

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique
UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI OUZOU



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

Filière : *Sciences Agronomiques*

Option : *Production animale*

Thème

Etude qualitative et comparative des analyses physico-chimiques du lait de vache et de chèvre et de leurs camemberts.

Réalisé par :

M^{me} BADACHE Kahina

M^{elle} MERIANE Fatma

Devant le jury :

Présidente : Mme BENATMANE F.

Maître de conférence B.....UMMTO

Promotrice : Mme ABBAD-BENNOUR M.

Maître assistanteUMMTO

Examinatrice : Mme BOUDI M.

Maître assistante.....UMMTO

Promotion : 2021 / 2022



Remerciements

Nous remercions Allah, le tout puissant, de nous avoir donné l'énergie nécessaire pour aller au bout de ce travail.

Le présent mémoire a été revu, corrigé et approuvé par notre promotrice Madame ABBAD M, Maître assistante au département des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Nous la remercions avant tout de la confiance qu'elle a manifesté à notre égard, mais aussi pour ses conseils avisés et son soutien tant moral que scientifique.

Nous tenons à remercier notre jury de mémoire:

Madame BENATMANE F, Maître de conférences "B" à l'université de Tizi-Ouzou qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de jury.

Madame BOUDI M Maître assistant à l'université de Tizi-Ouzou qui nous a honorés de faire partie de notre jury et qui a consenti d'examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent également, à l'ensemble des enseignants du département des sciences agronomiques de l'université de Tizi-Ouzou qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons aussi à remercier le personnel du laboratoire d'analyse

Mr Nechiche B et Mr Bouhedda Y pour leur aide et leur conseil durant l'élaboration de l'expérimentation de ce mémoire, ainsi que tous les travailleurs de l'unité STLD.

Enfin, on ne saura oublier nos parents, nos familles et nos amis pour leur soutien continu et inconditionnel, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer ma reconnaissance et ma profonde gratitude pour les sacrifices consentis pour mon éducation et mon instruction.

C'est avec un grand plaisir que je vous dédie ce présent travail afin de vous exprimer ma reconnaissance pour votre soutien et vos encouragements.

Que Dieu vous procure santé, bonheur et longue vie.

A mes Frères « Yazid ; Krimou ; L'hocine ; Ali ».

A ma Sœur « Sadia » et mon beau frère « Mouloud »

A mon neveu « Daniel »

Puisse dieu vous donne santé, bonheur et réussite.

Je remercie ma binôme kahina et toute sa famille.

Mes chers amis « Maria, Lisa, Zina, Saïd » .ils étaient toujours là pour moi et je tiens à les remercier du fond du cœur.

A tous les étudiants de ma promotion du master 2021-2022;production animal sans exception.

A toute personne que je n'ai pas citée et qui m'a aidée de près ou de loin,

Je vous remercie.

Fatma

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A:

Mes très chers parents pour leur éducation et leur amour, qui m'ont toujours souhaité la réussite; que DIEU les protège et leur accorde une longue et heureuse vie pleine de santé et de bonheur car ce travail représente le fruit de leur soutien, leur sacrifices et leur encouragements durant toutes mes années d'étude.

Mon très cher mari: Massi qui m'a toujours soutenu et motivé sans cesse devenir meilleure.

Mes chers frères : Massi, Sofiane, ainsi qu'a mes beaux parents, mes belles sœurs: Dyhia, Wassila.

Mes chers oncles : Moussa, Hocine.

Ma grande mère : Ouiza, que dieu la guérisse et lui apportera une longue vie.

Mes plus chères tantes: Djamila, Fatiha.

Ma binôme Fatma et sa famille, je te remercie pour ta compréhension, tes encouragements et tes conseils.

Tous mes amis (e), exceptionnellement Sandra, Lydia, que notre amitié durera pour toujours.

Toutes personnes qui m'a aidé d'un mot, d'une idée ou d'un encouragement.
« Merci ».

KAHINA

Lisle des abbreviations

FAO :Food and agriculture organization .

MADR :Ministère de l'Agriculture et développement rurale.

BLL : bovin laitiers locaux.

BLM : bovin laitiers modernes.

BLA : bovin locaux améliorés.

g/l : gramme /litre.

DSA : Direction des Services Agricoles.

PH : potentiel hydrogène.

D° : degré dornic.

Ug/ml : microgramme par millilitre.

TB : taux butyreux.

ANP : Apport non protéique.

AG : Acide gras.

MS : matière sèche.

OMS : organisation mondiale de la santé.

AOC : Appellation d'origine contrôlée.

Kcal : kilocalorie.

Nacl : chlorure de sodium.

STLD :société transformation de lait et dérivé.

Na OH : Hydroxyde de sodium.

N : d'hydroxyde de sodium.

AD : Acidité titrable.

ESD : matière sèche non grasse.

PR : protéine.

MG : matière grasse.

TP : taux protéique.

EST : Extrait sec totale.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition moyenne du lait des différentes espèces animales	07
Tableau 02 : Comparaison des différentes protéines dans le lait de vache et le lait de chèvre	08
Tableau 03 : Teneurs en minéraux et en oligo-éléments de lait de vache et lait de chèvre (mg/litre)	09
Tableau 04 : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache et de chèvre.....	11
Tableau 05 : classification de fromages	23
Tableau 06 : Composition moyenne d'un fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert	24
Tableau 07 : Paramètres physicochimiques mesurés aux différents points d'échantillonnage .	41
Tableau 08 : Composition physico-chimique du pré fromage de vache au démoulage	56
Tableau 09 : Composition physico-chimique du pré fromage de chèvre au démoulage.....	56
Tableau 10 : Composition du camembert de vache au 6 ^{ème} jour d'affinage.....	58
Tableau11 : Composition du camembert de chèvre au 6 ^{ème} jour d'affinage.....	58
Tableau12 : Composition du camembert de vache au 12 ^{ème} jour d'affinage (produit fini)	58
Tableau13 : Composition du camembert de chèvre au 12 ^{ème} jour d'affinage (produit fini) ..	58
Tableau 14 : Résultats du test d'intensité des deux model de camembert.....	62
Tableau 15 : résultats du test de classement.....	65

Liste des figures

Figure 01 : Les différentes étapes de fabrication de fromage à pâte molle.....	20
Figure 2: fromage à pâte molle	21
Figure 3: fromage a pate fraiche	21
Figure 4: fromage a pate pressé cuite	22
Figure 5: fromage a pate pressé non cuite	22
Figure 6: fromage fondu	23
Figure 7: un standardisateur de lait	26
Figure 8: homogénéisateur	27
Figure 9: pasteurisation du lait	28
Figure 10: moulage de camembert	30
Figure 11: salage des camemberts	31
Figure 12: affinage des camemberts en hâloir	32
Figure 13: emballage du camembert	32
Figure 14: diagramme de fabrication de camembert à l'unité STLD	40
Figure 15: pH metre servant à mesurer le pH du lait	42
Figure 16: burette servant a déterminé l'acidité titrable	43
Figure 17: Un lacto-dencimetre	44
Figure 18: Les Butyromètres	45
Figure 19: Lactoscane	45
Figure 20: Incubateur pour le test d'ATB	46
Figure 21: Le lactostar gerber	46
Figure 22: Photo d'un butyromètre et d'un godet en verre	47
Figure 23: Dessiccateur infra-rouge	48
Figure 24: Un pH-mètre pour camembert	49
Figure 25 : Composition physico-chimiques moyenne des laits de vache et de chèvre	52

Figure26 : La moyenne des résultats des analyses physicochimiques des prés fromage	57
Figure 27 : Résultats des analyses de l'EST des camemberts fabriqués durant l'affinage	59
Figure 28 : Résultats des analyses de la matière grasse des camemberts fabriqués durant l'affinage	60
Figure 29 : Résultats des analyses de ph des camemberts fabriqués durant l'affinage	61
Figure 30 : Description sensorielle du camembert fabriqué (Aspect interne).....	63
Figure 31 : Description sensorielle du camembert fabriqué (Aspect de la surface)	63
Figure 32 : Description sensorielle du camembert fabriqué (goût)	64
Figure 33 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Arôme)	64
Figure 34 : Description sensoriel du camembert fabriqué (Texteur de la pâte)	65
Figure 35 : la comparaison entre les produits finis obtenus	66

Sommaire

Remercîment

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux, figures, photos

Sommaire

Introduction générale02

Partie théorique

Chapitre I : Le lait, sa composition physico-chimique et les facteurs de sa variation

I. Définition	05
II. La composition du lait.....	06
1. L'eau	07
2. La matière grasse (MG).....	07
3. Les protéines	08
4. Glucides	08
5. Minéraux.....	09
6. Vitamines.....	10
7. Autres constituants.....	10
III. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques.....	11
1. Propriétés physico-chimiques du lait.....	11
2. Qualité organoleptique	12
IV. Importance nutritionnelle	14
V. Facteur de variation de la composition du lait	14
1. Facteurs liés aux conditions intrinsèques	14
2. Facteurs liés aux conditions extrinsèques.....	15

Chapitre II : Généralités sur le fromage et le camembert

I. Le fromage.....	18
1. Historique sur le fromage	18
2. Définition des fromages.....	18
3. Les étapes de production de fromage	19

4. Classification des fromages	20
II. Le fromage à pâte molle type camembert	24
1. Historique sur le camembert	24
2. Définition	24
3. Composition du camembert.....	24
4. Le processus technologique de la fabrication du camembert	26
5. La fabrication proprement dite	29
6. Finition du caillé.....	30

Partie pratique

Matériel et méthodes

1. Objectif du travail	35
2. Déroulement du stage	35
3. Présentation de l'unité.....	35
I. Matériel	36
1. Appareillage	36
2. Autres matériel	37
II. Méthodes.....	37
1. Etapes de fabrication de camembert	37
2. Evaluation de la qualité physico-chimique.....	41
3. Analyse physico-chimique de la matière première.....	42
4. Analyse physico-chimique du camembert	47
5. Caractérisation sensorielle du fromage à pâte molle type camembert	49
6. Analyses statistiques	50

Présentation et discussion des résultats

I. Composition physico-chimiques moyenne du lait	52
II. Composition physico-chimique moyenne du pré fromage.....	56
III. Composition physico-chimiques moyenne du camembert au cours de l'affinage	58
1. Evaluation de la variation en EST de camembert durant l'affinage	59
2. Evaluation de la variation en MG de camembert durant l'affinage	59

3. Evaluation de la variation du pH du camembert durant l'affinage	61
IV. Résultats des analyses sensorielles	62
V. Test du classement des deux types du camembert	65
Conclusion générale	68
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction
Générale

Introduction

En Algérie, le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de chacun, quelque soit son revenu. Ainsi, en 1990, on estime que le lait a compté pour 65.5% de la population dans la consommation des protéines d'origine animale devant largement la viande (22.4%) et les œufs (12.1%) (**Amellal, 1995**).

Le lait est la matière première destinée à la fabrication fromagère. En effet, le fromage est à la fois un aliment protecteur pour l'adulte et un aliment de croissance pour le jeune, du fait de la présence de protides de valeur biologique élevée, et du complexe phosphore calcium vitamine (**Tremoliere et al, 1984**). Parmi les types de fromage on peut citer : Fromage à pâte molle (camembert), fromage à pâte fraîche, fromage à pâte pressée et fromage fondu.

Le camembert est assurément l'un des fromages les plus connus. Sa fabrication passe par plusieurs étapes dont chacune est interdépendante. Ainsi, la qualité de ce produit laitier est étroitement liée au type et la qualité physico chimique des matières premières utilisées (lait de vache ou de chèvre), aux techniques et aux conditions de production.

Les camemberts peuvent être différenciés aussi en fonction de leur couleur, de leur gout, leur texture et de leur valeur nutritionnelle.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude réalisée au sein de la laiterie Eurl STLD (Société de la Transformation de Lait et Dérivés) de DBK, wilaya de Tizi-Ouzou, dont l'objectif principale de ce travail est de faire une étude comparative entre les analyses physico-chimique du lait de vache et du lait de chèvre ainsi que les camemberts fabriqués à base de ces deux produits.

Ce manuscrit est scindé en deux parties : La 1ere partie est consacrée à une revue bibliographique et le volet théorique qui concerne les Généralité sur le lait (vache, chèvre), et les Généralité sur le camembert.

La deuxième partie est consacrée à une synthèse des principaux résultats obtenus et qui sont discutés et suivis par une conclusion.

Partie
théorique

Chapitre I

*Le lait, sa composition
physico-chimique et les
facteurs de sa variation*

I. Définition

D'après **Pougheon & Goursaud, 2001**, le Congrès international pour la répression des fraudes, tenu à Genève en 1908, définit le lait comme suit : « Le produit complet de la traite complète et ininterrompue des laitières en bonne santé, bien nourries et non surmenées. Il doit être collecté proprement et ne doit pas contenir du colostrum ».

Larousse agricole (2002) définit le lait comme étant un liquide blanc mat, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, opaque, d'odeur faible et de goût sucré, sécrété particulièrement par la grande mamelle des animaux mammifères femelles pour nourrir leurs nouveaux nés.

Le lait est nécessaire à tous les âges de la vie, non seulement pour sa richesse incontournable en calcium mais également pour sa contribution à la couverture des besoins en protéines de haute valeur biologique, en vitamines, en oligo-élément et en eau (**Debry, 2006**).

D'un point de vue physico-chimique, le lait est un produit très complexe. Une bonne compréhension de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques est essentielle pour comprendre la transformation du lait et des produits obtenus au cours des différents procédés industriels (**Amiot et al, 2002**).

➤ Lait de vache

Le lait de vache est Blanc, mat ou opalescent, il a une odeur très faible, une saveur douceâtre faiblement sucré. C'est le lait qui a été le plus étudié et qui sert de référence. Les données sont des approximations quantitatives, qui varient en fonction d'une multiplicité de facteurs : race animale, alimentation et état de santé de l'animal, période de lactation, ainsi qu'au cours de la traite. Il reste que la composition exacte d'un échantillon de lait ne peut s'obtenir que par analyse (**Roudaut et Le francq, 2005**).

➤ Lait de chèvre

Le lait de chèvre se présente comme un liquide opaque de couleur blanchâtre mate, dû à l'absence de β -carotène (**Doyon, 2005**). Il est plus blanc que le lait de vache et il a un goût

plus relevé (Zeller, 2005; Jouyandah et Abroumand, 2010). Il est légèrement sucré, d'une saveur particulière et d'une odeur assez neutre (Alais, 1984).

Le lait de chèvre frais possède une acidité, soit un pH de 6,6 (proche de la neutralité donc il n'y a pas d'acide lactique) environ 16°D (Corcy, 1991).

Le goût dépend aussi de la race caprine (Juillard et al, 1996). Il a un léger goût de chèvre dû à la présence d'acide gras caprique, caprylique et caproïque (Jaubert, 1997).

II. La composition du lait

Les laits sont les seuls aliments naturels complets qui existent, chacun d'eux étant adapté à la race qu'il permet de développer (Mittaine, 1980).

Les principaux constituants du lait par ordre décroissant selon Pougheon et Goursaud (2001) sont:

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

Le tableau 01 présente la composition chimique moyenne du lait de quelques femelles laitières.

Tableau 01 : Composition moyenne du lait des différentes espèces animales (Vignola, 2002).

Animaux	Eau (%)	Matière grasse (%)	Protéines (%)	Glucides (%)	Minéraux (%)
Vache	87,5	3,7	3.8	4.6	0.8
Chèvre	87,0	3.8	3.5	4.4	0.9
Brebis	81,5	7.4	5.5	4.8	1.0
Chamelle	87,6	5.4	2.9	3.3	0.7
Jument	88,9	1.9	2.5	6.2	0.5

1. L'eau

Proportionnellement, l'eau est l'ingrédient le plus important du lait. La présence de dipôles et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Cette propriété polaire lui permet de former des solutions colloïdales sériques hydrophiles. En raison de la nature non polaire (ou hydrophobe) des graisses, elles ne peuvent pas se dissoudre et former de l'huile dans lotion à base d'eau. Il en est de même pour les micelles de caséine, car elles sont solides et forment des suspensions colloïdales (Amiot et Lapointe, 2002).

2. La matière grasse (MG)

Jeant et al (2007) rapportent que la matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras de 0,1 à 10 µm de diamètre, composés majoritairement de triglycérides (98%). La teneur en matière grasse du lait représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est composée de 65 % d'acides gras saturés et de 35 % d'acides gras insaturés.

Le lait de chèvre est pauvre en carotène, il n'est donc pas très foncé par rapport aux autres laits, il est riche en acides gras à 10 atomes de carbone, et a un pourcentage de petits globules gras plus élevé que le lait de vache, il ne contient pas de lectines, et a un pourcentage

plus élevé de petits globules gras une activité lipasique plus faible que le lait de vache (Chilliarde, 1996).

3. Les protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes et elles constituent une part importante du lait et des produits laitiers (Amiot et al, 2002).

