

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques

OPTION: AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE QUALITE

THEME

**Etude comparative de la qualité
physicochimique et organoleptique de
deux camemberts : artisanal et industriel**

Présenté par :

- ✓ **ADIL Ouzena**
- ✓ **BERKANI Anfel**

Devant le jury composé de :

<i>Président : Mr. AMROUCHE T.</i>	<i>Professeur</i>	<i>UMMTO</i>
<i>Promotrice: Mme. REMENE-BENMALLEM Y.</i>	<i>Maitre assistante</i>	<i>UMMTO</i>
<i>Examineur : Mr. BENGANA M.</i>	<i>Maitre de conférence</i>	<i>UMMTO</i>

Promotion : 2021/2022

Remerciement

Ce travail marque la fin de notre formation en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Agroalimentaire et contrôle de qualité.

Nos premiers remerciements vont d'abord à notre promotrice, Madame **REMANE BENMALLEM Yakout**. On la remercie particulièrement pour la confiance qu'elle nous a accordée en acceptant de nous encadrer dans ce mémoire, on la remercie de nous avoir guidé, encouragé et conseillé.

On remercie sincèrement Monsieur **AMROUCHE Tahar**, Professeur à l'UMMTO pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider ce jury.

On tient également à remercier Monsieur **BENGANA Mohamed**, Professeur à l'UMMTO d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Toutes nos reconnaissances au personnel de l'unité STLD « Société de transformation du lait et dérivés » Tizi-Ouzou.

On tient en particulier à adresser nos remerciements à Monsieur **Brahim**, et Monsieur **Youcef** les deux responsables du laboratoire au niveau de l'unité STLD pour l'aide qu'ils nous ont apporté le long de notre séjour de formation au niveau de leur laboratoire, pour leurs contributions dans le bon déroulement de nos travaux, ainsi que pour leurs qualités scientifiques et humaines.

Un remerciement particulier à Monsieur **HAMIDANI**, gérant de la fromagerie HAMIDANI-L'ARTISAN, de nous avoir accueilli.

On tient aussi à remercier nos chères familles pour leurs soutient, encouragements et leurs bienveillances pour notre bien-être et notre succès.

On tient, plus largement, à exprimer nos reconnaissances à toutes celles et à tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, au bon déroulement de nos travaux.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail. Que toutes ces personnes trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents

A mes chères sœurs

A mon beau frère

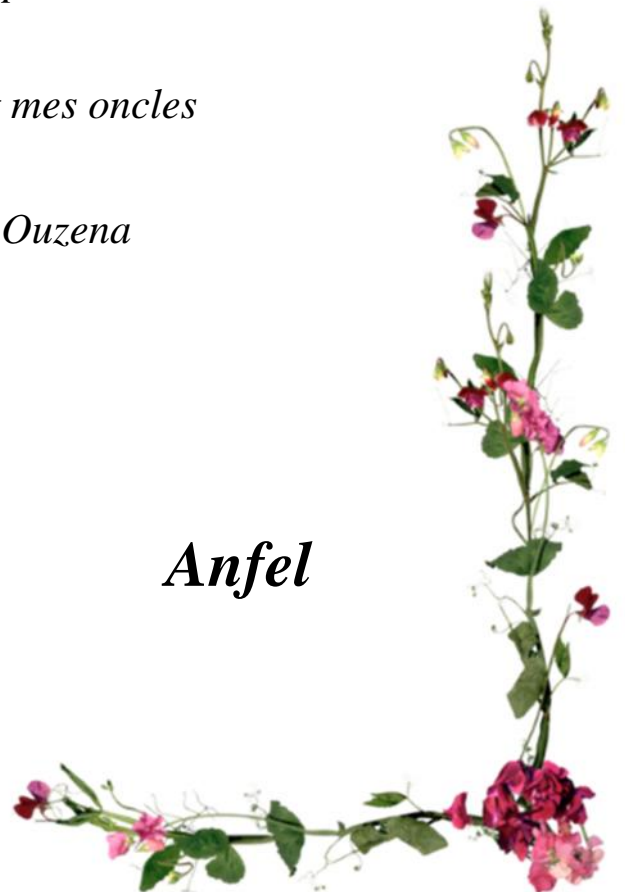
A la mémoire de mon grand père

A mes chers grands parents

Ainsi qu'à mes tantes et mes oncles

A ma chère binôme Ouzena

Anfel





Dédicaces

Au nom du bon Dieu tout puissant qui m'a donné le courage et la patience afin de réaliser ce modeste travail, que je dédie à :

À MES CHERS PARENTS Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. A la mémoire de ma tante Fatma et mes grands-parents maternels et paternels. À mes très chères sœurs et mes chers frères, A Ma chère binôme « Anfel » A mes camarades de la promotion Technologie Agroalimentaire et Contrôle de qualité 2021/2022. A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin

Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

Ouzena



Liste des abréviations

AFNOR : Agence Française de Normalisation

AGV : Acides gras volatils

AP : Azote des protéines

ATB : Antibiotiques

CCS : Cellules somatiques

D° : Degré Dornic

ESD : Extrait sec dégraissé

EST : Extrait sec total

FAO: Food and Agriculture Organization

LPL: Lipoprotéines lipases

TB : Taux butyreux

TMG : Taux de matière grasse

UHT : Ultra haute température

Liste des tableaux

Tableau I. Composition moyenne du lait de vache	3
Tableau II. Caractéristiques physico-chimiques moyenne du lait	9
Tableau III. Paramètres physico-chimiques mesurés aux différents points d'échantillonnage	40

Liste des figures

Figure 1. Structure d'une sub-micelle caséique.	5
Figure 2. Schéma du mécanisme des deux types de coagulation.	17
Figure 3. Poils de chat.	28
Figure 4. Peau de crapaud.	29
Figure 5. Diagramme de fabrication du camembert fermier et industriel.	39
Figure 6. Le camembert « Le Fermier ».	40
Figure 7. Le camembert « L'artisan ».	40
Figure 8. Variation de la teneur en extrait sec dégraissé du lait artisanal et du lait industriel. .	50
Figure 9. Variation de la teneur en matière grasse du lait artisanal et du lait industriel.	51
Figure 10. Variation de la teneur en acidité du lait artisanal et du lait industriel.	53
Figure 11. Variation de la teneur en protéines du lait artisanal et du lait industriel.	54
Figure 12. Variation du taux de chlorures.	56
Figure 13. Variation de l'extrait sec total dans le camembert artisanal et dans le camembert industriel.	57
Figure 14. Variation de la teneur en pH du camembert artisanal et le camembert industriel. ..	59
Figure 15. Variation de la teneur en matière grasse du camembert artisanal et du camembert industriel.	60
Figure 16. Variation de la teneur du G/S du camembert artisanal et du camembert industriel.	61
Figure 17. Croûte des deux fromages.	63
Figure 18. Couleur des deux fromages.	64
Figure 19. Odeur des deux fromages.	65
Figure 20. Goût des deux fromages.	66
Figure 21. Texture des deux fromages.	67

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Biochimie et propriétés du lait

I. Définition du lait 3

II. La composition du lait 3

II.1. Eau 4

II.2. Matières azotées..... 4

II.3. Matière grasse 5

II.4. Matières salines (minéraux)..... 6

II.5. Les gaz dissouts 6

II.6. Lactose 6

II.7. Vitamines..... 6

II.8. Enzymes..... 7

III. Facteurs de variation de la composition du lait..... 7

III.1. Facteurs intrinsèques 7

III.1.1. Facteurs génétiques 7

III.1.2. Stade de lactation..... 8

Sommaire

III.1.3. Age et nombre de vèlage	8
III.1.4. Etat sanitaire	8
III.2. Facteurs extrinsèques	8
III.2.1. Saison et climat	8
III.2.2. Alimentation.....	8
III.3. Principales caractéristiques du lait	9
III.3.1. Caractéristiques physico-chimiques	9
III.3.1.1. Densité.....	9
III.3.1.2. Acidité	10
III.3.1.3. Point de congélation	10
III.3.1.4 Point d'ébullition.....	10
III.3.1.5. pH.....	10

Chapitre II. Fromage à pâte molle type camembert

I. Définition du fromage.....	11
II. La classification des fromages.....	11
III. Définition du camembert.....	11
IV. Les étapes de fabrication du camembert	12
IV.1. Nature de la matière première	12
IV.2. Traitement préliminaires du lait.....	12
IV.2.1. Standardisation.....	12
IV.2.2. Homogénéisation	13
IV.2.3.Traitements thermiques.....	13

Sommaire

IV.2.4. Les étapes clés de la fabrication du camembert.....	13
IV.2.4.1. La phase d'ensemencement et de maturation.....	13
IV.2.4.2. La coagulation.....	14
IV.2.4.3. L'égouttage	17
IV.2.4.4. L'affinage.....	17
IV.2.4.5. Conditionnement et emballage.....	18
V. Caractéristiques et évaluation de la phase d'affinage.....	18
V.1. Les facteurs de variation de l'affinage	19
V.1.1. L'aération et la composition de l'atmosphère	19
V.1.2. L'activité de l'eau.....	19
V.1.3. La température.....	19
V.2. Les enzymes intervenant dans l'affinage	20
V.3. Les modifications biochimiques au cours de l'affinage	20
V.3.1. Fermentation du lactose.....	20
V.3.2. Hydrolyse de la matière grasse : Lipolyse.....	21
V.3.3. La protéolyse	21
V.4. Microbiologie de l'affinage	22
V.4.1. Flores bactériennes	22
V.4.1.1. Bactéries lactiques	22
V.4.1.2. Bactéries de surface.....	22
V.4.2. Flores fongiques	23
V.4.2.1. Levures	23
V.4.2.2. Moisissures	23

Sommaire

VI. Les facteurs influençant la coagulation.....	24
VI.1. La température	24
VI.2. La concentration en enzyme.....	24
VI.3. PH.....	25
VI.4. Concentration en calcium et en phosphate de calcium	25
VI.5. Concentration en enzyme	25
VI.6. Dimension et teneur en caséines	26
VII. Les défauts d'affinage.....	26
VII.1. Défauts de saveur et d'arome.....	26
VII.1.1. L'amertume.....	26
VII.1.2. Le goût de rance.....	26
VII.1.2.1. Goût de savon	26
VII.2. Défauts de textures et de gonflements	27
VII.2.1. Les gonflements précoces.....	27
VII.2.2. Les gonflements tardifs.....	27
VII.3. Défauts d'aspect et de croûtage	27
VII.3.1. Les poils de chat	28
VII.3.2. Peau de crapaud	28

Chapitre III : Propriétés organoleptiques et analyse sensorielle du camembert

I. Propriétés organoleptiques et sensorielles	30
I.1. Propriétés rhéologiques et texturales de fromage	30
I.1.1. Rhéologie	30

Sommaire

I.1.2. Contrainte (stress)	31
I.1.3. La texture	31
I.2. Aspect et couleur des fromages	32
I.3. La flaveur des fromages	32
II. Méthodes d'appréciation de la texture et de la rhéologie des fromages	33
II.1. Les méthodes fondamentales	34
II.2. Méthode empirique	34
II.3. Méthode imitative	35
III. L'analyse sensorielle	35
III.1. Définition	35
III.2. Les types d'évaluation sensorielle	36
III.3. Objectif de l'évaluation sensorielle	36

Partie pratique

Chapitre I : Méthodologie

I. Objectif de l'étude	37
II. Présentation des unités	37
II.1. Laiterie-fromagerie « Le Fermier »	37
II.2. Fromagerie artisanale « Hamidani »	38
III. Diagramme de fabrication des camemberts	39
IV. Description du produit fini	40
V. Matériels utilisés	40
V.1. Echantillonnage	40
V.2. Analyse du lait cru	41

Sommaire

V.2.1. Mesure du pH	41
V.2.2. Détermination de l'acidité titrable ou Dornic dans le lait	41
V.2.3. Détermination de la densité du lait	42
V.2.4. Détermination de la matière grasse (MG) du lait par la méthode acidobutyrométrique .	42
V.2.5. Détermination de l'extrait sec total	43
V.2.6. Détermination de la teneur en protéines et en lactose dans le lait avant et après enrichissement.....	44
V.3. Analyse du camembert	44
V.3.1. Mesure du pH.....	44
V.3.2. Détermination de la matière grasse (MG) du camembert par la méthode acidobutyrométrique.....	45
V.3.3. Détermination de l'extrait sec total	45
V.3.4. Détermination du Gras sur Sec « G/S ».....	45
V.3.5. Détermination du taux de chlorure	46
VI. Analyse sensorielle	47
VI.1. Le jury de dégustation.....	47
VI.2. Le déroulement des séances de dégustation.....	47
VII. Etude statistique.....	48
VII.1. Etude statistique des analyses physicochimiques	48
VII.2. Etude statistiques des analyses organoleptiques	49

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Résultats d'analyses physicochimiques du lait	50
I.1. Variation de l'extrait sec dégraissé	50

Sommaire

I.2. Variation de la teneur en matière grasse	51
I.3. Variation de la teneur en acidité	53
I.4. Variation de la teneur en protéines	54
II. Résultats d'analyses physicochimiques du camembert	55
II.1. Variation du taux de chlorures.....	56
II.2. Variation de l'extrait sec total	57
II.3. Variation du pH	59
II.4. Variation de la teneur en matière grasse.....	60
II.5. Variation du G/S.....	61
III. Résultats de l'analyse sensorielle	63
III.1. Croûte	63
III.2. Couleur	64
III.3. Odeur	65
III.4. Goût	66
III.5. Texture	67
Conclusion.....	69

Bibliographie

Annexes



Introduction

Introduction

Le lait de vache a toujours été un aliment essentiel, il occupe une place stratégique dans notre alimentation et constitue une source importante équilibrée en nutriments de bases **(FERNANE, 2017)**.

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

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

Le Camembert, fromage à pâte molle à croûte fleurie, qui est obtenu à partir du lait cru, coagulé par la présure ou à l'aide d'enzymes spécifiques. Le caillé obtenu est moulé, salé et affiné. L'acidification et l'affinage du camembert sont effectués par des levains industriels qui ont une grande importance dans l'économie et présentent une grande utilité du point de vue technologique **(LAITHIER, 2011)**.

Pour satisfaire les conditions de fabrication de camembert, il est indispensable de maîtriser la matière première, mais également le processus de transformation du lait en fromage et notamment l'affinage qui constitue l'une des étapes clés du processus de fabrication. L'affinage résulte principalement de l'action de différents micro-organismes qui participent à la transformation du caillé en fromage. L'évolution et l'activité de cette flore sont très influencées par les conditions d'affinage (température, humidité relative et composition gazeuse des hâloirs) **(RIAHI, 2006)**.

La qualité organoleptiques et la diversité des caractéristiques sensorielles des fromages résultent d'une combinaison unique entre la composition de la matière première, les communautés microbiennes, les procédés de fabrication et les caractéristiques du terroir avec les savoir-faire locaux **(FRETIN, 2016)**.

La perception sensorielle est un processus complexe qui est influencé par la diversité et la proportion des composés aromatiques, la texture et l'apparence des fromages **(SMIT et al 2005)**. La qualité sensorielle des fromages dépend des procédés de fabrication fromagère mais aussi de la composition microbiologique de la matière première, le lait, en interaction avec sa composante biochimique. L'affinage des fromages est un processus lent qui résulte de

Introduction

modifications des composés majeurs du lait à travers la glycolyse du lactose, la lipolyse et l'oxydation de la matière grasse, et la protéolyse des caséines(FRETIN, 2016).

L'objectif de notre travail est :

-) De suivre le procédé de fabrication de deux type du fromage à pâte molle type camembert industriel «Le Fermier » au sein de la laiterie laiterie EURL STLD « société de transformation du lait et dérivés », et artisanal « L'artisan» au sein de la fromagerie Hamidani-l'artisan.
-) Comparaison de la qualité physico-chimique de la matière première lait destiné à la fabrication du fromage artisanal (FA) et le lait destiné à la fabrication du fromage industriel (FI) et des produits finis.
-) Evaluation et comparaison sensorielle des deux types de camembert dans le but de déterminer le produit le plus apprécié.

Notre travail comporte deux parties :

-) Dans la première, nous avons réalisé une étude bibliographique, premier chapitre généralités sur le lait, deuxième chapitre généralités sur le camembert et le processus de fabrication en détaillant l'étape de l'affinage qui est importante dans la détermination de la qualité organoleptique de produit fini, et le dernier chapitre sur les propriétés organoleptiques des fromages et l'évaluation sensorielle.
-) Dans la seconde, nous avons réalisé une étude expérimentale qui comporte les parties suivantes :
 - Matériels et méthodes.
 - Résultats et discussion des analyses physico-chimiques et organoleptiques.
 - Conclusion.



Partie théorique

Chapitre I

Biochimie et propriétés du lait

Synthèse bibliographique

I. Définition du lait

Le premier congrès international pour la répression des fraudes alimentaires tenu à Genève en 1908 a défini le lait comme étant « le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmené le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (LOUIS, 1946).

Il doit être en outre collecté dans de bonnes conditions hygiéniques et présenter toutes les garanties sanitaires (ROMAIN et al., 2008).

II. La composition du lait

Le lait est composé de :

- Quatre éléments majeurs: protéines, lipides, glucides et sels minéraux.
- Plusieurs éléments mineurs: vitamines, oligo-éléments, gaz dissous, lécithine, enzymes, nucléotides. Certains d'entre eux jouent un rôle en raison de leur activité biologique (FAO, 1995).

Le tableau I, donne la composition moyenne des éléments majeurs du lait de vache.

Tableau I. Composition moyenne du lait de vache (ALAIS et al., 2008).

Les constituants	Composition (g/L)
Eau	905
Glucides (lactose)	49
Lipides	35
Matière grasse proprement dite	34
Lécithine (phospholipides)	0.5
Insaponifiable (stérois, carotènes, tocophérol)	0.5
Protides	34
Caséine	27
Protéines solubles (globulines, albumines)	2.25
Substances azotées non protéiques	1.5
Sels	9
De l'acide citrique (en acide)	2
De l'acide phosphorique(P2O3)	2.6
Du chlorure de sodium (NaCl)	1.7
Constituants divers (vitamines, enzymes, gaz dissous)	Traces
Extrait sec total	127
Extrait sec non gras	92

II.1. Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. Il représente environ 87.5% du volume du lait. La présence d'un dipôle et de doubles d'électrons libres lui confère un caractère polaire qui lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum (**VIGNOLA, 2002**).

