGACE, 1999 ; PELLERIN, 2001). Ces acides gras étant reconnus pour leur facilité d'absorption.

### 1.3.4 Glucides

Le principal sucre ou glucide présent dans le lait est le lactose (glucose et galactose). Son pouvoir sucrant est six fois plus faible que celui du saccharose. La concentration de lactose dans le lait de chèvre est relativement la même que dans le lait de vache (LAMBERT-LAGACE, 1999).

Il joue un rôle nutritionnel particulier et intervient également comme élément de fermentescibilité mais il peut être responsable de certaines intolérances. (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).

### 1.3.5 Minéraux

Le lait de vache est riche en minéraux (PELLERIN, 2001), mais le lait de chèvre renferme globalement plus de calcium, magnésium, potassium et phosphore. Ce dernier possède, par le fait même, un grand pouvoir alcalinisant et un pouvoir tampon. Ces minéraux sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme car ils interviennent dans un grand nombre de processus vitaux comme la contraction musculaire et cardiaque, la coagulation sanguine, la libération d'hormones, la transmission de l'influx nerveux etc. (PELLERIN, 2001).

### 1.3.6 Vitamines

Selon VIGNOLA (2002), les vitamines sont des substances biologiquement indispensables à la vie puisqu'elles participent comme cofacteurs dans les réactions enzymatiques et dans les échanges à l'échelle des membranes cellulaires. L'organisme humain n'est pas capable de les synthétiser. On distingue d'une part les vitamines hydrosolubles (groupe B et C) en quantités constantes, et d'autre part les vitamines liposolubles (A, D, E et K) (JEANTET *et al.*, 2008).

Le lait de chèvre comporte près de deux fois plus de vitamine (A) que le lait de vache. Il se retrouve exclusivement sous forme de rétinol. Le rétinol s'avère être la forme la plus active et la plus rapidement utilisable par le corps (LAMBERT-LAGACE, 1999). Les deux laits comportent la même quantité de vitamine (D) (FAO, 1995).

La niacine (B3) joue un rôle important dans l'utilisation des protéines, des glucides et des lipides. Le lait de chèvre en contient trois fois plus que le lait de vache et autant que le lait maternel. (SYLVAIN, 2004).

### 1.3.7 Enzymes

POUGHEON (2001), définit les enzymes comme des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme des 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.

Les enzymes du lait de chèvre sont principalement des estérases, c'est-à-dire les lipases, les phosphatases alcalines et des protéases. Il est bon de noter que le lait de chèvre contient environ trois fois moins de phosphatase alcaline que lait de vache.

#### **1.4 Les caractéristiques microbiologiques du lait**

Le lait contient un nombre variable des cellules bactériennes ; celles-ci correspondent à la fois à des constituants normaux comme la flore saprophyte et à des éléments d'origines exogènes que sont la plupart du temps des microorganismes contaminants.

Les microorganismes principalement présents dans le lait sont les bactéries, mais on peut aussi trouver des levures et des moisissures, voir 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, voir des toxines qui peuvent être responsables de pathologie chez l'homme (BENHEDANE, 2012) .

##### **1.4.1 Flore originelle**

Le lait contient peu de microorganisme lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (moins de  $10^3$  germes/ml). Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : microcoques, streptocoques lactiques, lactobacilles (GUIRAUD, 2003).

##### **1.4.2 Flore de contamination**

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminants le lait, de la traite 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).

## **2.1 Historique des fromages**

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. 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, des moules à caillé 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 des nouvelles variétés durant leur invasion en Europe entre 60 ans avant J.-C. et 300 ans 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).

## **2.2 Définition des fromages**

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 l'égouttage ou après l'élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 g pour 100 g de fromage (JORF ,2007).

## **2.3 Classification des fromages**

(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.

Tableau III : Classement des fromages en fonction de leur procédé de fabrication  
(FAO,2003)

LAIT (vache, chèvre, brebis)				
Coagulation à caractère lactique dominant	Coagulation mixte	Coagulation à caractère présure dominant		
Égouttage lent		Pressé non cuit	Pressé cuit	Cuit non pressé
Pâtes fraîches majoritairement	Pâtes molles majoritairement	Pâtes fermes, semifermes ou-dures		
Non affiné				
<b>Chèvre frais*</b> Fromage à la crème* Quark* Cottage*	<b>Pyramide de chèvre*</b>	Havarti	Fromage en grains	Bocconcini Mozarella
Croûte fleurie				
<b>Paillet de chèvre</b>	Brie Camembert			
croûte lavée				
	Cantonnier de Warwick	Oka Tomme		
persillée				
	L'Ermite	<b>Bleu de la moutonnaire chèvre noit</b>		
Affiné dans la masse sans ouverture				
	Fêta de brebis	Gouda St Paulin	<b>Cheddar Chèvre noir</b>	Caccio Cavallo
			avec ouvertures	
			Suisse canadien Emmenthal	

## 2.4 Le fromage à pâte molle type camembert

### 2.4.1 Définition

Selon l'article 9 du décret du 26 octobre 1953 de la réglementation française, les fromages à pâte molle sont des fromages ayant subi indépendamment de fermentation lactique, d'autres fermentations, affinés, dont la pâte n'est ni cuite, ni pressée et qui dans le cas échéant, peuvent comporter des moisissures internes (COGITORE, 1987).

Le camembert fait partie des fromages à pâte molle et à croûte fleurie (décret n° 60-172 du 19 février 1960). Ainsi, la dénomination camembert est réservée à un fromage à pâte molle, à égouttage spontané, à caillé non déversé, en forme du cylindre plat, d'un diamètre de 10-11 à 15 cm, fabriqué avec du lait emprésuré, à pâte légèrement salée, à moisissures superficielles renfermant au moins 40 grammes de matière grasse par 100 grammes après une complète dessiccation et dont le poids total de la matière sèche ne doit pas être inférieur à 110 grammes (COGITORE, 1987).

### **2.4.2 Composition**

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

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

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

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

Pour les autres nutriments, le camembert constitue un apport important en calcium (200 à 700 mg / 100g), en phosphore, en sodium et en vitamines (Eck, 1990). Le tableau IV, donne la composition moyenne de fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert.

**Tableau IV : composition moyenne de un fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert (GUEGEN, 1979)**

Constituants	Composition pour 100g de produit
Eau (g)	150
Energie ( Kcal )	310
Glucides (g)	4
Lipides (g)	24
Protéines (g)	20
Calcium (mg)	400
Phosphore (mg)	250
Magnésium (mg)	20
Potassium (mg)	150
Sodium (mg)	700
Zinc (mg)	5
Vitamin A (U.I)	1010

### 2.4.3 Etapes de fabrication

#### 2.4.3.1 Nature de la matière première

La qualité du lait de fromagerie peut être définie comme son aptitude à donner un bon fromage dans les conditions de travail normales avec un rendement satisfaisant. Elle dépend des certains nombre de caractéristiques du produit : sa composition chimique notamment sa richesse en caséines, sa charge microbienne, la nature de sa microflore et son aptitude au développement des bactéries lactiques. Elle dépend aussi de son comportement vis-à-vis de la présure (HERMIER *et al.*, 1992; THAPON, 2005).

#### 2.4.3.2 Traitement 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).

**2.4.3.3 La standardisation**

Selon les espèces, le type d'alimentation et les saisons, la composition du lait est variable. La standardisation consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer, elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse et parfois du taux de protéines (BERTRAND, 1988).

**2.4.3.4 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 sa grâce à une pression exercée sur le lait de 100 à 200 bars (BOURDIER et LUQUET, 1991).

**2.4.3.5 La pasteurisation**

La pasteurisation est un traitement thermique qui entraîne la destruction de la plupart des formes végétatives des micro-organismes banaux, et tous les micro-organismes pathogènes (GUIRAUD, 2003), tout en s'efforçant de ne toucher qu'au minimum à sa structure physique, à ses équilibres chimiques et à ses éléments biochimiques (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.

**2.4.3.6 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).

### 2.4.3.7 Coagulation

La coagulation correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent 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).

#### 2.4.3.7.1 Coagulation acide

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique (pHi=4.6) par acidification biologique à l'aide des ferments qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimiques ou encore par ajout des 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 (BRADLEY, 2006).

#### 2.4.3.7.2 Coagulation par voie enzymatique

Il y'a un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, ayant 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 (ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002). Elle appartient à la famille des endopeptidases et possède une activité très spécifique, car elle n'hydrolyse que la caséine  $\kappa$  (FARKYE, 1999).

Ont distingué trois phases :

- 1. La phase primaire ou phase enzymatique :** correspond à une attaque de l'enzyme sur la composante qui stabilise la micelle (la caséine  $\kappa$ ) avec libération d'un peptide, la caséinomacropeptide .L'enzyme hydrolyse la caséine  $\kappa$  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  $\kappa$  et le segment 106-169 le caséinomacropeptide (CMP) (MAHAUT *et al.*, 2000 ; ST-GELAIS et TIRARD -COLLET, 2002).
- 2. La phase secondaire ou d'agglomération :** elle correspond à la coagulation proprement dite, elle commence lorsque 90% de la caséine  $\kappa$  est hydrolysée. Le CMP se détache de la caséine  $\kappa$  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).

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

#### **2.4.3.7.3 Coagulation mixte**

Il existe également des coagulations dites "mixtes" qui associent les deux types de coagulation. Selon le Codex Alimentarius (2010) et CHOLET (2006), le camembert est le produit de cette transformation. Les propriétés des gels ainsi formés et l'aptitude à l'égouttage sont intermédiaires entre celles du coagulum acide et celles du coagulum présure (MAHAUT *et al.*, 2000).

#### **2.4.3.8 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).

#### **2.4.3.9 Salage**

Le salage a un rôle sensoriel, en donnant une saveur marquée au produit, et un rôle technologique en complétant l'égouttage et en limitant l'acidification et la déminéralisation. L'ajout de sel permet également la sélection de la flore de l'affinage. Le salage se fait avec le sel par saupoudrage, immersion en saumure ou par salage direct du caillé (MICHEL, 2008).

#### **2.4.3.10 L'affinage**

Elle se fait sous l'action d'enzymes élaborées généralement par la flore microbienne présente dans le caillé. La pâte est ainsi modifiée dans son aspect, sa texture et sa consistance, ce qui lui permet de passer sous la forme d'un produit élaboré dénommé fromage. La période d'affinage du camembert est généralement courte, soit entre 12 et 45 jours et se déroule à une température variant habituellement entre 12 et 14 °C. Les fromages sont généralement entreposés dans un lieu d'affinage permettant de contrôler l'humidité relative entre 85 et 95 % (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 protéides. 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  $\beta$ -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<sup>ème</sup> jour, alors qu'au cœur de produit, sa dégradation est plus lente et ne s'achève que vers le 30<sup>ème</sup> 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* 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).



### **3.1 Les facteurs influençant la coagulation du lait**

Les critères de contrôle pour mesurer l'aptitude d'un lait à coaguler sont: le temps de floculation qui correspond au temps écoulé depuis l'emprésurage jusqu'à l'apparition des premiers flocons, la vitesse de raffermissement du gel et sa fermeté maximale, la vitesse et l'importance de la synérèse (phénomène de rétraction du réseau protéique avec expulsion du sérum) (LENOIR *et al.*, 1994).

Ces paramètres sont principalement influencés par quatre caractéristiques propres au lait qui sont la teneur en caséines, la concentration en calcium et en phosphate de calcium, le pH, la dimension des micelles. Interviennent, également, de façon significative, d'autres facteurs, tels que les proportions relatives des différentes caséines dans les micelles, et la nature des variantes génétiques de celles-ci.

#### **3.1.1 La teneur en caséines**

Ce paramètre constitue un élément déterminant pour la fermeté du gel alors que son incidence est limitée sur le temps de floculation (MARTIN et COULON, 1995; REMEUF, 1994).

Cette influence s'explique par la structure du gel composée d'un réseau tridimensionnel de micelle de paracaséine emprisonnant les autres constituants du lait (MARTIN et COULON, 1995). C'est ainsi que l'accroissement de la concentration en protéines par ultrafiltration ou par addition de poudre de lait se traduit par un accroissement marqué de la fermeté maximale du gel (AMRAM *et al.*, 1982), et par une diminution de la quantité de lactosérum libérée.

#### **3.1.2 Concentration en calcium et en phosphate de calcium**

L'influence du taux de calcium se manifeste sur le temps de floculation et la fermeté du gel. Le calcium est indispensable à la floculation des micelles : un lait pauvre en calcium coagule difficilement et conduit à un gel mou qui se tient mal. Certains auteurs ont montré que l'influence du rapport Ca/N sur le temps de floculation était très marquée.

L'aptitude à la coagulation dépend également de la teneur en phosphate de calcium colloïdal: plus la teneur en phosphate de calcium micellaire sera élevée, plus le gel sera ferme et se prêtera à l'égouttage.

On sait également que l'addition de chlorure de calcium est une pratique courante utilisée en fromagerie pour permettre d'obtenir un caillé plus structuré et réduire le temps défloculation.

**3.1.3 Dimension des micelles**

Les études concernant l'influence de ce facteur ont longtemps été contradictoires. Il a été longtemps admis que le temps de floculation était plus long et la fermeté du gel moindre lorsque le diamètre moyen des micelles était faible (MAHON, 1998).

Des travaux plus récents ont permis d'établir que les gels formés à partir de lait contenant des petites micelles sont plus fermes. Les gels constitués de petites micelles sont caractérisés par la formation d'un réseau protéique plus dense, plus cohérent et donc plus ferme (LENOIR *et al.*, 1994 ; BRULE et LENOIR, 1987), et qu'il existe une corrélation positive entre le temps de prise et la dimension des micelles.

**3.1.4 Le pH**

L'influence du pH sur le temps de floculation, la vitesse de raffermissement du gel et sa fermeté maximale est très sensible (REMEUF *et al.*, 1991). L'abaissement du pH favorise le processus de coagulation (diminution du temps de floculation et formation d'un gel se raffermissant plus rapidement) par deux actions: (GUEGUEN, 1995).

- L'activité de la présure sur la CNκ est maximale à pH = 5,5 et est rapidement inactivée lorsque le pH est supérieur à 7,0 (CROGUENNEC *et al.*, 2008).
- La stabilité des micelles décroît avec le pH par neutralisation des charges négatives et par libération des ions de calcium, ce qui favorise la réaction d'agrégation (LINDEN, 1987).

Les causes de variation du pH du lait, propres à l'animal reste, cependant, assez mal connues à l'exception de l'effet de l'état sanitaire de la mamelle, les laits de mammite possèdent un pH élevé, souvent supérieur à 7,0 (DE MARCHI *et al.*, 2009).

**3.1.5 La température**

Le phénomène de coagulation est fortement dépendant de la température. La présure possède une maximum d'activité dans une 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 de la présure (MAHAUT *et al.*, 2000).

**3.1.6 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 (HORNE et MUIR, 1994). Le taux de raffermissement et la fermeté du gel augmentent quant à eux avec la concentration en présure (ST-GELAIS ET TIRARD-

COLLET, 2002). Une trop faible dose de présure aboutit à une déminéralisation trop importante qui donne un caillé friable responsable des pertes des fines (DELPHINE, 2005).

### **3.2 Les facteurs influençant l'égouttage**

Le terme général d'égouttage se réfère plutôt à l'ensemble de la synérèse et des opérations d'évacuation du lactosérum, y compris l'égouttage complémentaire lors du moulage, du pressage et jusqu'au moment de l'affinage.