Les teneurs en protéines du lait de chèvre et du lait de vache sont comparables comme indique le tableau 2.

Tableau 02 : Comparaison des différentes protéines dans le lait de vache et le lait de chèvre (FAO, 2003).

Protéines du lait	Lait de chèvre	Lait de vache
Caséines %		
Alpha s1	5	35
Alpha s2	25	10
Beta	50	40
Kappa	20	15
Lactalbumine	Comparable	Comparable
Alphalactalbumine	légèrement	légèrement
Beta-lactalbumine	inférieure dans le lait de chèvre	inférieure dans le lait de chèvre

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.

4. Glucides

Le lait contient des glucides essentiellement représentés par le lactose, son constituant le plus abondant après l'eau (Mathieu, 1999). Le lactose est quasiment le seul glucide du lait de vache et représente 99% des glucides du lait de monogastriques. Sa teneur est très stable entre 48 et 50 g/l dans le lait de vache.

Le lactose est un sucre spécifique du lait (Hoden et Coulon, 1991). La teneur moyenne en lactose d'un lait normal de chèvre est d'environ 50g/l (Ftlq, 2002).

5. Minéraux

Selon **Gaucheron (2004)**, le lait contient des quantités importantes de différents minéraux (tableau 3). Les principaux minéraux sont : calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et phosphate, chlorure et citrate pour les anions. A cette liste s'ajoutent certains éléments comme le soufre dans les protéines et les oligo-éléments suivants, qui sont présents à de faible concentration ou à l'état de trace : manganèse, bore, fluor, silicium, molybdène, cobalt, baryum, titane, lithium, et probablement certains autres (**Amiot et al., 2002**).

Tableau 03 : Teneurs en minéraux et en oligo-éléments de lait de vache et lait de chèvre (mg/litre) (**ROBERT et al, 2002**).

	Vache	Chèvre
<i>Minéraux</i>		
Sodium	0.50	0.30
Potassium	1.5	1.55
Calcium	0.25	1.35
Magnésium	0.12	0.14
Phosphore	0.95	0.92
Chlore	1.00	2.20
Acide citrique	1.80	1.10
<i>Oligo- éléments</i>		
Fer	0.20 - 0.05	0.55
Cuivre	0.10 - 0.40	0.40
Zinc	3 - 6	3.20
Manganèse	0.010 - 0.030	0.06
Molybdène	0.070	
Aluminium	0.06-1	
Iode	-	-

Le lait de chèvre semble être plus riche en Calcium, Phosphore, Magnésium, Potassium et Chlore que le lait de vache mais moins riche en Sodium (**Jennesse 1980 ; Sawaya et al., 1984**).

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**).

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.

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

Le lait de chèvre se démarque de celui de vache par une faible quantité de vitamine A, une quasi absence de β - Carotène qui est d'ailleurs à l'origine de sa blancheur. 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 (**Sylvain, 2004**).

7. Autres constituants

Environ 60 enzymes principales ont été répertoriées dans le lait dont 20 sont des constituants natifs. Les principaux groupes enzymatiques du lait sont (les hydrolases, les oxydoréductases) (**Mathieu, 1998**).

Les enzymes du lait de chèvre sont principalement des estérases, c'est-à-dire les lipases, les phosphatases alcalines et des protéases. Il contient environ trois fois moins de phosphatase alcaline que le lait de vache (**Veisseyre, 1979**).

Aussi on a des gaz dissouts tels que le CO₂, l'O₂ et N (**Sina, 1992**) et enfin des microorganismes.

III. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques

1. Propriétés physico-chimiques du lait

Les principales propriétés physico-chimiques utilisées dans l'industrie laitière sont données dans le tableau 4 et sont représentées par la masse volumique et la densité, le point de congélation, le pH et l'acidité (Gaucher, 2007).

Tableau 04: Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache et de chèvre (Ait Amer, 2008).

Composition	Vache	Chèvre
Ph – 20°C	6,60 - 6.80	6,45 – 6,60
Densité du lait entière à 20°C	1,028 -1,033	1,027 – 1,035
Acidité titrable (Dornic)	15 - 17	14 - 18
Point de congélation	-0,520 - 0,550	-0,550 – 0,583
Indice de réfraction	1,45 -1,46	1,35 - 1,46

La densité

La densité d'un liquide est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau. Elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C (Vierling, 2008).

La densité du lait de chèvre est relativement stable (Veinoglou et al, 1982). La densité moyenne est de 1,030 pour la chèvre qui est comparable à celle du lait de vache : 1,030 à 1,035.

L'acidité

L'acidité de titration indique le taux d'acide lactique formé à partir du lactose. L'acidité du lait de chèvre et de vache reste assez stable durant la lactation. Elle oscille entre 0,16 et 0,17% d'acide lactique (Veinogloub *et al*, 1982).

Le PH

Le pH est le cologarithme de la concentration en ions H⁺ d'une solution donnée. Il permet de déterminer « l'acidité actuelle » du lait, qui peut être mesurée soit par le pH-mètre soit par le papier pH.

Le pH de lait de chèvre, se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90 (Remeuf *et al*, 1989) avec une moyenne de 7,6 différent peu du pH moyen du lait bovin qui est de 6,6 (Remeuf *et al*, 1989 ; Lejaouen *et al*, 1990). Toute valeur située en dehors de cet intervalle traduit une anomalie (Diof, 2004).

Point de congélation

La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraîne une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055°C (Goursaud, 1985).

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre -0,54 °C et - 0,55°C (Mathieu, 1998). On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'un cryoscope (Amiot *et al*, 2002).

2. Qualité organoleptique

La qualité organoleptique d'un produit se dégrade au fil du temps, la durée de stockage, la température et leur action combinée affectent considérablement les attributs sensoriels totaux.

Un lait de bonne qualité organoleptique présente des caractéristiques typiques qui concernent la couleur, l'odeur, la saveur, etc.

La couleur

Le lait est de couleur blanc mat, qui est due en grande partie à la matière grasse, aux pigments de carotène (la vache transforme le B-carotène en vitamine A qui passe directement dans le lait (**Fredot, 2005**)).

En raison de l'absence de β -carotènes, le lait de chèvre est plus blanc que le lait de vache (**Chilliard, 1997**).

L'odeur

L'odeur est caractéristique le lait du fait de la matière grasse qu'il contient fixe des odeurs animales. Elles sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation (les fourrages à base d'ensilage favorisent la flore butyrique, le lait prend alors une forte odeur), à la conservation (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrelette) (**Vierling, 2003**).

La saveur

La saveur du lait frais est agréable. Celle du lait acidifié est fraîche et un peu piquante. Elle varie en fonction de la température de dégustation (**Vierling, 1998**).

Les laits de rétention et de mammites ont une saveur salée plus ou moins accentuée. Il en est en parfois de même du colostrum. L'alimentation laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, etc. peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un goût amer. La saveur amère peut aussi apparaître dans le lait par suite de la pullulation de certains germes d'origine extra-mammaire (**Thieulin et Vuillaume, 1967**).

Le lait de chèvre a un goût légèrement sucré, et caractérisée par une flaveur particulière et un goût plus relevé que le lait de vache (**Zeller, 2005 ; Jouyandeh et Abroumand, 2010**). Cette flaveur, en grande partie due à certains acides gras libres (**Jaubert, 1997 ; Morgan et al, 2001**).

IV. Importance nutritionnelle

L'intérêt alimentaire du lait est :

- Une source de protides d'excellente valeur biologique.
- La principale source de calcium.
- Une source de matière grasse.
- Une bonne source de vitamines (**Leroy, 1965**).

Le lait est également une excellente source de minéraux intervenant dans divers métabolismes Humains notamment comme cofacteurs et régulateurs d'enzymes. Le lait assure aussi un apport non négligeable en vitamines connues comme Vitamines A, D, E (liposolubles) et Vitamines B1, B2, B3 (hydrosolubles). Il est néanmoins pauvre en fer et en cuivre et il est dépourvu de fibres (**Cheftel et Cheftel, 1996**).

V. Facteur de variation de la composition du lait

Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont soit intrinsèques liés à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit extrinsèques liés au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations (**Wolter, 1988**).

1. Facteurs liés aux conditions intrinsèques

L'âge

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

Stade de lactation

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

Facteurs génétiques

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

Etat sanitaire

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

2. Facteurs liés aux conditions extrinsèques

Facteurs climatiques et saisonniers

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

L'alimentation

Une réduction courte et brutale du niveau de l'alimentation se traduit par une réduction importante de la quantité de lait produite et une baisse variable du taux protéique mais la mobilisation des graisses corporelles entraîne une augmentation très importante du taux butyreux associée à une modification de la composition en matière grasse (augmentation de la

part des acides gras à chaînes longues) (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

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

Chapitre II

Généralités sur le fromage et le camembert

I. Le fromage

1. Historique sur le fromage

C'est l'un des aliments manufacturés les plus anciens, son apparition remonte vraisemblablement à la préhistoire.

Il serait apparu en même temps que l'élevage, à l'époque néolithique, c'est-à-dire 7 000 ans av.J.-C. Cependant, il est tellement ancien que l'on ne peut dater avec précision les premières fabrications. Aucune preuve ne permet de déterminer avec certitude la région d'origine de la fabrication du fromage, qui peut se trouver en Europe, en Asie centrale ou au Moyen-Orient. Toutefois, des preuves convaincantes montrent que la production laitière était pratiquée en Égypte et à Sumer environ 3100 ans avant notre ère, et que des prairies existaient au Sahara dès le quatrième millénaire av.J.-C, d'ailleurs, on a même retrouvé récemment des faisselles polonaises datées de plus de 7000 ans (**Anonyme 1**).

Chez les Romains et les Grecs, Les fromages étaient considérés comme un produit de base de leur alimentation et comme un ingrédient à utiliser dans les plats salés ou sucrés. Ce sont d'ailleurs les Romains qui ont inventé le pressoir afin de perfectionner la technique de l'égouttage du caillé, technique qu'ils exportèrent jusqu'en Grande-Bretagne.

Le premier à formuler clairement les différentes étapes nécessaires à la fabrication du fromage est le romain Columelle, 60 ans ap.J.-C dans son Traité d'agronomie (**Anonyme 1**).

2. Définition des fromages

Le terme "fromage" dérive de l'ancien français "formage" par métathèse. Le terme "formage" est issu du latin formaticum qui signifie : "ce qui est fait dans une forme" (**Rey, 1994**).

Le codex alimentaire donne la définition solide ou semi solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait, obtenu par coagulation du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. Sur le plan nutritionnel, le fromage est un aliment noble grâce à ses protéines de haute valeur biologique et à sa richesse minérale.

Le fromage est un produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenue à partir des matières d'origine exclusivement laitière : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, matière grasse, utilisé seul ou en mélange et coagulé en tout ou en partie avant égouttage

ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit doit être de 23% pour 100g de fromage (**Patrick, 2010**).

3. Les étapes de production de fromage

La transformation du lait en fromage comporte, pour la plus grande partie des fromages, trois étapes principales : la coagulation, l'égouttage et l'affinage (**Ramet, 1993**).

- **Coagulation**

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait. Dans la pratique, cette déstabilisation est réalisée de deux manières : Par voie enzymatique ou bien par voie fermentaire (**Ramet, 1993**).

- **Egouttage**

L'état de gel est physiquement instable. La phase dispersante se sépare spontanément du coagulum sous forme de lactosérum. Cette séparation s'accompagne d'une ségrégation des différents composants originels du lait (eau, lactose) (**Ramet, 1993**).

- **Affinage**

A la fin de l'égouttage, le coagulum se trouve sous forme d'une masse semi-solide dont le volume, la forme, la composition chimique sont déterminés. La plupart des fromages subissent alors une maturation qui va modifier leur aspect, leur composition, leur consistance, leur valeur nutritive, leur saveur et leur arôme (**Ramet, 1993**).

La figure 01 montre les différentes étapes de fabrication d'un fromage type pâte molle.

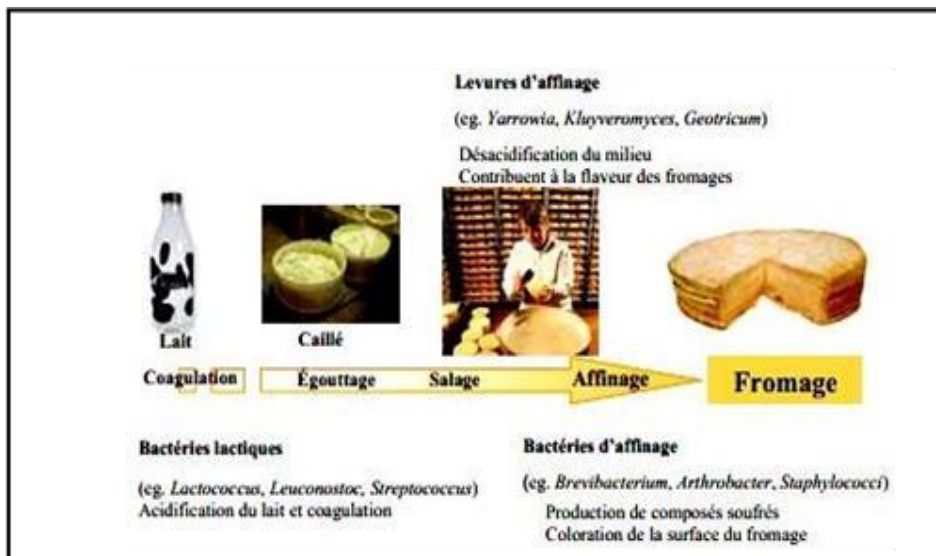


Figure 01 : Les différentes étapes de fabrication de fromage à pâte molle (Forquin, 2010).

4. Classification des fromages

Selon Fonteneau (1997), il n'est pas facile de grouper par grandes familles des produits aussi divers que les fromages. On peut classer les fromages en 5 catégories différentes :

Fromage à pâte molle

Le fromage à pâte molle est un camembert affiné en surface par les moisissures. La texture de ce type de camembert est molle, elle est caractérisée par une couleur du blanc cassé allant au jaune pâle. Une croûte molle recouverte des moisissures blanches (Figure 2) (Mdahou, 2017).

Ce sont tous les fromages fermentés qui ne sont ni pressés, ni cuits. Ils restent généralement souples et leur taux d'humidité est d'environ 50%. Dans ce grand groupe, on trouve les "pâtes molles" comme le camembert, le munster et le brie; les "pâtes persillées" comme les bleus et le roquefort et aussi les "fromages de chèvre".

Les fromages de chèvre sont des fromages à pâte molle et à croûte naturelle. Ils présentent généralement une pâte fraîche ou molle à croûte fleurie et ils sont plus blancs que les fromages de lait de vache et ils ont une saveur plus prononcée. Ils sont souvent très salés afin de prolonger leur durée de conservation (Anonyme 1)



Figure 2: fromage à pâte molle [1].

Fromages à pâte fraîche

Un fromage à pâte fraîche a une texture molle granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée. C'est un fromage peu égouttés caractérisé par une teneur très élevée de l'humidité et une teneur de 60 à 80% de la matière grasse (Majdi, 2009).



Figure 3: fromage a pate fraiche [2].

Fromages à pâte pressé cuite

La pâte des fromages fermes est pressée et cuite, c'est-à-dire que le caillé est chauffé pendant moins d'une heure afin de l'affermir, ce qui donne comme résultat une pâte compacte ornée parfois d'une croûte résistante et dont la texture peut être très granuleuse comme dans le cas du parmesan et du romano. Le gruyère, l'emmenthal, le jarlsberg, la raclette et le beaufort font également partie de cette catégorie (Figure 4).



Figure 4: fromage a pate pressé cuite [3].

Les fromages à pâte pressée non cuite

Ils présentent une consistance ferme, ne contiennent que 45% d'humidité et se conservent plus longtemps que les fromages à pâte molle. Ce sont les cantals, tomme, saint-paulin, etc (Figure 5).



Figure 5: fromage a pate pressé non cuite [4].

Les fromages fondus

Les fromages fondus (à pâtes recuites) sont des fromages fabriqués à partir d'un ou de plusieurs fromages à pâte pressée, cuite ou non, refondus auxquels on additionne du lait de la crème ou du beurre. Ces fromages ont l'avantage de se conserver longtemps. On ajoute à la pâte, selon le produit, des agents stabilisateurs des émulsifiants, du sel, des colorants, des édulcorants (sucre, sirop de maïs) et des assaisonnements (herbes, épices, fruits) on obtient une texture plus ou moins molle et élastique et une saveur peu prononcée (Figure 6).



Figure 6: fromage fondu [5].

Le tableau 5 résume la classification des fromages selon la **FAO/OMS (1999)**.

Tableau 05: classification de fromages (**FAO/OMS, 1999**).