II.2. Matières azotées

- L'azote des protéines (AP) constitue 95 de l'azote totale (protéide du lait) représenté par albumine, globuline et caséine.

- Les cinq restants représentent l'azote non protéiques est principalement des protéoses des peptones et de l'urée (**LAURENT, 1992**).

- On distingue 2 grands groupes de protéines :

a) Les caséines :

Elles représentent la partie protéique la plus intéressante en technologie laitière et notamment fromagère.

Elles sont en suspension colloïdale, qui se regroupent sous forme des micelles et qui précipitent sous l'action de la présure ou lors de l'acidification à un pH d'environ 4,6 (**VIGNOLA, 2002**).

La caséine est un complexe protéique de phosphore acide qui précipite dans le lait à pH 4,6. C'est une substance hétérogène bien qu'elle ait longtemps été considérée comme une protéine pure et homogène en raison de sa composition élémentaire constante (**POUGHEON, 2001**).

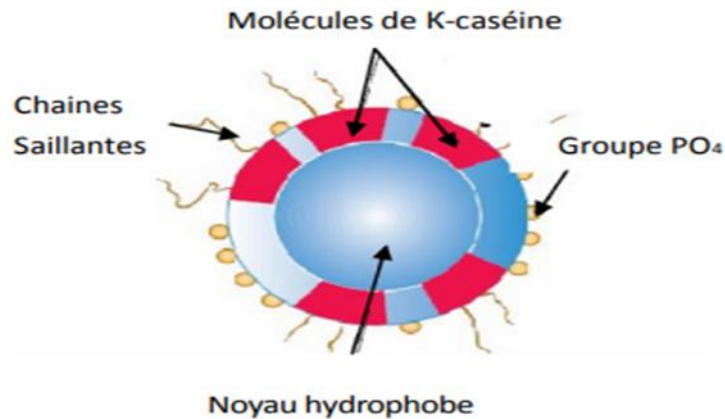


Figure 1. Structure d'une sub-micelle caséique (BYLUND, 19).

b) Les protéines du lactosérum

Elles représentent 15 à 28% des protéines du lait de vache et 17% des matières azotées. Elles demeurent en solution dans le «sérum isoélectrique » obtenu à $pH = 4,6$ à $20^{\circ}C$ ou dans le sérum présure exsudé par le coagulum formé lors de l'emprésurage.

- Leur teneur élevée en lysine, tryptophane, cystéine et autres acides aminés soufrés leur confèrent une très bonne valeur nutritionnelle.

- La structure est plus compacte : ces protéines fixent peu les ions et résistent à l'action des protéases.

- Elles sont plus sensibles à la chaleur car dénaturées par chauffage (à $100^{\circ}C$) et forment des flocons, elles deviennent alors insolubles (sauf les Protéoses-peptones) (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

II.3. Matière grasse

La matière grasse du lait est un mélange très complexe composé pour l'essentiel de triglycérides et secondairement de diglycérides, lipides complexes et substances liposolubles insaponifiables. On range sous le terme de matière grasse des substances aux propriétés et aux structures chimiques souvent bien éloignées mais possédant les caractéristiques comme suivantes :

- Insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques (éther, benzène).

- Leur masse volumique est inférieure à celle de l'eau (GNADING et al., 2001).

Synthèse bibliographique

La matière grasse du lait est principalement sous forme globulaire à l'état d'émulsion. Le diamètre des gouttelettes varie de 0,2 à 15 μm (MAHAUT et al., 2000).

II.4. Matières salines (minéraux)

C'est l'ensemble des constituants présents à l'état d'ions ou de sels non dissociés. Ils sont pour une partie à l'état dissous et pour une autre, à l'état colloïdal associé aux caséines au sein des micelles. Les composants en solution sont présents sous diverses formes :

- Na, K, Cl sont à l'état ionisé.
- Phosphate et citrate sont sous formes mono, di et triphosphates (MAHAUT et al., 2000).

La quantité des minéraux contenus dans le lait après incinération varie de 0,60 à 0,90% (VIGNOLA, 2002).

II.5. Les gaz dissouts

On trouve dans le lait un certain nombre de gaz avec:

- Le gaz carbonique (CO_2) très abondant lorsque le lait s'écoule de la mamelle : environ 80 ml par litre de lait et la plus grande partie est perdue car il en restera environ 40 ml qui font l'équilibre avec les bicarbonates.
- L'oxygène (O_2) contient environ 5 ml de lait.
- L'azote (N) environ 13 ml de lait (LAURENT, 1992).

II.6. Lactose

Le lactose est le glucide, ou l'hydrate de carbone le plus important du lait puisqu'il constitue environ 40% des solides totaux (VIGNOLA, 2002). Il joue un rôle important, lié notamment à sa valeur nutritionnelle et à sa fermentescibilité (MAHAUT et al., 2000). Il possède des propriétés physiques qui comptent le plus dans les transformations industrielles sont la solubilité, la cristallisation et le pouvoir sucrant (VIGNOLA, 2002).

II.7. Vitamines

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

On classe les vitamines en deux grandes catégories :

Synthèse bibliographique

- Les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.

- Les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie) (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

II.8. Enzymes

Ce sont des substances organiques à base de protéines, produites par des cellules ou des organismes vivants, qui jouent un rôle de catalyseur dans les réactions biochimiques. Une soixantaine d'enzymes majeures ont été identifiées dans le lait, dont 20 sont des ingrédients naturels.

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

- Lysent les composants primaires du lait avec des conséquences importantes sur le niveau technologique et la qualité sensorielle du lait (lipases, protéases).

- Rôle antibactérien, ils protègent le lait (lactoperoxydase et lysozyme).

- Indicateurs de qualité hygiénique (certaines enzymes sont produites par des bactéries et des leucocytes), traitement thermique (phosphatase alcaline, peroxydase, acétyl estérase, qui sont des enzymes thermosensibles) et espèce (test xanthine-oxydase pour la détection du lait de vache dans le lait de chèvre)(**POUGHEON, 2001**).

III. Facteurs de variation de la composition du lait

III.1. Facteurs intrinsèques

III.1.1. Facteurs génétiques

Il existe indéniablement des différences de composition entre espèces, variétés et hybrides, mais les études de composition ne sont pas faciles à mener, car les différences obtenues lors du contrôle laitier sont une combinaison de différences génétiques et de conditions d'élevage. En général, la plupart des races laitières sont plus faibles en matières grasses et en protéines, mais la sélection d'une race est basée sur l'équilibre économique global. C'est pourquoi un éleveur a tendance à privilégier les variétés produisant un lait à forte composition (**SRAIRI et al., 2005**).

III.1.2. Stade de lactation

L'évaluation des teneurs du lait en matières grasses et protéiques se propage d'une manière inverse à la quantité de lait produite. Elles sont élevées en début de lactation de 15 à 140 jours. Les taux croissent plus rapidement dans les trois derniers mois de lactation (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

III.1.3. Age et nombre de vêlage

D'après (POUGHEON et GOURSAUD, 2001), on peut juger que l'effet de l'âge est très faible sur les quatre premières lactations. On observe une diminution du TB (TB : taux butyreux en g/Kg de 1% et du taux protéique de 0.6%.

III.1.4. Etat sanitaire

Les mammites sont les troubles de santé les plus fréquents dans les élevages laitiers. Ce sont des infections microbiennes de la mamelle qui s'accompagnent d'une augmentation forte des comptages en cellules somatiques (CCS) du lait. Induisant des modifications considérables dans la composition du lait pour conséquence, une altération de l'aptitude à la coagulation des laits et du rendement fromager, due à des pertes de protéines et de matière grasse dans le lactosérum (MARTIN et al., 2018).

III.2. Facteurs extrinsèques

III.2.1. Saison et climat

La saison a une influence importante qui se rajoute aux autres facteurs (alimentation, stade de lactation, âge).

De façon immuable, le TB (taux butyreux) 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 la fin de l'hiver et l'autre au milieu de l'été et par deux maximums : à la mise à l'herbe et à la fin de période de pâturage (POUGHEON et GOURSAUD, 2001).

III.2.2. Alimentation

L'alimentation peut affecter la composition du lait d'au moins 3 façons différentes par le niveau des apports alimentaires, azotés et énergétiques notamment par la nature de ses constituants, par les contaminations microbiennes qu'elle peut entraîner, en particulier en spores butyriques dont la présence est tant redoutée des fabricants de certains fromages (REMOND, 1987).

III.3. Principales caractéristiques du lait

III.3.1. Caractéristiques physico-chimiques

Le lait présente des caractéristiques liées à sa nature biologique, à savoir: variabilité, complexité, hétérogénéité et altérabilité.

Le lait de vache est un liquide opaque de couleur blanche, plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β -carotène de sa matière grasse. Sa saveur est douce et son odeur faible, mais identifiable. Le pH est voisin de la neutralité.

Les principales constantes physiques du lait sont reprises au tableau II (FAO, 1995).

Tableau II. Caractéristiques physico-chimiques moyenne du lait (FAO, 1995).

Constantes	Moyennes	Valeurs extrêmes
Énergie (Kcal/litre) (MJ/litre)	701	587-876
Densité du lait entier à 20 °C	1,031	1,028-1,033
PH à 20°C	6.6	6.6-6.8
Acidité titrable (°Dornic)	16	15-17
Point de congélation (°C)	-	0.520-0.550
Chaleur spécifique du lait entier à 15°C	0.940	-
Viscosité du lait entier à 20°C (centipoises)	2.2	-
Conductivité électrique à 25°C (siemens)	45×10^{-4}	$40-50 \times 10^{-4}$
Point d'ébullition (°C)	-	100.17-100.15

III.3.1.1. Densité

La densité dépend de la richesse du lait en éléments dissous et en suspension ainsi que de la teneur en matière grasse, elle varie aussi en fonction de la température. À 20°C, la densité des laits individuels peut prendre des valeurs entre 1,030 et 1,03. Selon (ALAIS, 1984), cette densité avoisine 1,032 pour les laits de mélange.

Chacun des constituants agit sur la densité du lait, (VIGNOLA, 2002) a affirmé qu'un écrémage du lait augmentera sa densité et qu'un mouillage ou une addition d'eau la diminuera.

III.3.1.2. Acidité

Dès la traite, le lait présente une certaine acidité dite « naturelle ». Cette acidité est due à la richesse du lait en protéines, en substances minérales et en acides organiques (principalement l'acide citrique). L'acidité titrable s'exprime de deux façons : soit en pourcentage (%) d'équivalents d'acide lactique, soit en degrés Dornic (°D). L'expression la plus courante est le degré Dornic (°D) (**VUILLEMARD, 2018**).

L'acidité développée est due à l'acide lactique formé au cours de la fermentation lactique, elle est de 15 à 17° Dornic (**VIGNOLA, 2002**).

III.3.1.3. Point de congélation

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau, puisque la présence des solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,530 à -0,575°C avec une moyenne de -0,555°C. Un point de congélation supérieur à -0,530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait. On vérifie le point de congélation du lait à l'aide d'une cryoscopie (**VIGNOLA, 2002**).

III.3.1.4 Point d'ébullition

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

III.3.1.5. pH

Le pH du lait est de l'ordre de 6.7 à 6.8, sa mesure permet la détection de tous les ions H_3O^+ libres. Lorsque le ph est inférieur aux valeurs normales, donc le lait a été conservé longtemps et qu'il s'est acidifié à cause d'un développement microbien (**BRANGER et al., 2009**).

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**).

Chapitre II

Fromage à pâte molle type

I. Définition du fromage

Selon le journal officielle de l'union européenne **Décret n°2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères modifiées par Décret n°2013-1010 du 12 novembre 2013**, la dénomination "fromage" est réservée au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange, et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse.

La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes pour 100 grammes de fromage.

Le fromage est le caillé ou la substance formée par la coagulation du lait de certains mammifères par la présure ou des enzymes similaires en présence d'acide lactique produit par addition ou adventice micro-organismes, dont une partie de l'humidité a été éliminée en coupant, réchauffant et pressant, qui a été façonné dans un moule puis affiné (également non affiné) en maintenant pendant parfois à des températures et à une humidité appropriées (**KANAWJIA et KHETRA, 2016**).

II. La classification des fromages

Selon (**MAHAUT et al., 2000**) en fabrication fromagère on peut considérer qu'il existe 7 grandes catégories de technologie :

- Les fromages frais ou pâtes fraîches.
- Les pâtes molles à croute fleurie et à croute lavée.
- Les pâtes persillées.
- Les pâtes pressées non cuites et cuites.
- Les pâtes dures.
- Les pâtes filées.
- Les fromages fondus.

III. Définition du camembert

Le camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface, principalement par des moisissures, conformément à la **norme générale pour le fromage (CODEX STAN283-1978)**, qui se présente sous la forme d'un cylindre plat ou des morceaux dit cylindre.

La pâte à une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle (lorsqu'on appuie dessus avec le pouce) mais non friable, affinée de la surface au centre du fromage. Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. Une croûte molle, entièrement recouverte des moisissures blanches. Le fromage entier peut être coupé ou formé en morceaux avant ou après le développement des moisissures (GALLACIER, 2018).

IV. Les étapes de fabrication du camembert

IV.1. Nature de la matière première

La production de pâtes molles de type camembert nécessite l'utilisation de lait cru de haute qualité bactériologiques et physico-chimiques avec les normes suivantes :

- Conformité: jusqu'à 100 000 germes/ml.
- Satisfaisant : de 100 000 à 300 000 germes/ml.
- Ne convient pas : plus de 300 000 germes/ml.

(REMEUF F et al., 1991), ont également montré que la capacité à transformer le lait en fromage dépend de certains paramètres dont :

- Sa composition chimique (en particulier la richesse en caséine).
- Sa charge microbienne et nature de sa microflore.
- Son potentiel de croissance des bactéries lactiques.
- Enfin, son comportement vis-à-vis des enzymes de coagulation, en particulier la présure

(BECHENINE, 2017).

IV.2. Traitement préliminaires du lait

Le lait reçu à l'usine doit être testé pour exclure tout lait impropre à la fabrication du fromage (lait plus ou moins acide à forte teneur microbienne). Après stockage à basse température (34°C), certains traitements technologiques sont appliqués au lait de fromagerie, dont l'homogénéisation et le traitement thermique pour assurer un produit fini de valeur tout en assurant une bonne productivité de production (BOUTERFA, 2019).

IV.2.1. Standardisation

Selon JEANTET et al, (2008), la standardisation est une nécessité pour répondre aux normes légales et technologiques et améliorer le rendement fromager. Elle est réalisée par l'ajustement de la teneur en MG et du taux protéique. Les industriels ont la possibilité de

réglent le taux protéique des laits entre 30 et 40g/l à l'aide de différentes techniques, la plus utilisée est l'ajout de la poudre de lait écrémé.

IV.2.2. Homogénéisation

On peut éventuellement faire subir au produit une étape d'homogénéisation, cette dernière améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille des globules gras, elle améliore également la consistance, la structure, l'apparence et l'onctuosité des fromages. Toutefois, du fait de son coût supplémentaire (maintenance et équipement), de la prolongation du temps de fabrication l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse (**ECK et GILLIS, 2006**).

IV.2.3. Traitements thermiques

Le traitement thermique des laits destinés à la fabrication fromagère dépend de la température et de la durée de chauffage. Ce traitement peut influencer la flore microbienne initiale d'une part et la composition physico-chimique du lait d'autre part. Cette influence se manifeste par des changements des différentes caractéristiques du lait et par conséquent, l'altération de la qualité du produit fini notamment sa valeur nutritive (**ECK et GILLIS, 2006**).

La thermisation (traitement à 64 C° pendant 15 à 20 secondes) est indiquée pour éliminer les bactéries psychrotrophes. Ces micro-organismes se développent dans le lait réfrigéré (à la ferme ou à la fromagerie) dont les espèces les plus connues sont *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Flavobacterium* qui produisent des lipases et protéases extracellulaires résistantes à la pasteurisation (à 72 - 74°C pendant 15 à 20 s) et aussi la stérilisation à 132 C° pendant 1 à 2 s (UHT) (**LENOIR et al., 1983**). Ces enzymes sécrétées produisent des saveurs désagréables (maté, amer, rance), et réduisent également le rendement en fromage (**BOUTERFA, 2019**).

IV.2.4. Les étapes clés de la fabrication du camembert

IV.2.4.1. La phase d'ensemencement et de maturation

C'est l'étape où sont introduites les bactéries lactiques sélectionnées, qui vont participer d'une part à la coagulation du lait (en induisant l'acidification), et d'autre part, au processus d'affinage du fromage (qui joue un rôle dans l'activité protéolytique) (**SICARD, 2010**).

La maturation se déroule en deux étapes :

a) Pré maturation ou maturation froide

La pré maturation consiste à ensemercer le lait avec un ferment lactique mésophile à des doses très faibles. On laisse reposer de 12 à 18 heures à une température de 10 à 15°C. Pendant cette opération on peut ajouter aussi un apport de calcium sous forme de (Ca Cl₂). Ce procédé contribue à la régénération de la micelle et favorise l'activité fermentaire durant la coagulation et l'égouttage (**VIGNOLA, 2002**).

b) Maturation chaude

Elle diffère de la maturation froide par son taux d'inoculation plus élevé (environ 10 fois plus élevé), par sa température comprise entre 20 et 40°C et par sa durée qui ne dépasse pas 60 minutes (**VIGNOLA, 2002**).

IV.2.4.2. La coagulation

La coagulation est la première étape de la fabrication du fromage, elle est le résultat d'un passage irréversible du lait d'un état liquide à un état semi-solide appelé gel ou coagulum, il s'agit de l'étape la plus importante pour la réussite d'un fromage (**CECCHINATO et al., 2012**).

Elle permet la formation d'un caillé suite à la modification physico-chimique des micelles de caséine. Ces micelles se solidifient et se soudent entre elles pour former un gel compact qui retient le sérum (**PRADAL, 2012**).

Pour les pâtes molles, la coagulation est souvent mixte. Elle est produite par l'action combinée de la présure (coagulation enzymatique) et des bactéries lactiques (coagulation acide)(**EI-AMINE, 2018**).

a) Coagulation acide

Sous l'action des bactéries lactiques, le lait s'acidifie progressivement. Cette acidification entraîne une neutralisation des charges négatives portées par les caséines. Dans le même temps se produit une déminéralisation progressive des micelles qui se désintègrent en sous-unités.