C'est pourquoi les techniques de fabrication faites en vue de l'égouttage sont d'une grande importance, d'autant que plusieurs facteurs peuvent influencer sur le déroulement de cette étape, on peut citer :

#### **3.2.1 Découpage**

C'est l'opération qui consiste à trancher en portions égales la masse de lait coagulé. On l'appelle aussi « décaillage ». Cette opération permet d'augmenter la surface totale d'exsudation du sérum et de favoriser l'égouttage. Pour les fromages à pâtes molles, le caillé est tranché en cubes plus gros.

#### **3.2.2 Brassage**

L'agitation mécanique des grains de caillé dans le lactosérum a pour effet d'éviter leur agglomération et d'accélérer leur déshydratation. Elle doit être conduite de façon à empêcher le bris des grains de caillé et d'entraîner ainsi des pertes.

#### **3.2.3 Pressage**

Ce procédé permet d'extraire l'eau libre de la pâte de fromage et de compléter ainsi son égouttage. Évidemment, il ne s'applique pas à tous les types de fromage, mais seulement à ceux dont la structure est capable de supporter une pression directe.

#### **3.2.4 Température**

C'est en activant les réactions de la présure ainsi qu'en diminuant la viscosité du coagulum que l'élévation de température favorise la contraction du gel et par-là, l'expulsion du sérum. Le degré de chauffage, ou la cuisson, varie avec le type de caillé, son acidité et la fermeté désirée du fromage (ABOUTAYEB, 2011).

#### **3.2.5 Acidité**

L'acidification du gel présure entraîne une diminution de l'eau d'hydratation des micelles, solubilise partiellement les sels de calcium augmentant de ce fait la perméabilité du coagulum, accélère les liaisons secondaires propices à sa contraction : toutes ces conditions interviennent pour faciliter et accélérer l'expulsion du lactosérum. L'efficacité de

l'acidification sur l'égouttage est peu marquée jusqu'à pH 5,5 mais de là, augmente jusqu'à pH 4,9 où elle atteint son maximum. L'acidification règle l'association calcium-phosphore pour donner au caillé son élasticité et sa fermeté (DE MARCHI *et al.*, 2009).

### **3.2.6 Autres facteurs**

L'égouttage est lié à la tension du caillé : en général, plus le temps de coagulation est court, plus forte sera la tension du caillé et mieux ce dernier s'égouttera. Tout ce qui occasionne un caillé mou nuit indirectement à l'égouttage. C'est ainsi que peuvent être en cause : la dose de la présure et son activité protéolytique totale, la pauvreté du lait en minéraux, spécialement en calcium, de même que les protéines solubles dénaturées par un chauffage sévère. On peut noter également qu'une plus forte teneur en matière grasse rend la diffusion du sérum plus difficile à travers le gel et conséquemment, son raffermissement plus lent (ABOUTAYEB, 2011).

## **3.3 Les facteurs influençant l'affinage du caillé**

L'affinage est un processus complexe avec diverses réactions qui vont contribuer à élaborer le produit fini (ECK *et al.*, 1997). Différents facteurs influent sur le bon déroulement de cette phase, qu'ils soient environnementaux (température, hygrométrie, renouvellement de l'air...) ou internes au fromage (Aw, pH). En plus d'une perte en eau, l'affinage se caractérise par une hydrolyse enzymatique.

### **3.3.1 Le substrat**

Il s'agit particulièrement d'un ensemble de facteurs liés au type de substrat utilisé, aux agents de maturation présent ou apportés au lait, de l'extrait sec du caillé, du rapport gras sur sec, de son pH, de l'Aw ainsi l'aération de la pâte et de sa qualité microbiologique (AGRANIER et POLLET, 2003).

### **3.3.2 Activité enzymatique**

En effet, des molécules complexes (glucides, lipides, protides) vont être hydrolysées lors de l'affinage par des enzymes naturelles et microbiennes pour donner lieu à des molécules beaucoup plus simples (aa, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O et acides gras volatils). Ces réactions vont varier en fonction de la composition du substrat (fromage), de l'écosystème microbien, des soins d'affinage (retournement, durée d'affinage) (CHOISY, 1997).

**3.3.3 Paramètres d'ambiance****3.3.3.1 La température**

La maîtrise de la température des locaux d'affinage passe par une bonne isolation et un bon choix de matériel. Ce paramètre joue également sur les activités enzymatiques. La température évolue au cours de l'affinage, pour favoriser le développement des micro-organismes successifs et moduler leurs activités enzymatiques.

**3.3.3.2 L'hygrométrie**

L'hygrométrie influence la teneur en eau du fromage aussi bien à l'intérieur qu'en surface, elle est dépendante de la température.

**3.3.3.3 La composition chimique de l'aire**

La composition chimique de l'aire à l'échelle d'une pièce varie en fonction du renouvellement de l'aire et des dégagements gazeux des fromages. La maîtrise de la composition chimique de l'ambiance ( $\text{NH}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) permet d'orienter le développement de la flore de surface et les échanges entre le produit et l'aire (PROFESSION FROMAGE, 2014).

**3.3.4 Paramètres relevant de la composition du fromage****3.3.4.1 Le pH du fromage**

Le pH du fromage est un facteur qui conditionne la pousse des micro-organismes et l'activité des enzymes. Le gradient de pH entre le cœur et la croûte est important en technologie lactique du fait, entre autre, du développement des levures en surface et de leur travail de désacidification (LAITHIER *et al.*, 2011).

**3.3.4.2 La teneur en sel et l' $a_w$** 

Dans le fromage, l'activité de l'eau dépend de la composition de produit et de son extrait sec. Si l'activité de l'eau diminue, l'activité des micro-organismes va également diminuer (PROFESSION FROMAGE, 2014).

**3.4 Les facteurs influençant le rendement fromager**

Le rendement de la transformation du lait en fromage est la quantité de fromage obtenue à partir d'une quantité de lait (souvent 100 l ou 100 kg) (ECK, 1997).

De nombreux auteurs ont proposé des équations de prévision des rendement fromagers en fonction des taux butyreux et protéiques des laits (BANKS *et al.*, 1984, EMMONS *et al.*, 1990).

Selon VIGNOLA (2010), on évalue le rendement fromager en établissant le rapport entre la quantité de fromage obtenue et la quantité de lait utilisée, y compris celui qui entre dans la préparation du ferment.

Quelques auteurs ont également cherché à expliquer les variations de rendement en fabrication de pâte molle (MAU BOIS *et al.*, 1970). Ces travaux montrent que l'importance des différents constituants du lait dans la prédiction du rendement varie fortement, notamment en fonction des technologies utilisées (MOCQUOT *et al.*, 1963; MAUBOIS *et al.*, 1970; BANKS *et al.*, 1984; GILLES et LAWRENCE, 1985; ALEANDRI *et al.*, 1989; EMMONS *et al.*, 1990; GAREL et COULON, 1990; HARDY, 1990).

### **3.4.1 La composition physicochimique du lait**

Toute augmentation du taux protéiques est favorable aux rendements plus précisément, la teneur en caséine.

Le rendement augmente aussi avec la teneur en matière grasse mais de façon beaucoup moins importante que la teneur en protéine.

Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation (BANK *et al.*, 1984).

On comprend aisément que le but est d'obtenir un TP maximum, pour un rendement fromager maximum, étant donné que le fromage est l'unique débouché du lait de chèvre.

### **3.4.2 La technologie de fabrication**

L'importance des constituants du lait dans la prédétermination du rendement fromager varie en fonction de technologie utilisée. Toutefois dans la pratique fromagère on parle de coefficient de récupération des différents constituant du lait dans le fromage qui dépend de la qualité du lait et des facteurs technologiques divers (RAMET, 2001).

Un caillé insuffisamment acidifié ou emprésuré trop tôt, risque d'avoir des micelles très minéralisées. Il contient moins d'eau, car le calcium et le phosphore occupent les sites de fixation de l'eau (DELPHINE, 2005).

La quantité d'eau retenue dans le fromage, définie par les paramètres technologiques et de la teneur du lait en protéines et en matières grasses.

**❖ Objectif**

Cette étude a pour objectif de :

- Suivre le processus de fabrication du camembert à l'unité STLD ;
- Evaluer et comparer la qualité des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de lait de chèvre ;
- Etudier l'impact de la variabilité des paramètres physico-chimiques des matières premières (lait de vache et le lait de chèvre) sur l'aptitude fromagère.

**4.1 Présentation de l'unité**

La laiterie STLD « Société de Transformation de Lait et Dérivés » est une entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée (EURL).

Elle fut créée le 16-04-2004 à la nouvelle ville rue des frères Beggaz (Tizi Ouzou) et a été transférée à la zone industrielle de Draa Ben Khedda (DBK) le 10-01-2018.

L'unité compte dans son effectif 133 employés permanents, gérés par Mr. Amyoud S. Elle a une capacité de transformation d'environ 70000 litres de lait par jour.

Elle offre une gamme de produits très variée : le lait vache pasteurisé conditionné (entier et écrémé), le lait de vache fermenté (*l'ben*), camembert au lait de vache, camembert au lait de chèvre, camembert crémeux au lait de vache enrichi de matière grasse, fromage à pâte pressée.

**4.2 Diagramme de fabrication du camembert**

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

**4.2.1 Préparation du lait**

Pour obtenir un bon camembert qui répond 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 au pasteurisateur.

**4.2.2 Pasteurisation**

Cette étape est nécessaire pour créer les bonnes conditions bactériologiques favorables à la coagulation du lait. La pasteurisation est réalisée à une température de 78°C pendant 15 à 20 secondes.

**4.2.3 Maturation**

Durant cette étape le lait estensemencé par des ferments lactiques mésophiles à 37°C. En se multipliant dans le lait, ces ferments assurent deux fonctions essentielles: abaisser l'acidité de 23 à 24°D et contribuer aux caractères organoleptiques du fromage.

Le lait est additionné de chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) à raison de 1% au début de la prématuration.

**4.2.4 Emprésurage du lait et coagulation**

Le lait est emprésuré à un pH de 6.4 dans des bassines de 180 litres pour une quantité de 2 à 3%. La présure est la substance coagulante utilisée pour cailler le lait. Cette dernière est sous forme lyophilisé.

**4.2.5 Découpage-brassage**

Lorsque le gel présente la consistance recherchée, on procède au découpage qui se fait avec deux tranches-caille, l'un va servir au découpage en longueur et l'autre en largeur. On obtient alors, des grains en cube de 2 cm de côté.

Le caillé découpé, est laissé au repos pendant 15 à 20 min avant de procéder au 1<sup>er</sup> brassage. Celui-ci permet de maintenir l'individualité des grains et d'accélérer la synérèse du lactosérum. Deux brassages sont effectués comme suite :

- **1<sup>er</sup> brassage** : il se fait après le temps de repos, très lentement pour ne pas briser le caillé
- **2<sup>eme</sup> brassage** : il se fait 15 min après le 1<sup>er</sup> brassage. Il est plus moins intensifié.

**4.2.6 Moulage et égouttage**

Après les deux brassages, le lactosérum remonte en surface. Le moulage se fait après le soutirage de 30% du sérum, puis le caillé est mis dans des moules laissant échapper le sérum, qui seront acheminés ensuite dans la salle d'égouttage, où il va subir 3 retournements dans un intervalle d'une heure et dans le cas où le caillé est humide un 4<sup>eme</sup> retournement permet d'avoir une meilleure exsudation du lactosérum.

**4.2.7 Démoulage**

Lorsque l'acidité du sérum et le pH du caillé atteignent les valeurs voulues, les préformages sont démoulés et disposés sur des claies de salage.

**4.2.8 Salage et ressuyage**

Le salage est réalisé à sec par une saleuse automatique projetant le sel en surface des jeunes fromages à raison de 2 à 3 %.

Après le salage, les fromages sont envoyés dans une salle de ressuyage pour une durée de 24 heures à une température de 12°C, en effectuant un retournement.

**4.2.9 Affinage**

Cette étape est réalisée dans des chambres conditionnées à une température de 13°C et à une humidité de 95%. Les camemberts sont retournés une fois tous les deux jours et leur temps de séjour est de 11 jours, durant cette période les fromages sont pulvérisés de *Penicillium camemberti*.

**4.2.10 Conditionnement et commercialisation**

Les fromages sont emballés à l'aide d'une conditionneuse dans du papier cellulosique poreux, ensuite dans des boîtes en carton sur lesquelles sont inscrites les dates de fabrication, de péremption du produit et les ingrédients. Ces fromages sont enfin prêts à la commercialisation.

Un schéma récapitulatif de processus de fabrication de camembert à l'unité STLD est représenté dans le diagramme suivant :

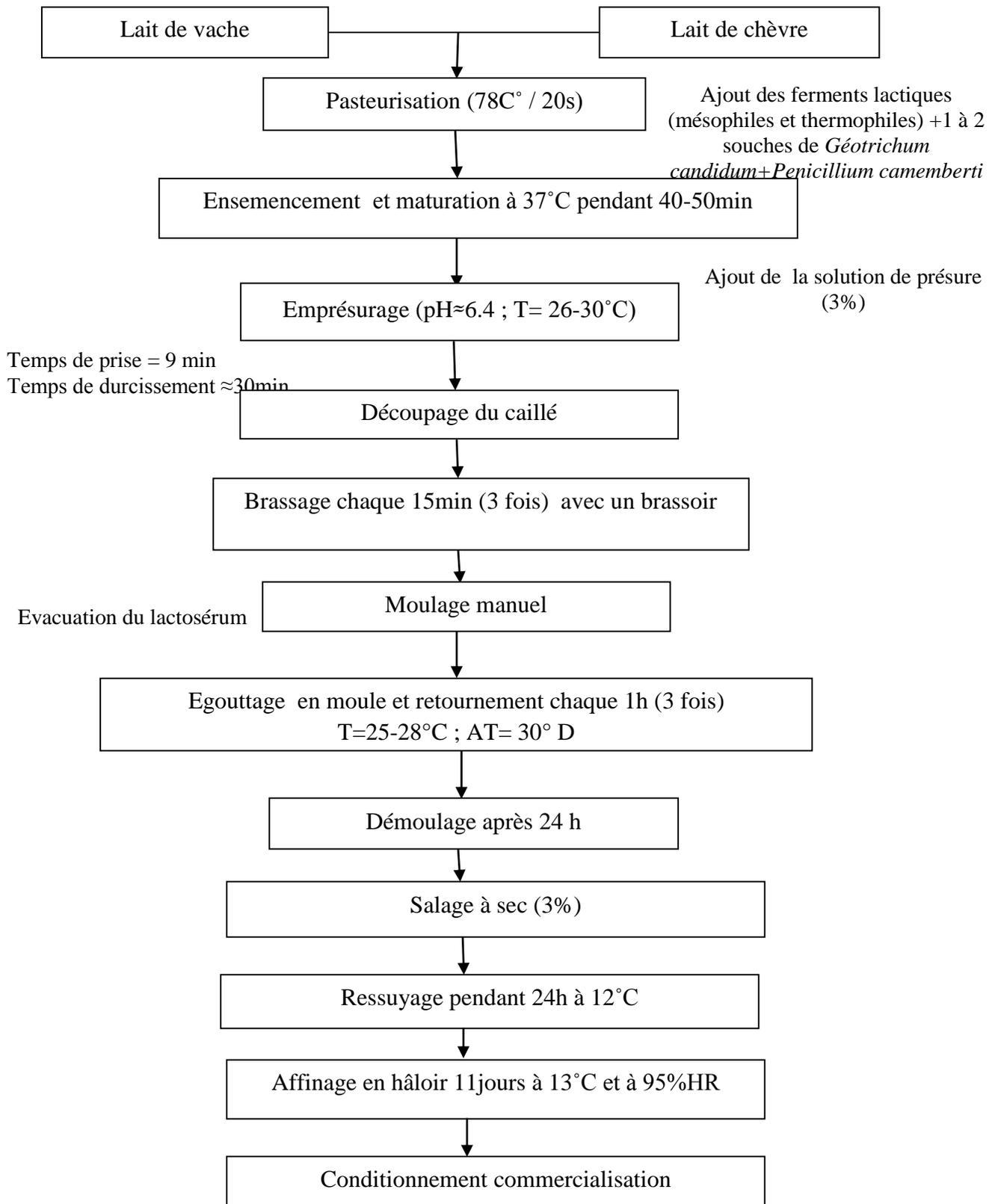


Figure 03 : Diagramme de fabrication du Camembert au niveau de la laiterie-fromagerie STLD de DBK.