Type	Caractéristiques	Exemple
Fromages frais à pâte Fraîche	Caillé lactique, égouttage peu poussé pas d'affinage	Fromage blanc, petits suisses
Fromages à pâte molle	Pas d'égouttage, affinage	Camembert
Fromages à pâte pressée Cuite	Caillé mixte/ présure, Pressage, affinage	Gouda, cheddar
Fromages à pâte pressée non cuite	Caillé présure, chauffage du caillé, pressage, affinage	Tomme, comté

II. Le fromage à pâte molle type camembert

1. Historique sur le camembert

L'origine du Camembert remonte à la fin du 18^{ème} siècle dans l'actuelle Basse-Normandie, tout près de la ville de Camembert. La légende raconte qu'une agricultrice, Marie Harel née à Vimoutiers (Normandie) le 28 avril 1761, serait l'inventrice du camembert **(Anonyme 03)**.

Il est le plus célèbre des fromages normands, et même de France. Fort de son succès, la dénomination « camembert » tombe dans le domaine public en 1926 **(Anonyme 03)**. Aujourd'hui, le « camembert de Normandie » est le seul qui possède l'appellation d'origine protégée (AOP) et qui bénéficie de l'AOC (appellation d'origine contrôlée). Depuis 1983, sa réputation a franchi les frontières et de nombreuses usines étrangères le fabriquent.

2. Définition

Les fromages à pâte molle sont des fromages ayant subi indépendamment de fermentation lactique et d'autres fermentations plus affinés, dont la pâte n'est ni cuite, ni pressée **(Cogitore, 1987)**.

Selon **Veisseyre (1975)**, le camembert est défini comme étant un fromage à pâte molle et à croûte fleurie et à caillé non divisé en forme de cylindre plat. Il a un diamètre de 10 à 11 cm et une épaisseur de 3 cm. Il renferme au moins 40 % de matière grasse et 110 gr de matière sèche. C'est un fromage affiné à moisissures superficielles.

3. Composition du camembert

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)**.

D'après **Mietton, 1995**, 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.

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

La composition chimique moyenne d'un fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert est donnée dans le tableau 6.

Tableau 06: Composition moyenne d'un fromage à pâte molle et à croûte fleurie de type camembert (Guegen, 1979).

Composition	Composition pour 100g du produit
Eau (g)	150
Energie (kcal)	310
Glucide(g)	4
Lipides(g)	24
Proteines (g)	20
Calcium (mg)	400
Phosphore (mg)	250
Magnesium (mg)	20
Potassium (mg)	150
Sodium (mg)	700
Zinc (mg)	5
Vitamine A (U.I)	1010

4. Le processus technologique de la fabrication du camembert

Préparation du lait

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

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**).

Actuellement, certaines techniques (ultrafiltration ou la microfiltration sur membrane) permettent de standardiser le lait en protéine (**Thapon, 2005**) (Figure 7).



Figure 7: un standardisateur de lait [6].

L'homogénéisation

L'homogénéisation du lait est utilisée dans l'industrie laitière pour stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait et éviter la séparation de la crème (Figure 8).

C'est une action mécanique réalisée à une température supérieure à 60 °C dans un homogénéisateur (**Ouali, 2003**) qui consiste à faire éclater sous une forte pression les globules de matières grasses en de très fines particules. La matière grasse se trouve ainsi répartie d'une façon homogène dans tout le volume (**Eck, 1997**).



Figure 8: homogénéisateur [7].

La pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique qui entraîne la destruction de la plupart des formes végétatives des micro-organismes banals, et tous les micro-organismes pathogènes (**Guiraud, 2003**) et aussi retarde l'acidification et la coagulation (le caillage) du lait, afin de conserver pendant un certain temps sa valeur marchande (Figure 9).

Le but de ces traitements thermiques du lait utilisables en fromagerie est d'assurer l'assainissement du lait par destruction de la flore pathogène transmise par le fromage et de limiter les risques d'accidents de fabrication par destruction des germes indésirables (**Hermier et Cerf, 2006**). La température la plus fréquente de la pasteurisation est comprise entre 65 à 75°C et parfois 80°C pendant 15 à 20 secondes (**Veisseyre, 1975**).

Il existe, trois types de pasteurisation (**Guiraud, 1998**) :

La pasteurisation basse, la pasteurisation haute et la pasteurisation flash.



Figure 9: pasteurisation du lait [8].

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

On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène de l'affinage. Il s'agit de spores de *Penicillium camemberti*, *Penicillium caseicolum* ainsi que *Geotrichum candidum* (**Bertrand, 1988**).

5. La fabrication proprement dite

Emprésurage

Après maturation, la présure qui est une enzyme coagulante est additionnée au lait afin de modifier sa texture grâce à son activité protéolytique (**Eck, 1990**).

Coagulation

La coagulation du lait, qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physico-chimiques intervenant au niveau des micelles de caséine (**Eck, 2006**).

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

Coagulation par voie enzymatique (présure)

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzyme protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait (**Khoualdi, 2017**).

La présure d'origine animale constituée principalement de chymosine et d'un peu de pepsine, est le coagulant le plus utilisé (**St-Gelais, 2002**).

Coagulation acide

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pH_i=4.6$) par acidification biologique à l'aide des ferments qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique ou encore par l'ajout des protéines sériques à pH acide (**Mahaut et al, 2000**).

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 (coagulation mixte). 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**).

Moulage

Le moulage est la répartition du caillé dans des moules perforés, en métal ou en matière plastique, dont la forme et les dimensions varie avec les types de fromages (Figure 10). La mise en moule se fait manuellement ou automatiquement (Veisseyre, 1975).



Figure 10: moulage de camembert [9].

Egouttage

C'est l'étape qui permet la séparation du lactosérum du caillé. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé mais aussi la minéralisation de ce dernier, avec un pH assez bas au démoulage (Cholet, 2006).

Démoulage

Le démoulage, s'effectue après 24 à 48 h d'égouttage.

Les caillés sont récupérés de leurs moules soit manuellement par retournement soit par des démouleuses automatiques. Cette opération a pour but d'améliorer l'égouttage du caillé et atteindre un extrait sec convenable (Mietton, 1987).

6. Finition du caillé

Salage

C'est une opération d'enrichissement de la pâte en chlorure de sodium (NaCl) à des doses de 1 à 2% (Figure 11) (Eck, 1990). 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 (Michel, 2008).

Il règle l'activité de l'eau du fromage qui oriente et freine les développements

microbiens et les actions enzymatiques au cours de l'affinage (Hardy, 1997).



Figure 11: salage des camemberts [10].

Ressuyage

Le ressuyage s'effectue avant l'affinage, c'est une opération qui consiste à un séchage en surface, il est réalisé à une température de 11 à 13°C et à une humidité de 90 à 95%.

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 (Cholet, 2006) (Figure 12).

L'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir :

- La dégradation des protéines.
- L'hydrolyse de la matière grasse.
- La fermentation du lactose (Romain *et al*, 2008).



Figure 12: affinage des camemberts en hâloir [11].

L'emballage et le conditionnement

Le conditionnement du camembert en vue de sa vente bien évidemment, doit assurer sa protection contre les agents extérieurs en utilisant l'emballage en papier cellulosique et le plaçant dans des boîtes en carton (Figure 13) (Eck et Gillis, 1997).



Figure 13: emballage du camembert [12].

Partie
pratique

Matériel et méthodes

1. Objectif du travail

L'objectif de cette étude c'est de suivre le processus de fabrication du fromage à pâte molle type « camembert » a l'unité STLD, bien que mettre en évidence les caractéristiques physico-chimiques du lait de vache et de chèvre, suivant l'évaluation des paramètres physico-chimiques du camembert préparé à partir du lait de vache et celui préparé à base du lait de chèvre afin de comprendre leur comportement technologique au cours de la fabrication.

Enfin, nous avons opté pour une analyse sensorielle et un test de classement pour mieux classer les deux camemberts obtenus.

2. Déroulement du stage

La partie expérimentale de notre étude a été réalisée au niveau de la laiterie-fromagerie « Le Fermier » durant la période allant du 02 avril jusqu'au 31 juillet de l'année 2022.

3. Présentation de l'unité

La laiterie EURL STLD (société de transformation de lait et dérivés), a été créée le 16 avril 2004, c'est une entreprise à caractère privé, sis à la zone d'activité Draâ-Ben-Khedda, Tizi-Ouzou. L'unité compte un effectif de 106 employés.

La laiterie a pour fonction de produire une large gamme de produits à partir de lait cru collecter par des éleveurs locaux. A cet effet, 70000 litres environ sont transformés par jour.

Les produits fabriqués au sein de la laiterie STLD sont :

- ✓ Lait de vache pasteurisé conditionné (entier et écrémé) ;
- ✓ Lait de vache pasteurisé fermenté (l'ben) ;
- ✓ Lait de vache pasteurisé caillé (Raib) ;
- ✓ Camembert au lait de vache (le fermier) ;
- ✓ Camembert au lait de chèvre (la chèvre fermière) ;
- ✓ Fromage à pâte pressée, Edam et le gouda (le fermier) ;
- ✓ La préparation fromagère alimentaire (fondu Barre et pot).

Les compartiments de l'unité

- ✓ Bloc administratif ;
- ✓ cantine ;
- ✓ salle de réception des collectes de lait ;
- ✓ laboratoire d'analyses microbiologiques et physico-chimiques ;
- ✓ salle de pasteurisation ;
- ✓ atelier de production de pâte molle ;
- ✓ hâloirs d'affinage pâte molle ;
- ✓ atelier pâte pressée ;
- ✓ atelier d'emballage et conditionnement ;
- ✓ atelier lait, fonte et crème fraîche.

I. Matériel

1. Appareillage

- Lactostar GERBERE.
- Lactoscan.
- Thermo-lactodensimètre.
- Butyromètre de GERBER.
- Centrifugeuse GERBER.
- Balance de précision.
- Dessiccateur à infrarouge.
- Bain-marie GERBER.
- Réfrigérateur.
- Etuve (MEMMERT, Allemagne).

- pH-mètre.
- Dessiccateur à infrarouge.

2. Autres matériel

- ✓ *Matérielles biologiques* : enzyme (présure), ferments lactique, lait de vache et lait de chèvre.
- ✓ *Produits chimiques et réactifs* : acide sulfurique, alcool isoamylique, phénolphtaléine en solution 1%, soude en solution (NaOH 0,11 N).
- ✓ *Verrerie* : béchers, burette, éprouvette, flacons en verre, pipettes graduée, Capsule en verre et en aluminium.

II. Méthodes

1. Etapes de fabrication de camembert

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.

Pasteurisation

Le lait e s t chauffé à une température de 78°C pendant 20 secondes afin de détruire la grande partie des germes pathogènes, suivi directement d'un refroidissement pour avoir un choc thermique qui détruit les spores.

Cette étape est nécessaire pour créer les bonnes conditions bactériologiques pour le développement des ferments lactiques.

Ensemencement – maturation

Durant cette étape le lait estensemencé par des ferments lactiques mésophiles et Thermopyles à 37°C.

Ces ferments assurent deux fonctions essentielles:

- ✓ Déclenchement de l'acidité (de 18°D à 21°d) ;

- ✓ contribuer aux caractères organoleptiques du fromage.

Ainsi, pour rétablir l'équilibre salin du lait on ajoute le chlorure de calcium (CaCl_2) à raison de 10%. La maturation prend 20 min à 30 min de temps.

Nb : pour la production de camembert de vache et camembert de chèvre on utilise des ferments différents.

L'emprésurage de lait

Le lait est rempli dans des bassines et il est emprésuré à un pH de 6,4.

Cette étape correspond à l'addition de la présure (0,8% à 1 % dans 800 litres de lait) à 37°C afin de lier les protéines du lait (coaguler le lait).

La coagulation du lait est observée par l'apparition des coagulums. A partir de ce moment, on prend le temps de l'emprésurage :

- ✓ temps de prise, environ 10 min pour l'apparition du coagulum ;
- ✓ temps de coagulation, 3 fois le temps de prise, environ 30 min.

Tranchage

Tranchage de caillé à l'aide d'une tranche caillée afin de séparer le lactosérum qui va être éliminé.

On tranche avec deux tranches-caille, l'un va servir au découpage horizontalement et l'autre verticalement afin d'obtenir des cubes de 1 cm³ de côté.

Brassage

C'est une étape préparatrice du moulage. Elle permet de présenter le lacto- sérum comme un surnageant.

Des brassages successifs sont effectués à l'aide d'un brassoire pour faciliter la remontée du sérum qui sera soutiré. Deux brassages sont effectués comme suit :

1^{er} brassage : il se fait après le temps de repos, très lentement pour ne pas briser le caillé et pour qu'il y'aurait la libération du lactosérum.

Puisage : on effectue le soutirage du lactosérum libéré à l'aide d'une pompe.

2^{ème} brassage : il se fait 15 min après le 1^{er} brassage.

Moulage et égouttage

Le caillé est mis dans des blocs moules laissant échapper le sérum, qui seront acheminés ensuite dans la salle d'égouttage d'une température qui varie entre 28-29°C pendant 24h.

Durant cette étape, on réalise 3 retournements dans un intervalle d'une heure.

Démoulage

Après 24 h, lorsque l'acidité du sérum et le pH du caillé atteignent les valeurs voulues, les préfromages sont démoulés et disposés sur des claies d'affinage.

Salage et ressuage

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

Après le salage, les fromages sont placés dans une salle de ressuage pour une durée de 24 heures à une température de 14°C en présence d'une ventilation et en effectuant un retournement.

Affinage

Après le ressuage, les fromages sont introduits dans des hâloirs à une température de 12°C + la ventilation + l'hygrométrie de 97 % pendant une durée de 10 jours. Durant cette période, les fromages sont pulvérisés de *Penicillium candidum* en effectuant des retournements tous les trois jours.

Conditionnement et emballage

Les fromages sont emballés manuellement ou bien à l'aide d'une machine dans un papier perforé cellulosique puis dans des boîtes en carton. Les fromages sont emballés dès le 12^{ème} jour lorsque la moisissure (penicillium) est suffisamment développée. Ils sont commercialisés sous cette forme avec l'appellation « fermier ».

Le diagramme de fabrication de camembert à l'unité STLD est illustré par la figure 14.

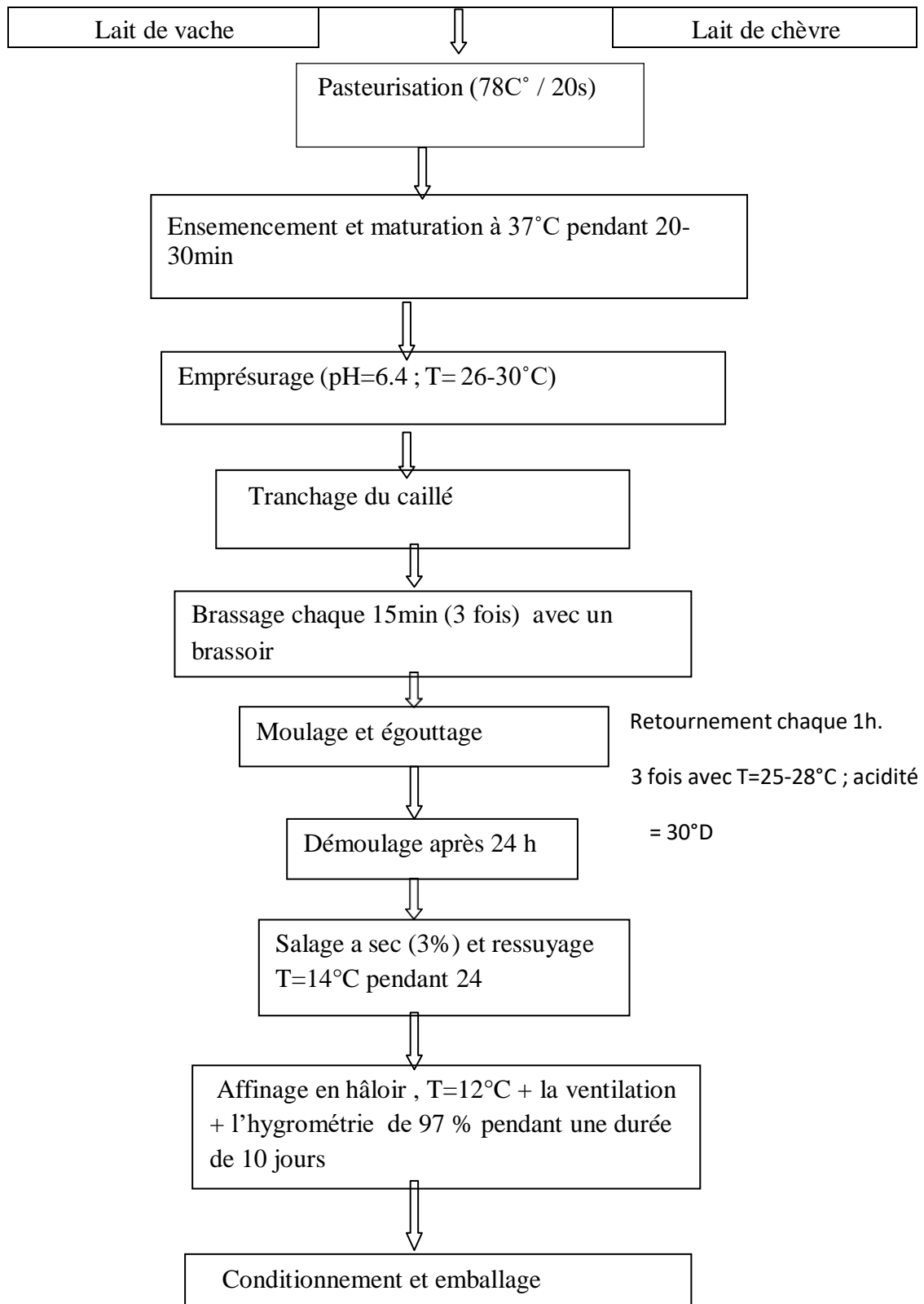


Figure 14: diagramme de fabrication de camembert à l'unité STLD.