L'acidification brutale, par addition d'un acide minéral ou organique entraîne une floculation des caséines à pH=4.6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granuleux qui se sépare du lactosérum. En revanche, une acidification progressive obtenue soit par fermentation lactique soit par hydrolyse de la gluconolactone, conduit à la formation d'un

Synthèse bibliographique

coagulum lisse, homogène qui occupe entièrement le volume initial du lait (**ECK et GILLIS, 2006**).

Le gel est liquide et donc perméable, il est peu contractile et fragile, il doit être manipulé avec précaution (**SICARD, 2010**).

b) Coagulation enzymatique (par la présure)

D'après (**ROMAIN et al., 2000**), la coagulation consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par l'action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale.

On distingue trois phases essentielles :

- Phase primaire ou enzymatique.
- Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées.
- Phase tertiaire ou phase de réticulation.

La phase primaire correspond à l'hydrolyse proprement dite de la fraction κ -caséine au niveau de la liaison peptidique Phe105-Met106. Cette hydrolyse libère le caséinomacropéptide qui est la fraction hydrophile 106-169.

La réaction d'hydrolyse enzymatique dépend de nombreux facteurs physico-chimiques : concentration en enzymes, température et pH.

La concentration en enzyme et plus spécifiquement le rapport enzyme/substrat affecte la vitesse de la réaction enzymatique. Au fur et à mesure que la dose d'enzyme augmentait, l'hydrolyse de la caséine était plus complète.

La température d'emprésurage influence fortement le processus de coagulation en raison de son effet sur l'activité protéasique. Elle est très lente entre 0 et 10°C, la vitesse augmente rapidement à des températures plus élevées, triplant lorsque la température augmente de 10°C (**SLAMANI, 2017**).

Au pH du lait frais (pH 6,6 – 6,8), l'activité des enzymes coagulantes est modérée car leur optimum d'activité varie de pH 2 à 5 selon le substrat (**DUNN et al., 1987**).

La phase secondaire ou d'agrégation : D'après (**RISSO et al., 2007**) cette phase est caractérisée par une agrégation suivie d'une réticulation des micelles déstabilisées ayant perdu leur pouvoir répulsif suite au clivage de la partie hydrophile de la κ -caséine. Cette phase

Synthèse bibliographique

d'agglomération commence lorsqu'au moins 80 % de la κ -caséine est hydrolysée. Les paracaséines vont se lier entre elles par des liaisons hydrophobes, créant une coagulation **(SLAMANI, 2017)**.

Elle commence d'abord par l'agrégation des petites micelles, puis se complète par l'agrégation des grosses micelles pour former le gel de paracaséine, Il s'ensuit une structuration tridimensionnelle des micelles de caséines superficiellement déshydratées. Les ions calcium s'uniraient à la partie chargée négativement des micelles, diminuant ainsi les répulsions électrostatiques auxquelles elles sont soumises et favoriseraient la formation des ponts phosphocalciques entre les paracaséines. Les ponts d'accrochages ne sont pas répartis uniformément à la surface des micelles mais sont localisés, formant des chaînes isolant des vacuoles contenant du lactosérum. Un gel beaucoup plus ferme, très poreux et très minéralisé en résultera, se créant dans les trois dimensions de l'espace en retenant la phase aqueuse et la matière grasse dans ces mailles **(LUCEY et al., 2000)**.

De plus, cette étape secondaire de floculation est très sensible aux changements de température. En effet, l'augmentation de la température réduit significativement le temps d'agrégation alors qu'en dessous de 10°C, l'agrégation des micelles de caséine même complètement sans la partie C-terminale de la κ -caséine ne se produit pas. En effet, une augmentation de la température affectera l'établissement des liaisons dans le caillé et augmentera considérablement le retrait des granules et l'éjection du sérum **(VETIER et al., 2000)**.

La phase tertiaire ou phase de réticulation : les micelles agrégées subissent de profondes réorganisations par la mise en place de liaisons phosphocalciques et peut être des ponts disulfures entre les paracaséines **(MAHAUT et al., 2000)**.

Les étapes de la coagulation sont présentées dans la figure suivante :

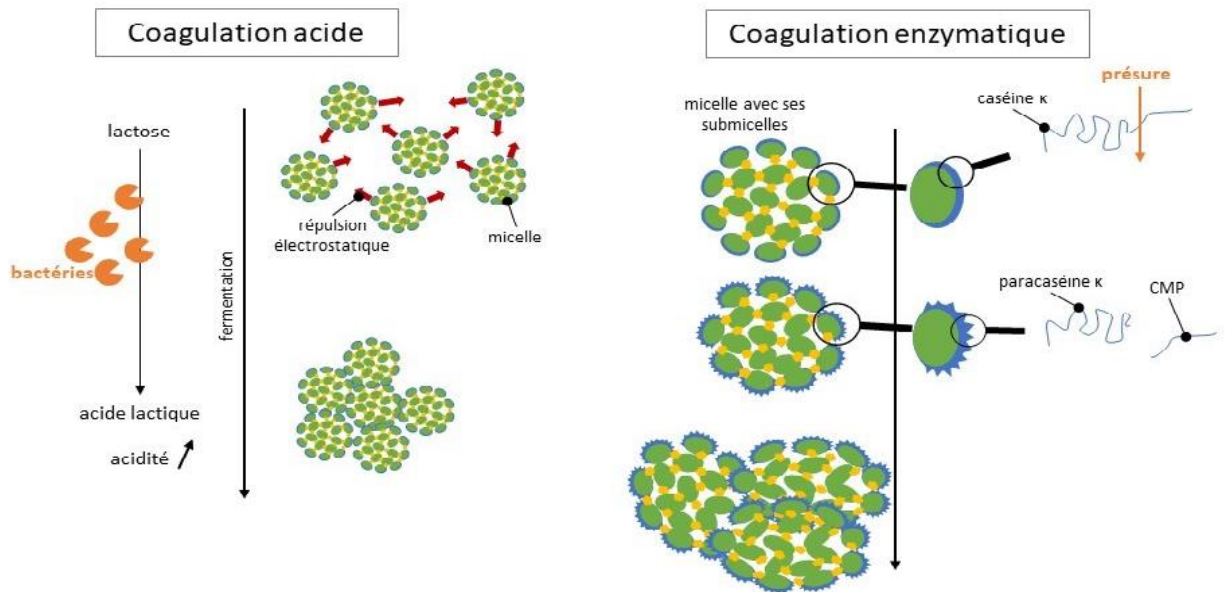


Figure 2. Schéma du mécanisme des deux types de coagulation (**Anonyme 1**).

IV.2.4.3. L'égouttage

L'égouttage se traduit macroscopiquement par une élimination progressive du lactosérum (qui s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement du gel), il permet de séparer le lactosérum du caillé.

Lors de cette étape, la plus grande partie des éléments solubles sont éliminés dans le lactosérum. On peut considérer qu'il s'agit d'une déshydratation partielle du caillé (**VIGNOLA, 2002**).

Selon **EDIMA (2007)**, l'expulsion du lactosérum du gel est due à des facteurs mécaniques :

- La découpe du caillé augmente la surface d'exsudat.
- Le brassage, qui consiste à agiter modérément les granules du caillé obtenu après découpe dans le lactosérum pour maintenir les surfaces exemptes d'exsudat.

Toutes ces transformations que subit le lait font évoluer sa texture et sa saveur, qui atteindront un degré optimal après une certaine période d'affinage plus ou moins longue selon le type de fromage (**BUGAUD et al., 2002**).

IV.2.4.4. L'affinage

Il s'agit d'une étape de digestion enzymatique, ce sont les enzymes de la microflore présente, qui sont responsables de la dégradation des composants du caillé. La pâte subit

Synthèse bibliographique

d'innombrables changements dans son aspect, sa texture et sa consistance. À ce stade, le mélange devient un produit élaboré appelé fromage.

Selon **MIETTON, (1995)**, l'affinage est assuré par l'association de trois principales actions biochimiques à savoir, la dégradation des protéines, l'hydrolyse de la matière grasse et la fermentation du lactose. (**BOUTERFA, 2019**).

IV.2.4.5. Conditionnement et emballage

En général, l'emballage doit être imperméable et protéger le produit contre : les chocs mécaniques, la déshydratation, la contamination par des microorganismes surtout les pathogènes, la perte des arômes et la pénétration de l'oxygène qui cause le phénomène d'oxydation ainsi que de la lumière qui l'accélère (**TAMIME, 2011**), les opérations sont achevées dans des chambres froides (**MAHAUT et al, 2000**).

Le meilleur conditionnement consiste à l'emballer dans du papier cellulosique et le placer dans des boîtes en carton (**Eck et GILLIS, 2006**).

V. Caractéristiques et évaluation de la phase d'affinage

L'affinage est la période pendant laquelle les fromages subissent, sous l'action des enzymes naturelles et microbiennes, des transformations physico-chimiques qui leur confèrent leurs caractéristiques organoleptiques (texture, goût, aspect). La durée, les conditions d'ambiance et les soins diffèrent selon les types de fromages.

Différents facteurs influent sur le bon déroulement de cette phase, qu'ils soient environnementaux (température, hygrométrie, renouvellement de l'air...) ou internes au fromage (activité de l'eau, pH...). En plus d'une perte en eau, l'affinage se caractérise par une hydrolyse enzymatique du caillé. Ce substrat sera transformé sous l'action d'enzymes présentes à l'origine dans le caillé (plasmine, lipase, etc), ou ajouté au lait (enzyme coagulant, levains), ou produites au cours de l'affinage par synthèse microbienne (bactéries levures, moisissures) pour donner lieu à des molécules beaucoup plus simples (acides aminés, dioxyde de carbone (CO), ammoniac (NH), ammonium, vapeur d'eau $2(H_2O)$ et acides gras volatils (AGV...). Ces réactions vont varier en fonction de la composition du substrat (fromage), de l'écosystème microbien, des soins d'affinage et des paramètres d'ambiance (**PETRIER et al., 2016**).

V.1. Les facteurs de variation de l'affinage

V.1.1. L'aération et la composition de l'atmosphère

La maîtrise de la composition chimique de l'ambiance (NH_3 , O_2 , CO_2) permet d'orienter le développement de la flore de surface et les échanges entre le produit et l'air. Durant l'affinage, les microflore consomment l' O_2 et rejettent le CO_2 , du NH_3 et de l'eau. Les réactions métaboliques de l'affinage font que les fromages dégagent de la chaleur. L'impact de ce dégagement de chaleur dans l'atmosphère de la cave doit être géré grâce au renouvellement et au refroidissement de l'air. Ces variations de composition de l'air peuvent être bénéfiques ou non à la qualité des produits.

Les concentrations de gaz peuvent varier au cours de l'affinage (ouverture des portes, aération...), elles favoriseront certaines flores et modifieront l'équilibre du stock enzymatique et qualitatif du fromage, entraînant l'évolution des fromages. La baisse d' O_2 favorise la fermentation par les levures, qui produisent alors de nombreux arômes. L'augmentation du pH de surface, due à la consommation de lactates (par les levures rapidement) et production d'ammoniac (plus tard) (**PETRIER et al., 2016**).

V.1.2. L'activité de l'eau

L'activité de l'eau, facteur très important du développement microbien et de l'action des enzymes, exerce une influence majeure sur l'affinage. L'abaissement de l'activité de l'eau ralentit l'activité enzymatique, il augmente la durée de la phase de latence des microorganismes et diminue leur vitesse de croissance. L'activité de l'eau est déterminée par deux paramètres très essentiels, la teneur en eau et la teneur en sel du produit et de son extrait sec (**CHOISY et al., 1990**).

V.1.3. La température

La température est le facteur majeur de développement des microorganismes et de l'activité enzymatique au cours de l'affinage.

Les températures optimales de développement microbien varient selon les espèces :

- Levures – moisissures, bactéries de surface : 20-25°C.
- Bactéries lactiques mésophiles : 30-35 °C.
- Bactéries lactiques thermophiles : 40-45 °C.

Les températures d'affinage des fromages se situent entre 5 à 20°C pour les pâtes molles à croûte fleurie (**JEANTET et al., 2017**).

V.2. Les enzymes intervenant dans l'affinage

On distingue

a) Les enzymes naturelles du lait cru

-**La plasmine** : protéase thermorésistante, elle intervient dans les fromages à affinage lent.

- **La lipase** : thermolabile, elle peut intervenir dans les fromages de lait cru. Elle hydrolyse préférentiellement les acides gras à courte chaîne. Son action est plus marquée dans les laits de brebis et de chèvre car les globules gras sont plus petits que ceux de lait de vache.

- D'autres enzymes peu étudiées, telles que la phosphatase alcaline, thermosensible, aurait un rôle négligeable dans l'affinage des fromages obtenus à partir de lait pasteurisé. La phosphatase acide pourrait intervenir dans la déphosphorylation des caséines et des phosphopeptides (**MAHAUT et al., 2000**).

- **La présure** : contient de la chymosine et la pepsine. Il reste 35% de résidu de chymosine dans les fromages Lactiques. À l'affinage, elle hydrolyse la caséine alpha-S1 en particulier, mais l'activité est limitée dans des fromages à pâte molle et croûte fleurie. Elle peut aussi hydrolyser la caséine bêta, ce qui peut favoriser le défaut d'amertume si cette activité est trop importante (**PETRIER et al., 2016**).

b) Les enzymes microbiennes

Les enzymes d'affinage proviennent de nombreuses espèces de micro-organismes, et sont donc très variées. Les enzymes protéolytiques et lipolytiques les plus actives proviennent de *Geotrichum candidum* et des moisissures (**PETRIER et al., 2016**).

V.3. Les modifications biochimiques au cours de l'affinage

V.3.1. Fermentation du lactose

Le lactose du caillé est entièrement métabolisé lors de l'affinage. Sa principale transformation est sa conversion en acide lactique par les bactéries lactiques. Selon les microorganismes responsables de la fermentation du lactose, il y a production d'un grand nombre de métabolites. Parmi ses nombreux métabolites la fermentation du lactose produit principalement de l'acide lactique sous forme de lactate. Les autres composés métabolisés dans cette voie de dégradation dépendent du micro-organisme impliqué (éthanol, acide acétique, CO₂) (**MAHAUT et al., 2000**).

Le lactate peut être lui même métabolisé selon différentes voies :

- Il peut être consommé très rapidement par les levures et les moisissures en provoquant une désacidification centripète de la pâte, il peut avoir un redémarrage des bactéries lactiques qui dégradent dans un premier temps le lactose résiduel jusqu'à l'épuisement, puis le galactose peut être transformé.

- Il peut être transformé par les bactéries propioniques : les lactates sont dégradés en acide acétique, en acide propionique responsable de la saveur (MAHAUT et al., 2000, JEANTET et al., 2017).

V.3.2. Hydrolyse de la matière grasse : Lipolyse

La lipolyse est une hydrolyse des triglycérides du fromage par l'action de lipases indigènes, endogènes et/ou exogènes, qui entraînent la libération d'acides gras volatils (AGV) dans le fromage au cours de l'affinage. Les triglycérides de la matière grasse du lait des ruminants sont riches en acides gras à chaîne courte qui, lorsqu'ils sont libérés, ont un faible seuil de saveur qui contribue de manière significative à la saveur de nombreuses variétés de fromages. Mais des niveaux excessifs de lipolyse sont indésirables et entraînent le rancissement.

Les acides gras sont également des précurseurs importants pour la production de composés aromatiques volatils. Les agents lipolytiques présents dans le fromage proviennent généralement du lait, de la lipoprotéine lipases (LPL), du coagulant (dans le cas de la présure en pâte) et de la microflore du fromage (*Geotrichum* et moisissures) (MCSWEENEY, 2004).

V.3.3. La protéolyse

L'hydrolyse des caséines, conjointement à l'évolution du pH, est à l'origine de l'assouplissement de la pâte et elle participe activement au développement de la saveur des fromages, car les acides aminés sont des précurseurs d'arômes. La dégradation des protéines conduit à des peptides sapides, amers, sucrés et acides. Ils peuvent être responsables de l'amertume dans les fromages. La dégradation des acides aminés en une multitude de composés volatils est essentielle pour la typicité des fromages.

Dans le cas des pâtes molles à croûte fleurie, la protéolyse est plus rapide et plus intense en surface qu'à cœur due à l'activité de la flore de surface.

Dans une protéolyse primaire, les enzymes (protéases) hydrolysent les protéines. Cela produit un ensemble de polypeptides (sans arôme), eux mêmes dégradés en peptides à grande ou à moyenne chaîne (amers et sucrés). Durant la protéolyse secondaire, les enzymes

Synthèse bibliographique

hydrolysent les peptides à longue et moyenne chaîne (peptidases) en peptides à petites chaînes et en acides aminés qui donnent des arômes distincts.

La dégradation des protéines ne s'arrête pas aux stades acides aminés, plusieurs systèmes enzymatiques interviennent au cours de ces transformations :

- Désaminations (production d'ammoniac).
- Décarboxylation (production d'amines au goût de vieux fromages).
- Dégradation de méthionine et cystéine (odeurs soufrées).
- Dégradation de tyrosine et phénylalanine (odeurs de plastique) (**JEANTET et al., 2017, PETRIER et al., 2016**).

V.4. Microbiologie de l'affinage

V.4.1. Flores bactériennes

V.4.1.1. Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques en tant que groupe bactérien ont pour caractéristiques commune la production d'acide lactique à partir des sucres, elles interviennent largement dans de très nombreuses transformations laitières.

Le rôle principal des bactéries lactiques en technologie fromagère est d'assurer l'acidification nécessaire à l'élaboration des caillés mais elles ont d'autres effets importants au niveau d'affinage :

- La production de composés d'arôme à partir de lactose et ou du citrate : acide acétique, éthanol.
- La production du CO₂ à l'origine d'une certaine ouverture de la pâte.
- La protéolyse, une action qui se traduit notamment par la formation de petits peptides et d'acides aminés libres.
- La lipolyse, discrète mais réelle (**CHOISY et al., 2006**).

V.4.1.2. Bactéries de surface

On désigne par cette appellation un ensemble de germes microbiens appartenant pour essentiel aux groupes des Micrococcaceae et des bactéries corynéformes.