### **4.3 Matériel**

#### **4.3.1 Matières premières**

Les laits crus de vache et de chèvre ont été collectés par l'unité à travers différentes fermes d'élevages répartir dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Ils sont transportés par les collecteurs dans des camions à citernes iso-thermiques à des températures de 4 à 5°C, assurant ainsi un bon conditionnement. 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.

#### **4.3.2 Appareillage**

- Acidimètre.
- Bain-Marie ;
- Balance de précision (200g/0,01 mg) ;
- Butyromètre de GERBER et VANGULIK ;
- Centrifugeuse ;
- Dessiccateur à infrarouge ;
- pH-mètre ;
- Lacto-scan (annex07) ;
- Thermo-lactodensimètre.

#### **4.3.3 Autres matériels**

- Verrerie : béchers, burette, éprouvette, flacons en verre, pipettes graduée.
- Produits chimiques et réactifs : acide sulfurique, alcool isoamylique, phénolphtaléine en solution 1%, soude en solution (NaOH 0.11 N).
- Matérielles biologique : enzyme (présure), ferments lactique.

### **4.4 Méthodes**

Les différentes analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire interne de l'unité de production.

#### **4.4.1 Prélèvements et préparation des échantillons**

Les prélèvements aléatoirement dans l'atelier du fromage à pâte molle et les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire de physicochimie de l'unité.

Deux types de camemberts ont été analysés :

- Camembert à base de lait de vache (CV) ;
- Camembert à base de lait de chèvre (CC).

Pour chaque type de camembert, 02 lots de production ont été étudiés, pour chaque lots de productions des échantillons ont été prélevées au niveau de 04 points différents :

- A la sortie de pasteurisateur pour l'analyse du lait après pasteurisation
- Au stade de décaillage pour l'analyse de lactosérum ;
- Au stade de démoulage pour l'analyse du caillé ;
- Au stade d'affinage ; nous avons effectué l'analyse en opérant à deux niveaux de prélèvement pour le fromage : au premier jour d'affinage (j+1) et au dernier jour d'affinage (j+11).

Pour chaque pièce de camembert étudié, les analyses ont été réalisées sur la partie interne du fromage.

Pour l'ensemble des analyses, nous avons effectué un échantillonnage aléatoire et un seul essai a été réalisé pour chaque analyse et vu le manque de moyens pour la réalisation de toutes les manipulations nous nous sommes limités aux analyses de routine les plus courantes réalisées à l'unité.

#### **4.4.2 Analyses physico-chimiques**

Le contrôle physicochimique du lait et du fromage est un facteur essentiel pour l'obtention d'un produit de qualité. Il a pour objectif d'assurer au produit sa fiabilité et sa consistance afin de garantir ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques. Les principales analyses sont énumérées ci-dessous dont les modes opératoires sont données en annexe.

##### **4.4.2.1 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 (NA680).

###### **➤ Expression des résultats**

Le thermo-lactodensimètre est étalonné à 20 °C. 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 au-dessous de 20°C (annexe 01).

##### **4.4.2.2 Détermination de l'acidité titrable (AT)**

###### **➤ Principe**

Titration de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine comme indicateur de couleur (NA 678).

➤ **Expression des résultats**

L'acidité titrable est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (annexe 02).

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

V = le volume en ml de la solution de soude

$^{\circ}D$  = degré DORNIC

1 $^{\circ}D$  = 0.1g d'acide lactique par litre du lait.

#### **4.4.2.3 Détermination du 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 03).

➤ **Expression des résultats**

Le pH est lu directement sur le pH-mètre.

#### **4.4.2.4 Mesure de l'extrait sec total (EST)**

➤ **Principe**

L'extrait sec total est déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge. 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 (NA 666 et 679).

➤ **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 (annexe 04).

#### **4.4.2.5 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**

$$H = 100 - EST$$

#### **4.4.2.6 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**

$$ESD = EST - MG$$

**4.4.2.7 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 05).

**1. 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).

**2. 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** : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse.

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

**4.4.2.8 Détermination des protéines du lait**

La teneur en protéine dans le lait est déterminée à l'aide d'un lacto-scan. L'échantillon du lait préparé est versé dans le porte-échantillon de l'analyseur, le lait est aspiré à travers un tuyau d'entrée. Après quelques secondes d'analyses, l'échantillon de lait est renvoyé dans le réservoir de liquide usé.

**➤ Expression des résultats**

Les résultats de l'analyse sont affichés dans les 50 secondes sur l'écran, mais peuvent être dessinés sur papier à l'aide d'une imprimante intégrée.

### 4.4.3 Détermination des paramètres technologiques

#### 4.4.3.1 Détermination du temps de prise

Après emprésurage du lait à la température de 33 – 34 °C, l'appréciation du temps de prise (le temps qui s'écoule entre le moment d'emprésurage et celui où le lait acquiert une viscosité) se fait par une méthode chronométrique.

Cette mesure repose sur l'introduction d'une spatule dans le lait et la soulever doucement ; Lorsque le lait perd sa fluidité pour acquérir une certaine viscosité, la spatule laisse un trait dans le lait, on dit que le lait a pris et on note ce temps en minutes.

#### 4.4.3.2 Détermination du temps de coagulation

Le temps de coagulation commence à partir de l'apparition des premiers flocons jusqu'à la formation du coagulum, le temps de coagulation ou de caillage est apprécié également avec la spatule, cette fois ci le lait se fragmente après introduction de la spatule, ce temps est également noté en minutes et indique le moment de tranchage du caillé.

#### 4.4.3.3 Calcule du rendement fromager

Afin de déterminer le rendement fromager du lait de vache et celui de chèvre, nous avons déterminé pour les mêmes poids des fromages au démoulage et à l'affinage, leur extrais secs totaux et leurs teneurs en matière grasse, ainsi que les pertes dans le lactosérum.

Pour calculer le rendement on procède ainsi :

1. Déduire la masse du lait mis en œuvre (en Kg) en appliquant la formule suivante :

$$d = \frac{ML}{VL}$$

**ML**: masse du lait mis en œuvre, **VL** : volume du lait mis en œuvre **d** : densité du lait mis en œuvre

2. Déduire la masse du fromage produit (en Kg) en appliquant la formule MF=poids moyen d'une pièce (Kg) x nombres de pièce produites ;
3. Puis appliquer la formule du rendement fromager (Rg) ;

$$Rg = \frac{MF}{ML} \times 100$$

Le calcul du rendement est un paramètre technologique très important. Il nous permet d'évaluer la quantité de fromage à partir d'un volume connu de lait mise en œuvre et de pouvoir par la suite estimer en matière sèche et en appliquant les formules :

$$R_{EST} = \frac{EST_{lait} - EST_{Lactosérum}}{EST_{Fromage} - EST_{Lactosérum}}$$

$$R_{MG} = \frac{MG_{\text{lait}} - MG_{\text{Lactosérum}}}{MG_{\text{Fromage}} - MG_{\text{Lactosérum}}}$$

#### 4.4.4 Analyses statistiques

Les résultats des mesures obtenus dans cette étude sont soumis à une analyse statistique avec le logiciel STATISTICA version 7.1, afin de montrer les degrés de signification des données à la probabilité (p-value) de  $p < 0,05$ .

Si la probabilité p est :

- $P > 0,05$  : les variables montrent une différence non significative ;
- $P \leq 0,05$  : les variables montrent une différence significative.

L'analyse statistique a été effectuée à plusieurs facteurs et chaque facteur présente deux modalités.

1. Pour l'étude du lait, l'analyse est faite à un facteur :

- Le type de lait, avec deux modalités qui sont le lait de vache et lait de chèvre.

De même pour le lactosérum, le caillé et le fromage.

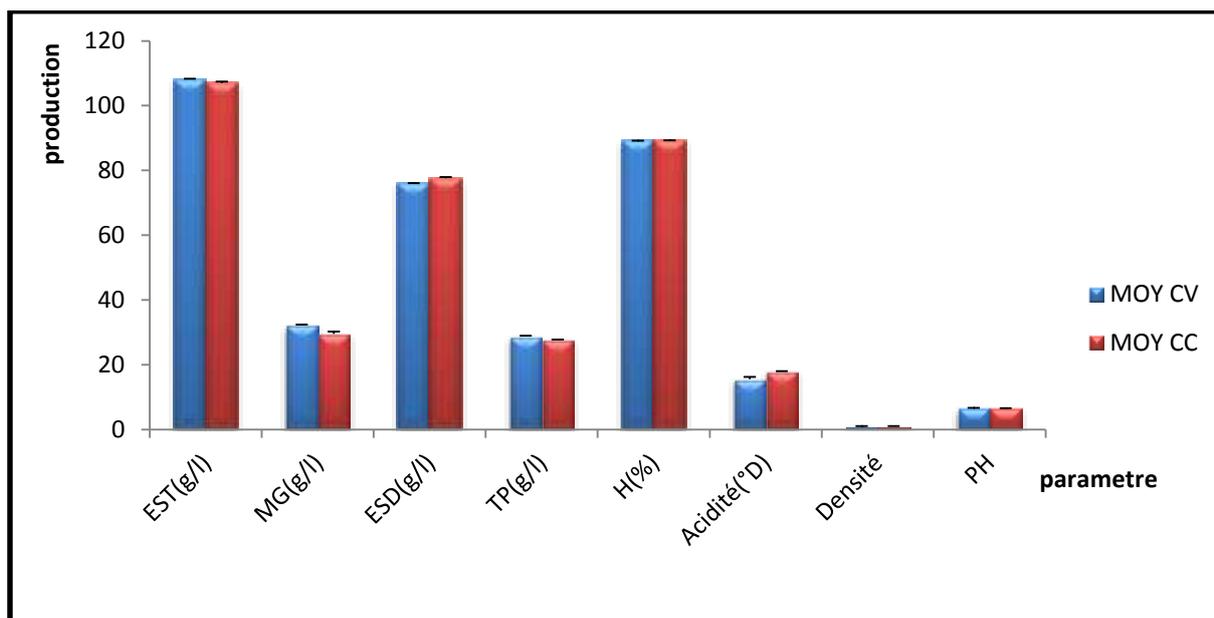
2. Pour l'étude des deux stades d'affinage l'étude est faite à deux facteurs :

- Le premier facteur c'est le type de fromage, avec deux modalités qui sont le camembert au lait de vache et le camembert au lait de chèvre ;
- Le deuxième facteur c'est le stade d'affinage avec deux modalités qui sont le 1<sup>er</sup> jour et le 11<sup>ème</sup> jour.

## 5.1 Résultats des analyses physicochimiques du lait

Les composantes du lait varient en fonction de la race et des saisons. Pour mettre les valeurs en comparaison, il a été nécessaire d'utiliser une moyenne dans les différents constituants.

La moyenne des résultats des analyses physicochimiques du lait de vache et du lait de chèvre destinés à la fabrication du camembert après pasteurisation sont représentés dans la figure suivante :



**Figure 02 : Résultats des analyses physicochimiques du lait de vache et du lait de chèvre destinés à la fabrication du camembert.**

### 5.1.1 Taux de protéines (TP)

Le lait de vache à une concentration de  $28.75 \text{ g/l} \pm 0.21$  en moyenne de TP, le lait de chèvre est moins riche avec  $27.6 \text{ g/l} \pm 0.14$ .

Selon le test statistique une différence significative de la teneur en matière protéique entre le lait de vache et de chèvre, est enregistrée avec une p-value de 0.02 au seuil de 5% (annexe 06).

Les résultats obtenus sont inférieurs aux normes FIL- AFNOR (1986) et aux résultats d'ALAIS et BLANC (1975), qui rapportent une teneur moyenne en protéine de 32 g/l à 34g/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, et 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.

### **5.1.2 Matière grasse (MG)**

Les résultats des teneurs en MG des différents échantillons ont abouti à une moyenne de 32.15 g/l  $\pm$  0.21 pour le lait de vache et de 29.5 g/l  $\pm$  0.71 pour le lait de chèvre.

Le test statistique a confirmé cette différence avec une p-value de 0.03 (annexe 06).

Les deux types de laits sont pauvres en matière grasse par rapport aux résultats obtenus par BOCQUIER et CAJA (2001), qui sont de 37 g/l et 42 g/l pour le lait de vache et de chèvre respectivement.

En effet, CROGUENNEC et ses collaborateurs (2008), ont conclu par leur travaux que la saison exerce un effet indirecte sur la composition du lait, en raison de la disponibilité alimentaire et aux caractéristique du ratio.

### **5.1.3 Extrait sec total (EST)**

Les teneurs moyennes du lait de vache et de chèvre en EST sont respectivement de 108.2  $\pm$  0.14 g/l et 107.06  $\pm$  0.34 g/l

Les tests statistiques ont révélé une différence significative entre les deux échantillons avec une p-value de 0.04 (annexe 06).

Les résultats obtenus sont conformes aux normes FIL- AFNOR (1986), qui recommandent une teneur en EST comprise entre 102 et 125 g/l.

Ces résultats concordent avec ceux de KOUNIBA (2007), qui a conclu dans ces travaux qu'un taux élevé en MG et en TP conduit à une augmentation de l'EST.

### **5.1.4 Extrait sec dégraissé (ESD)**

Pour ce paramètre nos résultats montrent une teneur de 76.06 g/l  $\pm$  0.07 pour le lait de vache et de 77.56 g/l  $\pm$  0.37 pour le lait de chèvre.

Les tests statistiques ont révélé une différence significative entre les deux échantillons avec une p-value de 0.02 (annexe 06).

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.

### **5.1.5 Humidité (H)**

La teneur en humidité dans le lait de vache et le lait de chèvre est presque similaire. En effet, les valeurs enregistrées sont de 89.18  $\pm$  0.01 et 89.29  $\pm$  0.03 respectivement.

Les tests statistiques ont révélé une différence significative entre les deux échantillons avec une p-value de 0.03 (annexe 06).

Ces résultats sont conformes aux normes FIL- AFNOR(1986) qui recommande une teneur moyenne en eau comprise entre 87.5% et 89.8%.

### **5.1.6 Densité**

Les résultats de mesure de la densité du lait, montrent des moyennes de  $1.029 \pm 0.00$  et  $1.027 \pm 0.00$  pour le lait de vache et de chèvre respectivement.

Les tests statistiques ont révélé une différence significative entre les deux échantillons avec une p-value de 0.03 (annexe 06).

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

En examinant la densité des échantillons du lait on trouve que :

Ces résultats concordent avec ceux d'AIT AMER MEZIAN (2008), qui a trouvé une densité comprise entre 1.028 et 1.033 pour le lait de la vache et entre 1.027 et 1.035 pour le lait de chèvre. Par contre, ils sont inférieurs aux normes FIL- AFNOR (1986), qui sont comprises entre 1.032 et 1.035.

Une faible densité est un indicateur du mouillage du lait. En fait cette pratique d'ajout d'eau au lait cru est illicite et provoque une détérioration de la qualité du produit fini. La densité seule ne permet pas de déceler les fraudes, car il suffit d'ajouter du sel ou du sucre pour pouvoir camoufler l'ajout d'eau. En plus, un écrémage peut aussi camoufler le mouillage (BRULÉ *et al.*, 1997).