2. Evaluation de la qualité physico-chimique

Les analyses physico-chimiques d'un produit ont pour but d'assurer sa fiabilité et sa consistance afin de garantir ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques. Ces analyses sont dans certains cas communs aussi bien pour la matière première que pour le produit fini (Scriban, 1999).

Les différentes analyses sont réalisées au niveau du laboratoire interne de l'unité de production. Elles sont réalisées sur la matière première « le lait de vache cru et le lait de chèvre cru » ainsi que sur les deux camemberts en dix (10) fois et représentant cinq productions différentes.

2.1. Echantillonnage

Les échantillons des laits crus sont prélevés à leurs réceptions au niveau de l'unité.

Se sont des produits en cours de fabrication et sont prélevés au démoulage (après 24h).

Les échantillons des produits en cours d'affinage sont prélevés au 6^{ème} jour d'affinage et au 12^{ème} jour d'affinage (produits fini).

Les paramètres physico-chimiques mesurés aux différents points d'échantillonnage sont résumés dans le tableau 7.

Tableau 07: Paramètres physicochimiques mesurés aux différents points d'échantillonnage.

Points d'échantillonnage	Paramètres physico-chimiques mesurés
Matière première : Lait de vache cru et le lait de chèvre cru	pH, acidité titrable, densité, teneur en matière grasse, test de détection des antibiotiques, ajout d'eau, protéine, lactose, matière sèche non grasse (ESD), point de congélation.
Produit en cours de fabrication (au démoulage)	PH – matière grasse – extrait sec – acidité.
Produit en cours d'affinage (au 6^{ème} j et au 12^{ème} j).	PH – matière grasse – extrait sec.

3. Analyse physico-chimique de la matière première

Mesure du pH

Le pH est une mesure de l'activité des ions (H⁺) contenus dans une solution, sa valeur est un indicateur de l'état de fraîcheur ou sur la stabilité du lait mesuré à l'aide d'un pH-mètre à une température de 20 C°.

On plonge l'électrode du pH-mètre dans le lait, puis on fait la lecture de la valeur du pH ensuite on retire l'électrode et on le rince avec de l'eau distillée (Figure 15).



Figure 15: pH mètre servant à mesurer le pH du lait (photo originale STLD,2022).

Détermination de l'acidité titrable

Dans un bécher, on prend 10ml de lait, on lui ajoute quelques gouttes de l'indicateur de phénolphaléine. On ajuste la burette qui contienne la soude (NaOH à 0,1N), puis on titre avec la solution jusqu'à l'apparition d'une coloration rose.

On lit le volume de NaOH en ml sur la burette (Figure 16).

Le résultat est exprimé en (°D) par la formule suivante :

$$AD = V * 10$$

Avec AD = acidité titrable.

V : volume en millilitre de la solution d'hydroxyde de sodium (0,1N).

(1 °D = 0,1g d'acide lactique par litre de lait, 1°D = 0,1 ml de la soude N/9).



Figure 16: burette servant a déterminé l'acidité titrable (photo originale STLD,2022).

Mesure de la densité

La densité du lait est le poids en kilos d'un litre de lait à 20°C. Elle est mesurée par un thermo-lactodensimètre (Figure 17). Ce dernier est plongé dans le lait, sur sa partie supérieure se trouve une échelle indiquant le degré de densité et de température.

- **Méthode**

Une éprouvette est remplie avec du lait jusqu'au bord. Ensuite, on plonge le thermo-lactodensimètre. Après sa stabilisation, on lit la valeur de densité et la température sur l'échelle à la surface du lait.

✓ Si la T° lue est inférieur à 20 c° :

La masse volumique = la valeur lue – 0,2 (T°- 20C°).

✓ Si la T° est supérieur à 20 c° (par exemple : 24 c°) :

La masse volumique = la valeur lue + 0,2 (23 + 20).

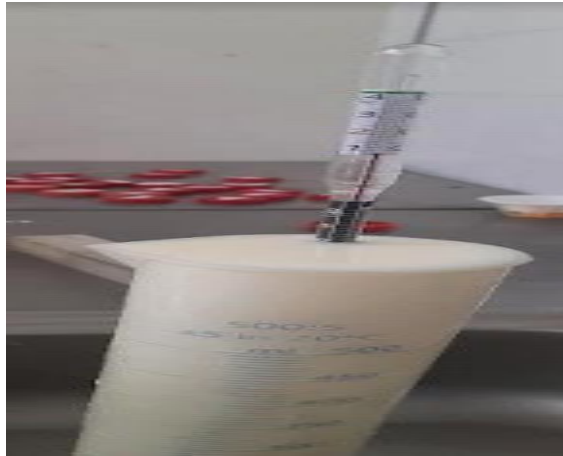


Figure 17: Un lacto-densimetre (photo originale STLD,2022).

Mesure de la teneur en matière grasse

La teneur en matière grasse du lait est déterminée par la méthode de GERBER (acido-butyrométrie).

On introduit 10 ml d'acide sulfurique concentrée de 91% dans le butyromètre à lait (Figure 18) puis on ajoute 11 ml de lait de production et 1 ml d'alcool iso amylique et on ferme avec un bouchon.

Ensuite, on agite soigneusement et on met le butyromètre dans la centrifugeuse puis on le centrifuge pendant 5 minutes.

*) Expression des résultats :

$$\text{TMG \%} = \text{A} - \text{B}$$

TMG : Teneur en matière grasse (%) Et ou g/l.

A : la valeur correspondant au niveau inférieur de l'échelle du butyromètre.

B : la valeur correspondant au niveau supérieur de la colonne grasse.



Figure 18: Les Butyromètres (photo originale STLD,2022).

Mesure d'ajout d'eau

Mesuré à l'aide d'un lactoscane en introduisant la sonde de lactoscane dans le lait après l'avoir étalonné, puis la valeur de l'ajout d'eau est lue directement sur l'afficheur de lactoscane (Figure 19).



Figure 19: Lactoscane (photo originale STLD,2022).

Test d'antibiotique

Il est utilisé à la réception du lait cru à l'unité pour vérifier son aptitude à la transformation fromagère en décelant la présence des antibiotiques.

A l'aide d'une micropipette 200 μ L de lait on verse quelques gouttes du lait dans une ampoule adaptée à ce teste (la β eta Star Combo). On l'incube dans un incubateur

(Figure 20) à 47,5°C pendant 2 à 5 min ensuite on introduit la bandelette qui porte les indicateurs des antibiotiques dans les ampoules.

La lecture des résultats se fait sur des bandelettes où :

- ✓ l'apparition de tous les traits signifie un résultat négatif.
- ✓ s'il manque l'apparition d'un trait le résultat est positif.



Figure 20: Incubateur pour le test d'ATB (photo originale STLD,2022).

Mesure du taux de protéine, de lactose, de la matière sèche non grasse (ESD) et le point de congélation.

Cette méthode décrit la mesure de (PR, ESD, lactose) du lait cru en introduisant la sonde de lacto star dans le lait après l'avoir étalonné, Les valeurs de lactose, de protéine, de minéraux, MG, ESD et de densité sont lues directement sur l'afficheur de lactostar (Figure 21).



Figure 21: Le lactostar gerber (photo originale STLD,2022).

4. Analyse physico-chimique du camembert

Détermination de la teneur en matière grasse (MG)

La matière grasse est exprimée en grammes de fromage. Elle est basée sur la dissolution des acides gras du fromage dans un butyromètre, par l'acide sulfurique. Une séparation de la matière grasse est faite par centrifugation puis on procède à une lecture directe.

- **Méthode**

On pèse 3g de fromage dans un godet en verre, puis on l'introduit dans un butyromètre. On remplit la cuve de butyromètre jusqu'à l'émersion totale du fromage avec l'acide sulfurique (concentration de 62,9%), ensuite on met le mélange dans un bain marin (température 80°C) pendant 45 min puis on effectue un retournement chaque 15 min.

Après la dissolution totale, on ajoute 1 ml d'alcool iso-amylique. Enfin, on introduit l'échantillon dans la centrifugeuse (360 tr/min pendant 5 min à une température de 65°C).

- **Résultat**

Le résultat est lu directement sur les graduations du butyromètre (Figure 22), la teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage.



Figure 22: Photo d'un butyromètre et d'un godet en verre (photo originale STLD,2022).

Détermination de l'acidité titrable du camembert

A l'aide d'une balance, on mesure une quantité bien définie (1g ou 2g) de la pâte interne de camembert après élimination de la pâte externe. Après, on ajoute une quantité suffisante de l'eau distillée pour dissoudre la pâte camembert.

On mélange bien l'eau distillée et le pesé de la pâte interne du camembert. Puis on ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine 1 %.

Le titrage de ce mélange est réalisé à l'aide de la soude (NaOH) jusqu'au virage au rose.

A la fin, on détermine le volume du NaOH utilisé (chute de la burette) qui sera utilisé pour déterminer l'acidité selon la formule suivant :

$$A (D^{\circ}) = \frac{\text{chute de la burette}}{\text{Masse de l'échantillon}} \times 100$$

Détermination de l'extrait sec total (EST)

À l'intérieur d'un dessiccateur infra-rouge (Figure 23), on place une capsule préalablement séchée et tarée, contenant 5g de l'échantillon à analyser.

Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission des radiations infra rouges et contrôler son poids à l'aide d'une balance intégrée, la dessiccation se fait à 105°C au bout d'un certain temps.

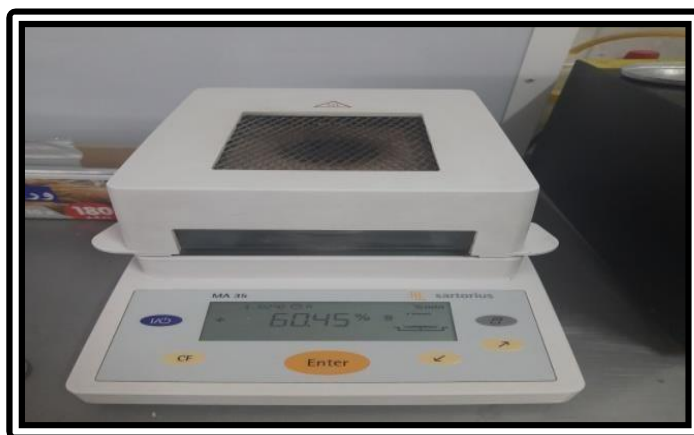


Figure 23: Dessiccateur infra-rouge (photo originale STLD,2022).

Détermination du pH du camembert

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

Le résultat est lu directement sur le pH-mètre (Figure 24).



Figure 24: Un pH-mètre pour camembert (photo originale STLD,2022).

5. Caractérisation sensorielle du fromage à pâte molle type camembert

L'objectif de l'analyse consiste à donner une description sensorielle des camemberts à base de lait de vache et de lait de chèvre et avoir une idée sur la qualité générale des deux fromages.

Le principe

Selon (Berodier *et al*, 2003), le principe consiste à donner à un sujet un échantillon de fromage camembert et les caractéristiques sensorielles sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations. La caractérisation porte sur :

- ✓ Aspect de surface.
- ✓ Le gout ;
- ✓ L'arome ;
- ✓ La texture de la pâte ;
- ✓ L'Appréciation globale du fromage.

Constitution du jury : Le groupe d'examineur est constitué de 15 personnes (ceux qui

travaillent dans l'unité STLD).

Préparation des échantillons

Les deux échantillons (le camembert fabriqué à partir de lait de vache et celui produit à partir de lait chèvre) sont coupés en petits carré et placés dans une boîte fermée pendant une heure avant le test, puis marqués et codés par les lettres A et B.

***A** : Camembert produit à partir de lait vache.

***B** : Camembert produit à partir de lait de chèvre.

Ensuite, les dégustateurs répondent aux questions sur la grille d'évaluation et évaluer les caractéristiques sensorielles (Annexes n°2).

Test de classement par rang

L'objectif de ce test est de déterminer la mesure dans laquelle le consommateur accepte un produit.

Déroulement du test

Nous avons expliqué aux dégustateurs l'objectif du test de classement ; nous leurs avons proposé de déguster les deux types de camembert et de les classer par ordre croissant de qualité souhaitée pour 4 caractéristiques : aspect, texture, goût, odeur et d'autres caractéristiques supplémentaires. Nous avons expliqué aux dégustateurs tous les points qu'ils trouvent sombres dans ces bulletins de réponses (Annexes n°3).

6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2007, sur les paramètres physico-chimiques des deux types du lait (chèvre et vache) et du fromage.

*Présentation et discussion
des résultats*

I. Composition physico-chimiques moyenne du lait

La moyenne des résultats des analyses physico-chimique du lait de vache et du lait de chèvre sont représentés dans la figure suivant :

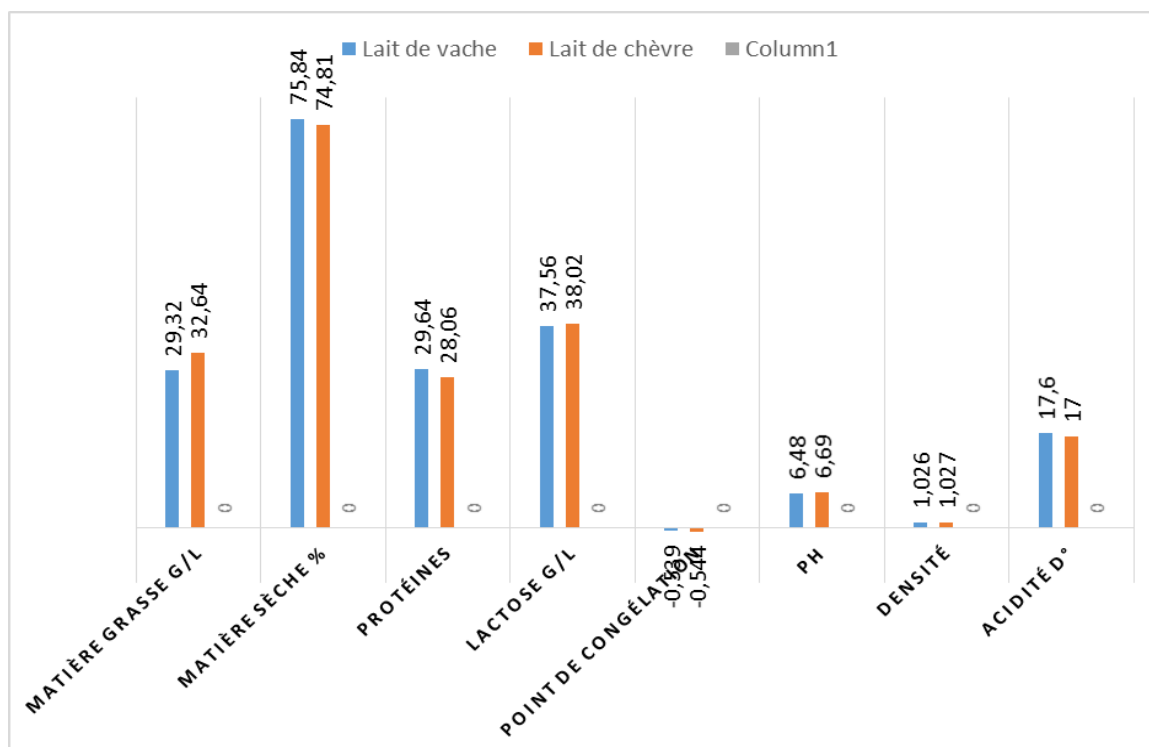


Figure 25 : Composition physico-chimiques moyenne des laits de vache et de chèvre.

Matière grasse (MG)

Les résultats de la figure 25 montrent que la matière grasse du lait de chèvre est plus élevée que celle du lait de vache avec une moyenne de $32,64 \pm 3,61$ g/l; $29,32 \pm 1,06$ g/l respectivement. Nos résultats sont inférieurs à ceux enregistrés par **Vermorel (1988)**, **Bocquier et Caja (2001)** et **Vignola (2002)** qui sont respectivement de 40, 37 et 37 g/l pour le lait de vache et de 32, 42 et 38 g/l pour celui de la chèvre.