Ces germes représentent une part importante, voire dominante, de la flore superficielle de divers types de fromage. Le développement actif de ces bactéries à la surface des fromages peut s'effectuer en raison de leur caractère aérobie, de leur résistance au sel et

de leur aptitude à se multiplier aux températures de 10 - 12 °C, ce développement actif n'intervient que si le pH du milieu est suffisamment élevé, supérieur à 5,5 car ce sont des organismes acido-sensibles. (CHOISY et al., 2006).

V.4.2. Flores fongiques

Des communautés fongiques sont rencontrées dans tous les fromages à affinage.

V.4.2.1. Levures

Les levures sont des champignons unicellulaires, étant donné leur grande capacité d'adaptation à de nombreux substrats, les levures sont très largement répandues dans l'environnement et se retrouvent de façon normale dans le lait (BEUVIER et FEUTRY, 2009).

La flore levuriennes a un rôle majeur dans l'arôme des fromages à pâte molle, d'une part parce qu'elle participe à la désacidification et ainsi au développement des bactéries d'affinage à la surface des fromages, d'autre part par sa production propre d'arômes (largement montré chez *Geotrichum* et *Kluyveromyces lactis*) (LAITHIER, 2011).

Les levures sont dotées d'une activité biochimique qui lui permet de s'exprimer au cours de l'affinage et de contribuer aux modifications de la texture des pâtes et au développement de la saveur. Tels que l'aptitude à la dégradation des acides aminés qui se manifeste par une production importante d'ammoniac et la formation de produits soufrés volatils.

Geotrichum candidum utilise le lactate comme source de carbone et leur développement est à l'origine d'une augmentation du pH permettant un assouplissement de la pâte, la croissance des bactéries de surface acido-sensibles et une action convenable des lipases et des enzymes protéolytiques. Ainsi elle dégrade les acides gras par voie oxydative, et capable de produire des méthyles cétones et des alcools secondaire (CHOISY et al., 2006).

V.4.2.2. Moisissures

La présence de la moisissure superficielle ou interne constitue une caractéristique majeure de divers types de fromages.

P. camemberti forme le feutrage blanc des camemberts, brie, carré, elle représente un élément essentiel par formation de la flore superficielle ou création du persillé de la pâte, elle leur confère un aspect original par leurs aptitude biochimique elle participe très activement au processus d'affinage et elle contribue puissamment à la détermination des caractères rhéologiques et organoleptiques des pâtes.

Synthèse bibliographique

P, camemberti intervient au cours d'affinage par leur aptitude à la désacidification des pâtes par leur potentiel de production d'enzymes protéolytiques et lipolytiques, et par leur aptitude à la dégradation des acides aminés et des acides gras, des propriétés qui leur confèrent un important pouvoir d'aromatisation des fromages.

L'action majeure de P, camemberti au cours de l'affinage est la dégradation des acides gras par la voie B-oxydation, elle possède les systèmes enzymatiques qui lui permettent de former à partir des acides gras saturés à chaîne courte et moyenne des méthylcétones.

Les P, camemberti sont dotées d'un potentiel de production d'arôme particulièrement riche.

Parmi les principaux composés formés par la P, camemberti on relèvera :

- Des méthylcétones saturées par voie B-oxydation (C5 C7 C9).
- Des alcools et des cétones dérivants des acides polyinsaturés.
- Acides gras courts.
- Des composés soufrés (**CHOISY et al., 2006**).

VI. Les facteurs influençant la coagulation

VI.1. La température

L'activité enzymatique est affectée par la température. Ainsi, l'activité de la présure est liée à la température à laquelle sont réalisées les étapes d'emprésurage et de coagulation (**ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002**).

La présure présente une activité maximale entre 30 et 42°C et est inhibée à des températures supérieures à 55°C (**ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002**).

VI.2. La concentration en enzyme

La concentration en enzyme est inversement proportionnelle au temps de coagulation. Cependant, elle est proportionnelle à la vitesse d'hydrolyse de la caséine k (phase enzymatique) et à la vitesse d'agrégation des micelles (phase physique).

Le taux de raffermissement et la fermeté du gel augmentent quant à eux avec la concentration d'emprésure (**ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002**).

VI.3. pH

L'acidification du lait à pH de 6,3 améliore les propriétés de coagulation à la présure (**RENAUT et al., 2000**). Ensuite, l'acidification mène à la neutralisation des charges de répulsion puisque le nombre de charges positives augmente, ce qui déstabilise la micelle et permet d'avantage l'attraction électrostatique entre les micelles (**RENAUT et al., 2000**).

La diminution du pH favorise la coagulation (diminution du temps de floculation et accélération de la formation du gel) par deux actions :

- L'activité présure sur la k-caséine est maximale à pH = 5,5 et est rapidement inactivée à pH supérieur à 7,0.
- La stabilité des micelles diminue avec le pH en neutralisant les charges négatives et en libérant des ions calcium, favorisant une réaction de combinaison (**POUGHEON, 2001**).

VI.4. Concentration en calcium et en phosphate de calcium

L'influence du taux de calcium se manifeste sur le temps de floculation et la dureté du gel. Le calcium est nécessaire à la coagulation des micelles : un lait à faible teneur en calcium va avoir du mal à coaguler et former un gel mou, qui ne tient pas bien.

La coagulation dépend également de la teneur en phosphate de calcium du colloïde : plus la teneur micellaire en phosphate de calcium est élevée, plus le gel sera solide et se prêtera à l'égouttage.

On sait également que l'addition de chlorure de calcium est une pratique courante utilisée en fromagerie pour permettre d'obtenir un caillé plus structuré et réduire le temps de floculation (**POUGHEON, 2001**).

VI.5. Concentration en enzyme

La concentration en enzyme est inversement proportionnelle au temps de coagulation, cependant, elle est proportionnelle à la vitesse d'hydrolyse de la caséine k (phase enzymatique) et à la vitesse d'agrégation des micelles (phase physique).

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

VI.6. Dimension et Teneur en caséines

La coagulation enzymatique est un phénomène de surface et elle est influencée par le diamètre des micelles de caséine. En général, plus le diamètre est grand, plus le temps de prise est long et plus le taux de raffermissement et la fermeté finale sont faibles (**ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002**).

VII. Les défauts d'affinage

VII.1. Défauts de saveur et d'arome

Une trop grande lipolyse peut entraîner l'apparition de saveurs et d'arômes indésirables.

Des traitements technologiques brutaux, par exemple un brassage mécanique excessif où une mauvaise conservation du lait cru, peuvent provoquer le bris des globules gras et rendre facilement accessibles les triglycérides aux lipases du lait (goût de rance) avant ou pendant le procédé de fabrication (**ST-GELAIS et al., 2002**).

Parmi ceux-ci on distingue

VII.1. 1. L'amertume

L'amertume est un défaut de saveur relativement fréquent dans divers types de fromages, notamment les pâtes pressées telles que le gouda et le cheddar, les pâtes molles et les bleus.

Le défaut peut avoir plusieurs origines, mais il est dû le plus souvent à l'accumulation de peptides (**LENOIR et BERGERE, 2006**).

Ce sont les caséines et surtout la caséine β qui sont à l'origine des peptides amers (**MAHAUT, 2000**).

VII.1. 2. Le goût de rance

L'apparition du goût de rance dans les fromages est due à une lipolyse excessive qui se traduit par la présence d'une dose anormalement élevée d'acides gras libres (**LENOIR et BERGERE, 2006**).

VII.1.2.1. Goût de savon

Un goût de savon provient de l'oxydation de la matière grasse dans le cas de fromages âgés, riches en matière grasse et mal égouttés. Pour y remédier, il vaut mieux égoutter les

fromages, diminuer la température de fabrication et ne pas les laisser trop vieillir (**PRADAL, 2012**).

VII.2. Défauts de textures et de gonflements

Ces défauts peuvent avoir des origines technologiques (pâte sèche, coulante, fromage laine, sans ouverture ou trop ouvert, etc.) ou microbiologiques (gonflements précoces ou tardifs) (**JEANTET et al., 2008**).

VII.2.1. Les gonflements précoces

Ils se produisent rapidement (dans les 24 – 48 h) après le début de la fabrication et restent le plus souvent limités dans le temps, mais peuvent atteindre tous les types de fromages. Ils se traduisent par l'apparition de trous généralement en nombre important et souvent petits, au sein de la pâte (**ECK et GILLIS, 2006**).

Ces accidents sont presque toujours dus à la multiplication dans les fromages de microorganismes fermentant le lactose en donnant des gaz : levures, diverses bactéries lactiques hétérofermentaires, et le plus souvent bactéries coliformes venant du lait (**ECK et CLAUDE, 2006**).

VII.2 2. Les gonflements tardifs

Le nom de gonflement tardif signifie également gonflement au butyrate. C'est principalement dû à *Clostridium butyricum* (bactérie anaérobies sporulées). Ce défaut se manifeste dans le fromage et développe des ouvertures anormales pendant l'affinage, formant de nombreux trous de la taille d'une tête d'épingle qui apparaissent en grappes (**ECK et GILLIS, 2006**).

VII.3. Défauts d'aspect et de croûtage

La présence de microorganismes indésirables peut entraîner une altération de la texture et de la croûte, la flore fongique peut entraîner des accidents à la surface des fromages tels que « bleu », « poil de chat » ou « peau de crapaud », ou d'origine bactérienne à la surface et à l'intérieur de la pâte (chancre, taches orangées, crème, rosées, brunâtre, etc.) (**MCSWEENEY, 2002**).

VII.3.1. Les poils de chat

Les moisissures du genre *Mucor* ont des besoins en eau plus élevés que *Penicillium*.

Leur présence à la surface est souvent appelée "poils de chat". La surface souvent blanche et pelucheuse (molle) du fromage est envahie par des taches noires dégoûtantes.

La source de cette moisissure contaminante provient généralement de l'air et de l'hygiène générale de la cave, et les conditions suivantes favorisent son développement :

- Fromage trop humide ou trop salé.
- Condensation à la surface du fromage due à une humidité excessive dans la cave
(VIGNOLA, 2002).



Figure 3. « Poils de chat ». (Anonyme 2)

VII.3.2. Peau de crapaud

Le microorganisme responsable est *Geotrichum candidum*. En effet, il fait partie de la flore normale de très nombreux fromages à pâte pressée ou à pâte molle chez lesquels il joue un rôle utile dans l'affinage, et il est d'ailleurs couramment commercialisé en tant que levain de fromagerie.

La texture et les qualités organoleptiques ne sont plus celles du camembert et peuvent donc être considérées comme altérées. Le défaut est favorisé par manque d'hygiène au niveau du matériel, surtout le défaut d'égouttage (donc souvent d'acidification) et de salage insuffisant (ECK et GILLIS., 2006).



Figure 4. « Peau de crapaud ». (Anonyme 2)

Chapitre III

***Propriétés organoleptiques et
analyse sensorielle du
camembert***

I. Propriétés organoleptiques et sensorielles

La qualité organoleptique peut être considérée comme le caractère hédonique d'un aliment. Parfois considéré comme un luxe, c'est un élément qui peut être primordial dans le choix du consommateur cet élément comportant une partie liée à la psychologie et à la culture de l'individu. Il n'est pas possible de le normaliser, mais uniquement de tenter d'obtenir une bonne adéquation entre le produit et l'attente du consommateur (**ROUDOT, 2002**).

Les produits alimentaires, tout comme les matériaux inertes, présentent aussi des propriétés de dureté, élasticité, plasticité, viscosité.

Pour étudier les propriétés macroscopiques des produits alimentaires, deux approches complémentaires peuvent être employées :

- L'analyse sensorielle (méthode dite subjective permettant de quantifier les caractéristiques organoleptiques d'un aliment) qui permet de qualifier véritablement l'aliment tel que le percevra le consommateur.
- L'étude de leurs propriétés mécaniques (rhéologique), (méthodes dites objectives visant à étudier la réponse d'un aliment soumis à une contrainte) qui donnent généralement une information fragmentaire sur le produit, nécessitant une validation par l'analyse sensorielle.

I.1. Propriétés rhéologiques et texturales de fromage

I.1.1. Rhéologie

La rhéologie est la science des relations entre les contraintes et les déformations d'un élément de volume (**JEANTET et al., 2006**).

La rhéologie science de déformation de la matière, classe habituellement les effets de l'application d'une contrainte en quatre catégories élémentaires :

- Déformation réversible instantanément : élasticité.
- Déformation réversible, mais dépendant du temps : élasticité retardée.
- Ecoulement dépendant de la force appliquée : viscosité.
- Déformation permanente à partir d'un certain seuil de contrainte : plasticité. (**ECK et GILLIS, 1997**).

Synthèse bibliographique

Selon (ECK, 1990) il est possible de décrire la consistance d'un fromage à partir d'un ensemble des paramètres rhéologiques de sens physique précis : module d'élasticité, viscosité et temps de relaxation, etc.

De son étude réalisée sur divers fromages, il conclue, qu'en général, le fromage est un corps viscoplast-oélastique, car lorsqu'il est soumis à une contrainte (pression d'un pouce, pénétration par une aiguille, cisaillement par un couteau, etc.), il présente une combinaison de déformation élémentaire relevant de l'élasticité, de la viscosité et de la plasticité. Ce comportement peut être différent d'un fromage à un autre selon l'importance et le type de contrainte imposée.

De ce fait, on peut dire que chaque fromage, à un instant donné de son affinage, constitue une entité rhéologique et que de nombreux paramètres sont susceptibles de modifier son comportement.

I.1.2. Contrainte (stress)

La contrainte est le rapport de la force appliquée à la surface de contact, tandis que la déformation est donnée par le rapport entre la variation de hauteur de l'échantillon à sa hauteur initiale (ROUDOT, 2002).

I.1.3. La texture

La texture a été proposée par AFNOR, 1988 comme étant l'ensemble des propriétés rhéologiques et de structure (géométriques et de surface) d'un produit alimentaire, perceptibles par les mécanorécepteurs, les récepteurs tactiles, et éventuellement, par les récepteurs visuels et auditifs (SZCZESNIAK, 1991).

La texture n'a pas une définition exacte toute fois on peut dire qu'elle possède certaines caractéristiques :

- Il s'agit d'un groupe de propriété physique qui dérive de la structure de l'aliment.
- Elle est liée à la mécanique et à la rhéologie.
- Il ne s'agit pas d'une propriété mais d'un ensemble de propriétés.
- Elle n'est pas directement liée à l'odeur et au goût (ROUDOT, 2002).

I.2.Aspect et couleur des fromages

Ces caractéristiques peuvent être regroupées sous le terme général l'apparence du fromage qui constitue, bien évidemment, une caractéristique importante de l'attrait exercé par le produit. Ainsi, aspect et couleur sont avant tout des propriétés sensorielles de l'aliment.

Ils deviennent propriétés physiques que dans la mesure où un instrument est capable d'en donner une valeur numérique, l'aspect d'un fromage est un terme regroupant :

- Des caractéristiques géométriques (forme, dimension).
- Des caractéristiques macrostructurales (présence de trous, de fissures, etc.) qui peuvent être quantifiées par des méthodes géométriques, numériques, etc.

La couleur d'un objet qu'elle soit vue par l'œil ou détectée par un instrument, est une combinaison de trois facteurs : la source lumineuse, l'objet, l'observateur. La mesure physique de la couleur mérite, en raison de l'importance particulière de cette caractéristique sur l'appétence des aliments un développement plus important (**ECK et GILLIS, 2006**).

I.3.La flaveur des fromages

L'arôme et la saveur des aliments résultent de stimulation simultanée, par un très grand nombre de constituants des aliments, de récepteurs situés dans la bouche et dans la cavité nasale. La saveur est une sensation produite par certains corps sur l'organe du goût. Le goût siège sur la papille gustative de la langue chez l'homme, qui aperçoit quatre grandes saveurs de bases : salé, sucré, amer et acide. L'odeur de certaines substances volatiles est la mieux perçue lors d'inspiration nasales profondes forçant l'air à passer sur la muqueuse (**BUDIN, 2000**).

La nature des molécules qui participent à l'arôme d'un certain nombre de fromages appartient à des classes très variées telles que acides, alcools primaires et secondaires, composés carbonylés, esters, produits soufrés.

Le développement de la flaveur est attribué essentiellement aux microorganismes qui composent les ferments mais aussi aux microorganismes présents naturellement dans le lait cru (**SPINLER et al., 2006**).

II. Méthodes d'appréciation de la texture et de la rhéologie des fromages

Plusieurs étapes sont nécessaires pour étudier la relation entre la composition et la structure et la qualité organoleptique d'un aliment, leur enchainement est comme suit :

-) Composition.
-) Structure.
-) Propriétés mécaniques (rhéologie).
-) Texture.
-) Qualité organoleptique.

De ce fait la mesure des propriétés mécaniques fondamentales est surtout essentielle pour la compréhension de la structure de l'aliment alors que les mesures texturales sont utiles pour quantifier la qualité organoleptique (**HARDY et SCHER, 1997**).

L'un des facteurs de qualité importants d'aliments est leur texture ou leur sensation en bouche. La propriété de la texture a fait l'objet des recherches considérables au fil des ans, et une partie importante de cet effort a consisté d'une recherche de méthodes objectives de mesure de la texture. Un grand nombre d'objectives méthodes de mesure de la texture ont été développés, et ceux-ci mesurent de nombreuses propriétés des aliments. Avec cette multiplication des méthodes de mesure de la texture, il devient souhaitable de les classer pour atteindre un degré d'ordre (**BOURNE ,1966**).

Il existe diverses méthodes permettant d'évaluer les propriétés texturales d'un aliment. Elles sont de trois types (**SCOTT BLAIR, 1958**) : imitatives (l'appareil mime un phénomène naturel comme par exemple la mastication), empiriques (l'appareil mesure un ou plusieurs paramètres plus ou moins bien définis mais reliés à une caractéristique texturale comme par exemple la fermeté) ou enfin fondamentales (l'appareil mesure une propriété rhéologique bien définie comme par exemple la viscosité). La texture peut être évaluée au moyen de techniques instrumentales ou sensorielles.

II.1. Les méthodes fondamentales

Permettent d'accéder à des grandeurs rhéologiques telles que la viscosité, le temps de relaxation. Cependant ces méthodes sont peu corrélées à l'analyse sensorielle (**LEAITHER, 2008**).