### **5.1.7 Acidité Dornic et pH**

Le pH et l'acidité Dornic 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, son activité métabolique et du stade de lactation (MATHIEU, 1998).

D'après les résultats, le pH moyen du lait de vache est de  $6.65 \pm 0.01$  ; cependant, le lait de la chèvre a un pH moyen de  $6.57 \pm 0.01$

Les tests statistiques ont révélé une différence significative entre les échantillons avec une p-value de 0.02 (annexe 06).

Ces valeurs sont conformes à celles annoncées par GAUCHER (2007), et AIT AMER MEZIANE (2008), soit 6.6 à 6.8 pour le lait de vache et de 6.45 à 6.6 pour le lait de chèvre.

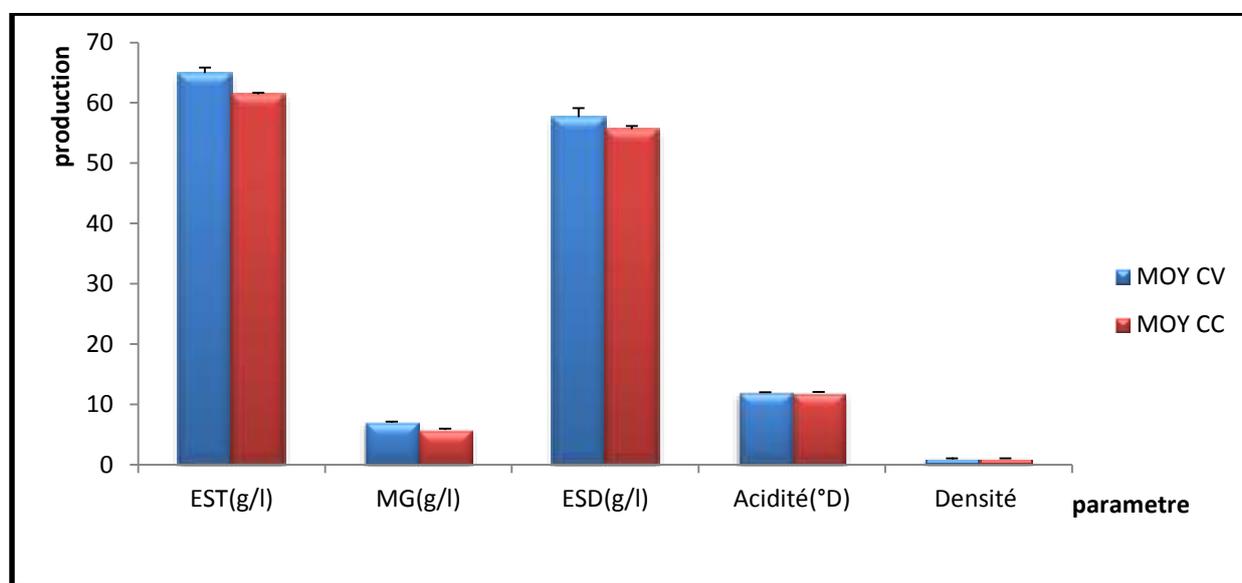
L'analyse de l'acidité a donné les valeurs suivantes  $15.5 \pm 0.7$  pour le lait de vache et  $18 \pm 0.00$  pour le lait de chèvre.

Les tests statistiques ont révélé une différence significative entre les échantillons avec une p-value de 0.03 (annexe 06).

Ces valeurs sont conformes aux normes FIL- AFNOR (1986), ce qui indiquant ainsi que le lait est frais et n'a pas subi une fermentation.

## 5.2 Résultats des analyses physicochimiques du lactosérum au décaillage

La moyenne des résultats des analyses physicochimiques du lactosérum au décaillage de lait de vache et du lait de chèvre destinés à la fabrication du camembert sont représentés dans la figure suivante :



**Figure03 : Résultats des analyses physicochimiques du lactosérum au décaillage du lait de vache et du lait de chèvre destinés à la fabrication du camembert.**

Les mesures effectuées sur le lactosérum montrent que les teneurs en EST du lactosérum exsudé à partir du caillé du lait de vache sont supérieures à celles du lait de chèvre avec des teneurs moyennes de l'ordre de  $64.95 \text{ g/l} \pm 0.92$  pour le lait de vache et  $61.4 \text{ g/l} \pm 0.28$  pour le lait de chèvre.

L'analyse statistique a confirmé une différence significative par l'obtention d'une p-value = de 0.03 (annexe 06).

Concernant teneur en MG, on a noté également une différence significative avec une p-value = 0.02 et une teneur moyenne de  $7 \text{ g/l} \pm 0.14$  et  $5.75 \text{ g/l} \pm 0.21$  pour le lait de vache et de chèvre respectivement.

Par contre, le teste statistique n'a pas révélé une différence significative dans l'analyse de l'ESD entre les deux types de lactosérum avec une p-value = 0.21, malgré qu'une exsudation plus importante a été notée dans le lait de vache avec une moyenne de  $57.65 \pm 1.48$  par rapport au lait de chèvre ( $55.65 \pm 0.49$ ).

De même pour la mesure de l'acidité, le test statistique n'a pas révélé une différence significative entre les deux échantillons avec un p-value = 0.4. Les valeurs obtenues sont de  $12^\circ \text{D} \pm 0.00$  et  $11.75^\circ \text{D} \pm 0.17$  pour le lait de vache et le lait de chèvre respectivement.

Concernant la mesure de la densité, on a obtenu des valeurs moyennes de l'ordre de  $1.021 \pm 0.00$  pour le lait de vache et  $1.019 \pm 0.00$  pour le lait de chèvre avec une p-value = 0.03 (annexe 06).

Ces résultats concordent avec ceux d'AURILLIAC (2008), qui a confirmé que le lactosérum est d'autant plus concentré et plus riche en matière sèche que le lait dont il est issu et présente des concentrations élevées en constituants de la matière sèche.

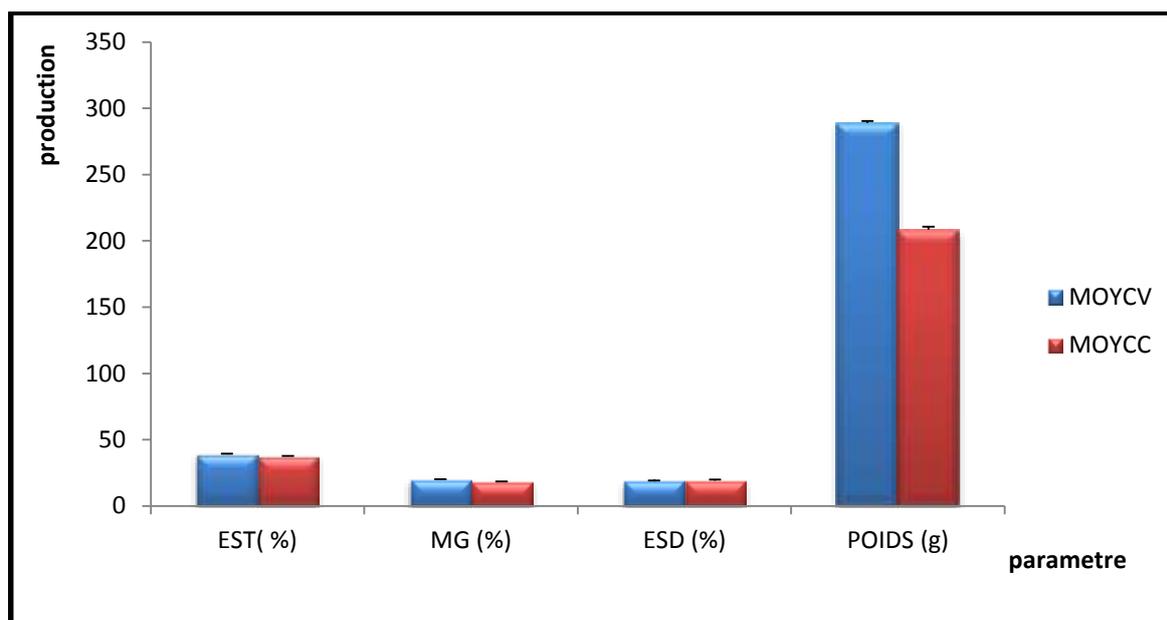
Selon LABELLEE (1989), les caillés fabriqués à partir de lait frais s'égouttent rapidement, ce qui explique les pertes importantes de matière sèche dans les deux types de lactosérum étudiés.

Les résultats de l'acidité obtenus sont conformes aux normes fixé par l'usine et qui varient entre 11 et  $14^\circ \text{D}$ .

D'après RAMET (2006), la maîtrise de l'acidification est obtenue on ajustant le pH au moment de l'emprésurage en déterminant le type et le taux de levains lactiques ensemencés au lait avant coagulation et en modulant leur développement pendant la coagulation et l'égouttage par l'effet de la température, Aw et de la disponibilité en nutriments .

### **5.3 Résultats des analyses physicochimiques du caillé au démoulage**

La moyenne des résultats des analyses physicochimiques du caillé au démoulage de lait de vache et de chèvre destinés à la fabrication du camembert sont représentés dans la figure suivante :



**Figure 04: La moyenne des résultats des analyses physicochimiques du caillé au démoulage de lait de vache et de chèvre destinés à la fabrication du camembert.**

Il ressort des résultats que la teneur en EST du caillé obtenu à partir de lait de vache est supérieure à celle obtenue à partir de lait de chèvre qui est de (39% et 37.45% respectivement).

Le test statistique nous a confirmé cette différence avec une p-value= 0.04 (annexe 06).

Nous remarquons qu'avec un lait de départ qui présente un EST plus élevé, nous obtenons la meilleure EST au démoulage ; ceci est probablement dû à la composition initiale du lait.

De même pour la teneur en MG qui est plus importante dans le caillé à base de lait de vache avec une teneur moyenne de  $19.8\% \pm 0.28$  contre  $18.2\% \pm 0.28$  pour le caillé à base de lait de chèvre.

Le test statistique a aussi révélé une différence significative entre les deux types de caillé par l'obtention d'une p-value= 0.02.

En ce qui concerne la variation de l'ESD au cours de démoulage, nous remarquons qu'il n'y a pas de différence significative (p-value= 0.92) entre les valeurs obtenues dans les deux types de lait. Les moyennes enregistrées sont autour de 19% avec le lait des deux espèces.

#### **5.4 Résultats des analyses physicochimiques du camembert au cours de l'affinage**

Les résultats des analyses physicochimiques des camemberts au cours de l'affinage sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI : Tableau récapitulatif des résultats d'analyse physicochimiques du camembert au cours de l'affinage

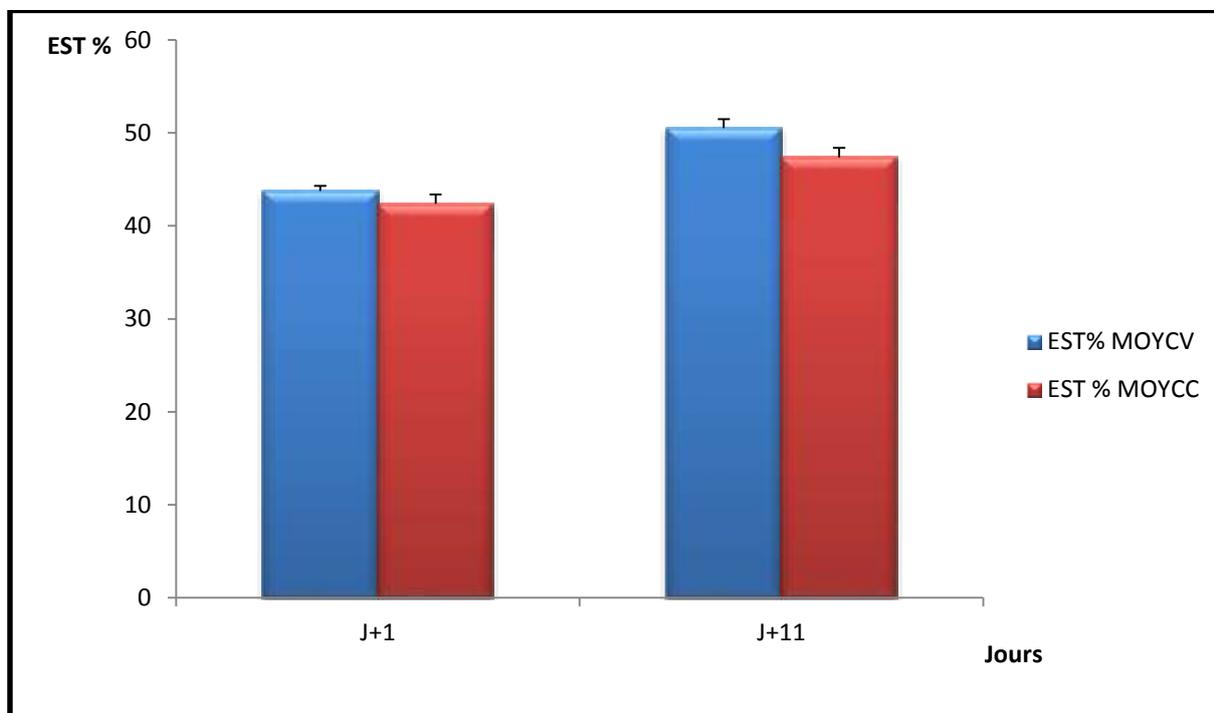
	Stade d'affinage							
	J+1				J+11			
	CV	CV	CC	CC	CV	CV	CC	CC
<b>EST (g/100g)</b>	44,14	43.35	42.56	42.2	51.2	49.83	47.66	47.1
<b>MG (g/100g)</b>	22,5	22	20	20	24.75	24	22.5	22.5
<b>ESD (g/100g)</b>	21.61	21.35	22.56	22.2	26.45	25.83	25.16	24.6
<b>G/S (%)</b>	50.9	50.7	46.9	47.3	48.3	48.1	47.2	47.7
<b>pH</b>	4,98	4.91	5	5.02	5.3	5.25	5.2	5.24
<b>Poids (g)</b>	280.75	277.14	210	205	270.1	264	192	189

CV= Camembert à base de lait de vache

CC= Camembert à base de lait de chèvre

#### 5.4.1 Evaluation de la variation en EST de camembert durant l'affinage

La moyenne des résultats des analyses de l'EST des camemberts fabriqués à partir des deux types de lait sont représentés dans la figure ci-dessous:



**Figure 05 : Résultats des analyses de l'EST des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.**

La figure montre que l'EST évolue dans le même sens pour les deux types de fromage au cours de l'affinage. Nous constatons qu'au dernier jour de l'affinage (11<sup>ème</sup> jour), la teneur en 'EST du fromage issu de lait de vache reste significativement plus élevée (EST= 50.51% ± 0.97) par rapport à celle du fromage issu de lait de chèvre (EST= 47.38% ± 0.40).