Selon la conclusion des travaux de **Croguennec et ses collaborateurs (2008)**, la saison exerce un effet indirecte sur la composition du lait, en raison de la disponibilité alimentaire et aux caractéristique de la ration.

Mietton *et al* (1994) indiquent que la matière grasse est le composant le plus fluctuant, ainsi, son taux ne varie pas seulement au sein de la même espèce mais aussi d'un animal à l'autre et ceci en fonction du mois de lactation, de la traite, et des conditions d'élevage.

Extrait sec dégraissé (ESD)

Les résultats de la figure 25 montrent que les teneurs en extrait sec dégraissé (ESD) sont comparables chez les deux espèces. Elles sont respectivement de $75,84 \pm 4,01$ g/l et de $74,81 \pm 6,17$ g/l pour le lait de vache et celui de chèvre.

Nos résultats sont similaires à 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 matière grasse.

Taux de protéines (TP)

La teneur protéique moyenne du lait de vache est légèrement supérieur à celle de la chèvre soit respectivement $29,64 \pm 1,82$ et $28,06 \pm 2,81$ g/l.

Nos résultats (figure 25) sont inférieurs aux normes **FIL- AFNOR (1986)** qui eux rapporte une teneur moyenne en protéine de 32 g/l à 34g/l. Ils sont inférieurs à la norme établie par **J.O.R.A** (34 à 36g/L) ce qui confirme la faible teneur en EST.

Nos résultats sont aussi inférieurs à ceux trouvés par **Vermorel (1988)**, ils sont de 31 et 30 g/l poue les laits de vache et chèvre respectivement.

Selon **Pissavy et Dezendre (2006)**, certaines races sont plus prédisposées que d'autres à produire un lait riche en protéine.

Martin et Coulon (1995) indiquent que beaucoup de facteurs sont susceptibles d'influencer négativement sur le taux protéique et butyreux des laits. Il y a lieu de citer l'effet dela race, l'âge, le stade de lactation, la saison, et le climat prépondérant dans l'obtention de ces teneurs faibles.

Taux du Lactose

Les résultats (figure 25) montrent que le taux du lactose dans le lait de vache est légèrement inferieur à celui du lait de chèvre avec des valeurs respectives de $37,55 \pm 2,32$ et $38,02 \pm 2,92$ g/l).

Nos résultats sont inférieurs comparativement à ceux obtenus par **Vermorel (1988)** (48 et 43 g/l), **(Ftlq, 2002)** (48 et 50 g/l) et **(Pellerin, 2001)** (47 et 46 g/l) (respectivement pour les laits de vache et de chèvre).

Selon **(Salmon-Legagneur, 2005)**, la teneur en lactose varie parallèlement à la quantité de lait. La teneur maximum en lactose est atteinte au même moment que la quantité maximum de lait.

Point de congélation

Les résultats moyens obtenus (figure 25) montrent que le point de congélation est comparables chez la vache ($-0,539 \pm 0,03^\circ\text{C}$) et chez la chèvre ($-0,544 \pm 0,06^\circ\text{C}$). Le point de congélation du lait peut varier de $-0,54^\circ\text{C}$ à $-0,55^\circ\text{C}$ **(Mathieu, 1998)**.

De légères fluctuations dues aux saisons, à la race, à la région de production sont observées. D'une manière générale, tous les traitements du lait ou les modifications de sa composition qui font varier leurs quantités entraînent un changement du point de congélation **(Ghaoues, 2011)**.

Le pH

Les résultats obtenus montrent qu'en moyenne, le pH du lait de vache est légèrement inférieur à celui de la chèvre soit $6,48 \pm 0,04$ et $6,69 \pm 0,10$ respectivement (figure 25) soit une différence de plus de 3%. D'après **Sina, 1992**, un lait normal présente un pH entre 6,6 et 6,8.

Selon **Remeuf (1994)** et **Hanzen (2010)**, le pH du lait de vache est compris entre 6,5 et 6,7 à 20°C et celui de la chèvre se caractérise par des valeurs allant de 6,45 à 6,90. Comparativement à nos résultats, les valeurs enregistrées sont conformes à celles indiquées par ces auteurs.

Les valeurs du pH représentent l'état de fraîcheur du lait, plus particulièrement en ce qui concerne sa stabilité, du fait que c'est le pH qui influence la solubilité des protéines **(Amiot et al, 2002)**.

Densité

Les résultats de mesure de la densité du lait montrent des moyennes comparables de $1026,78 \pm 1,75$ et de $1027,94 \pm 2,21$ pour le lait de vache et de chèvre respectivement (figure 25).

La densité du lait de chèvre est relativement stable (Veinoglouet *al.*, 1982) et se situe à 1,022, inférieure à celle du lait de vache (1,036). En générale, la densité du lait à 15°C varie de 1,028 à 1,035 (Amiot *et al.*, 2002).

Nos résultats concordent avec ceux d'Ait Amer Meziane (2008), qui a trouvé une densité comprise entre 1,028 et 1,033 pour le lait de vache et entre 1,027 et 1,035 pour le lait de chèvre. Mais ils sont inférieurs aux normes FIL- AFNOR (1986) qui sont comprises entre 1,032 et 1,035.

Cette propriété physique varie selon la teneur en matière sèche, en matière grasse, de l'augmentation de la température et des disponibilités alimentaires (Charol et Vignola, 2002).

L'Acidité

D'après CIPC lait (2011), l'acidité naturelle est celle qui caractérise le lait frais, elle varie de 15 à 18°D. Park *et al.* (2006), Al Hadj et AL Kanhal (2010) ont déduits que le lait de vache est moins acide que le lait de chèvre avec des valeurs variants de 15 à 17 D° et de 14 à 18 D° respectivement.

Les valeurs moyennes enregistrées sont conformes aux résultats indiqués par : CIPC lait. (2011), Park *et al.*, (2006), Al Hadj et AL Kanhal (2010). Elles sont de $17,6 \pm 0,54$ D° et $17 \pm 0,70$ D° pour l'acidité des laits de vache et de chèvre respectivement.

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

II. Composition physico-chimique moyenne du pré fromage

Les résultats des analyses physico-chimiques du pré fromage au démoulage du lait de vache et de chèvre destinés à la fabrication du camembert sont représentés dans les tableaux 8 et 9 respectivement.

Tableau 08: Composition physico-chimique du pré fromage de vache au démoulage.

	ech 01	ech 02	ech 03	ech 04	ech 05	totale	moyenne	ecartype
pH	5.22	5.2	5.25	5.13	5.24	26.04	5.20	0.047
MG (%)	20	20	26	25	24	115	23	2.408
ext sec	42.02	43.43	48.26	46.58	47.11	227.8	45.56	2.358
acidité (D°)	85	86	87	92	90	440	87.5	2.915

Tableau 09 : Composition physico-chimique du pré fromage de chèvre au démoulage.

	ech 06	ech 07	ech 08	ech 09	ech 10	totale	moyenne	ecartype
ph	4.82	4.91	4.88	4.95	4.89	24.45	4.89	0.047
MG (%)	21	22	22	24	24	113	22.5	1.923
ext sec	36.99	43.71	42.34	45.29	39.55	207.88	41.77	3.857
acidité (D°)	82	85	84	89	88	428	85	2.880

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la teneur moyenne de tous les paramètres étudiés est supérieure ou légèrement supérieure dans le pré fromage obtenu à partir du lait de vache.

Ainsi, nous remarquons que la teneur en EST du pré fromage obtenu à partir du lait de vache est supérieure de 8,32% par rapport à celle obtenue à partir du lait de chèvre soit $45,56 \pm 2,35$ et $41,77 \pm 3,85$ g/l respectivement. Ceci est probablement dû à la composition initiale du lait (figure 25 et annexe 1).

Pour la teneur en MG, les valeurs obtenues sont comparables pour les deux pré fromage : une teneur moyenne de $23 \pm 2,40$ et de $22,5 \pm 1,92$ g/l à base de lait de vache et de lait de chèvre respectivement.

En ce qui concerne l'acidité, nous constatons que le pré fromage de vache est plus acide que le pré fromage de chèvre, les valeurs sont respectivement de $87,5 \pm 2,91$ et $85 \pm 2,88$ D°.

Pour ce qui est du pH, les résultats montrent que le pH du pré fromage de vache est légèrement supérieur au pH du pré fromage de chèvre qui est respectivement de $5,20 \pm 0,04$ et $4,89 \pm 0,04$.

Les résultats moyens des analyses physico chimiques des prés fromages de vache et de chèvre, sont présentés par la figure 26.

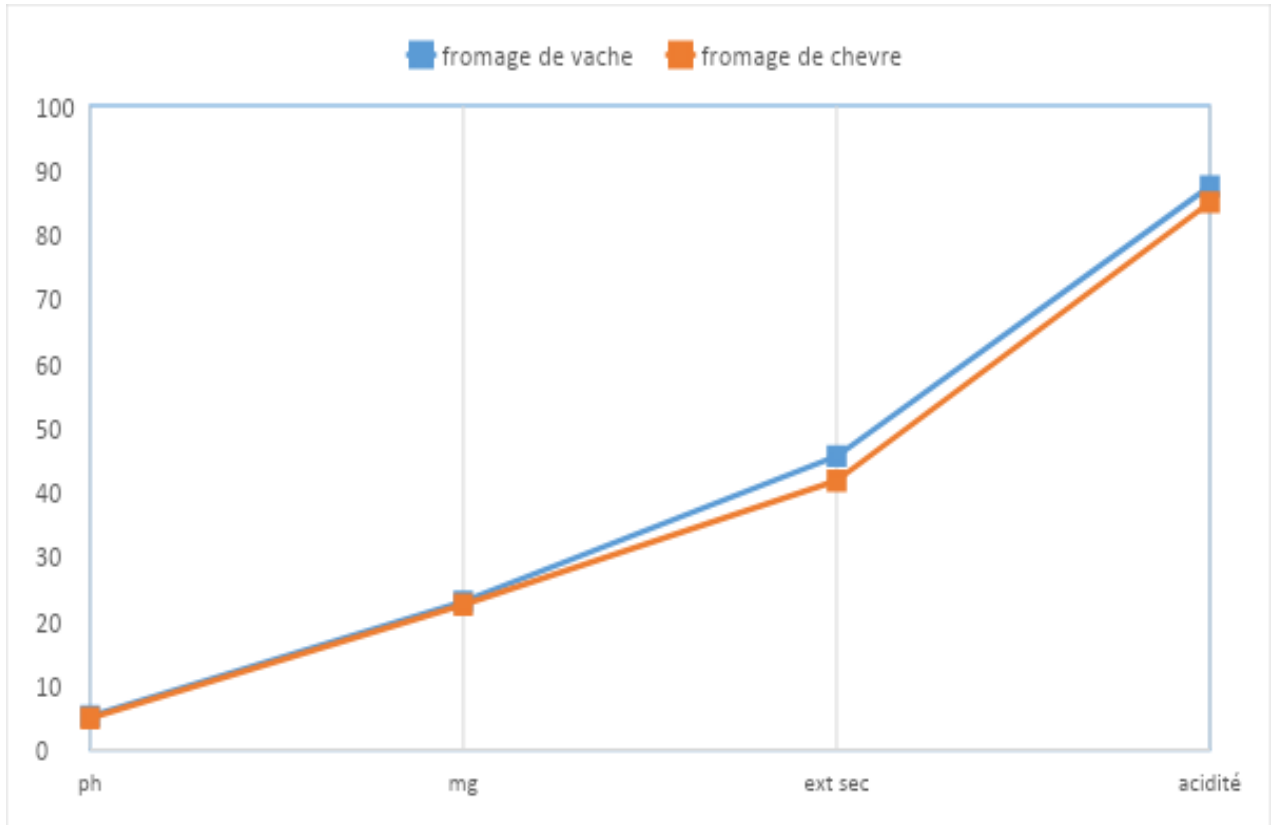


Figure26 : La moyenne des résultats des analyses physicochimiques des prés fromage.

III. Composition physico-chimiques moyenne du camembert au cours de l'affinage

Les résultats des analyses physico-chimiques des camemberts au cours de l'affinage sont représentés dans les tableaux suivants

Tableau 10 : Composition du camembert de vache au 6^{ème} jour d'affinage.

	ech 01	ech 02	ech 03	ech 04	ech 05	totale	moyenne	ecartype
ph	5.15	5.16	5.23	5.13	5.24	25.91	5.18	0.049
MG (%)	24	21	26	25	24	120	24	1.870
ext sec	47.91	47.16	51.31	47.58	47.11	241.07	48.21	1.761

Tableau11 : Composition du camembert de chèvre au 6^{ème} jour d'affinage.

	ech 06	ech 07	ech 08	ech 09	ech 10	totale	moyenne	ecartype
ph	4.89	4.99	4.94	5.01	4.98	24.81	4.96	0.047
MG (%)	21	27	27	25	26	126	25.2	2.489
ext sec	47.42	49.1	47.02	49.89	46	239.43	47.88	1.582

Tableau12 : Composition du camembert de vache au 12^{ème} jour d'affinage (produit fini).

	ech 01	ech 02	ech 03	ech 04	ech 05	totale	moyenne	ecartype
ph	5.21	5.35	5.27	5.26	5.25	26.34	5.26	0.051
MG (%)	27	21	26	25	26	125	25	2.345
ext sec	50.96	47.36	51.5	50.36	49.62	249.8	49.96	1.613

Tableau13 : Composition du camembert de chèvre au 12^{ème} jour d'affinage (produit fini).

	ech 06	ech 07	ech 08	ech 09	ech 10	totale	moyenne	ecartype
ph	5.09	5.12	5.08	5.1	5.13	25.52	5.10	0.020
MG (%)	21	27	27	25	26	126	25.2	2.489
ext sec	49.53	50.69	47.63	50.68	49.55	248.08	49.61	1.249

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 par la figure suivante :

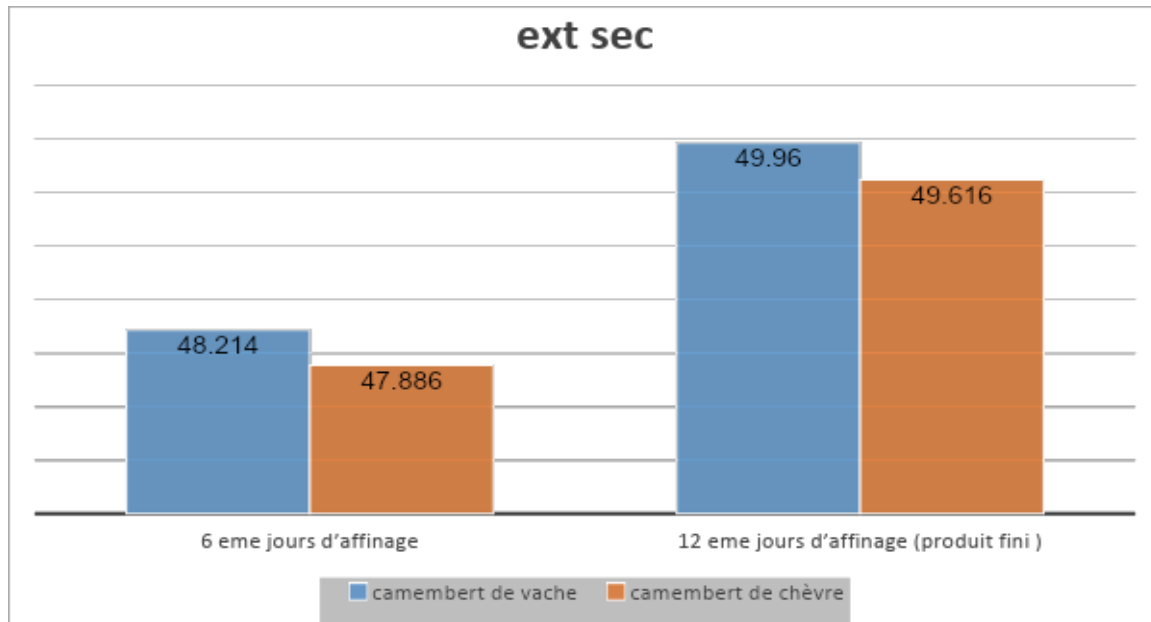


Figure 27: Résultats des analyses de l'EST des camemberts fabriqués durant l'affinage.

La figure (27) 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 (12^{ème} jour), la teneur en EST du fromage issu du lait de vache est comparable à celle du fromage issu du lait de chèvre ($49,96 \pm 1,61\%$ pour camembert de vache et $49,61 \pm 1,24\%$ pour camembert de chèvre).

Les résultats des extraits secs obtenus à partir des différents laits sont supérieurs à LA normes recommandées par le **CODEX ALIMENTARIUS (2010)**, qui est de 42% comme teneurs minimale pour les fromages à pâtes molles.