Synthèse bibliographique

Selon (SZCZESNIAK, 1966), les tests fondamentaux mesurent les paramètres rhéologiques de base et relient la nature du produit testé aux modèles rhéologiques de base.

En raison de la complexité des produits alimentaires et de la nécessité de relier les mesures obtenues aux propriétés fonctionnelles, les essais fondamentaux n'ont qu'une utilité limitée.

Il existe deux techniques de base permettant de préciser les propriétés mécaniques d'un produit. Dans la première, dite expérience de fluage, s'applique sur un échantillon de dimensions bien définies une force constante et l'expérimentateur suit les variations de la déformation en fonction du temps. Après un temps déterminé, la contrainte peut être brutalement annulée et on continue de suivre les variations de la déformation résiduelle (recouvrance).

Dans la seconde, dite expérience de relaxation, c'est au contraire la déformation qui est brutalement amenée à une valeur constante et on suit les variations de la contrainte en fonction du temps.

Le dépouillement mathématique de courbes obtenues permet de calculer diverses grandeurs physiques telles que, viscosité, temps de relaxation, viscosité structurale, etc.

II.2. Méthode empirique

Les caractéristiques texturales des fromages ont souvent été mesurées au moyen de tests simples en utilisant des appareils très divers simulant de près ou de loin certaines techniques d'appréciation sensorielle. On peut les classer en cinq catégories principales (ECK et GILLIS, 1997).

-) Les méthodes de compression.
-) Les méthodes d'extrusion.
-) Les méthodes de cisaillement.
-) Les méthodes de pénétration.
-) Les méthodes de tranchage.

Les paramètres évalués par ces différentes méthodes sont nommés, selon les cas, dureté, fermeté, souplesse, friabilité, consistance, etc.

Les mesures empiriques permettent de faire des comparaisons pour compléter les mesures d'analyses sensorielles, comme par exemple la fermeté par pénétrométrie (LEATHER, 2008).

II.3. Méthode imitative

Les tests imitatifs mesurent diverses propriétés dans des conditions similaires à celles auxquelles l'aliment est soumis dans la pratique. C'est-à-dire les propriétés du matériau pendant la manipulation et les propriétés de l'aliment pendant sa consommation (**POMERANZ, 1994**).

Cette méthode consiste à reproduire partiellement la mastication humaine. L'analyse du profil de texture (TPA) est la plus connue de ces méthodes. Une seule mesure permet de fournir plusieurs paramètres pouvant être reliés à des caractéristiques sensorielles et cette méthode d'analyse est plus facile d'utilisation que l'analyse sensorielle (**LEAITHER, 2008**).

III.L'analyse sensorielle

III.1. Définition

Selon la norme française NF ISO 5492 l'analyse sensorielle est définie comme étant « l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens ». De part ces cinq sens (vue, ouïe, odorat, goût, toucher) l'être humain est devenu l'instrument de mesure des méthodes d'analyse sensorielle pour caractériser et évaluer des produits (**THOMAS, 2016**).

L'analyse sensorielle d'un aliment est considérée comme des facteurs déterminants pour son acceptabilité par les consommateurs. L'aspect d'un fromage, sa couleur, son odeur, sa consistance et sa saveur stimulent les sens de la vue, du toucher, de l'odorat, et du goût et provoquent une réaction hédonique pouvant aller de l'appréciation au rejet. Elle peut varier d'un individu à un autre (**ISSANCHOU et MARTIN, 2018**).

III.2. Les types d'évaluation sensorielle

Dans le domaine de l'évaluation sensorielle, on distingue deux perspectives.

La première généralement caractérisée par : L'expression analyse sensorielle, cherche à déterminer les propriétés organoleptiques des aliments, c'est-à-dire leur action sur les divers récepteurs sensoriels stimulés avant, pendant et après l'ingestion d'un aliment que celui-ci soit liquide ou solide. On distingue classiquement deux grandes catégories d'épreuves : les épreuves discriminatives dont l'objectif est de déterminer si deux ou plusieurs produits sont ou non différents et les épreuves descriptives ou épreuves de profil dont l'objectif est de mettre

Synthèse bibliographique

en évidence les ressemblances et différences entre produits sous forme notamment de cartes sensorielles.

La seconde perspective cherche à préciser les préférences ou les rejets entraînés par ces propriétés organoleptiques, elle est caractérisée par l'expression évaluation hédonique.

Cette distinction est fondamentale : l'analyse sensorielle s'intéresse au produit pour lui-même, alors que l'analyse hédonique s'intéresse à la manière dont un produit est accepté par un groupe cible de consommateurs. Les deux perspectives complémentaires sont regroupées sous les appellations d'évaluation sensorielle ou de métrologie sensorielle (**DEPLEDTET et SAUVAGEOT, 2002**).

III.3. Objectif de l'évaluation sensorielle

D'après (**ROUDAUT et LEFRANCQ ,2005**), l'analyse sensorielle est un passage obligatoire pour les industriels du marché agroalimentaire. En effet, cette technique vise la satisfaction des besoins du consommateur tout en réduisant les pertes aussi bien pour le fabricant que pour le revendeur. Ainsi, selon le type, l'évaluation sensorielle peut avoir comme objectifs :

- ✓ La description objective d'un produit pour établir un profil sensoriel.
- ✓ L'étude de la satisfaction des consommateurs et/ou de leurs préférences.
- ✓ La conception de nouveaux produits ou l'optimisation de ceux qui existent déjà.
- ✓ Mettre en évidence l'influence des procédés technologiques ou de certains paramètres sur la qualité organoleptique des produits (type d'alimentation, conditions de stockage).
- ✓ Amélioration et optimisation des produits.
- ✓ Suivre l'évolution des matières premières ou du produit au cours du temps.
- ✓ La comparaison entre les produits concurrents.
- ✓ Définir la durée de vie des produits.



Partie pratique



Chapitre I
Méthodologie

I. Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de comparer sur le plan physico-chimique et organoleptique deux types de camembert : l'un issu d'une fabrication industrielle « Le Fermier » et l'autre produit dans une unité artisanale « Hamidani ».

Les analyses de la qualité physico-chimique des échantillons prélevés de la matière première « lait cru » et du produit fini « Camembert » ont été effectués au niveau du laboratoire d'analyses et de contrôle de la qualité de l'unité « Fermier ».

Les taux de chlorures et les tests sensoriels ont été effectués au laboratoire physico-chimique du département d'Agronomie.

II. Présentation des unités

II.1. Laiterie-fromagerie « Le Fermier »

Notre travail a été réalisé au niveau de la laiterie-fromagerie (STLD) «Société de Transformation du Lait et Dérivés»: Le Fermier, elle a été créée le 16 avril 2004, c'est une entreprise à caractère privée sise à la zone d'activité Draa 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 collecté par des éleveurs locaux de la région de Boumerdes et Fréha, environ 70000 litres sont transformés par jour.

Les produits fabriqués au sein de cette unité sont comme suit :

- ✓ 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 fermier ».
- ✓ 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 physicochimiques.
- ✓ Salle de pasteurisation.
- ✓ Atelier de production pâte molle.
- ✓ Hâloirs d'affinage pâte molle.
- ✓ Atelier pâte pressée.
- ✓ Atelier d'emballage et conditionnement.
- ✓ Atelier lait, fonte et crème fraîche.

II.2. Fromagerie artisanale « Hamidani »

Cette étude est aussi réalisée au niveau de la fromagerie Hamidani-l'artisan. Elle a été créée en novembre 2021, c'est une unité à caractère privée sise au village Tazmalt commune Tizi-Ouzou, L'unité compte un effectif de 03 employés.

La fromagerie a pour fonction de produire un fromage à pâte molle type camembert à partir de lait cru collecté par des éleveurs locaux de la région Timizart Leghbar et Tala Atman, environ 330 litres sont transformés par jour.

Les produits fabriqués au sein de cette unité sont comme suit :

- ✓ Camembert de 250g.
- ✓ Camembert de 160g.
- ✓ Camembert de 125g.

Les compartiments de l'unité :

- ✓ Bureau.
- ✓ Salle de réception, stockage et pasteurisation du lait.
- ✓ Vestiaire.
- ✓ Salle de lavage.
- ✓ Salle de préparation.
- ✓ Chambre froide.
- ✓ Salle d'affinage, salage et ressuyage.
- ✓ Salle de conditionnement.

III. Diagrammes de fabrication des camemberts

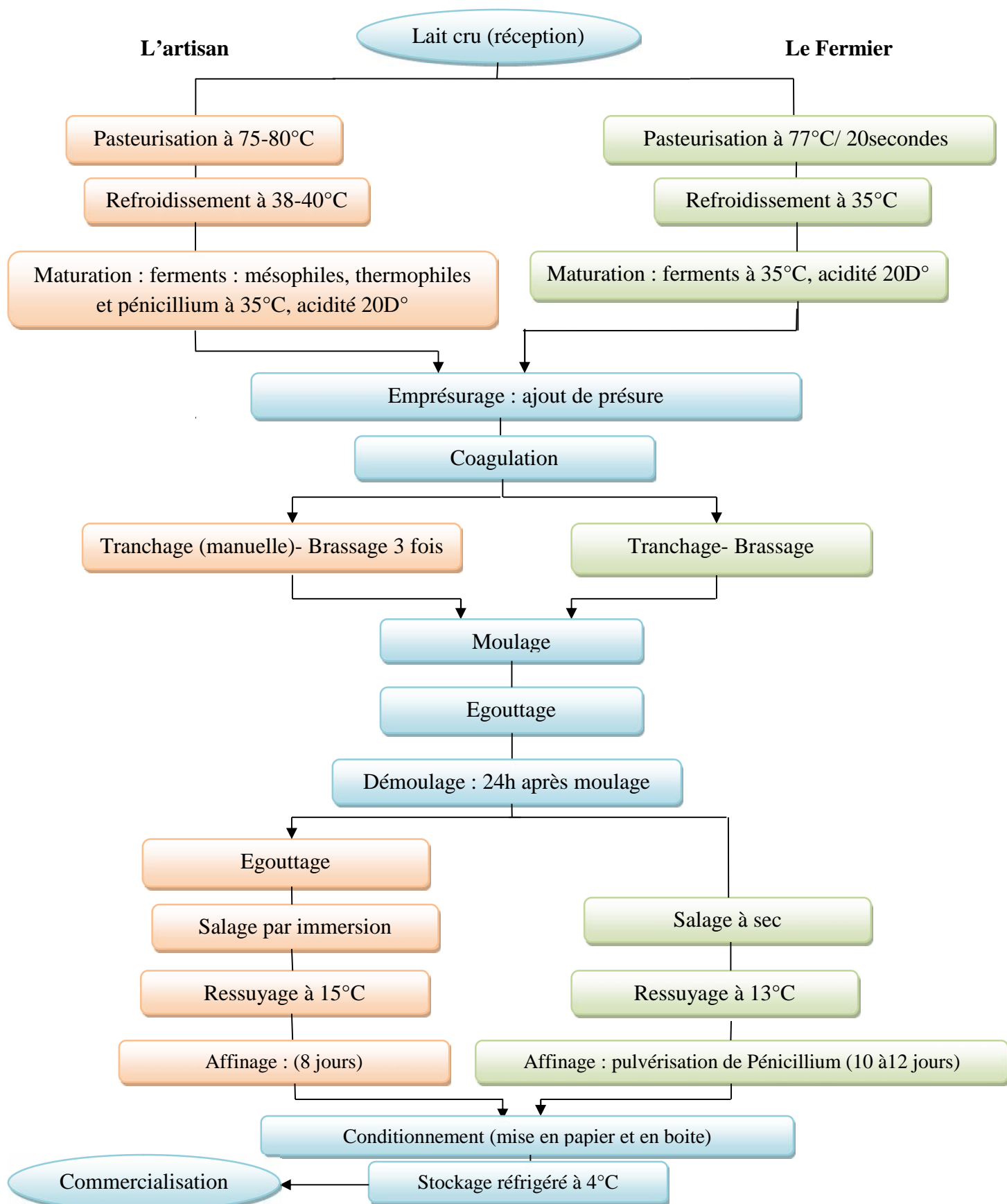


Figure 5. Diagramme de fabrication du camembert fermier et industriel.

IV. Description du produit fini

Le camembert « Le Fermier » et « L'artisan » sont destinés à tous les consommateurs excepté les nourrissons. Ils sont consommés à froid et commercialisés à travers le territoire national.



Figure 6. Le camembert « Le Fermier ».



Figure 7. Le camembert « L'artisan ».

V. Matériels utilisés

- Le matériel et les réactifs utilisés pour l'analyse physico-chimique (voir l'annexe 1).

V.1. Echantillonnage

Le prélèvement des échantillons a été réalisé comme suit :

- Deux échantillons de lait cru sont prélevés à la réception et à la maturation dans les unités de production : lait (FA) et lait (FI).
- Quatre échantillons de camembert à quatre étapes de production différentes : moulage, démoulage, ressuyage (avant l'affinage) et après affinage (produit fini).

Tableau III. Paramètres physico-chimiques mesurés aux différents points d'échantillonnage.

Points d'échantillonnage	Paramètres physicochimiques mesurés
Matière première <Lait cru>	pH, acidité, matière grasse, extrait sec dégraissé, extrait sec total, humidité, densité, teneur en protéines, lactose, point de congélation, test de détection des antibiotiques.
Produit en cours de fabrication (moulage, démoulage, ressuyage)	pH, acidité.
Produit fini (camembert)	pH, extrait sec total, matière grasse, chlorures, gras/ sec.

V.2. Analyse du lait cru (à la réception)

V.2.1. Mesure du pH

Le pH par définition est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une solution.

❖ Mode opératoire

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre. Avant chaque mesure, l'électrode du pH- mètre est nettoyée avec de l'eau de robinet, puis rincée à l'eau distillée et séchée avec du papier buvard.

La mesure est faite comme suit :

- Un contrôle sur la fiabilité du pH-mètre est effectué avant chaque mesure, par étalonnage de l'appareil à l'aide de deux solutions tampons de pH basique et acide connus (4,00 et 7,00).
- Introduction de l'électrode du pH-mètre dans le récipient contenant le lait à analyser.
- Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.(Annexe 2)

V.2.2. Détermination de l'acidité titrable ou acidité Dornic dans le lait.

❖ Principe

L'acidité titrable est le nombre de gramme d'acide lactique présent dans un litre de lait.

Elle est titrée par une solution d'hydroxyde de sodium (N/9) en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré(AGGAD et al., 2009).

❖ Mode opératoire

- Introduire dans un bécher 10 ml de lait prélevé à l'aide d'une pipette.
- Ajouter deux ou trois gouttes d'indicateur coloré (phénolphtaléine).
- Ajuster la burette a zéro.
- A l'aide de la burette, titrer doucement la solution de soude (NaOH) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose.
- Résultat exprimé en degré Dornic (D°).

V.2.3. Détermination de la densité du lait

La densité nous renseigne sur le taux de matières solides et sur la viscosité de la solution. La densité du lait dépend de tous ses constituants. Elle varie avec le taux butyreux et la teneur en matière sèche dégraissée. Diminuant lorsque le taux butyreux augmente et augmentant en même temps que la teneur en matière séchée dégraissée. La densité permet de soupçonner un mouillage ou un écrémage du lait puisque celui-ci l'augmente et l'addition d'eau a un effet inverse (MATHIEU, 1998).

❖ Principe

Elle est mesurée par un thermolactodensimètre et au même temps, est effectuée la lecture de la température. Sur la partie supérieure de l'appareil on trouve une échelle indiquant le degré de densité.

❖ Mode opératoire

- Bien mélanger le lait en évitant d'incorporer des bulles d'air et la mousse.
- Une quantité de lait ou de lactosérum est versée dans une éprouvette graduée de 250 ml.
- Plonger doucement le lactodensimètre dans le lait.
- Après sa stabilisation, la densité du lait est déterminée par une simple lecture sur l'échelle à la surface du lait.
- Attendre trente secondes à une minute avant d'effectuer la lecture de la graduation, cette lecture étant effectuée à la partie supérieure du ménisque, lire la température (Annexe4)

V.2.4. Détermination de la matière grasse (MG) du lait par la méthode acidobutyrométrique

❖ Principe

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acidobutyrométrique de Gerber. Dans cette technique les protéines du lait sont dissoutes par l'acide sulfurique, les matières grasses résistantes à l'action de l'acide sulfurique, sont séparées par centrifugation à chaud en présence d'alcool isoamylique (3-méthyle-1-butanol). La matière grasse, moins dense, se rassemble en une couche claire et transparente (TIR, 2015). La lecture directe des graduations détermine la quantité de matière grasse en g/L.

❖ Mode opératoire

- Introduire dans le butyromètre à lait 10 ml d'acide sulfurique à 91%.
- Ajouter 11ml du lait à l'aide d'une pipette en l'écoulant à travers les parois pour éviter le mélange prématuré du lait avec l'acide.
- Ajouter 1ml d'alcool iso amylique.
- Fermer l'ouverture de remplissage du butyromètre à l'aide d'un bouchon.
- Mélanger jusqu'à la dissolution totale du mélange.
- Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse Gerber, à une vitesse requise (360 tours / min) pendant 5 minutes.
- La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre(Annexe 5).

V.2.5.Détermination de l'extrait sec total

❖ Principe

L'extrait sec total est déterminé à l'aide d'un dessiccateur infrarouge. Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée.

Le pourcentage d'humidité ou de solide est calculé par la différence entre le poids humide initial et le poids sec final.

$$H^{\circ} = 100 - EST$$

H° : Humidité (%) ;

EST : Extrait sec total (%).

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

$$ESD = EST - MG$$

ESD : Extrait sec dégraissé.

EST : Extrait sec total.

MG : Teneur en matière grasse.

❖ Mode opératoire

- Allumer le dessiccateur.
- Mettre sur la balance de dessiccateur une capsule en aluminium sèche et tarer.
- Peser 3g du lait.
- Etaler le lait au maximum pour accélérer la dessiccation.
- Fermer l'appareil et laisser le temps de dessiccation.
- La valeur s'affiche sur l'écran de l'appareil exprimée en pourcentage (Annexe 6).