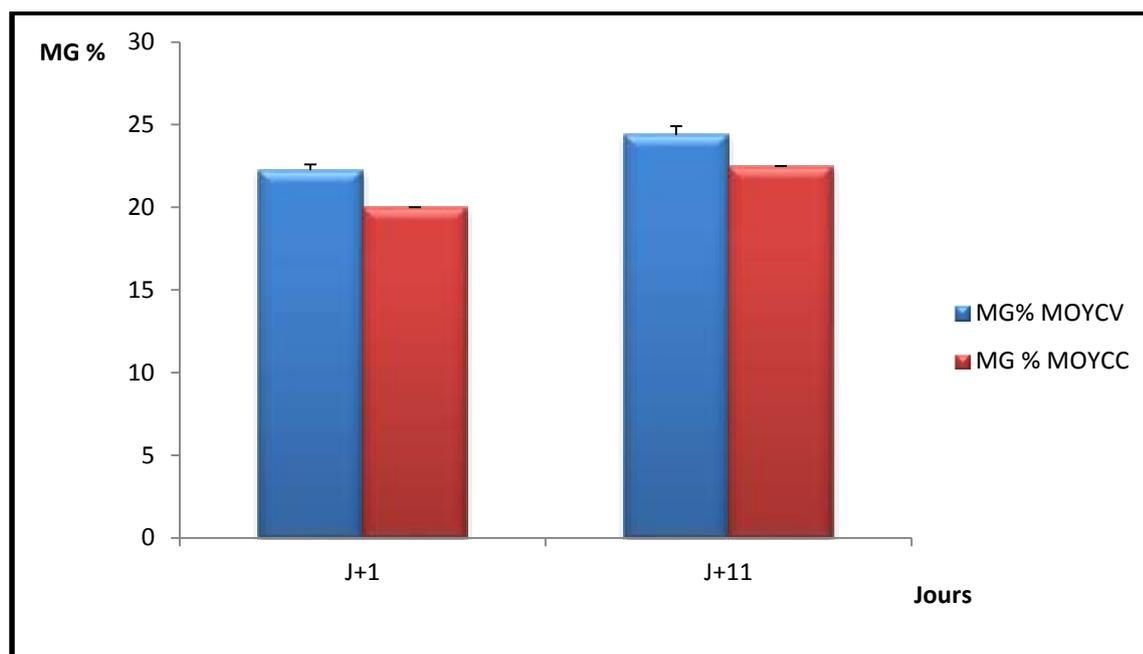
Le test statistique nous a révélé que les deux facteurs (type de lait et temps d'affinage) influencent sur l'évolution de l'EST dont on a eu une p-value= 0.00016 (annexe 06).

Les résultats des extraits secs obtenus à partir des différents laits, sont supérieurs aux normes recommandées par le CODEX ALIMENTARIUS (2010), qui est de 42% comme teneur minimale pour les fromages à pâtes molles ayant G/S compris entre 40% et 50%.

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

#### 5.4.2 Evaluation de la variation en MG de camembert durant l'affinage

La moyenne des résultats des analyses de la MG des camemberts fabriqués à partir des deux types de lait sont représentés dans la figure suivante :



**Figure 06 : Teneurs moyennes en MG des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l’affinage.**

Les résultats expérimentaux enregistrés révèlent une augmentation du taux de matière grasse au cours de l’affinage pour les deux types de camemberts.

Les valeurs passent de 22.25 % ± 0.35g (j+1) à 22.37 % ± 0.53 (j+11) pour le fromage à base de lait de vache et de 20 % ± 0.00 (j+1) à 22.5% ± 0.00 (j+11) pour le fromage à base de lait de chèvre.

L’analyse statistique nous a révélé que les deux facteurs (type de lait et temps d’affinage) influencent sur l’évolution de la MG dont on a eu une p-value= 0.00051 (annexe 06).

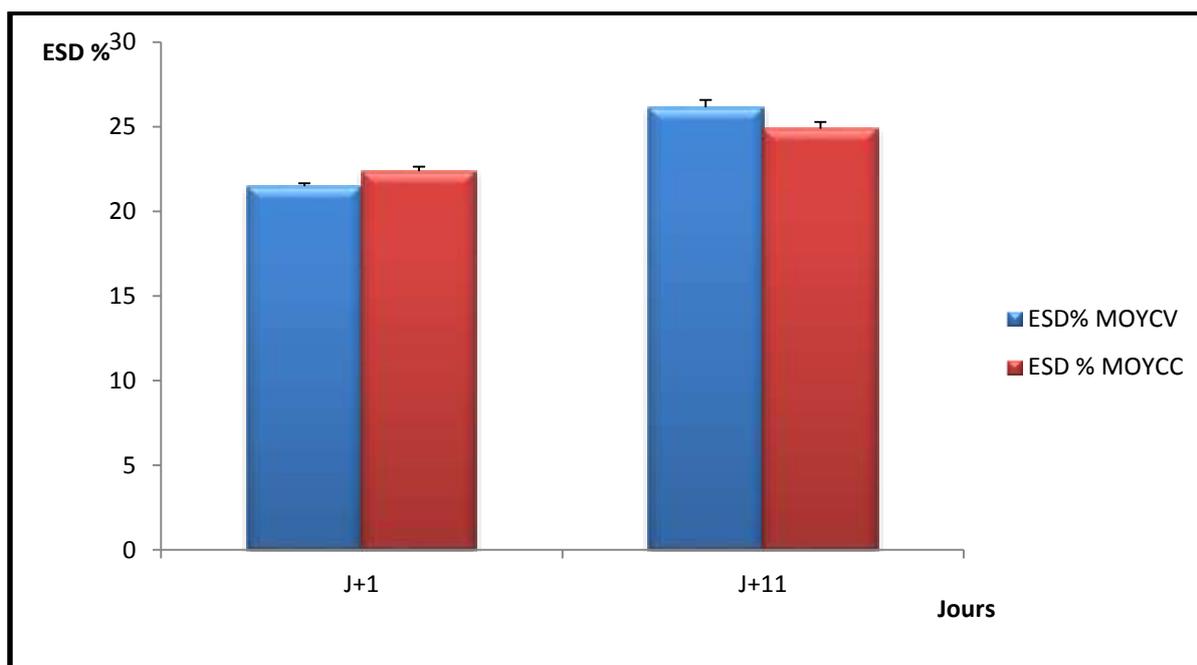
Les teneurs en matières grasses des deux types de fromages au dernier jour d’affinage sont conformes à la norme qui est de 20 g par 100 g de fromage.

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.

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.

#### 5.4.3 Evaluation de la variation en ESD de camembert durant l’affinage

La moyenne des résultats des analyses de l’ESD des camemberts fabriqués à partir des deux types de lait sont illustrées dans la figure suivante :



**Figure 07 : La moyenne de l'ESD des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.**

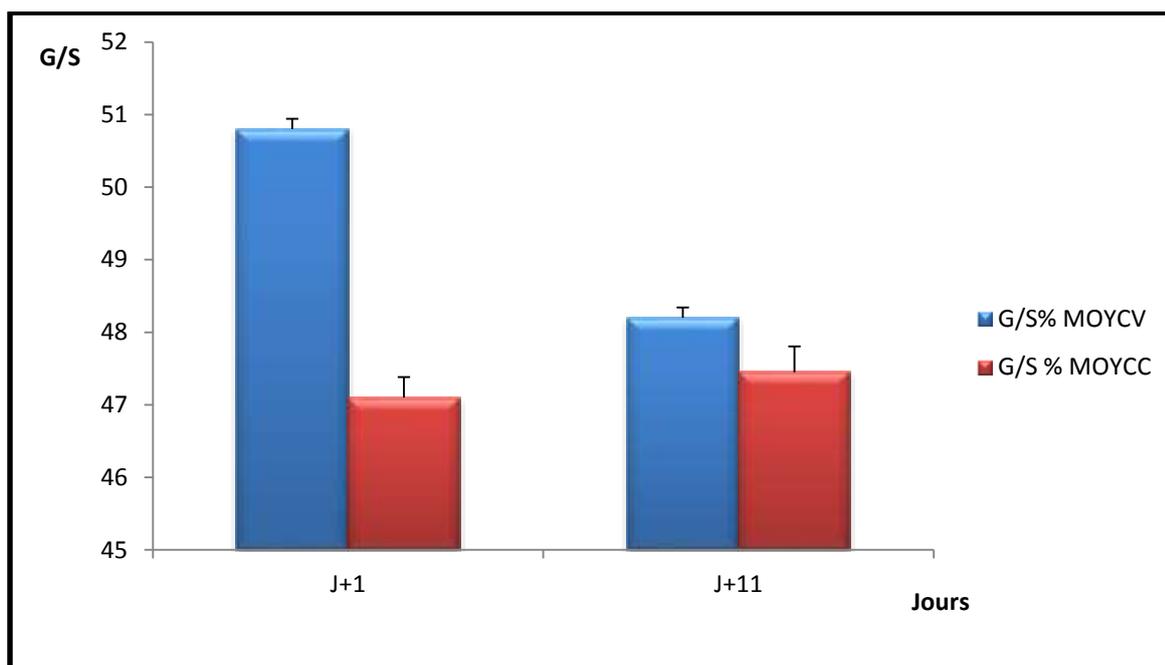
On remarque que L'ESD augmente pendant le temps de maturation du fromage, avec des teneurs plus élevées dans le camembert issu de lait de vache par rapport au camembert issu de lait de chèvre.

Le test statistique nous a révélé que les deux facteurs (type de lait et temps d'affinage) influencent l'évolution de l'ESD dont une p-value de 0.00301 a été enregistré (annexe 06).

Ces valeurs sont en parfaite corrélation avec les résultats obtenus pour l'EST et MG.

#### **5.4.4 Evaluation de la variation de G/S de camembert durant l'affinage**

Les résultats des analyses de rapport G/S des camemberts fabriqués à partir des deux types de lait sont donnés dans la figure suivante :



**Figure 08 : La moyenne des résultats d'analyses de G/S des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.**

Ce rapport correspond au 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.

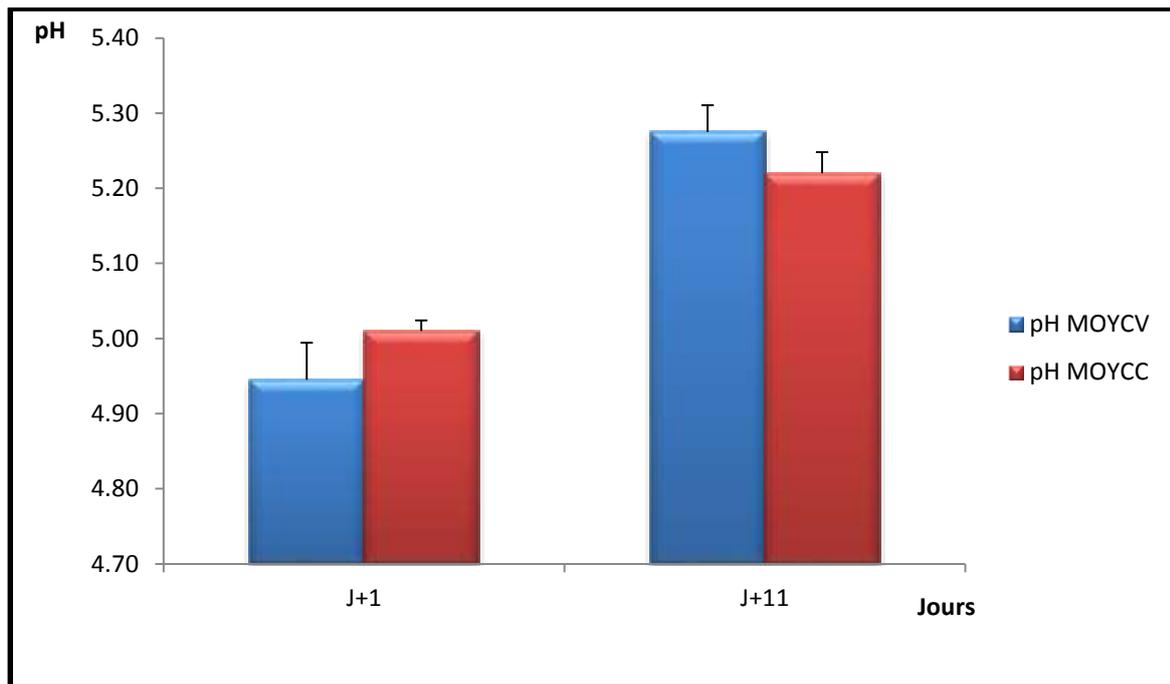
Néanmoins, les valeurs moyennes obtenues au dernier jour d'affinage à savoir  $48.2\% \pm 0.14$  pour le camembert à base de lait de vache et  $47.45\% \pm 0.35$  pour le camembert à base de lait de chèvre, sont en accord avec celle apportées par (LUQUET, 1990) qui sont de 40% à 50%.

L'étude statistique nous a révélé que les deux facteurs (type de lait et temps d'affinage) influencent l'évolution du rapport G/S avec une  $p$ -value= 0.00301 (annexe 06).

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

#### 5.4.5 Evaluation de la variation de pH du camembert durant l'affinage

Les valeurs moyennes de pH enregistrées pour les camemberts fabriqués à partir des deux types de lait sont données ci-dessous:



**Figure 09: pH moyen des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.**

D'après les résultats, le pH augmente lentement avec le temps d'affinage pour les deux types de camemberts.

On remarque que le camembert issu du lait de vache est un peu plus acide que celui de camembert issu du lait de chèvre.

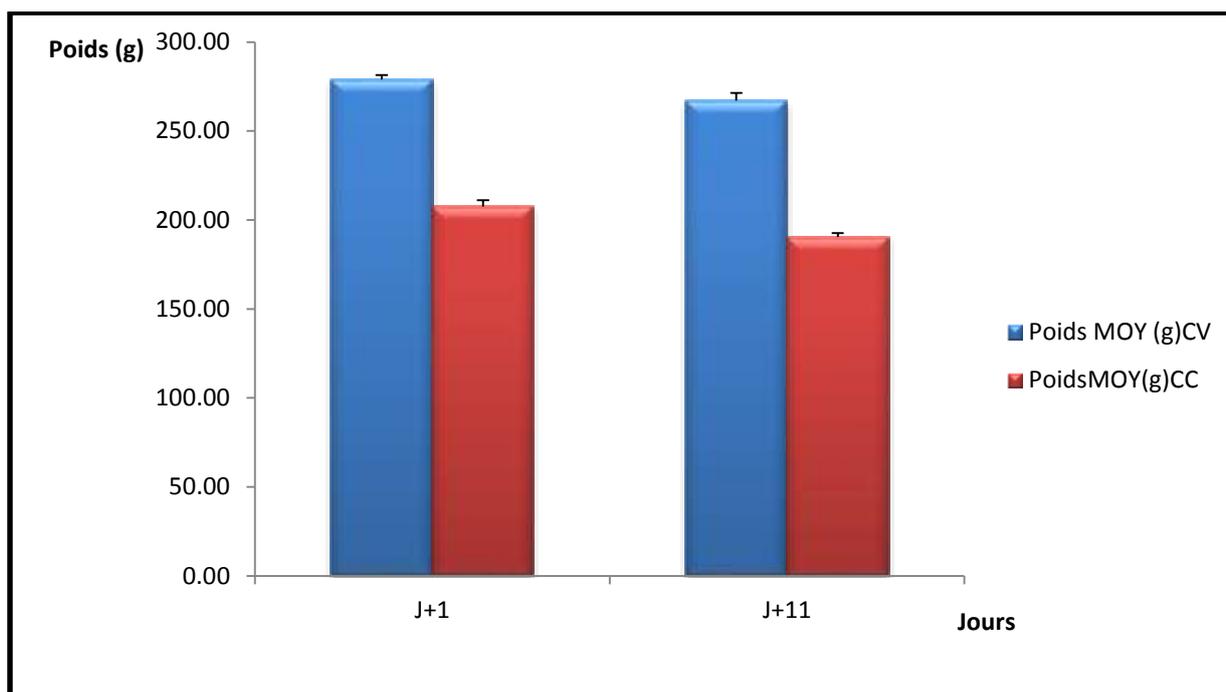
Le test statistique nous a révélé que les deux facteurs (type de lait et temps d'affinage) influencent sur l'évolution de pH avec une  $p$ -value = 0.0037 (annexe 06).

La légère acidification à la fin d'affinage peut être due à l'action des levures et des moisissures qui sont généralement implantées en surface du camembert en dégradant l'acide lactique et en désacidifiant la pâte (MIETTON *et al.*, 1994).

Selon KIKUCHI *et al.*, (1971), 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 actives à un pH proche de la neutralité.