Alors que les normes **J.O.R.A** exigent des valeurs allant de 45 à 55 ce qui correspond aux résultats obtenu au dernier jour d'affinage et qui sont conforme aux normes **J.O.R.A**.

Selon **McMahon et al, (1999)**, la teneur en matière sèche des fromages varie en fonction de la teneur en matière grasse et du taux protéique du lait ce qui explique la variation de l'EST observé entre ces deux races caprine et bovine.

2. Evaluation de la variation en MG de camembert durant l'affinage.

La moyenne des résultats des analyses de la matière grasse des camemberts fabriqués à

partir des deux types de lait, sont représentés par la figure 13.

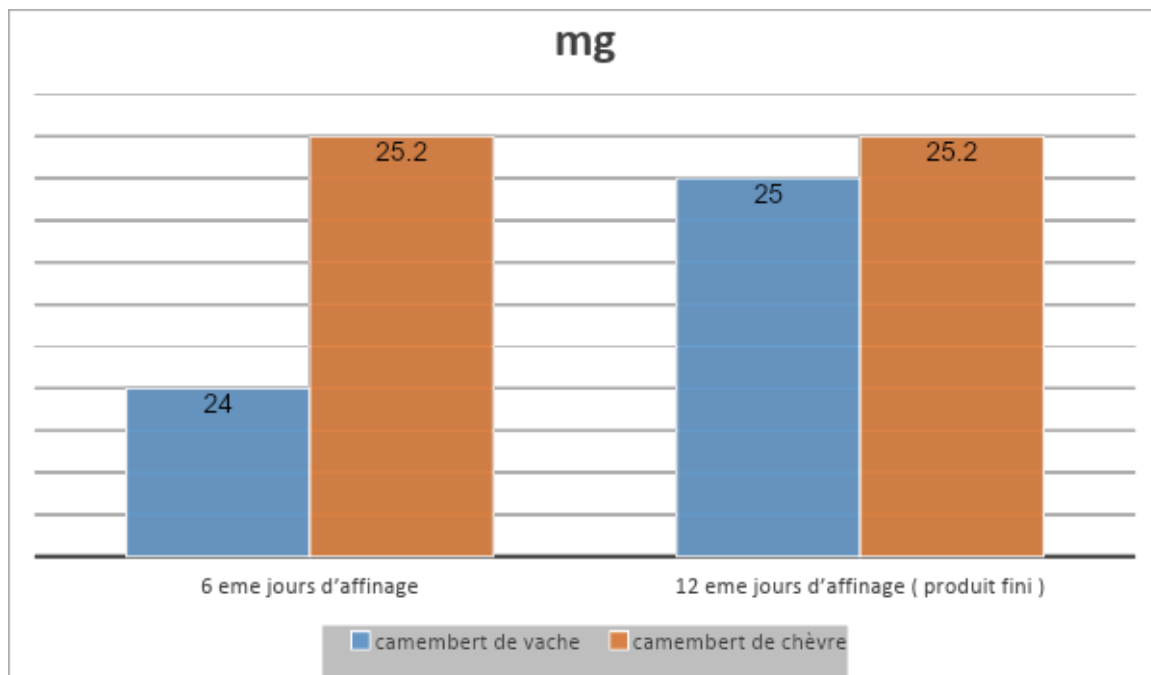


Figure 28 : Résultats des analyses de la matière grasse des camemberts fabriqués durant l'affinage.

Les résultats expérimentaux enregistrés révèlent :

- ✓ Une légère augmentation du taux de matière grasse au cours de l'affinage pour le camembert de vache.
- ✓ Le taux de matière grasse est constant durant l'affinage pour le camembert de chèvre.

Les valeurs passent de $24 \pm 1,87\%$ (au 6^{ème} j) à $25 \pm 2,34\%$ (au 12^{ème} j) pour le fromage à base de lait de vache. Cependant, les valeurs sont constantes du 6^{ème} jour au 12^{ème} jour pour le fromage à base de lait de chèvre ($25,2 \pm 2,48\%$).

Les résultats révèlent que les teneurs en matières grasses des deux types de fromages au dernier jour d'affinage se situent dans l'intervalle donné par la norme **J.O.R.A** et aux résultats de **Hardy (1997)** qui est de 20 à 40g.

Veisserye (1979) rapporte que le taux de la matière grasse du fromage dépend de la composition du lait utilisé et de la technologie appliquée. Ainsi, les pertes dans le sérum d'égouttage varient avec le type de fabrication.

3. Evaluation de la variation du pH du camembert durant l'affinage

La moyenne des résultats des analyses du pH des camemberts fabriqués à partir des deux types de lait sont représentés dans la figure suivante.

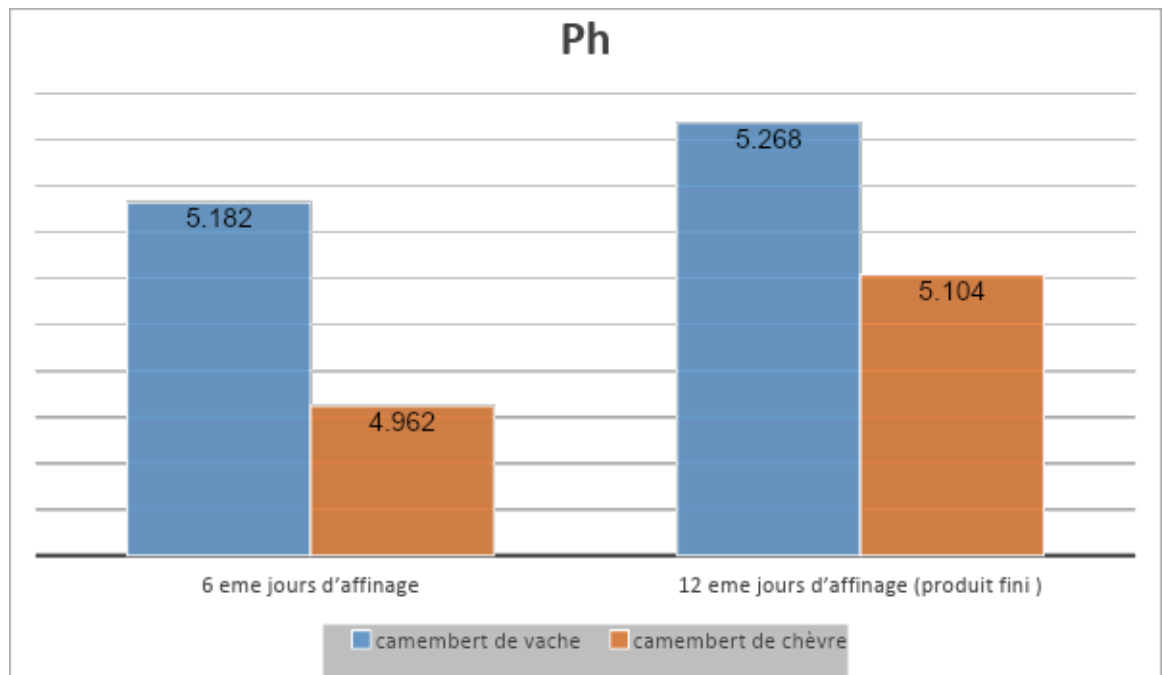


Figure 29 : Résultats des analyses de pH des camemberts fabriqués durant l'affinage.

Selon la figure 29, nous constatons que le pH des camemberts augmente progressivement durant la période d'affinage. Ainsi, les valeurs du pH passent de $5,18 \pm 0,04$ au 6^{ème} jour à $5,26 \pm 0,05$ au 12^{ème} jour, soit une augmentation de 1,52% pour le fromage à base de lait de vache et de $4,96 \pm 0,04$ au 6^{ème} jour à $5,10 \pm 0,02$ au 12^{ème} jour, soit une augmentation de 2,74% pour fromage à base de lait de chèvre.

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

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

D'après **Mietton et al, (1994)**, 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.

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.

IV. Résultats des analyses sensorielles.

Le test d’intensité permet de mettre en évidence les différences qui existent entre les deux types de camembert pour chaque caractéristique (Aspect, goût, odeur, texture) comme l’indique le tableau 14.

Tableau 14 : Résultats du test d’intensité des deux model de camembert.

Paramètre du test d’intensité	Model A	Model B
Aspect	Interne (couleur) : - jaune = 100% Structure de la croûte : Epaisse= 60% Lisse = 40%	Interne (couleur) : - blanc = 100% Structure de la croûte : Mince = 70% Lisse= 30%
Goût	- fortement Sallé = 81% - légèrement acide = 19%	Légèrement Sallé = 30% Bon = 70%
Odeur (arôme)	Lactique =100%	Animale = 100%
La texture	Molle = 70% Crémeux = 30%	Molle=50% Granuleux = 50%

***Aspect de la texture**

Selon les résultats du tableau 16, on note que l’aspect de la texture interne du camembert (A) fabriqué à base de lait de vache est 100% de couleur jaune par rapport au camembert (B) qui est 100% couleur blanche (figure 30).

Aussi pour la texture externe, 60% des dégustateurs ont jugé que le camembert A a une texture externe épaisse et 40% lisse, par rapport au camembert B qui a une texture mince (70%) et lisse (30%) (figure31).

La figure 15 représente une description sensorielle de l’aspect interne du camembert fabriqué.

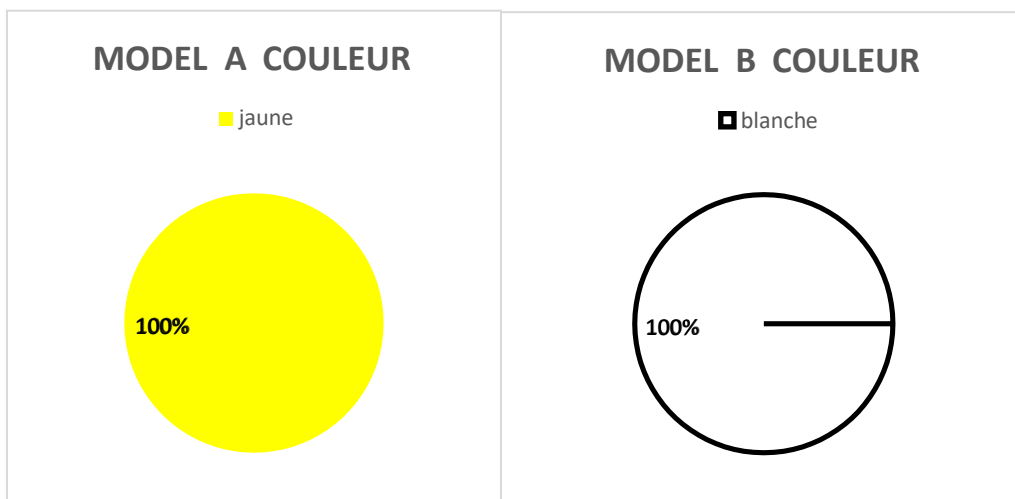


Figure 30 : Description sensorielle du camembert fabriqué (Aspect interne).

La figure 31 représente une description sensorielle de l’aspect externe du camembert fabriqué.

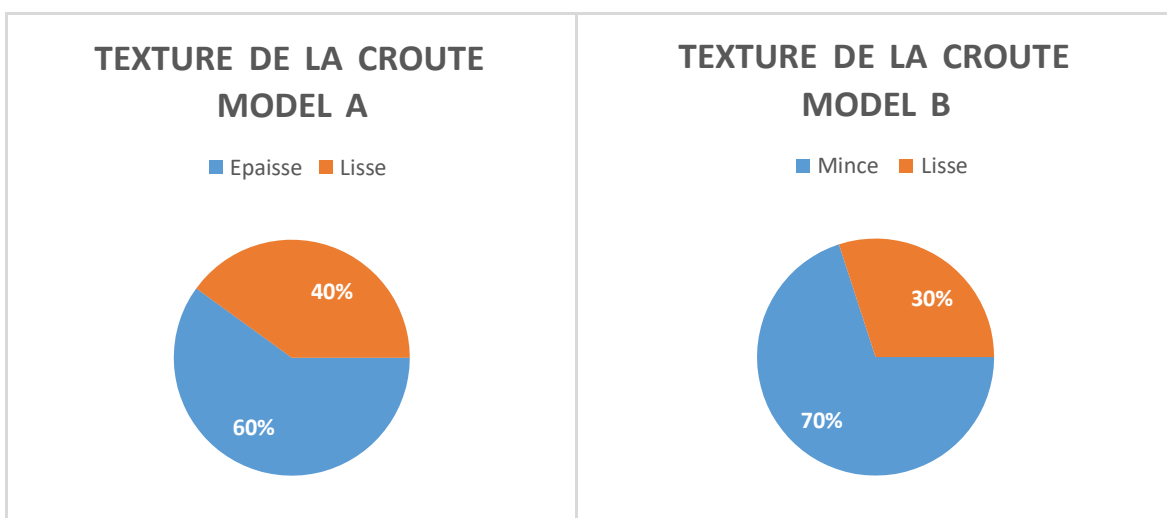


Figure 31 : Description sensorielle du camembert fabriqué (Aspect de la surface).

***Goût**

D'après les résultats on remarque que le camembert (A) fabriqué à base de lait de vache a un goût fortement Sallé (81%) et légèrement acide (19%) par rapport au camembert (B) qui a un goût légèrement Sallé (30%) et bon (70%).

La figure 32 représente une description sensorielle du goût du camembert fabriqué.

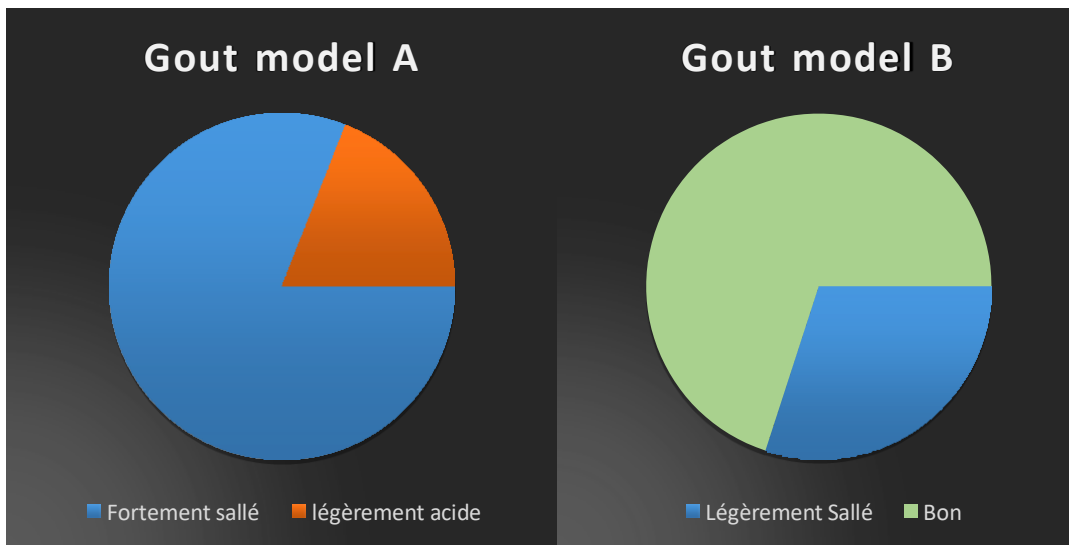


Figure 32 : Description sensorielle du camembert fabriqué (goût).

***Odeur (arôme)**

D'après les résultats, les dégustateur ont jugé que le camembert (A) fabriqué à base de lait de vache a un arôme lactique (100%) et le camembert (B) a un arôme animale (100%).

La figure 33 représente une description sensorielle du goût du camembert fabriqué.

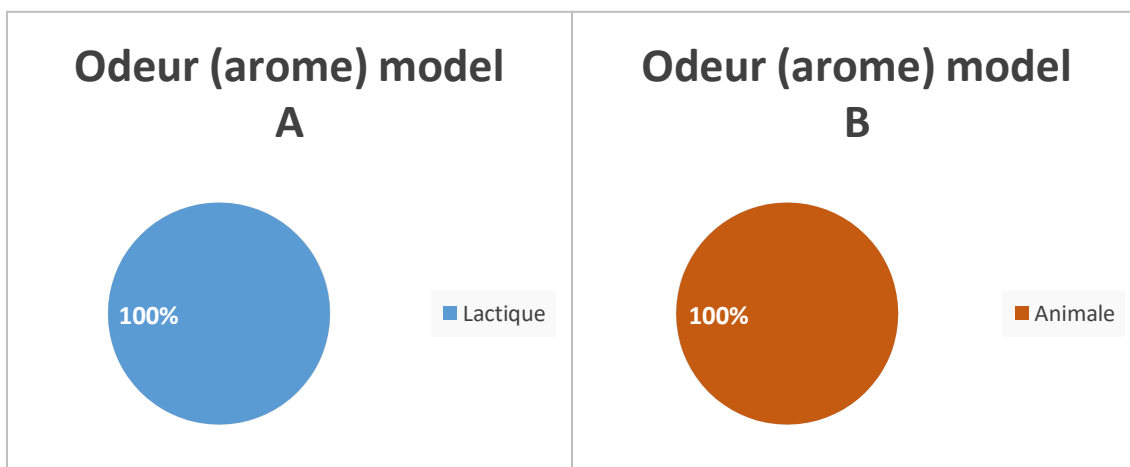


Figure 33: Description sensoriel du camembert fabriqué (Arôme).