V.2.6. Détermination de la teneur en protéines et en lactose dans le lait avant et après enrichissement

❖ Principe

La détermination de la teneur en protéines et en lactose dans le lait avant et après enrichissement se fait à l'aide d'un appareil spécifique appelé «Lactostar» où une quantité de lait est introduite après le nettoyage et l'étalonnage de cet appareil.

❖ Mode opératoire

- Introduire une quantité de 10 ml du lait dans le «Lactostar» après le nettoyage et l'étalonnage de ce dernier.
- La lecture se fait directement sur l'écran et le résultat est donné en pourcentage (%) (Annexe 8).

V.3. Analyse du camembert

V.3.1. Mesure du pH

❖ Mode opératoire

- Un étalonnage du pH-mètre est effectué avant l'analyse à l'aide des solutions tampons pH acide 4 et pH neutre 7.
- Introduction de l'électrode du pH-mètre dans la pâte du fromage à analyser.
- Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.
- Ajuster la burette à zéro.
- A l'aide de la burette, titrer doucement la solution de soude (NaOH) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose.
- Résultat exprimé en degré Dornic (D°) (Annexe 2).

V.3.2. Détermination de la matière grasse (MG) du camembert par la méthode acidobutyrométrique Van Gulick

❖ Mode opératoire

- Placer le godet sur une balance puis tarer la balance.
- Peser 3g du camembert.
- Placer le godet dans le butyromètre spécifique pour le fromage.
- Verser à l'aide d'une pipette 10ml d'acide sulfurique à 62,9 % dans le butyromètre jusqu'à l'immersion total du camembert.
- Fermer l'ouverture de remplissage du butyromètre à l'aide d'un bouchon.
- Mettre le butyromètre échelle vers le haut au bain marie à 80°C pendant 45minutes.
- Agiter à plusieurs reprises jusqu'à la dissolution complète du fromage.
- Retirer du bain marie et ajouter 1ml d'alcool iso amylique.
- Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse GERBER, à une vitesse requise (360 tours / min) pendant 5 minutes.
- La lecture se fait directement sur les graduations du butyromètre (Annexe 9).

V.3.3. Détermination de l'extrait sec total

❖ Mode opératoire

- Allumer le dessiccateur.
- Mettre sur la balance de dessiccateur une capsule en aluminium sèche et tarer.
- Peser 5g du camembert.
- Etaler le camembert au maximum pour accélérer la dessiccation.
- Fermer l'appareil et laisser le temps de dessiccation.
- La valeur s'affiche sur l'écran de l'appareil exprimée en pourcentage (Annexe 6).

V.3.4. Détermination du Gras sur Sec « G/S »

❖ Principe

La mention G/S peut figurer sur l'étiquette du fromage, ce rapport est un bon indicateur de composition et de texture des camemberts, il est exprimé en pourcentage (%). Il nous permet de vérifier la conformité de nos échantillons en matière grasse et en matière sèche.

Calcule :

$$\text{G/S (\%)} = \text{MG} / \text{EST} \times 100$$

G/S : rapport matière grasse et extrait sec du « Camembert » exprimé en (%).

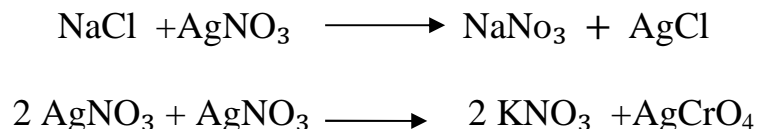
MG : teneur en matière grasse du « Camembert » exprimé en (%).

ES : teneur en extrait sec du « Camembert » exprimé en (%).

V.3.5. Détermination du taux de chlorure

❖ Principe

La détermination de la teneur en NaCl est réalisée selon la méthode de MOHR. C'est un dosage par précipitation en milieu neutre. Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3) à 0,1N en présence de chromate de potassium à (5%) comme indicateur coloré selon la réaction suivante (YABRIR, 2019).



❖ Mode opératoire

- Peser 5g Du camembert dans un Erlen Meyer.
- Ajouter 100ml d'eau distillée bouillante.
- Laisser reposer 5 à 10 min, en agitant à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'à ce que le mélange atteigne 50 à 55°C (température de dosage).
- Ajouter 2ml de la solution de chromate de potassium(K_2CrO_4) à 5% et agiter.
- Titrer le mélange avec la solution de nitrate d'argent (AgNO_3) à 0.1N jusqu'à virage d'une couleur rouge brique persistante pendant 30 secondes (Annexe 9)

La teneur en chlorure est exprimée selon la formule suivante :

$$\text{NaCl (\%)} = [(N \times V \times 58,5) / m \times 10] \text{ ou } \text{NaCl (\%)} = [(N \times V \times \text{Eg}) / m \times 10]$$

NaCl: Teneur en sel exprimée en %

N : Normalité du nitrate d'argent AgNO_3 (0.1N).

V (ml) : Volume en ml de nitrate d'argent consommé.

Eg: Equivalent gramme de chlorure de sodium NaCl égal à 58.5.

m: Masse de la prise d'essai en g.

V. Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle des aliments est une technologie dont l'objectif est la détermination des propriétés sensorielles ou organoleptiques des aliments, c'est-à-dire leurs activités sur les divers récepteurs sensoriels céphaliques stimulés avant et pendant leur ingestion, et la recherche des préférences ou aversions pour ces aliments que déterminent ces propriétés sensorielles (**DEPLEDT, 2009**).

Le principe consiste à présenter à un sujet un échantillon de fromage pour lequel il doit préciser tous les observations visuelles ou dégustation afin de :

-) Établir un profil sensoriel.
-) Étude de la satisfaction des consommateurs et/ou de leurs préférences.
-) Comparaison entre deux produits pour étudier l'influence de certains procédés technologiques et la composition de la matière première (lait), et les paramètres physico-chimiques sur les qualités organoleptiques.

Les caractéristiques sensorielles du camembert sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations.

V.1. Le jury de dégustation

Le jury de dégustation est composé de 12 panélistes (étudiants post gradués, étudiants quatrième année ingénieur et fin de cycle de graduation, enseignants, employés à l'industrie), âgés de 22 à 42 ans, du sexe féminin et masculin. On les considère comme sujets qualifiés et entraînés car ils sont initiés aux techniques d'analyse sensorielle et ont été habitués à évaluer un produit donné.

V.2. Le déroulement des séances de dégustation

L'évaluation a été faite au niveau du laboratoire des analyses physico-chimiques de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Des précautions ont été prises pour que les sujets ne soient pas influencés par des facteurs extérieurs (annexe 11)

- Absence d'odeurs étrangères.
- Source d'éclairage individuel assurant un éclairage uniforme.
- La salle devrait être bien ventilée et maintenue à une température et à un niveau d'humidité confortable.

Méthodologie

- Espace nécessaire à la réalisation d'essais sensoriels.
- L'heure à laquelle se déroulent les essais se situe entre 10 heures et 12 heures.
- Les petits morceaux de chacun des fromages à déguster sont placés dans des assiettes jetables.
- Le fromage était sorti de réfrigérateur 1 heure avant la dégustation puis coupé en petits morceaux.
- Les deux échantillons sont marqués et codés par des numéros.
- Chaque poste de dégustation est muni d'une bouteille d'eau minérale et un gobelet en plastique pour rincer la bouche avant et entre chacun des produits qu'ils goûtent.
- Attribuer à chaque dégustateur un questionnaire (une fiche de dégustation) (annexe 11).
- La qualité organoleptique évaluée concerne : l'aspect, la texture, le goût et l'odeur.

VI. Etude statistique

VI.1. Etude statistique des analyses physicochimiques

- Les résultats des paramètres physicochimiques des laits ainsi que ceux des fromages sont présentés sous forme de moyennes \pm l'écart type.
- Les résultats individuels ont été enregistrés et groupés dans une base de données Excel puis traités par le logiciel R version 3.6.1 (CALENGE, 2006).
- La comparaison de la moyenne pour les laits et les deux types de fromages ont été réalisés comme suit :
 - Si la normalité et l'homogénéité sont vérifiées pour le lait et le fromage, on utilise un paramétrique de Student pour les fromages et le test de student pour les laits.
 - Si la normalité et l'homogénéité ne sont pas vérifiées, on utilise un test non paramétrique de wilcoxon pour les deux types de produits.
 - Calcul du degré de significativité entre les valeurs moyennes, la significativité est défini pour une probabilité p avec un risque de 5%.

On considère :

Si $P < 0.001$: La différence est hautement significative

Si $P < 0.01$: La différence est très significative

Si $P < 0.05$: La différence est significative

Si $P > 0.05$: La différence est pas significative

VI.2. Etude statistiques des analyses organoleptiques

L'analyse sensorielle comporte des critères de qualité de la dégustation à savoir : l'aspect de la croûte, la couleur, l'odeur, le goût et la texture de la pâte.

Chaque critère est soumis à une échelle de notation (Score) de 1 à 5.

Le test est mené par 11 panélistes du département d'Agronomie de Tizi Ouzou et un professionnel de la laiterie fromagerie « le Fermier » en leur présentant les deux fromages d'une manière anonyme et une fiche de dégustation à compléter (voir annexe), afin qu'ils attribuent les notes correspondantes pour chaque critère de qualité sensorielle pris en compte dans cette étude.

La différence statistique entre les deux lots de camembert est évaluée à l'aide du Quick Rank test de **Kramer (1961)** en se basant sur la somme des scores attribués par les dégustateurs et la somme des rangs.

Chapitre II

Résultats et discussion

I. Résultats d'analyses physicochimiques du lait

L'analyse statistique des résultats des paramètres physicochimiques du lait est effectuée à l'aide du test de student et/ou wilcoxon par le logiciel R.

La comparaison entre les laits présentée dans le tableau IV (annexe 7), nous indique une acidité qui ne varie pas significativement entre les deux laits ($P > 0.05$), par contre tous les autres paramètres étudiés présentent des différences significatives ($P < 0.05$), très significatives ($P < 0.01$) ou hautement significatives ($P < 0.001$) pour respectivement le lactose, les protéines, la densité, l'extrait sec dégraissé, la matière grasse et le pH.

I.1. Variation de l'extrait sec dégraissé

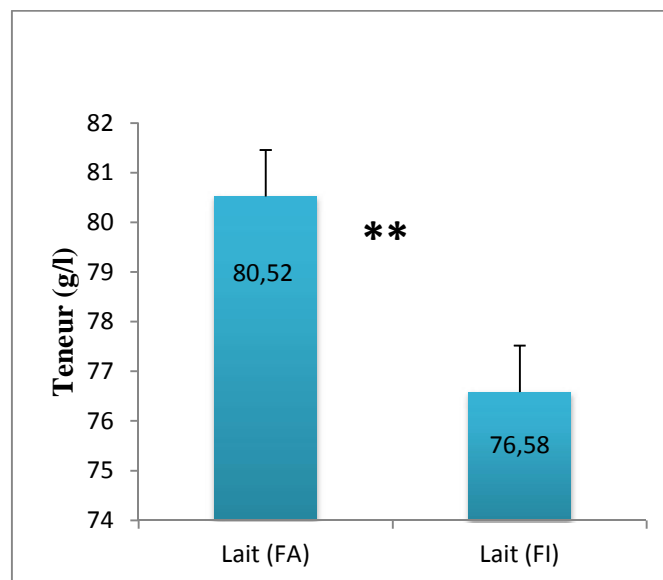


Figure 8. Variation de la teneur en extrait sec dégraissé du lait (FA) et du lait (FI).

A partir de la figure n° 9 on remarque que le lait (FA) présente une teneur en extrait sec dégraissé plus élevée que le lait (FI) avec une moyenne $80,52 \pm 0,94$ g/l et $76,58 \pm 0,28$ g/l respectivement. Cette différence est très significative ($P=0,002$).

Les résultats obtenus sont différents à ceux de **KOUIDRI et al., (2019)**, qui varient entre 80-90 de matière sèche non grasse. Ces teneurs sont inférieures aux normes de **FAO, (1995)** qui sont de 91g/l, et à celle indiquée par **DEBOUZ et al.,(2014)** qui est de 94,47 g/l.

Les changements des taux de l'ESD dépendront des variations du lactose et des protéines du lait. Selon les données rapportées par **Da CRUZ et al., (2014)** l'extrait sec dégraissé est composé essentiellement de la protéine brute, le lactose et les teneurs en minéraux du lait, le

Résultats et discussion

lactose correspond à 52% d'extrait sec dégraissé. Ceci explique le taux élevé d'ESD dans le lait (FA) par rapport au lait (FI).

I.2. Variation de la teneur en matière grasse

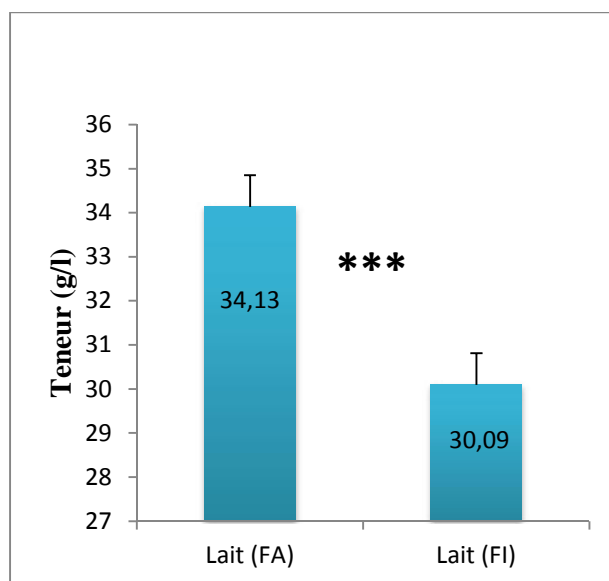


Figure 9. Variation de la teneur en matière grasse du lait (FA) et du lait (FI).

Nous constatons que le lait (FA) est plus riche en matière grasse laitière avec une moyenne de 34.13 ± 0.72 g/l comparé au lait (FI) qui contient en moyenne 30.09 ± 0.61 g/l de matière grasse. Cette différence est hautement significative ($P < 0,001$).

Les moyennes de la matière grasse des deux laits sont conformes aux valeurs enregistrées par **SEBEDIO, (2008)** qui estime que le lait de vache contient entre 30 g/l et 50 g/l de la matière grasse laitière.

Ces variations peuvent être expliquées par le fait que ces deux type de lait sont issus de deux régions différentes, le lait (FI) est collecté dans les régions de Fréha et Baghlia, par contre le lait (FA) est collecté à Timizart Leghbar (Tazmalt), donc le type d'élevage adopté est différents, ainsi que les facteurs intrinsèques et extrinsèques. D'après l'étude de **BERREHAL, (2020)** sur la qualité du lait de la région de Fréha elle a trouvé que le lait de Fréha contient 28.86 ± 0.83 g/l de matière grasse ce qui confirme nos valeurs pour le lait industriel (Fermier).

Selon **LABIOUI et al. (2008)** La variabilité de la teneur en matière grasse dépend de facteurs tels que les conditions climatiques, le stade de lactation et l'alimentation.

Résultats et discussion

Ainsi cette variation est due probablement à l'alimentation des vaches laitières. Selon (COULON et HODEN, 1991), le taux butyreux dépend à la fois de la part d'aliment concentré dans la ration (et, quand celle-ci est élevée, de la nature de ces aliments concentrés), et du mode de présentation et de distribution de la ration (finesse de hachage, nombre de repas, mélange des aliments). Il peut être sensiblement augmenté par l'utilisation de certains aliments (ensilage de maïs, betteraves, lactosérum) ou additifs (substances tampons, monopropylène glycol). Sachant que d'après l'étude de BERREHAL, (2020) les vaches de la région de Fréha sont alimentées la majorité du temps en pâturage, tandis que l'alimentation des vaches de la région de Timizart Leghbar se repose essentiellement sur les aliments de vaches laitières (soja, avoine).

Selon l'étude de KOUIDRI, (2019) sur l'incorporation des concentrés dans régimes alimentaires pour vaches laitières, ces compléments alimentaires ont eu une influence positive à la fois sur la production de lait et sur la composition en acides gras, quelle que soit la vache. et quelle que soit la race de la vache.

En outre, l'introduction des concentrés dans le régime alimentaire des vaches laitières s'est également accompagnée de changements très significatifs dans la teneur en matières grasses et la composition en acides gras, ce qui améliore la qualité nutritionnelle du lait.

Cette variation peut dépendre aussi de la traite, selon DYMNICKI, et al., (2015) la TMG (taux de matière grasse) du lait progresse au cours de la traite. Le lait au début de la traite, provient des citernes. Ce dernier est de 2,5 à 5 fois moins riche en MG que le lait de la fin de la traite, qui correspond à la sécrétion provenant des alvéoles. En effet, pendant la traite, les globules de gras du lait sont transférés de l'alvéole à la citerne sous le réflexe d'éjection via l'action de l'ocytocine.

I.3.Variation de la teneur en acidité

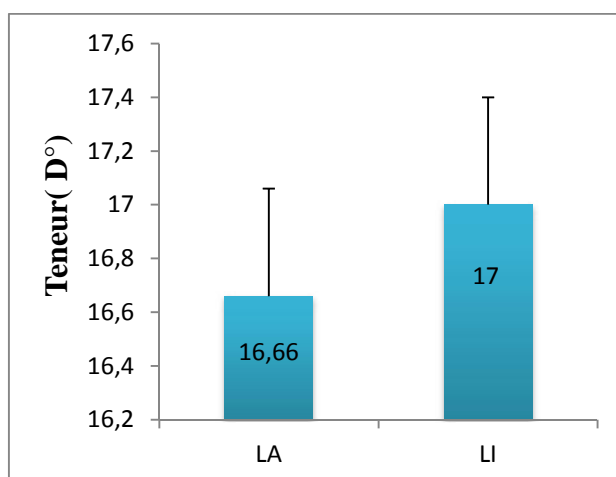


Figure 10. Variation de la teneur en acidité du lait (FA) et du lait (FI).

On observe des différences non significatives entre l'acidité du lait (FI) et l'acidité du lait (FA) (Tazmalt) $P= 0,34$. La teneur du lait (FI) en acidité est légèrement supérieure à celle du lait (FA) avec une moyenne 16.66 ± 0.40 et 17.00 ± 0.70 respectivement.