#### 5.4.6 Evaluation de la variation de poids du camembert durant l'affinage

La moyenne des résultats de mesure de poids des camemberts fabriqués à partir des deux types de lait sont représentés dans la figure ci-dessous :



**Figure 10: Résultats moyens de mesure de poids des camemberts fabriqués à base de lait de vache et de chèvre durant l'affinage.**

Les mesures du poids moyen révèlent une diminution du poids de produit fini comparativement au poids du caillé au moulage des mêmes échantillons. Selon HASSOUNA *et al.*, (1996), ce phénomène est dû, 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.

L'analyse statistique a confirmé que les deux facteurs (type de lait et temps d'affinage) influencent l'évolution de poids avec une  $p$ -value de 0.00325 (annexe 06). Les poids moyens des fromages obtenus sont de  $267.05 \text{ g} \pm 4.31$  et  $190.5 \text{ g} \pm 2.12$  respectivement pour le camembert à base de lait de vache et à base de lait de chèvre. Ces derniers ont un poids nettement supérieur aux normes de l'entreprise soit 250 g et 180 g.

## 5.5 Résultats des analyses des paramètres technologiques

### 5.5.1 Résultats de mesure de temps de prise et de coagulation

Les valeurs moyennes de mesure de temps de prise et de temps de coagulation sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau V: Résultats moyens de mesure de temps de prise et de temps de coagulation des laits destinés à la fabrication du camembert.**

<b>Paramètres</b>	<b>Lait de vache (cv)</b>	<b>Lait de chèvre (cc)</b>
<b>Temps de prise (min)</b>	10	9
<b>Temps de coagulation (min)</b>	30	27

L'analyse de tableau nous a permis de remarquer que le temps de prise et de coagulation sont plus courts chez le lait de chèvre que chez le lait de vache pour la même concentration en solution de présure ajoutée (0.03 g/l) et pour la même température (26°C).

D'après DILLON (1987), le temps de prise diminue d'autant plus que le taux de MG diminue dans le lait, ce qui explique un temps de prise court dans le lait de chèvre (9 min).

Selon LENIOR *et al.*, (2006), le temps de coagulation est influencé par certaines caractéristiques originales du lait et par le traitement préalable de refroidissement et de chauffage, ainsi que par la concentration de la présure utilisée.

### 5.5.2 Résultats du calcul du rendement fromager

Les résultats moyens de rendement fromager et le rendement élémentaire sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau VII: Résultats moyen du rendement fromager des deux types de lait**

<b>Paramètres</b>	<b>Lait de vache</b>	<b>Lait de chèvre</b>
<b>Masse du lait mis en œuvre (kg)</b>	185.21 ± 0.014	184.86 ± 0.0
<b>Masse du fromage produit (kg)</b>	21.36 ± 0.33	18.57 ± 0.33
<b>Rendement fromager global (%)</b>	11.5 ± 0.17	10.04 ± 0.18
<b>Rendement élémentaire en EST (%)</b>	10.22 ± 0.28	10.96 ± 0.10
<b>Rendement élémentaire en MG (%)</b>	11.52 ± 0.24	11.13 ± 0.26

A travers ces résultats, nous remarquons que le rendement fromager du lait de vache ( $11.52\% \pm 0.17$ ), est supérieur à celui de lait de chèvre ( $10.04\% \pm 0.18$ ).

L'analyse statistique nous a confirmé cette différence significative avec une  $p$ -value= 0.01 (annexe 06).

Concernant le rendement élémentaire qui reflète le pourcentage des pertes, les résultats ont démontré que les pertes en matière sèche sont plus élevées dans la fabrication du camembert à base du lait de chèvre, contrairement à la fabrication du camembert à base du lait de vache qui a des pertes plus élevées en MG.

Le test statistique n'a pas révélé une différence en rendement élémentaire en EST et MG avec des  $p$ -value= 0.077089 et 0.265718 respectivement (annexe 06).

Les laits de chèvre ont un plus faible rendement fromager en comparaison aux laits de vaches à cause d'une plus faible teneur en protéines, à des proportions de caséine différentes et à la taille des micelles qui sont plus grosses et se lient plus difficilement (Delphine, 2005).

La fermeté du caillé et les rendements fromagers sont corrélés positivement : plus un caillé est ferme, meilleur est le rendement fromager. En effet, la fermeté est fonction de la densité du réseau caséinique et donc de la structure du caillé. Un caillé bien structuré perdra moins de matière utile (protéines, matières grasses) lors du décaillage et de l'égouttage (HURTAUD *et al.*, 1995).

La fabrication du fromage à pâte molle type « camembert » nécessite beaucoup de rigueur et de savoir-faire, sachant que les caractéristiques de ce type de fromage sont extrêmement dépendantes de la qualité intrinsèque du lait et des moindres manœuvres qui interviennent durant la transformation.

La présente étude menée au niveau de l'unité « STLD » nous a permis de suivre de près le processus de fabrication industrielle du camembert, depuis la réception de la matière première jusqu'au conditionnement du produit fini et d'apprécier la démarche de l'entreprise pour l'évaluation de la qualité physico-chimique du produit.

Les principales caractéristiques physico-chimiques du lait de vache et de lait de chèvre ont été mises en évidence, afin de mieux comprendre leur comportement technologique au cours de la fabrication du camembert ainsi que leur influence sur l'aptitude fromagère.

La comparaison des paramètres physico-chimiques entre le camembert préparé avec de lait de vache et celui préparé à partir de lait de chèvre, a révélé une différence significative. Il en ressort ainsi que le type de lait influence sur la qualité physico-chimique du fromage.

Le calcul du rendement fromager global et du rendement élémentaire nous a permis d'évaluer l'aptitude fromagère du lait de vache et du lait de chèvre et d'évaluer les pertes en matière sèche.

Au terme de notre travail et pour une meilleure maîtrise de la qualité du produit fini, nous recommandons de :

- Améliorer la qualité de la matière première par une standardisation du taux de la matière grasse et des protéines ;
- Renforcer les contrôles des étapes de fabrication pour minimiser les pertes et améliorer le rendement ;
- Utiliser des procédés n'ayant pas d'effets néfastes sur les composants du lait en veillant sur la stabilité des barèmes de pasteurisations ;
- Réduire à un niveau aussi possible les contaminations du lait de fromagerie après pasteurisation notamment au niveau des tanks de stockages.
- Mettre en place une démarche d'assurance qualité fondée sur le principe HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*).
- Equiper le laboratoire de l'unité d'un matériel plus performant et envisager d'autres analyses comme le dosage des protéines.

## *Références bibliographiques*

---

1. **ABOUTAYEB R. (2011).** Technologie du lait et dérivés laitiers.
2. **AGRANIER M. et POLLET. (2003).** Le camembert. USTL.
3. **AIT AMER M.L. (2008).** Aptitude des laits de chèvres et berbis à la coagulation par des protéases d'origine avicole. Thèse de Magister en science Agronomiques, université de Bejaia, pp.10-14.
4. **Alias C. (1975).** Science du lait principe des techniques litières.3éme édition. Paris, pp : 1-60.
5. **AMIOT J., FOURNER S. LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R. et TURGEON H. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In Science et technologie du lait: Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, p1-73 (600 pages).
6. **AMRAM Y., DELESPAUL G., VANDEWEGHE J. (1982).** Le refroidissement du lait et son comportement en fromagerie. Rev Lait Fr, 404 : 53-57.
7. **AURILLAC. (2008).** Unité de Recherches Fromagères INRA, 20 côte de Reyne, 15000.
8. **BANKS J.M., MUIR D.D., TAMINE. (1984).** Dairy Ind. Int. 49. 4-1.
9. **BENHEDANE N. (2012).** Qualité microbiologique du lait cru destiné 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.
10. **BERTRAND F. (1988).** Le fromage grand œuvre des microbes. Revue générale de froid,78,519-527.
11. **BITTANTE G., CASSANDRO M., CECCCHINATO A., DAL ZOTTO R., DE MARCHI M., FEGAN C.C., O'DONNELL C.P., PENASA M. (2009).** Prediction of coagulation properties, titratable acidity, and pH of bovine milk using mid-infrared spectroscopy. J. Dairy Sci., 92(1), 423-432.
12. **BOCQUIER F., CAJA G. (2001).** Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation. INRA prod. Anim, 14, (2), 129-140.
13. **BRADLEY B. (2006).** Maitrise de l'affinage des fromages de type Camembert. Lait, 64 ,448-468.
14. **BRULE G., LENOIR J. (1987).** La coagulation du lait. In:Eck A.,Le fromage. Lavoisier, Paris, 1-21.
15. **CANERI G. (2005).** Les agents de transformation de lait .Edition : Techniques et documentation, Lavoisier, Paris.175-195.

## Références bibliographiques

---

16. **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.
17. **CHOISY C., DESMAZEAUD M., GRIPON J.C., LAMBERET G. (1997).** La biochimie de l'affinage .In Eck et al .86-161.
18. **CHOLET O. (2006).** Étude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France.
19. **CODEX ALIMENTARIUS. (2010).** Norme Codex pour le Camembert (codex Stan 2831978).
20. **COGITORE A. (1987).** Traité pratique de la réglementation laitière. 3<sup>ième</sup> éd., 240-252, les sapins d'or, Paris.
21. **CROGUENNEC T., JEANTET R., GERARD B. (2008).** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Paris : Lavoisier.
22. **CROGUENNEC T., JEANTET R. et BRULE G. (2008).** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
23. **DELPHINE C. (2005).** Centre fromager de bourgogne aout 2005 (une synthèse sur le rendement fromager). *Dairy Food*. 78 : 145- 155.
24. **DILLON J.C. et BERTHIER A.M. (2006).** Le fromage dans l'alimentation in « Le fromage » .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p713-715 (891p).
25. **DRESS A. (2017).** Besoins de l'Algérie en lait: La production nationale stagne. L'écho d'Algérie.
26. **ECK A. (1990).** Le Fromage 3eme Edition, Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris.
27. **Eck A. (1997).** Le fromage .Paris, Lavoisier. Tech et Doc, 539p.
28. **ECK., GILLIS J.C., HERMIER J ., LENOIR ., WEBER F. (1997).** Le fromage, 3<sup>ème</sup> éditions. Editions Lavoisier TEC et DOC, 891 pages.
29. **FAO. (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
30. **FAO. (1998).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition, n° 28, ISBN 92-5-20534-6.
31. **FIL-AFNOR (1986).** Association française de normalisation.
32. **FTLQ. (2002).** Science et Technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc. Ed, Presses Internationales Polytechnique, Québec, canada, pp. 28-44.

33. **GAUCHER I. (2007).** Caractéristiques de la micelle de caséines et stabilité des laits : de la collecte des laits crus au stockage des laits UHT. thèse INRA /Agrocampus Sci. Tech. Lait et œuf .agrocampus Rennes.
34. **GUEGEN L. (1979).** *Cach. Nutr. Diét.*, 14, 213-217.
35. **GUEGUEN L. (2006).** La valeur minérale des fromages. *In « Le fromage »* .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p725.
36. **GUEGUEN L. (1995).** Apports minéraux par le lait et les produits laitiers. *Cah. Nutr. Diet.*, 3, 213-217.
37. **GUIRAUD J.P. (2003).** Méthode d'analyse en microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris.
38. **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.
39. **HERMIER J., LENOIR J. et WEBER F. (1992).** Les Groupes d'Intérêt Laitier. Ed: CEPIL.
40. **HURTAUD C., RULQUIN H., DELAITE M. et VERITE R. (1995).** Appréciation de l'aptitude fromagère des laits de vaches individuels. Tests d'aptitude fromagère et rendement fromager de fabrication. *Ann Zeowxtech* 44,385-398.
41. **JEAN C. et DIJON C. (1993).** Au fil du lait.
42. **JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G. (2008).** Les produits laitiers, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (185 p).
43. **JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G. (2007).** Science des aliments : technologie des produits alimentaires .Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p17 (456p).
44. **JOOYANDEH H. et ABROUMAND A. (2010).** Physico-chemical, nutritional, heat treatment effects and Dairy product aspects of goat and sheep milks. *World Applied Science Journal*. 11 (11), 1316-1322.
45. **JORF. (1960).** Décret n° 60-172 du 19 février 1960.
46. **JORF. (2007).** Journal Officiel de la République Française, 2007. Décret n° 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères.
47. **KÈKÈ M.B., YÈHOUÉNOU C. (2009).** De Souza, D.C.K. Sohounhloué, Evaluation of hygienic and nutritional quality of Peulh cheese treated by *Sorghum vulgare* (L) and *Pimenta racemosa* (Miller) extracts. *Scientific Study Res.* 10 (1), 29-46.

48. **KIKUCHI T., TAKAFUGIS. (1971).** Studies on the microorganisms of Camembert cheese. II. Experiments on protease of Camembert cheese mould. *Jap. J. Zootech. Sci.*, 42 (5), 205-209.
49. **KOUNIBA A. (2007).**Caractérisation physico-chimique du lait de chèvre comparée a celles du lait du vache et de dromadaire de son aptitude fromagère. *Bulletin de l'institut Agronomique et vétérinaire HASSAN II.*
50. **LAIS C., BLANC B., Milk. (1975).** Proteins: biochemical and biological aspects. *World Rev Nutr Diet* 20:67-147.
51. **LAITHIER C., RAYNAUD S., BONNES A., DOUSTRAT E., LOPEZ C., DUMONTHIER P., BARRAL J., REYNAUD C., LEFRILLEUX Y., GAUZERE Y., ROSSIGNOL L., ALLUT G., PETRIER M., LEROUX V., DEMARIGNYY., TORMO H., LEFIER D., BEUVIER E., CALLON C., MONTEL M.C., LESTY M., ANGLADE P., DURAND G., RAY J.C., CHABANON A., BLANCHARD F., LESTY M., LE REVALLEC P. (2011).** Maitrise de l'acidification en technologie lactique fermière. Guide d'appui technique, fiches techniques et kit de formation producteur. Clé USB Institut de l'Elevage.
52. **LAMBERT L. (1999).** Le lait de chèvre un choix santé. Les éditions de l'homme. Bibliothèque nationale du Québec.105 pages.
53. **LENOIR J., LAMBERT G. et SCHMIODT J.L. (1983).** L'élaboration d'un fromage : l'exemple du Camembert. *Pour la science*, 30, 69.
54. **LENOIR J., REMEUF F., SCHNEID N. (1994).** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In: *ECK, Le fromage.* Lavoisier, Paris.
55. **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.
56. **LINDEN, G. (1987).** Les enzymes. In: *CEPIL. Le lait matière première de l'industrie laitière.* CEPIL-INRA, Paris, 121-127.
57. **LUQUET M.F. (1990).**Lait et produit laitier. Vache, brebis, chèvre. Tome I. *Technique et Documentation*, Lavoisier, Paris.
58. **MAHAUT M., JEANTET R. et BRULE G. (2000).** Initiation à la technologie fromagère. *Tec et Doc*, Lavoisier, Paris, (194p).
59. **MAHON M.C., MANUS W.R. (1998).** Rethinking casein micelle structure using Electron microscopy. *J. dairy Sci.*, 81: 2985-2993.