*La texture

Les résultats obtenus montrent que le camembert (A) présente une texture molle (70%) et crémeuse (30%) en comparant avec le camembert (B) qui a une texture molle (50%) et granuleuse (50%).

La figure 34 représente une description sensorielle de la texture de la pâte du camembert fabriqué.

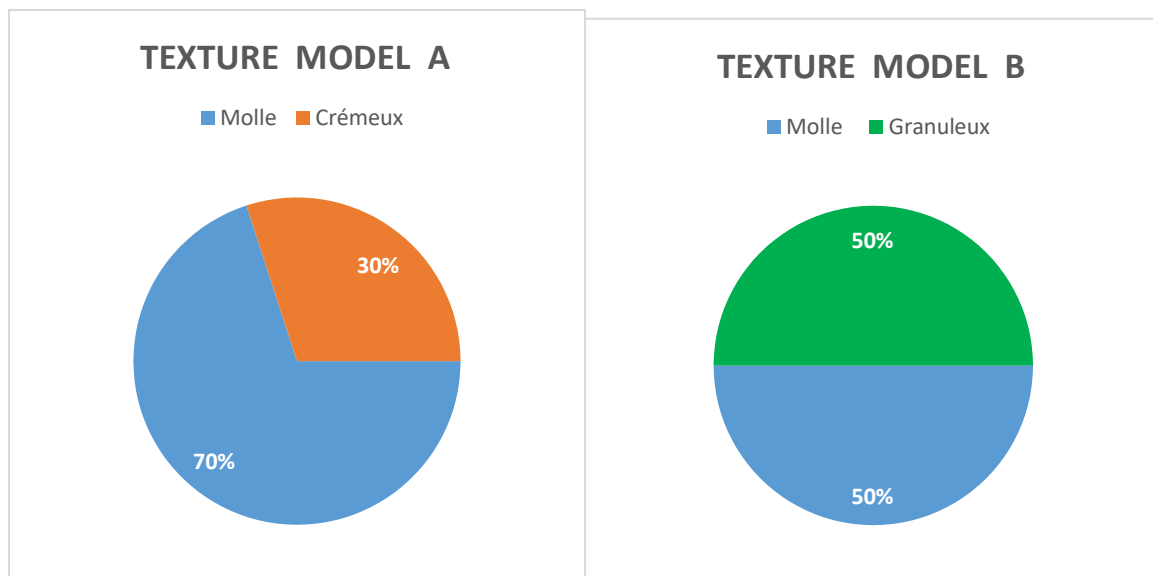


Figure 34 : Description sensorielle du camembert fabriqué (Texture de la pâte).

V. Test du classement des deux types de camembert.

Les résultats finaux de dégustation montrent que les dégustateurs ont aimé plus le camembert fabriqué à base de lait de vache (60%) par rapport à celui de chèvre (40%).

Vu que les dégustateurs ont plus d'habitude de consommer le lait de vache.

Tableau 15 : résultats du test de classement.

Produit fini	Model A	Model B	A+B
Nombre de dégustateur qui aiment le fromage.	9	6	15 dégustateur
Classement des résultats de produit fini par rang (%)	60%	40%	100%

Les photos ci-dessous illustrent les résultats que nous avons déjà expliqués (voir le tableau 14, volet aspect) de la coupe interne et externe des 2 types de camembert fabriqués à l'unité.

La coupe interne des pates fromagères	
Camembert à base de lait de vache	Camembert à base de lait de chèvre
	
La coupe externe des pates fromagères	
Camembert à base de lait de vache	Camembert à base de lait de chèvre
	

Figure 35: la comparaison entre les produits finis obtenus (photos original STLD, 2022).

Conclusion Générale

Conclusion

A travers cette étude, nous avons pu évaluer la qualité physico-chimique des deux types de lait (vache et chèvre), et la qualité physico chimique et organoleptique de leur camembert afin de mieux comprendre le comportement technologique au cours de leur fabrication , au niveau de la laiterie STLD.

De ces analyses on tire :

- Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que le lait de chèvre est légèrement supérieur à celui du lait de vache en termes de pH (6,69/ 6,48) et en acidité titrable : le lait de vache est moins acide que celui de la chèvre avec des valeur respectives (17,6/17 D°). D'autre part, la densité du lait de chèvre et de la vache sont comparables avec une moyenne égale respectivement à (1027,94 /1026,78). La teneur en matière sèche du lait de chèvre et de vache sont comparables (74,81 /75,84g/l). La teneur en matière grasse du lait de chèvre est plus élevée (32,64g/l), par rapport au lait de vache (29,32g/l). Concernant les protéines : le taux est légèrement élevé dans le lait de vache (29,64 g/l), par rapport au lait de chèvre (28,06 g/l). Enfin le lactose du lait de vache et légèrement inférieur de celui du lait de chèvre qui sont respectivement de (37,56 /38,02 g/l).
- Concernant les paramètres physico-chimiques du produit fini, on a constaté que le ph du camembert issu du lait de chèvre est un peu plus acide que celui issu du lait de vache (5,26/5,10), la matière grasse du camembert de chèvre et légèrement supérieure à celle du camembert de vache (25,2/25%), l'extrait sec du camembert de vache est comparable à celui de chèvre (49,96/49,61). Il en ressort ainsi que le type de lait influence sur la qualité physico-chimiques du fromage.
- Concernant les caractères organoleptiques et le test d'intensité, ces derniers ont révélé que le camembert fabriqué à base de lait de vache se distingue par rapport à celui fabriqué à base de lait de chèvre.

A travers de cette étude on conclut que le camembert produit par la laiterie STLD est de qualité hygiénique et sanitaire de valeur, donnant ainsi sa cote sur le marché.

Malgré que ce travail nécessite d'autres investigations plus approfondies pour comprendre certains points qui demeurent insuffisamment élucidés. Des analyses physico-chimiques et biochimiques du lait de chèvre et de vache doivent être réalisées sur un échantillon plus large comportant des laits individuels, et des laits de mélange collectés dans des régions différentes.

Références
Bibliographiques

AIT AMER MEZIANE L. 2008. Aptitude des laits de chèvres et berbès à la coagulation par des protéases d'origine avicole. Thèse de Magister en science Agronomiques, 2008

ALARAY V., DUTEURTRE G., & FAYE B., 2011. Elevage et sociétés : Les rôles multiples de l'élevage dans les pays tropicaux .INRA, prod Anim, p 145-156

AIHADJ,O.A., et Al KANHAL,H.A.2010.Composition, technological and nutritional aspect of dromedary camel milk. International Dairy Journal.xxx : 1-11.

AMELLAL, 1995. La filière lait en Algérie : entre objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance, Options méditerranéennes, Série B, n°14 :230.

AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R et TURGEON H. 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L, Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN:3-25-29. 600 p.

BENGOUMI M., AMEZIANE; EL HASSANI T., 2013. Evolution and efficacy of transfer of technologies in small ruminant production systems in North Africa. FAO-CIHEAM, p. 15-24.

BERTRAND F.,1988. Le fromage grand œuvre des microbes. Revue générale de froid,78,519-527 Biochimie. Microbiologie. Procédés. Produits. Volume2, Technologie des produits Alimentaires. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

BOCQUIER F., CAJA G.2001. Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation .INRA prod. Anim,14,(2),129-140

BOUBEZARI, 2010. Contribution à l'étude de caractéristiques physicochimiques et mycologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel. Mém. Mag. Constantine (Algérie), 124p.

CHILLIARD Y. 1996. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Actes du colloque : le lait de chèvre, un atout pour la santé, INRA. Niort, France, pp : 51-65.

CHILLIARD Y.1997. Caractéristiques biochimiques des lipides du lait de chèvre : comparaison avec les laits de vache et humain. Intérêt nutritionnel du lait de chèvre. Annales Pharmaceutiques Françaises, 59, 1, 51.

CHOLET O., 2006. Étude de l'écosystème fromager par une approche biochimique et moléculaire, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris, France.

CODEX ALIMENTAIRE (codex Stan 283-1978.Amendé en 26). Norme générale codex pour le fromage-méthode d'échantillonnage d'analyse.

CODEX ALIMENTARIUS. 2010. Norme Codex pour le Camembert (codex Stan2831978).

COGITORE A. 1987. Traité pratique de la réglementation laitière. 3^{ième} éd., 240-252, les sapins d'or, Paris.

CROGUENNECT., JEANTETR. Et BRULEG. 2008. Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

DAYON A. 2005. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chèvre revue des travaux récents ; colloque sur la chèvre, CRAAQ 7 Octobre, Québec, Canada.

DEBRY G. 2006. Lait, nutrition et santé. Edition Lavoisier, Paris.

ECKA1990. Le Fromage.3eme Edition, Lavoisier, Paris.

ECKA. 1997. Le fromage. Paris, Lavoisier. Techet

Doc,539p.

ECK et GILLIS J.C.2006: Le fromage, Lavoisier, 3eme édition, Paris.P.874.

ECK., GILLISJ.C., HERMIERJ., LENOIR.,WEBERF.1997. Le fromage, 3ème éditions. Editions Lavoisier TEC et DOC, 891 pages.

FANTAZI K., 2004. Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie. Cas de la vallée d'Oued Righ (Touggourt). Thèse de Magister I.N.A. Alger, 145p.

FAO.1995.Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FIL-AFNOR.,1986. Association française de normalisation.

FONTENEAUS., 1997. Comment Faire les Fromages : Frais, Fermentés, Affinés....

FORQUIN M-P., 2010. Étude de *Brevibacterium aurantiacum*, une bactérie d'affinage de fromage : de son métabolisme du soufre à son interaction avec *Kluyveromyces lactis*. Thèse de doctorat en microbiologie, L'institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Paris, 183p.

FREDOT E., 2006. Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 25(397 pages).

FREDOT., 2005. Connaissance des aliments - bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Edition Tec & Doc, Lavoisier, pp 38,43/424.

FTLQ., 2002. Science et Technologie du lait. Fondation de Technologie Laitière du Québec Inc. Ed, Presses Internationales Polytechnique, Québec, Canada, pp. 28-44.

GAUCHERON F., 2004. Minéraux et produits laitiers, Tec et Doc, Lavoisier. P: 494-783.(922pages).

GHAOUES S., 2011. Evaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de cinq marques de lait reconstitués partiellement écrémés commercialisés algériens. mémoire du magister en sciences alimentaires. I. N. A. T. A. A. univ mentore Constantine.

GUEGENL., 1979. Cach. Nutr. Diét., 14, 213-217.

GUIRAUD J.P., 1998. Microbiologie alimentaire. Ed Dunod, Paris, 250p.

GUIRAUD J.P., 2003. Microbiologie Alimentaire. Dunod, Paris.

HAFID N., 2006. L'influence de l'âge, de la saison et de l'état physiologique des caprins sur certains paramètres sanguins. Mémoire de Magistère en Sciences vétérinaires, Univ de Batna, 101p.

HANZEN Ch., 2010 : lait et production laitière 1^{er} doctorat, faculté de médecine vétérinaire, université de Liège.

HARDY J., 1997. L'activité de l'eau et salage des fromages .in : Eck A Gillis J. LE Fromage. 3^{ème} édition, Lavoisier, Paris, p62-84.

HELLAL F., 1986. Contribution à la connaissance des races caprines algériennes: Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord, Thèse. Ing. Agro. INA. El Harrach. Alger.

HERMIER J. CERF O., 2006. La préparation du lait. In: « fromage ». 3^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

HODEN A. et COULON J.B., 1991. Maîtrise de la Composition du lait : Influence des Facteurs Nutritionnels sur la Quantité et les Taux de Matières Grasses et Protéiques. INRA Production Animale, 4, 361-367

INRA (Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie), 2003. Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales: Algérie. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Alger, 45 p.

JAUBERT G., 1997. Flavour of goatfarm bulkmilk. *Cah Opt Mediter*, 25:89-93.

JEANNES R., 1980. Composition and characteristics of goat milk: Review, *Dairy Sci*, pp. 1605-1630.

JEANTETR.CROGUEENNECT.SCHUCKP.BRULE G., 2007. *Science des Aliments*.

JEANTET R., CROGUENNEC T., MAHAUT M., SCHUCK P. et BRULE G., 2008. *Les produits laitiers*, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris,(185 p).

JORA(1998). *Journal Officiel de la République Algérienne n°35 du 27 mai 1998*.

JUILLARD U., FOUCAUD C., DESMAZEAUD M. et RICHARD J., 1996. *Le lait*, 79:13-24.

KABLI, N., 2018. Caractérisation des exploitations bovines laitières dans la Wilaya de Tizi-Ouzou (Cas de Fréha) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

KHOUALDI G., 2017. caractérisation du fromage traditionnel algérien «Meghissa». Mémoire de magister en science alimentaire de biotechnologie et génie industrie alimentaire, institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires, université des frères mentouri, constantine.p 96.

KIKUCHI T., TAKAFUGIS.,1971. Studies on the microorganisms of Camember tcheese. II. Experiments on protease of Camembert cheese mould. *Jap. J. Zooteeh. Sci.*,42(5),205-209.

LENOIR J., LAMBERTG.etSCHMIODTJ.L.,1983. L'élaboration d'un fromage : l'exemple du Camembert. *Pourlascience*,30, 69.

LEROY. 1965. Le producteur du lait «guide du contrôle laitier et beurrier agrude».

MERIBAI A., OUARKOUB M ET BENSOLTANE A. 2016. La problématique de la production et d'importation du lait en Algérie : Etat des lieux, aspects deficitaires et perspectives, *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnologie*. Volume 35(7). Pp 1986-1992.

MAHAUTM., JEANTETR et BRULEG., 2000. *Initiation à la technologie fromagère*. Tec et Doc, Lavoisier, Paris,(194p).

MAJDI A.,2009. ‘Les fromages AOP et IGP.’, in Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie,88p.

MANSOUR L. 2015. Etude de l'influence des pratiques d'élevage sur la qualité du lait: effet de l'alimentation. *Thèse Doctorat Université Ferhat Abbas.*

MARTINB., COULONJ 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.*

MATHIEU J., 1998. Initiation A la Physicochimie du Lait. Guides Technologiques des IAA. Tech & Doc, Lavoisier, Paris.

MATHIEU J., 1999. Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190(220 pages).

MATHIEU, H., 1985. Modification du lait après récolte. Dans : Lait et produits laitiers. Vaches, brebis, chèvres. Luquet F.M tome 1. Tech. & Doc., Coll. STAA, Lavoisier, Paris. 60.

MDAHOUA., 2017. Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industrielle à pâte molle type camembert au cours des affinages et évaluation de ces aptitudes technologiques. Thèse de doctorat en production et biotechnologie animales, université d'Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem,132p.

MICHELL., 2008. La technique fromagère .Ed : Top Offs et Montréal, 102p.

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.*

MITTAINÉJ., 1980. Les Laits autres que le Lait de Vache

MOUSTARIA, A.,2008. Identification des races caprines des zones arides en Algérie. *Rev des régions arides, p 1378-1382. p : 249-302.*

NEELAKANTEN J., SHAHANI K.M., ARNOLD R.G., 1971. Lipases and flavor development in some Italian cheese varieties. *Food Production Développement, 5, 52-58p.*

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.

PARK,Y.W., ZHANG,H., ZHANG,B., et ZHANG,L., 2006. Mare milk, in Park et Haenlein (eds), *Handbook of milk of non-bovine mammals*, pp. 275-296. Blackwell Publishing Professional, USA.

PATRICK A., LEAN L., PHILIPPE C., 2010. fabrication des produits laitiers frais.*in* :Daniel S., Martin F., Philipe D., Transformer les produits laitiers frais à la ferme. Martine, Paris, p.39-143.

PELLERINP., 2001. Mise au point Intérêt nutritionnel de lait de chèvre Connaissances actuelles et perspectives. AnnPharmFr-59,Masson, pp 51-62.

PISSAVY A., DEZENDRE N., 2006. Quelques pistes de réflexion pour améliorer le taux protéique.

POUGHEON,S.,etGOURSAUD,J.,2001. Le lait caractéristiques physicochimiques In DEBRYG., Lait, nutrition et san AMIOT J., FOURNER S. LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R. et TURGEONTé, Tecet Doc, Paris:6 (566pages).

REMEUF F., LE NOIR J. Et DUBY C., 1989. Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. Lait, 69,499, 518.

REMEUF.,F.,1994. Relations entre les caractéristiques physico-chimiques et aptitudes fromagères des laits. Rec.Méd.Vét.,1994, 170(6/7): 359-365.