Ces résultats sont supérieurs à celles obtenues par **ACHOUCHE et BENHABOUCHE, (2021)** pour lait (FA) et lait (FI) avec des moyennes $15.66^{\circ}\text{D} \pm 0.33$ et de $14.66^{\circ}\text{D} \pm 0.33$ respectivement. Et sont conformes à celles de l'étude **FAO, (1995)** qui varient de $15-17^{\circ}\text{D}$.

On peut dire que l'acidité de nos échantillons est comprise dans l'intervalle donnée par la norme du **J.O.R.A, (1993)** qui est de 14 et 18°D pour le lait pasteurisé.

Ces résultats sont probablement dus à la bonne qualité microbiologique des laits des deux régions, ainsi qu'au respect des bonnes conditions de manutention et de transport de ces laits. En effet, Selon **MATHIEU, (1998)** l'acidité dépend des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et son activité métabolique et de la manutention du lait.

L'acidité peut être un indicateur de la qualité du lait au moment de la livraison car elle permet d'apprécier la quantité d'acide produite par les bactéries ou les éventuelles fraudes. Un lait frais a une acidité de titration de 16 à 18°Dornic ($^{\circ}\text{D}$). Conservé à la température ambiante, il s'acidifie spontanément et progressivement.

I.4. Variation de la teneur en protéines

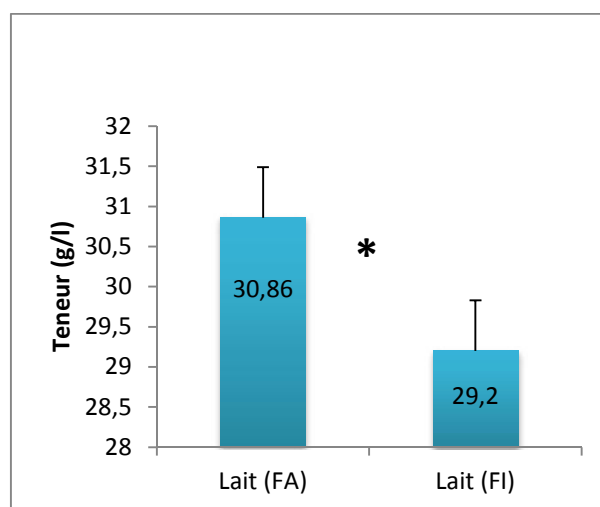


Figure 11. Variation de la teneur en protéines du lait (FA) et du lait (FI).

A partir de la figure n°12 on remarque que le lait (FA) présente une teneur en protéines plus élevée que le lait (FI) avec une moyenne $30,86 \pm 0,63$ g/l et $29,20 \pm 1,11$ g/l respectivement. Cette différence est significative ($P=0,012$).

Nos résultats correspondent aux résultats trouvés par **SARAIRI et al, (2005)** pour qui les teneurs en protéines varient de 29.7 à 33.7 g/l. D'après **ALAIS,(1984)** la teneur en protéines du lait de vache est comprise entre 33 g/l à 36 g/l contrairement aux valeurs enregistrées dans notre étude.

Selon (**MARTIN et COULON, 1995**) de nombreux facteurs peuvent avoir un effet négatif sur la teneur en protéines et sur le taux butyreux du lait. En plus de l'alimentation quotidienne dépourvue de plantes fourragères et herbacées, il faut mentionner l'influence de la race, de l'âge, du stade de lactation, de la saison et du climat. Cependant, le premier facteur semble primer dans l'obtention de ces teneurs faibles.

Le mode d'élevage du troupeau (élevage intensif ou élevage extensif) et le stade de lactation constituent également des facteurs de variation de la composition du lait (**POUGHEON et GOURSAUD, 2001**).

On peut expliquer la différence de taux de protéines entre les deux types de lait selon le type de régime appliqué, de nombreux auteurs montrent que les régimes à base d'herbe conduisent à des niveaux réduits de protéines et de matières grasses dans le lait rapporté par **SRAIRI et al, (2008)** ces derniers montrent qu'une alimentation à base de blé augmente

Résultats et discussion

modérément le niveau protéines du lait de vache par rapport à une alimentation à base d'herbe conservée ou pâturée.

II. Résultats d'analyses physicochimiques du camembert

Les résultats des paramètres physicochimiques du camembert sont représentés dans le tableau V (annexe 8).

D'après les résultats portés sur le tableau, on observe des différences non significatives ($P > 0,05$) entre les deux types de fromage pour les paramètres : EST, Chlorures et Gras /sec. Par ailleurs des différences très significative ($P < 0,001$) sont enregistrées pour les paramètres pH et la matière grasse.

La comparaison entre les camemberts « L'artisan » et « Le Fermier » présentée dans le tableau, nous indique une différence pas significative entre le camembert artisanal et le camembert industriel l'extrait sec total ($P = 0,58$), chlorures ($P = 0,08$) et Gras /sec ($P = 1$), et une différence très significative dans la matière grasse ($P = 0,0017$) et le pH ($P = 0,004$).

II.1. Variation du taux de chlorures

La figure n°13 présente la teneur en chlorure du camembert artisanal et du camembert industriel.

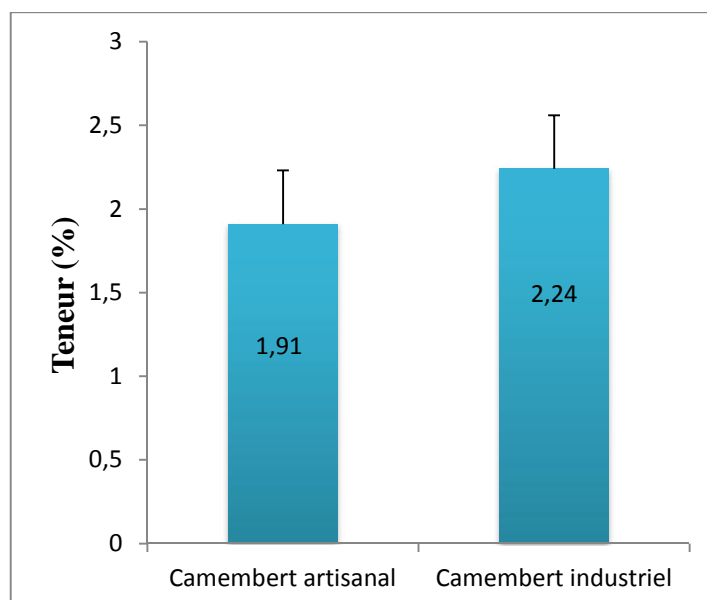


Figure 12. Variation du taux de chlorures.

Résultats et discussion

A partir de l'histogramme on remarque que le camembert industriel présente une teneur en chlorure plus élevée que le camembert artisanal avec une moyenne $2,24 \pm 0,25$ et $1,91 \pm 0,32$ respectivement. Cette différence est non significative ($P= 0,08$).

Nos résultats sont supérieures à ceux indiqués par **KOTHE, (2021)** avec une teneur de 1.45% est concordent avec ceux de **EI-AMINE, (2018)** qui à rapporté une teneur en NaCl est de 1.9%.

Cette variation de la teneur en sel peut être due à l'humidité du camembert. Selon **MANSOUR, (1972)** la teneur en sel est approximativement proportionnelle à l'humidité du fromage.

Cette variation s'explique aussi par la diffusion des sels au sein du fromage. Selon **FORGE, (1977)** il se produit dans certains fromages, une perturbation de la diffusion du sel ce qui entraîne.

La taille des pores de la matrice fromagère, qui gouverne à la fois la diffusion du NaCl et la diffusion inverse d'eau, la viscosité apparente de la phase aqueuse des fromages, les tortuosités de la matrice fromagère et aussi l'eau liée aux protéines sont les principaux facteurs affectant la diffusion du sel vers le fromage (**BOISARD, 2012**).

Ces résultats sont probablement dus à la technique du salage adopté par les deux fromageries. L'absorption du sel par le camembert industriel est liée à la saumure. Selon **CHAMBA, (1988)** l'absorption du sel dépend de la durée du saumurage et des caractéristiques de la saumure : concentration en sel, degré de vieillissement et température. L'agitation de la saumure est un moyen de maintenir constantes les caractéristiques de la saumure en contact avec le fromage. La maîtrise de chacun de ces facteurs assure un salage efficace et régulier.

En effet, selon **NDOB et al, (2015)**, une modification de la nature ou de la concentration de la saumure au cours de la fabrication entraîne une modification de la concentration des sels dans le fromage, ce qui modifie localement les propriétés physicochimiques.

II.2. Variation de l'extrait sec total

La figure n°14 présente la teneur en extrait sec total du camembert artisanal et du camembert industriel.

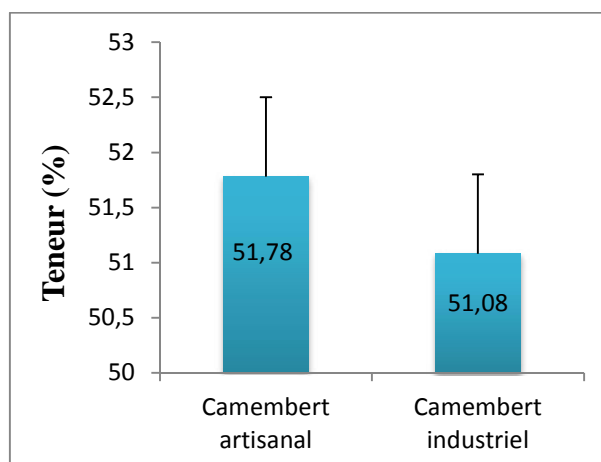


Figure 13. Variation de l'extrait sec total dans le camembert artisanal et dans le camembert industriel.

D'après la figure n° on remarque que le camembert artisanal présente une teneur en extrait sec total plus élevée que le camembert industriel avec une moyenne $51,78 \pm 0,72$ et $51,08 \pm 2,92$ respectivement. Cette différence est non significative ($P= 0,58$).

Cette variation de la teneur en extrait sec dans nos échantillons du camembert peut s'expliquer par les pertes des constituants du lait dans le lactosérum. Le lactosérum est caractérisé par sa richesse en matière sèche représentant 67.02% des éléments nutritifs originaires du lait **LACHEBI et al, (2018)**.

MCMAHON et al, (1999), expliquent que 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 observée entre ces échantillons.

On peut éventuellement expliquer ces variations dans nos échantillons par le processus technologique d'élaboration du camembert. Selon **(SEBBANE et al., 2021)** la matière sèche a augmenté pendant la maturation avec des différences entre les étapes et les types de fromages.

Les valeurs vont de 39,40 % et 40,89 % au premier jour, à 50,09 % et 49,51% au 12^{ème} jour d'affinage. En outre la teneur en EST augmentée au cours de l'affinage ces résultats

Résultats et discussion

s'expliquent par le fait que les constituants de la matière sèche essentiellement la MG et les protéines se concentrent au cours de l'affinage (HALZOUN, 2015).

Ainsi, ces variations peuvent être dues à l'humidité relative. Selon RIAHI, (2006) l'humidité relative agit indirectement sur la teneur en matière sèche au cœur du fromage.

Le régime alimentaire des vaches laitières adopté par les éleveurs peut être l'un des facteurs de variation de la matière sèche. En effet, VERDIER-METZ et al, (2009), ont démontré l'effet du régime sur la teneur en matière sèche des fromages en particulier les fromages à pâte molle ($P < 0,05$).

En effet, selon MARTIN et COULON (1995), l'ingestion de quantités importantes de fourrages d'aliments concentrés par les vaches laitières entraîne une augmentation de la production du lait et aussi une augmentation du taux de MG et des protéines ce qui induit un accroissement de taux d'EST du lait de vache.

II.3. Variation du pH

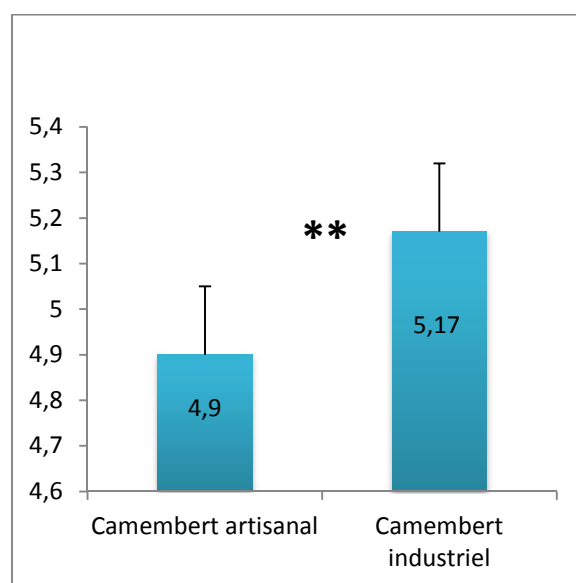


Figure 14. Variation de la teneur en pH du camembert artisanal et le camembert industriel.

A partir de la figure on remarque que le camembert industriel présente une teneur en pH plus élevée que le camembert artisanal avec une moyenne $5,17 \pm 0,01$ et $4,90 \pm 0,15$ respectivement. Cette différence est très significative ($P= 0,004$).

Résultats et discussion

Ces résultats 4,90 - 5,17 montrent que le pH est acide, et sont en conformes aux valeurs appliquées par la fromagerie et sont en accord aussi avec les travaux de **BOUTROU et al, (1999)**. Cette variation du pH peut probablement s'expliquer par le type de lait.

Selon **VASSAL et al, (1986)** le pH est le paramètre qui influe le plus sur la texture, même à l'intérieur du fromage.

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

Il s'avère important de noter que le pH est lié à la qualité du fromage : un pH de 5 correspond à un fromage de bonne qualité alors qu'un pH supérieur 5,2 correspond à un fromage qui se détériore plus rapidement qu'un fromage avec pH plus bas (**ALAIS, 1984**).

Il est à noter que les bactéries lactiques constituent durant l'affinage la flore dominante et tirent leurs origines principales de la cultureensemencée au début de la fabrication. Ces bactéries ont la capacité de faire baisser le pH par la production d'acide lactique aux dépens du lactose et peuvent contribuer également au caractère organoleptique des fromages au cours de la maturation (**DORTU et THONART, 2009**).

Ces résultats sont probablement dus au type du sel utilisé par les deux fromageries. En effet, selon **BAE et al, (2020)** le type du sel ainsi que sa concentration a des influences majeures sur la protéolyse et les changements de pH, ainsi que sur la croissance des moisissures en surface.

De manière générale, le pH des fromages frais, à pâte molle et à pâte pressée se situait entre 4,80 et 5,40 au cœur du produit. Il est important de distinguer le cœur et la croûte du fromage. La croûte est moins acide et donc plus favorable pour la prolifération des pathogènes (**QUYNH, 2018**).

II.4. Variation de la teneur en matière grasse

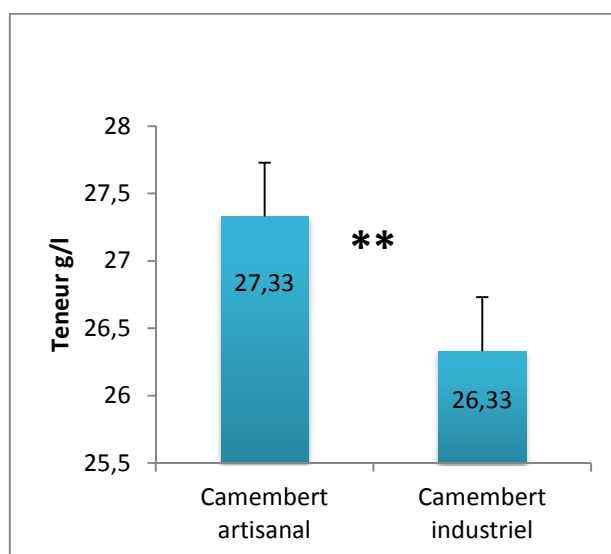


Figure 15. Variation de la teneur en matière grasse du camembert artisanal et du camembert industriel.

Nous remarquons que le camembert issu du lait artisanal présente une teneur en MG supérieur à celle du camembert issu du lait industriel avec une moyenne de 27.33 ± 0.40 et 26.33 ± 0.40 respectivement, Cette différence est très significative ($P=0.0017$).

Ces résultats sont supérieurs par rapport à ceux trouvés par **ACHOUCHE et BENHABOUCHE, (2021)** qui est de $29\% \pm 2,29$ pour le camembert artisanal est $21,66\% \pm 0,88$ pour le camembert industriel, ceci peut être expliqué par la différence entre la qualité du lait issu des régions différentes.

Les teneurs en MG des camemberts sont inférieures à celle de l'étude **FAO, (1995)** qui est de 45 % et au seuil minimum défini par **CODEX STAN 276, (1973)** qui est de 30%. En revanche sont en contradiction avec **SEBBANE et al, (2021)**, qui ont trouvés que le taux de MG au dernier jour d'affinage atteint 25,99% pour le camembert artisanal et 28,75% pour le camembert industriel.

La différence de la teneur en MG dans nos échantillons de camembert est très significative, cette dernière pourrait être due à la composition du lait de vache, car nous remarquons que la teneur en MG du lait (FA) est supérieure à celle du lait (FI) $P= 0,00001$ hautement significative.

II.5. Variation du G/S

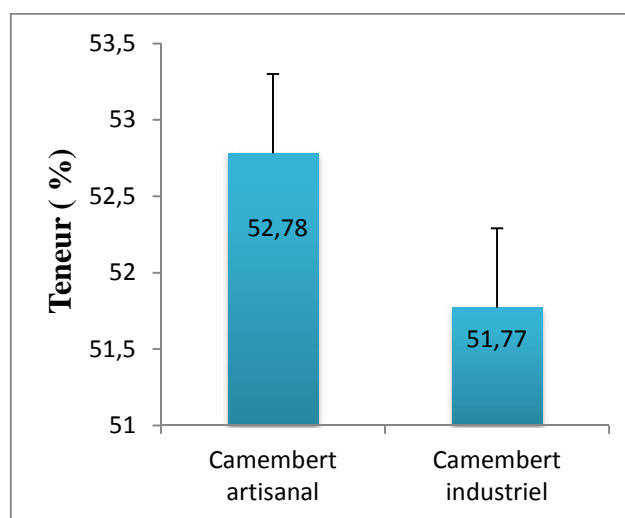


Figure 16. Variation de la teneur du G/S du camembert artisanal et du camembert industriel.

Nous remarquons que le rapport G/S dans le camembert artisanal est supérieur à celui du camembert industriel (Fermier) avec une moyenne de 52.78 ± 0.52 et 51.77 ± 3.05 respectivement. La différence est non significative ($P= 1$).