## *Références bibliographiques*

---

60. **MAJDI A. (2009)**. Séminaire sur les fromages AOP et IGP .INT-Ingénieur agronomie ,88pages.
61. **MARTIN B., 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.
62. **MATHIEU J. (1998)**. Initiation à la physicochimie du lait. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 220p.
63. **MICHEL L. (2008)**. La technique fromagère. Ed: Top Offset. Montréal, 102p.
64. **Michel M., Romain J., Gérard B. (2000)**. Initiation à la technologie fromagère. Éditions TEC & DOC, volume20, p194.
65. **MIETTON B. (1995)**. Incidence de la composition des fromages au démoulage et des paramètres d’environnement sur l’activité des agents de l’affinage. Revue des ENIL, 189, 19-27p.
66. **N.Y. (1999)**. Cheese Microbiology of cheese-making and maturation. Dans: Robinson, R.K. (Ed-en chef), Encyclopedia of Food Microbiology. Elsevier, Oxford, UK.381-387p.
67. **NEELAKANTEN J., SHAHANI K.M., ARNOLD R.G. (1971)**. Lipases and flavor development in some Italian cheese varieties. Food Production Development, 5, 52-58p.
68. **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.
69. **OULD BABA A. (2000)**. « Intérêt nutritionnel et diététique du lait de chèvre », Acte du 6<sup>e</sup> Colloque sur la chèvre. Regroupement CPAQ-CPVQ-GÉAGRI, pp 137-151.
70. **PELLERIN P. (2001)**. Mise au point Intérêt nutritionnel de lait de chèvre Connaissances actuelles et perspectives. Ann Pharm Fr-59, Masson, pp 51-62.
71. **PISSAVY A., DEZENDRE N. (2006)**.Quelques pistes de réflexion pour améliorer le taux protéique.
72. **POINTURIER H. (2003)**. La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p 64.
73. **POUGHEON S., GOURSAUD J. (2001)**. Le lait : caractéristiques physicochimiques. **in** « Lait, nutrition et santé ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p6.
74. **PROFESSION FROMAGE. (2014)**. Mieux gérer l’affinage des pates lactiques, des pâte molle et des pâtes pressées non cuites.

## *Références bibliographiques*

---

- 75. RAMET J.P. (2006).** Technologie comparée des différents types de caillés. In : « fromage ». 3<sup>eme</sup> ed .Tec et doc Lavoisier. Paris. France. pp 245.
- 76. RAMET. (1985).** Le fromage, volume2, 3 éditions, p54.
- 77. REMEUF F. (1991).** Relations entre les caractères physico-chimiques des laits et leur aptitude fromagère. Lait, 71(4), 397-421.
- 78. REMEUF., F. (1994).** Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Rec. Méd. Vét., 1994, 170(6/7): 359-365.
- 79. ST-GELAIS D., OULD BABA A., TURCOT S. (2000).** Composition du lait de chèvre et aptitude à la transformation. Centre de recherche et de développement sur les aliments : Agriculture et Agroalimentaire .Canada, pp 1-12.
- 80. 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.
- 81. SYLVAIN N. (2004).** Positionnement des produits laitiers caprins auprès des professionnels de la santé.
- 82. THAPON JL. (2005).** Technologie de la fabrication du lait Agro campus – Rennes, France.Pp.51.
- 83. VIERLING E. (2003).**Aliments et boisson : Filières et produit. 2<sup>eme</sup> edition. Dion éditeurs. Centre régionale de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- 84. VIGNOLA C.L. (2002).** Science et technologie du lait : Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, Canada, 600 p.
- 85. VIGNOLA C.L. (2010).** Science et technologie de lait : transformation du lait.
- 86. ZELLER B. (2005).**Le fromage du chèvre : Spécificités technologiques et économiques Thèse de Doctorat de l'Université Paul-Sabatier, Toulouse, France.

### Les anonymes

[1] : Les propriétés du lait de chèvre. CBM, the goat milk specialists from Hollande, 6 pages.

[2] : [www.Armorprotéines /Minéraux du lait. com](http://www.Armorprotéines/Minérauxdulait.com).

[3] : Les propriétés du lait de chèvre. CBM, the goat milk specialists from Hollande, 6 pages.

## **Annexe 01 : Détermination de la densité**

### **\*Mode opératoire**

- Remplir la fiole de 1000 ml de lait ;
- Plonger le thermo-lactodensimètre dans la fiole ;
- La lecture de la valeur de la densité se fait directement sur la graduation du thermo-lactodensimètre.

## **Annexe 02 : Détermination de l'acidité du titrable**

### **\*Mode opératoire**

- 10ml de l'échantillon sont préparés dans un bêcher de 100 ml ;
- Ajouter à la solution 0,3 ml de la solution de phénolphtaléine à 1% ;
- Titrer avec la soude (NaOH) à 0,1 N jusqu'au virage au rose de la solution qui doit persister pendant une dizaine de secondes ;
- L'acidité est exprimée en degré Dornic (°D) et donnée par lecture directe du volume (ml) de soude versée.

## **Annexe 03 : Détermination du pH**

### **\*Mode opératoire**

- 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 04 : Détermination de l'extrait sec total**

### **\* Mode opératoire**

#### **➤ Cas du lait**

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

#### **➤ Cas de fromage**

5g 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 après évaporation totale de l'eau, l'appareil affiche la valeur de l'extrait sec total.

## **Annexe 05 : Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acidobutyrométrique**

### **➤ Cas du lait**

#### **\*Mode opératoire**

- 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 ;
- La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre.

### **➤ Cas de fromage**

#### **\*Mode opératoire**

- 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-marie 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 ;
- La teneur en matière grasse est donnée par la lecture directe sur le butyromètre.

## Annexe 06 : résultats des analyses statistiques

## Résultat des analyses physicochimiques du lait

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lait	EST	MG	ESD	TP	H	Acidité	Densité	pH
cv	108,3	32,3	76	28,9	89,17	15	1,03	6,66
cv	108,1	32	76,1	28,6	89,19	16	1,029	6,64
cc	106,82	29	77,82	27,5	89,31	18	1,027	6,58
cc	107,3	30	77,3	27,7	89,27	18	1,027	6,57

## Résultat d'EST du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
EST	108,2000	107,0600	4,384615	2	0,048280	2	2	0,141421	0,339411	5,760000	0,502664

## Résultat de MG du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
MG	32,15000	29,50000	5,076479	2	0,036682	2	2	0,212132	0,707107	11,11111	0,371094

## Résultat d'ESD du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
ESD	76,05000	77,56000	-5,70319	2	0,029395	2	2	0,070711	0,367696	27,04000	0,241901

## Résultat de TP du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
TP	28,75000	27,60000	6,379052	2	0,023704	2	2	0,212132	0,141421	2,250000	0,748668

## Résultat d' H du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
H	89,18000	89,29000	-4,91935	2	0,038926	2	2	0,014142	0,028284	4,000000	0,590334

### Résultat de pH du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
pH	6,650000	6,575000	6,708204	2	0,021508	2	2	0,014142	0,007071	4,000000	0,590334

### Résultat de densité du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
Densité	1,029500	1,027000	5,000000	2	0,037750	2	2	0,000707	0,00	0,00	1,000000

### Résultat d'acidité du lait

Tests t ; Classmt : Lait (RESULTATS.sta)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
Acidité	15,50000	18,00000	-5,00000	2	0,037750	2	2	0,707107	0,00	0,00	1,000000

### Résultat du lactosérum

1	2	3	4	5	6
CTOSERL	EST	MG	ESD	DENSITE	ACIDITE
CV	65,6	6,9	58,7	1,021	12
CV	64,3	7,1	56,6	1,022	12
CC	61,6	5,6	56	1,019	12
CC	61,2	5,9	55,3	1,019	11,75

### Résultat d'EST du lactosérum

Tests t ; Classmt : LACTOSERUM (RESULTATS LACTOSERUM.sta)											
Groupe1: CV											
Groupe2: CC											
Variable	Moyenne CV	Moyenne CC	Valeur t	dl	p	N Actifs CV	N Actifs CC	Ecart-Type CV	Ecart-Type CC	Ratio F Variances	p Variances
EST	64,95000	61,40000	5,220024	2	0,034795	2	2	0,919239	0,282843	10,56250	0,380061

### Résultat de MG du lactosérum

Tests t ; Classmt : LACTOSERUM (RESULTATS LACTOSERUM.sta)											
Groupe1: CV											
Groupe2: CC											
Variable	Moyenne CV	Moyenne CC	Valeur t	dl	p	N Actifs CV	N Actifs CC	Ecart-Type CV	Ecart-Type CC	Ratio F Variances	p Variances
MG	7,000000	5,750000	6,933752	2	0,020173	2	2	0,141421	0,212132	2,250000	0,748668

## Résultat d'ESD du lactosérum

Tests t ; Classmt : LACTOSERUM (RESULTATS LACTOSERUM.sta)											
Groupe1: CV											
Groupe2: CC											
Variable	Moyenne CV	Moyenne CC	Valeur t	dl	p	N Actifs CV	N Actifs CC	Ecart-Type CV	Ecart-Type CC	Ratio F Variances	p Variances
ESD	57,65000	55,65000	1,807016	2	0,212501	2	2	1,484924	0,494975	9,000000	0,409666

## Résultat de Densité de lactosérum

Tests t ; Classmt : LACTOSERUM (RESULTATS LACTOSERUM.sta)											
Groupe1: CV											
Groupe2: CC											
Variable	Moyenne CV	Moyenne CC	Valeur t	dl	p	N Actifs CV	N Actifs CC	Ecart-Type CV	Ecart-Type CC	Ratio F Variances	p Variances
DENSITE	1,021500	1,019000	5,000000	2	0,037750	2	2	0,000707	0,00	0,00	1,000000

## Résultat d'acidité du lactosérum

Tests t ; Classmt : LACTOSERUM (RESULTATS LACTOSERUM.sta)											
Groupe1: CV											
Groupe2: CC											
Variable	Moyenne CV	Moyenne CC	Valeur t	dl	p	N Actifs CV	N Actifs CC	Ecart-Type CV	Ecart-Type CC	Ratio F Variances	p Variances
ACIDITE	12,00000	11,87500	1,000000	2	0,422650	2	2	0,00	0,176777	0,00	1,000000

## Résultat de caillé

	1 caillés	2 EST	3 MG	4 ESD	5 POID
cv		39,25	20	19,25	290
cv		38,75	19,6	19,15	287,8
cc		37,7	18	19,7	210
cc		37,2	18,4	18,8	207

## Résultat d'EST de caillé

Tests t ; Classmt : caillés (Feuille de données6)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
EST	39,00000	37,45000	4,384062	2	0,048291	2	2	0,353553	0,353553	1,000000	1,000000

## Résultat de MG de caillé

Tests t ; Classmt : caillés (Feuille de données6)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
MG	19,80000	18,20000	5,656854	2	0,029857	2	2	0,282843	0,282843	1,000000	1,000000

## Résultat d'ESD de caillé

Tests t ; Classmt : caillés (Feuille de données6)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
ESD	19,20000	19,25000	-0,110432	2	0,922150	2	2	0,070711	0,636396	81,00000	0,140893

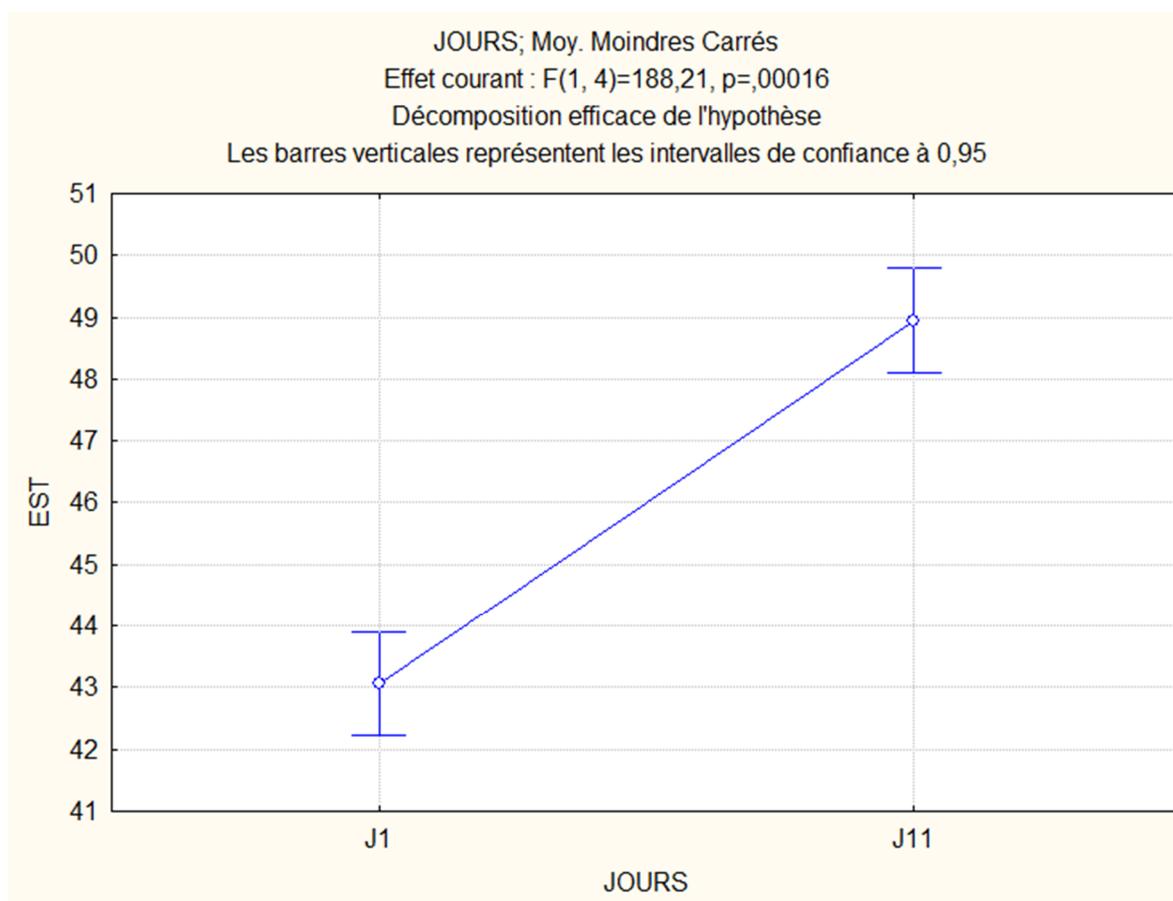
## Résultat du poids de caillé

Tests t ; Classmt : caillés (Feuille de données6)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
POID	288,9000	208,5000	43,22331	2	0,000535	2	2	1,555635	2,121320	1,859504	0,805641