REY A., 1994. Dictionnaire Historique de la Langue Française. Dictionnaires Le Robert, nouvelle Ed., Paris.

RIMA, B. F. R., & DALAL, N., 2015. Caractéristiques zootechniques des principales races de vaches laitières.

ROBERT.,2002. Journal Officiel de l'Union Européenne

ROUDAUT,H.,etLEFRANCQ,E.,2005. Alimentation théorique. Edition Sciences des Aliments Rustica Editions.

SIBOUKEUR O., 2008. Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physicochimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation, 2008. Thèse de doctorat d'état. Inst nat, agro, Alger.

St-GELAIS D, et TIRARD P., 2002. Fromage ; in : « Science et Technologie du Lait » ed. Carole I. vignola, Presses Internationales Polytechnique, Canada.

SYLVAINN., 2004. Positionnement des produits laitiers caprins auprès des professionnels de la santé.

THAPON J.L., 2005. Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: P: 14-51.(77pages).

TRIMOLIERJ. SERVELLE Y. JACQUOT R. et DUPIN H., 1984. Manuel d'Alimentation Humaine, Tome 2, les Aliments, Tec et Doc, 9^{ème} Edition, Lavoisier, Paris.

VEINGLOUB., BALTADJIEVA M., KALATZOPOULOS G., STAMENOVAV. et PAPADOPOULOUE., 1982. La composition de lait de chèvre de la région de Plovidiv et en Bulgarie et de Ioninna en Grèce. Lait, 65, 155-165.

VEISSEYRER., 1975. Technologie du lait 3^{ème} édition, Maison rustique, Paris.

VEISSEYRER., 1979. Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3^{ème} édition. Edition la maison rustique, Paris.

VIGNOLA C.L., 2002. Science et technologie du lait : Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, Canada, 600p

VILLEMOT J. M., 1990. Implantation de troupeaux caprins laitiers et émergence d'une filière lait de chèvre dans les pays du Maghreb, DSPU, Montpellier, 30 p.

WOLTER, R., 1988. Alimentation de la vache laitière. 3^{ème} édition. Editions France Agricole. Paris.

Site internet :

Anonyme 01 <https://www.histoiresdefromages.fr/histoire-fromage.html>

Anonyme 02 http://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/static/qc/classification_fromage

Anonyme 03 <https://laboxfromage.fr/blog/marie-harel-camembert/>

[1]. <https://kissmychef.com/produits/ingredients/les-10-fromages-a-pate-molle-preferes-des-francais/>

[2]. <http://www.lebailli.be/details.html?id=155&item=Fromages+%C3%A0+p%C3%A2te+fra%C3%AEche>

[3]. <https://cuisine.journaldesfemmes.fr/encyclopedie-produits/2773997-fromages-a-pate-pressee-cuite/>

[4]. https://www.gastronomiac.com/cpt_produits_ingre/pate-pressee-non-cuite-ou-demi-dure/

[5]. <https://www.silverson.fr/fr/mediatheque/rapports-dapplication/fabrication-de-fromage-fondu>

[6]. <https://www.filiere-laitiere.fr/fr/node/65/popin>

[7]. <https://www.etaitaly.com/fr/traitement-du-lait/homogeneisateurs-de-lait/>

[8]. <https://www.materiel-horeca.com/guide/comment-se-fait-la-pasteurisation-du-lait/>

[9]. <https://www.camembertdurand.fr/fromagerie/17-un-camembert-unique>

[10]. <https://www.xn--ro-bja.fr/process-de-fabrication>

[11]. <https://www.xn--ro-bja.fr/process-de-fabrication>

[12]. <https://www.produits-laitiers.com/fromage-les-secrets-dun-bon-emballage/>

ANNEXE

Annexe 01 :

Tableau 1 : Composition physico-chimiques moyenne du lait de vache et du lait chèvre.

	Lait de vache	Lait de chèvre
Matière grasse (MG) (g/l)	29,32 ± 1,06	32,64 ± 3,61
Matière sèche (ESD) (g/l)	75,84 ± 4,01	74,81 ± 6,17
Protéines (TP) (g/l)	29,64 ± 1,82	28,06 ± 2,81
Lactose (g/l) (g/l)	37,56 ± 2,32	38.02 ± 2.92
Point de congélation (°C)	-0,539 ± 0,03	-0,544 ± 0,06
PH	6,48 ± 0,04	6.69 ± 0.10
Densité (D°)	1026,78 ± 1,75	1027,94 ± 2,21
Acidité	17,6 ± 0,54	17 ± 0,70
Ajout d'eau	3,33 ± 3,60	2,17 ± 2,74
ATB	(-)	(-)

Tableau 2 : paramètre physico-chimiques des laits de vache.

	ech 01	ech 02	ech 03	ech 04	ech 05	totale	moyenne	ecartype
MG	29	29.4	31.1	28.4	28.7	146.6	29.32	1.06160256
USD	79.97	76.32	79.41	71.06	72.45	379.21	75.842	4.01162934
PROTEINE	31.4	30	31.3	27.5	28	148.2	29.64	1.82016483
LACTOSE	39.8	38	39.7	34.8	35.5	187.8	37.56	2.32658548
point cong	-0.545	-0.504	-0.507	-0.568	-0.572	-2.696	-0.5392	0.03246075
ph	6.52	6.5	6.52	6.46	6.42	32.42	6.484	0.04335897
densité	1028.7	1027	1028.2	1024.7	1025.3	5133.9	1026.78	1.75128524
acidité	18	17	18	18	17	88	17.6	0.54772256
ajout d'eau	3.26	0	8.59	4.79	0	16.64	3.328	3.60492302
ATB	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	0	0

Tableau03 : paramètre physico -chimiques des laits de chèvre.

	ech 06	ech 07	ech 08	ech 09	ech 10	totale	moyenne	ecartype
MG	33	38	33.6	29.6	29	163.2	32.64	3.61496888
USD	73.88	85.34	73.29	69.08	72.48	374.07	74.814	6.17085731
PROTEINE	28	32.6	27.7	27.1	24.9	140.3	28.06	2.81300551
LACTOSE	35.4	41.3	35.1	40.8	37.5	190.1	38.02	2.9218145
point cong	-0.58	-0.617	-0.578	-0.487	-0.461	-2.723	-0.5446	0.06692757
ph	6.6	6.86	6.65	6.62	6.7	33.43	6.686	0.10430724
densité	1026.3	1030.9	1026	1029.7	1026.8	5139.7	1027.94	2.21427189
acidité	17	16	17	17	18	85	17	0.70710678
ajout d'eau	4.69	0	0	0.55	5.6	10.84	2.168	2.74579132
ATB	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0	0	0

Annexe 02 : fiche de dégustation (test d'intensité)**Fiche du teste d'intensité**

NOM :

PRENOM :

Examinez et gouttez chacun des deux échantillons, puis donnez une note de 1 à 9 selon l'intensité de chaque caractère.

	MODEL A	MODEL B
LA TEXTURE <ul style="list-style-type: none"> • Molle • Dure • Souple • crémeux • Granuleux 		
ODEUR <ul style="list-style-type: none"> • Lactique • Ammoniacale • Animale 		
LE GOUT <ul style="list-style-type: none"> • fortement Sallé • légèrement Sallé • fortement acide • légèrement acide • bon 		
ASPECT <p>Interne(Couleur)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Blanc • Marron • jaune <p>Externe (structure de la croute)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Epaisse • Lisse • mince 		

Annexe03: fiche de dégustation (test de classement par rang)

FICHE DU TEST DE CLASSEMENT PAR RANG

NOM :.....

Prénom :.....

Date :.....

Analysez et goutez les deux échantillons, puis classez les par ordre croissant selon votre préférence.

Codes

classement

A

...

B

...

Annexe 04 : Quelques photos des matériaux utilisés dans le laboratoire d'analyse.



Photo 1 d'un dessiccateur infra-rouge.



Photo 2 d'une centrifugeuses gerbere.



Photo 3 d'un bain marie.



Photo 4 d'un lactostar gerbere.

Annexe 05 : quelques photos des résultats obtenu durant le stage.

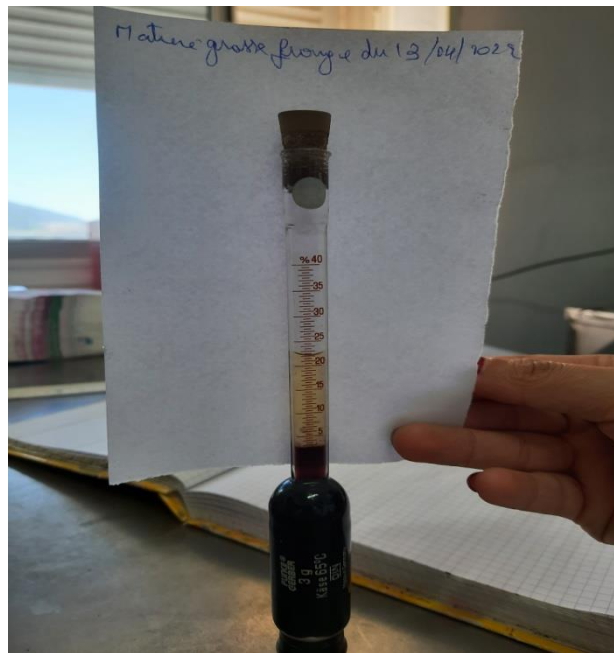


Photo 1 de matière grasse du fromage.

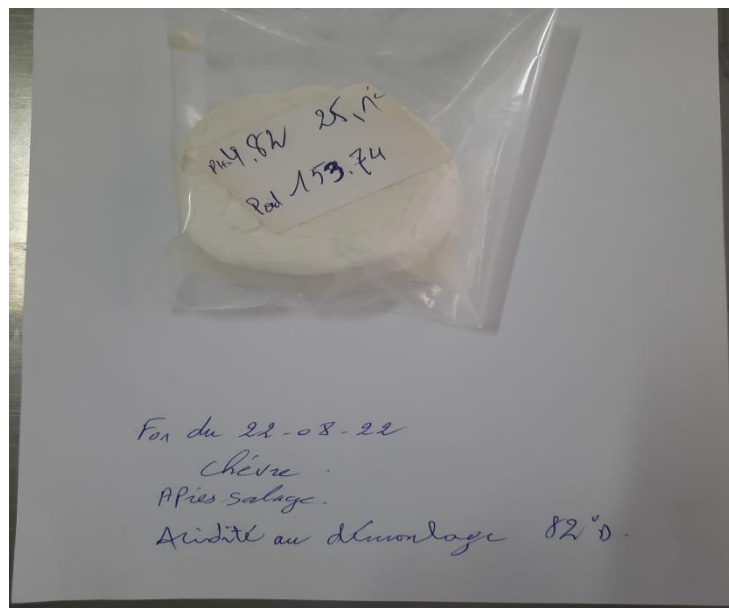


Photo 2 du camembert de chèvre après salage.



Photos 3 du camembert au cours de l'affinage.



Photo 4 du pré fromage après 24h.



Photos 5 du camembert au 6eme jour d'affinage.



Photo 6 du camembert au 6eme jour.

Résumé

La présente étude, menée à l'unité STLD (société de transformation de lait et dérivés), nous a permis d'évaluer la qualité physico-chimique des deux types de lait (lait de vache et lait de chèvre) et la qualité physico-chimique et organoleptique de leur camembert afin de mieux comprendre le comportement technologique au cours de leur fabrication.

Les résultats obtenus ont montré que le lait de chèvre est légèrement supérieur à celui du lait de vache en termes de pH (6,69/6,48) et en acidité titrable: le lait de vache est moins acide que celui de la chèvre avec des valeurs respectives (17,6/17 D°). D'autre part, la densité du lait de chèvre et de la vache sont comparables avec une moyenne égale respectivement à (1027,94/1026,78). La teneur en matière sèche du lait de chèvre et de vache sont comparables (74,81/75,84g/l). La teneur en matière grasse du lait de chèvre est plus élevée (32,64g/l), par rapport au lait de vache (29,32g/l). Concernant les protéines: le taux est légèrement élevé dans le lait de vache (29,64 g/l), par rapport au lait de chèvre (28,06 g/l). Enfin le lactose du lait de vache et légèrement inférieur de celui du lait de vache qui sont respectivement de (37,56/38,02 g/l).

Concernant les paramètres physico-chimiques du produit fini, on a constaté que le pH du camembert issu du lait de chèvre est un peu plus acide que celui issu du lait de vache (5,26/5,10), la matière grasse du camembert de chèvre et légèrement supérieure à celle du camembert de vache (25,2/25%), l'extrait sec du camembert de vache est comparable à celui de chèvre (49,96/49,61).

Concernant la qualité organoleptique des deux types de camembert, certaines différences ont été en effet constatées notamment concernant le goût, l'odeur et la texture. Cependant, d'après les résultats du teste de classement, le camembert issu du lait de vache est plus apprécié par les dégustateurs que celui issu du lait de chèvre.

Mots clé : vache ; chèvre ; lait ; camembert ; analyse physico-chimique.

Abstract

This study, conducted at the STLD unit (milk and derivatives processing company), enabled us to assess the physico-chemical quality of the two types of milk (cow's milk and goat's milk) and the physico-chemical and organoleptic of their camembert in order to better understand the technological behavior during their manufacture. The results obtained showed that goat's milk is slightly higher than cow's milk in terms of pH (6,69/6,48) and titratable acidity: cow's milk is less acidic than goat's with respective values (17,6/17 D°). On the other hand, the density of goat and cow milk are comparable with an average equal respectively to (1027,94 / 1026,78). The dry matter content of goat's and cow's milk are comparable (74,81/75,84g/l). The fat content of goat's milk is higher (32,64g/l), compared to cow's milk (29,32g/l). Concerning proteins: the rate is slightly high in cow's milk (29,64 g/l), compared to goat's milk (28,06 g/l). Finally the lactose of cow's milk and slightly lower than that of cow's milk which are respectively (37,56 / 38,02 g/l).

Regarding the physico-chemical parameters of the finished product, it was found that the pH of camembert from goat's milk is a little more acidic than that from cow's milk (5,26/5,10), the fat of goat's camembert is slightly higher to that of cow camembert (25,2/25%), the dry extract of cow camembert is comparable to that of goat (49,96/49,61).

Regarding the organoleptic quality of the two types of Camembert, some differences have indeed been observed, particularly concerning taste, smell and texture. However, according to the results of the classification test, Camembert made from cow's milk is more appreciated by tasters than Camembert made from goat's milk.

Keywords: cow; goat ; milk ; pie chart; physico-chemical analysis

ملخص

مكثنا هذه الدراسة، التي أجريت في وحدة STLD (شركة تصنيع الحليب ومشتقاته)، من تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لنوعي الحليب (حليب البقر وحليب الماعز) والفيزيائي والكيميائي والحسي من الكاممبير بالترتيب لفهم السلوك التكنولوجي بشكل أفضل أثناء تصنيعها. أظهرت النتائج أن حليب الماعز أكثر بقليل من حليب البقر من حيث درجة الحموضة (6.48 / 6.69) وحموضة المعايرة: حليب البقر أقل حمضية من حليب الماعز بقيم (17.6 / 17.6 D°). من ناحية أخرى فإن كثافة حليب الماعز والأبقار يمكن مقارنتها بمتوسط يساوي (1026.78 / 1027.94) على التوالي. محتوى المادة الجافة في حليب الماعز والبقر قابل للمقارنة (74.81 / 74.81) / (جم / لتر). محتوى الدهن في حليب الماعز أعلى (32.64) / (لتر) مقارنة بحليب البقر (29.32) / (لتر). بالنسبة للبروتينات: يكون المعدل مرتفعاً قليلاً في حليب البقر (29.64) / (لتر) مقارنة بحليب الماعز (28.06) / (لتر). أخيراً لاكتوز حليب البقر وأقل قليلاً من حليب البقر والتي تبلغ على التوالي (37.56 / 38.02) / (لتر). فيما يتعلق بالمعايير الفيزيائية والكيميائية للمنتج النهائي، فقد وجد أن درجة حموضة الكاممبيرت من حليب الماعز أكثر حمضية بقليل من تلك الموجودة في حليب البقر (5.26 / 5.10)، ودهن كاممبيرت الماعز أعلى قليلاً من تلك الموجودة في البقرة كاممبيرت (25.2 / 25.2)، المستخلص الجاف لبقر كاممبيرت يماثل مستخلص الماعز (49.96 / 49.61). فيما يتعلق بالجودة الحسية لنوعين الكاممبير، فقد لوحظ بالفعل بعض الاختلافات، لا سيما فيما يتعلق بالطعم والرائحة والملمس. ومع ذلك، وفقاً لنتائج اختبار التصنيف، فإن الكاممبير المصنوع من حليب البقر يحظى بتقدير أكبر من قبل المتذوقين من الكاممبير المصنوع من حليب الماعز.

الكلمات الرئيسية: بقرة؛ ماعز؛ حليب؛ مخطط دائري التحليل الفيزيائي والكيميائي