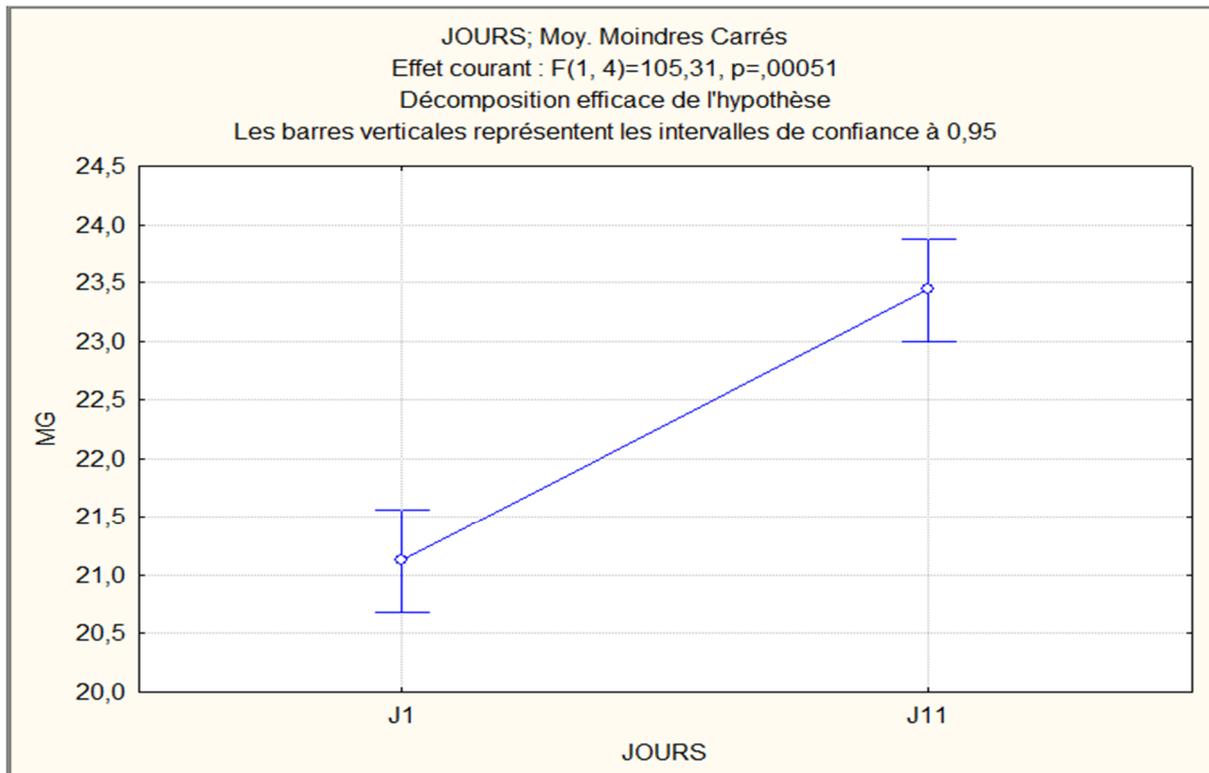
## Résultat d'affinage

1 JOURS	Type de lait	3 EST	4 MG	5 ESD	6 G/S	7 pH	8 POIDS
J1	CV	44,14	22,5	21,61	50,9	4,98	280,75
J1	CV	43,35	22	21,35	50,7	4,91	277,14
J1	CC	42,56	20	22,56	46,9	5	210
J1	CC	42,2	20	22,2	47,3	5,02	205
J11	CV	51,2	24,75	26,45	48,3	5,3	270,1
J11	CV	49,83	24	25,83	48,1	5,25	264
J11	CC	47,66	22,5	25,16	47,2	5,2	192
J11	CC	47,1	22,5	24,6	47,7	5,24	189

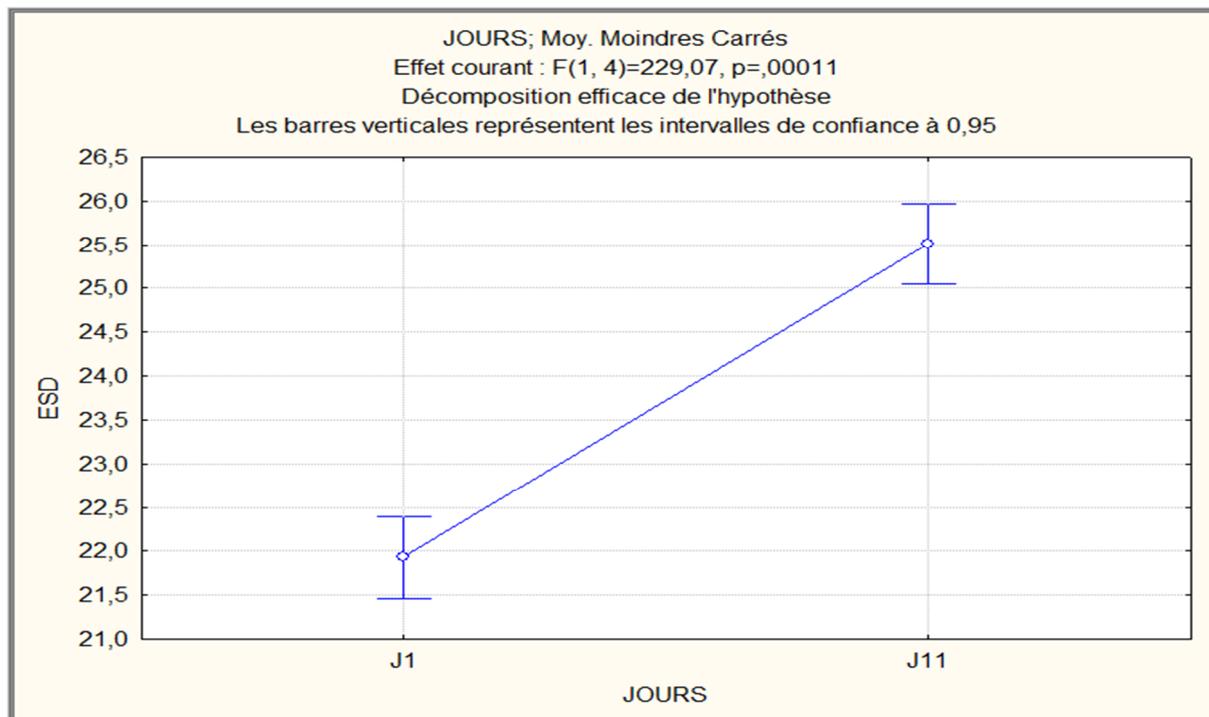
## Résultat d'EST d'affinage



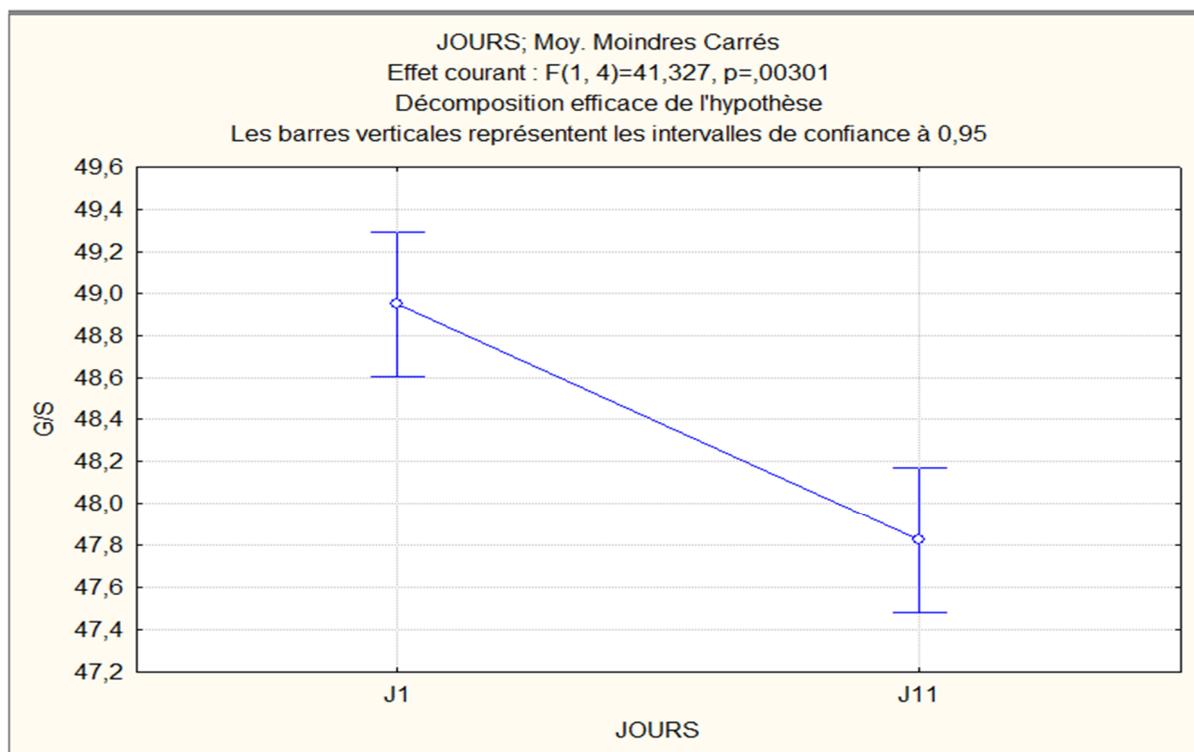
## Résultat de MG durant l'affinage



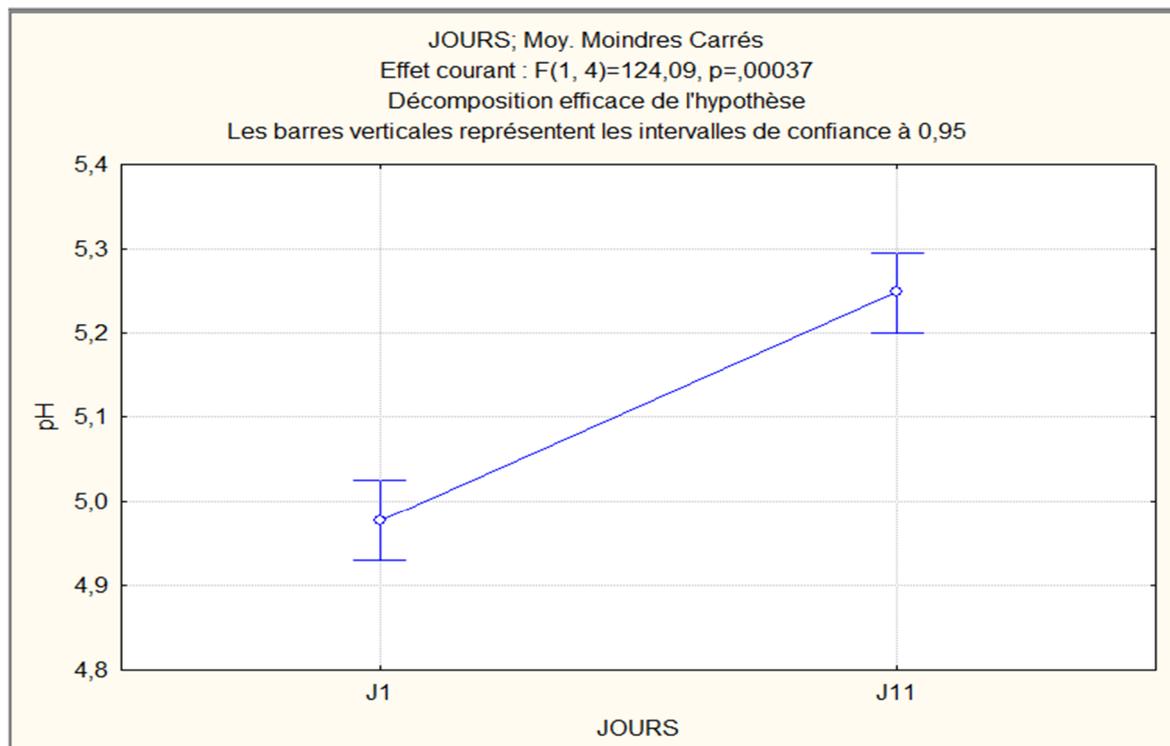
## Résultat de l'ESD durant l'affinage



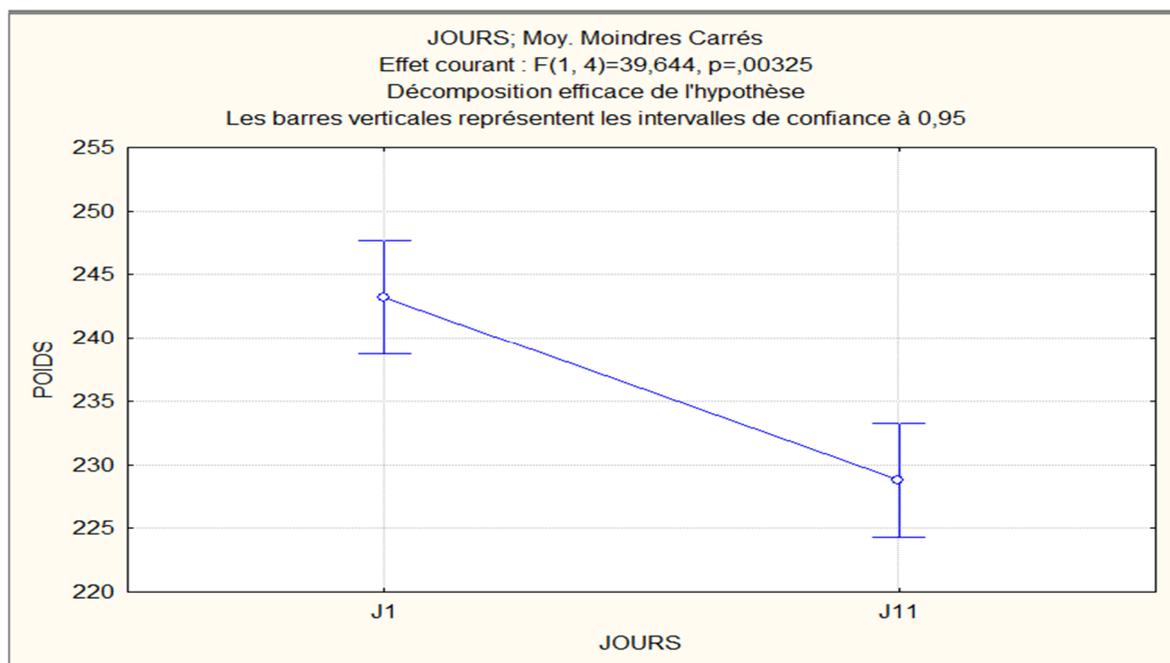
## Résultat de G/S durant l'affinage



## Résultat de pH durant l'affinage



## Résultat du poids durant d'affinage



## Résultat de rendement fromager

Tests t ; Classmt : Lait (Feuille de données7)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
rendement fromager	11,52500	10,04000	8,234132	2	0,014431	2	2	0,176777	0,183848	1,081600	0,975038

## Résultat de rendement élémentaire en EST

Tests t ; Classmt : Lait (Feuille de données7)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
rendement elementaire EST	10,22500	10,96500	-3,39000	2	0,077089	2	2	0,289914	0,106066	7,471111	0,446561

## Résultat de rendement élémentaire en MG

Tests t ; Classmt : Lait (Feuille de données7)											
Groupe1: cv											
Groupe2: cc											
Variable	Moyenne cv	Moyenne cc	Valeur t	dl	p	N Actifs cv	N Actifs cc	Ecart-Type cv	Ecart-Type cc	Ratio F Variances	p Variances
rendement elementaire MG	11,52000	11,13000	1,529706	2	0,265718	2	2	0,240416	0,268701	1,249135	0,929337

**Annexe 07 : lacto-scan**



## **Résumé**

La présente étude menée à l'unité « STLD » nous a permis de suivre de près le processus de fabrication industrielle du fromage à pâte molle type « camembert ».

Nous avons mis en évidence les principales caractéristiques physico-chimiques du lait de vache et de lait de chèvre, afin de mieux comprendre leurs comportements technologiques au cours de la fabrication du camembert, ainsi que leurs influences sur l'aptitude fromagère.

L'évaluation des paramètres physico-chimiques du camembert préparé à partir de lait de vache et celui préparé à base de lait de chèvre a révélé une différence significative. Il ressort ainsi que le type de lait influence sur l'aptitude fromagère et par conséquent, la qualité physico-chimique du produit fini.

**Mots clés :** affinage, analyses physico-chimiques, aptitude fromagère, coagulation, lait de chèvre, lait de vache, camembert, qualité, rendement.

## **Abstract**

This study led to the unit « STLD » allowed us to follow closely the process of industrial production of cheese soft type « camembert ».

We have highlighted the main physico-chemical characteristics of milk of cow and goat milk, in order to better understand their technological behaviour during making of camembert, as well as their influences on the ability and cheese.

The evaluation of the physicochemical parameters of Camembert cheese made from cow's milk and that made with goat's milk has revealed a significant difference. It is clear as well as the type of milk influence on the cheese-making ability and as a result, the physical - chemical quality of the finished product.

**Keywords:** refining, physicochemical analysis, cheese-making ability, coagulation, goat's milk, cow's milk, camembert, quality, performance.