D'après nos résultats de G/S des deux camemberts artisanal et industriel nous constatons que les proportions sont conformes à la Norme (45%) car il doit avoir un rapport G/S d'au moins (45%) selon les normes de l'entreprise (AFNOR, 1980).

Les résultats de G/S des deux camemberts artisanal et industriel sont conformes à l'intervalle rapporté par GALLI et al, (2019), qui est de 45 à 55%, ainsi qu'aux valeurs données par RAYNAUD et al, (2018), qui varient de 48 à 52 %.

On explique la différence de G/S entre le camembert artisanal et industriel par les écarts de teneurs en matière grasse et matière sèche des deux camemberts. En effet, les teneurs en matière grasse du camembert artisanal sont plus élevées que celles du camembert industriel (Fermier).

Ainsi on peut expliquer cette variation par la composition du lait en matière grasse et en matière sèche car nous remarquons que la teneur de ces dernières pour le lait (FA) est supérieure à celles du lait (FI).

III. Résultats de l'analyse sensorielle

L'analyse statistique des résultats des analyses sensorielles des deux types de camemberts est effectuée à l'aide de la table de **KRAMER, 1961** et ils sont représentés dans le tableau VI (annexe 9).

III.1. Croûte

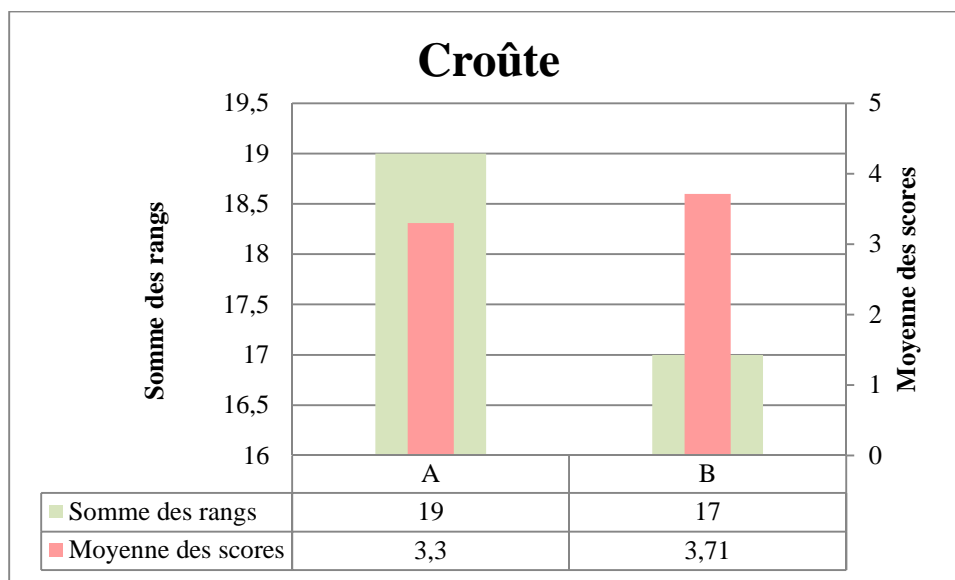


Figure 17. Appréciation de la croûte des deux fromages.

Selon la somme des rangs (figure 18), les deux types de fromage se situent dans l'intervalle de signification [14 -19].

Donc la différence entre les deux produits du point de vue analyse sensorielle est jugée non significative entre les deux fromages. Alors que l'observation des scores moyens attribués par le jury de dégustation révèle un aspect acceptable pour l'aspect de la croûte des deux types de fromages vu que la moyenne des scores dépasse la moyenne de 2,5 (Moyenne des scores > la limite acceptable).

Selon l'aspect de la croûte les deux fromages sont appréciés par les dégustateurs.

D'après **FRETIN, (2016)** l'apparence de la croûte des fromages dépend essentiellement de la composition microbiologique, et notamment des microorganismes volontairement inoculés (ferment). Leur croissance sur la croûte dépend du microbiote du lait, du pH de la croûte et des conditions d'affinage incluant l'ambiance de la cave, les soins apportés aux fromages et la durée d'affinage.

III.2. Couleur

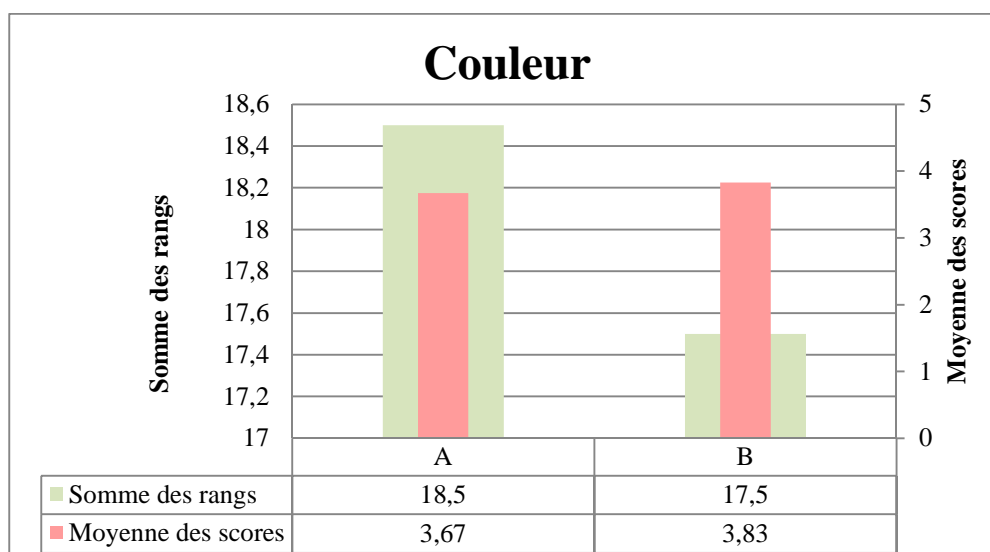


Figure 18. Appréciation de la couleur des deux fromages.

Selon la somme des rangs (figure 19), les deux types de fromage se situent dans l'intervalle de signification [14 -19].

Donc la différence entre les deux produits du point de vue analyse sensorielle est jugée non significative entre les deux fromages. Alors que l'observation des scores moyens attribués par le jury de dégustation révèle un aspect acceptable pour l'aspect de la couleur des deux types de fromages vu que la moyenne des scores dépasse la moyenne de 2,5 (Moyenne des scores > la limite acceptable).

Selon l'aspect de la couleur les deux fromages sont appréciés par les dégustateurs.

Selon **MARTIN et al, (2005), NOZIERE et al,(2006)**,l'effet très fort du pâturage sur la coloration jaune de la pâte des fromages est majoritairement dû aux pigments caroténoïdes (dont le β -carotène) présents dans les feuilles des végétaux. Le β -carotène ingéré est absorbé au niveau intestinal et transporté par voie sanguine jusqu'à la glande mammaire où il est sécrété dans le lait.

III.3. Odeur

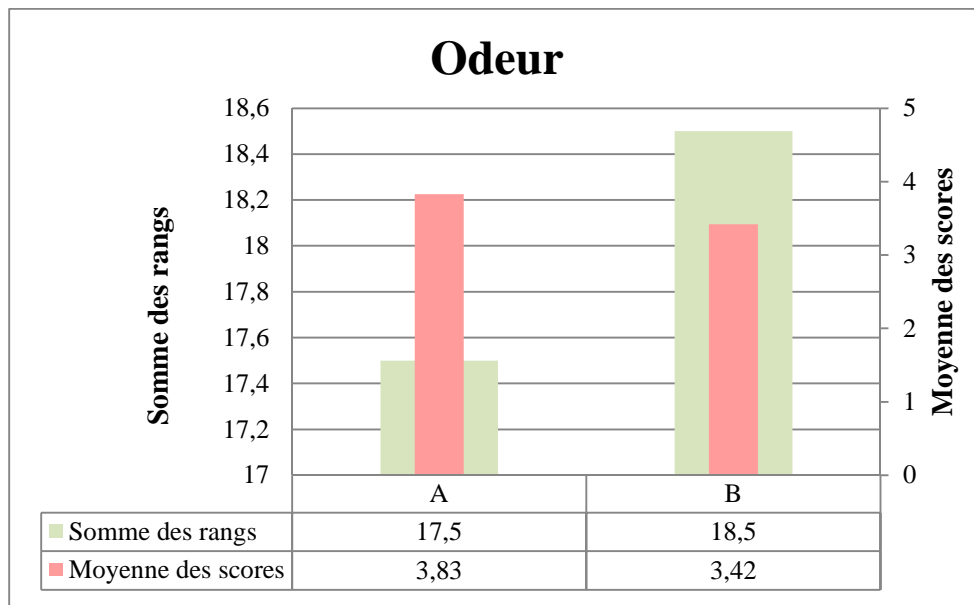


Figure 19. Appréciation de l'odeur des deux fromages.

Selon la somme des rangs (figure 20), les deux types de fromage se situent dans l'intervalle de signification [14 -19].

Donc la différence entre les deux produits du point de vue analyse sensorielle est jugée non significative entre les deux fromages. Alors que l'observation des scores moyens attribués par le jury de dégustation révèle un aspect acceptable pour l'odeur des deux types de fromages vu que la moyenne des scores dépasse la moyenne de 2,5 (Moyenne des scores > la limite acceptable).

Selon ces résultats statistiques les deux fromages sont appréciés par les dégustateurs.

III.4. Goût

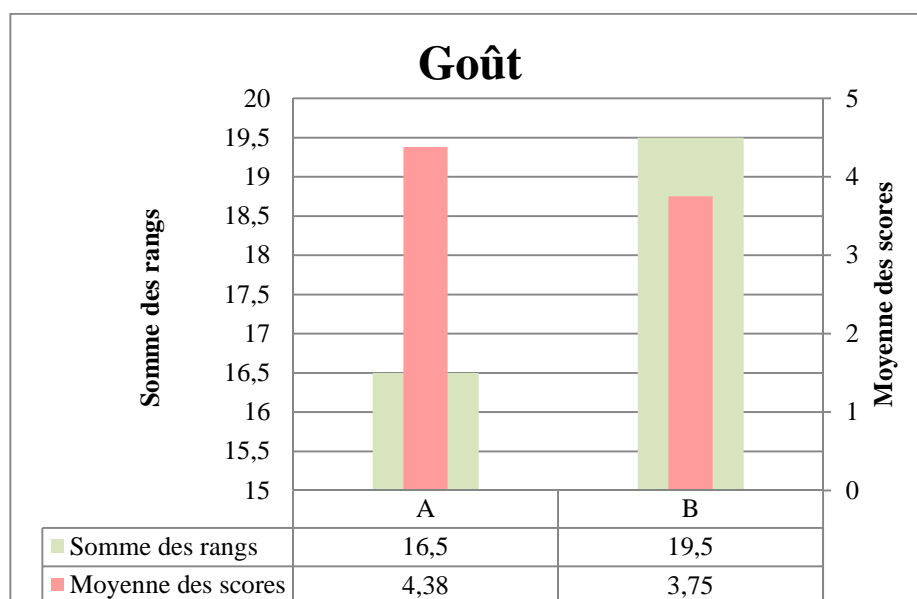


Figure 20. Appréciation du goût des deux fromages.

La moyenne des scores dépasse la limite acceptable qui est de 2,5, ce qui nous indique que le goût est acceptable pour les deux fromages.

Cependant, si on observe la somme des rangs on remarque que celle attribuée au fromage B (industriel) est > 19 (figure 21), donc ce fromage est significativement mauvais au seuil de 5% de probabilité par rapport au fromage artisanal qui présente une moyenne des scores d'ailleurs plus élevée (4,38).

D'après ces résultats statistiques de goût, le fromage artisanal est le plus apprécié.

Selon **FRETIN, (2016)** la flaveur d'un fromage dépend de l'équilibre des composés sapides et volatils issus des différentes voies métaboliques (protéolyse, lipolyse, glycolyse) mises en jeu au cours de l'affinage. Les enzymes microbiennes et celles naturellement présentes dans le lait (plasmine, lipoprotéine lipase) ont un rôle central dans ces voies métaboliques.

Les arômes de fromages à pâte molle et croûte fleurie sont principalement issus des activités enzymatiques des champignons utilisés pour leur affinage. Ils sont généralement issus du catabolisme des protéines et des lipides. L'activité protéolytique des *Penicillium* est prédominante et conduit à la formation de peptides. Ces peptides peuvent être responsables de

Résultats et discussion

certaines amertumes. Ces activités sont mises en œuvre non seulement par le *penicillium* mais sont aussi renforcées par les activités de *Geotrichum Candidum* et les autres levures.

Ainsi que la lipolyse intervient elle aussi à plusieurs niveaux dans la genèse des arômes, tout d'abord par les acides gras libérés. Peuvent participer à la formation des esters volatils. La plupart des arômes de la lipolyse sont issus de la -oxydation des acides gras. (SPINLER et al, 2006)

III.5. Texture

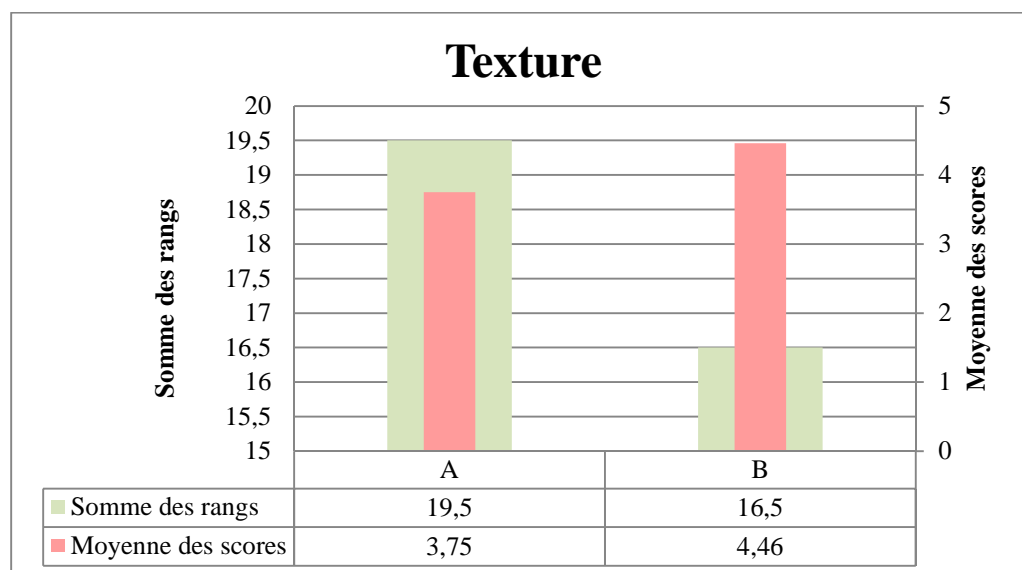


Figure 21. Texture des deux fromages.

La moyenne des scores dépasse la limite acceptable qui est de 2,5, ce qui nous indique que la texture est acceptable pour les deux fromages.

Cependant, si on observe la somme des rangs on remarque que celle attribuée au fromage A (artisanal) est > 19 (figure 22), donc ce fromage est significativement mauvais au seuil de 5% de probabilité par rapport au fromage industriel qui présente une moyenne des scores d'ailleurs plus élevée (4,46).

D'après ces résultats statistiques de la texture, le fromage industriel est le plus apprécié.

La texture est un élément majeur de la qualité des fromages à pâte molle dans le cas précis du camembert. HENNEQUIN et HARDY, (1997), selon leur étude ont montré l'influence de diverses variables relatives à la composition : ainsi, la contribution texturale des variables indépendantes suivrait la séquence, (teneur en protéines, teneur en sel, teneur en eau,

Résultats et discussion

pH, teneur en matière grasse). Ils ont montré que le pH et l'extrait sec total sont les deux variables qui agissent le plus sur la fermeté du fromage de type « pâte molle ».

Selon **VASSAL et al, (1986)**, le pH est le paramètre qui influe le plus sur la texture du camembert. Son augmentation, qui est due à la consommation de l'acide lactique et à la production de composés alcalins par la flore de surface et principalement par le *Penicillium*, joue donc un rôle majeur dans l'amollissement de la pâte du camembert. Ceci est vérifié en zone externe mais aussi dans la partie centrale du fromage. Le pH est le paramètre qui influe le plus sur la texture, même à l'intérieur du fromage. L'extrait sec est le second paramètre qui intervient dans l'explication du phénomène.

De plus l'alimentation des vaches laitières a un effet sur la texture des fromages. Cet effet est principalement lié à la composition en acides gras du lait (**MARTIN et al., 2005**). Comparé à l'ensilage de maïs, le pâturage est à l'origine de fromages moins fermes en raison du rapport C18:1cis9C16:0 plus élevé dans les laits et les fromages issus d'une alimentation à base d'herbe pâturée.

Les acides gras C16 :0 et C18 :1cis9 sont respectivement les AGS (acides gras saturés) et AGI (acides gras insaturés) majoritaires de la matière grasse laitière. Le faible point de fusion des AGI produit une matière grasse fluide, et par conséquent des fromages plus crémeux (**BUGAUD et al., 2001, HURTAUD et al., 2009, MARTIN et al., 2005**), ils ont constaté que la teneur en matière sèche, la minéralisation et la protéolyse, facteurs influant sur la texture des fromages.



Conclusion

Conclusion

La qualité physico-chimique et organoleptique du camembert est variable d'une fromagerie à une autre. Selon la composition chimique du lait (la matière première), ce dernier varie sous l'effet de nombreux facteurs liés à l'animal ou au milieu. Parmi ces facteurs, le stade de lactation, le numéro de lactation et la race. Ainsi la qualité de produit fini est liée à la technologie de fabrication qui est différente dans les deux types de camembert, et à la qualité microbiologique de la matière première.

Durant la période du stage pratique réalisé au niveau de la laiterie- fromagerie EURL STLD « Société de Transformation du Lait et Dérivés » à Draa Ben Khedda communément appelée « Le Fermier » et de la fromagerie « Hamidani-l'artisan » à Tazmalt, nous avons pu réaliser une comparaison entre deux types de camemberts industriel et artisanal fabriqué à base d'un lait pasteurisé et avec des processus technologiques différents et deux qualités du lait de deux régions différentes.

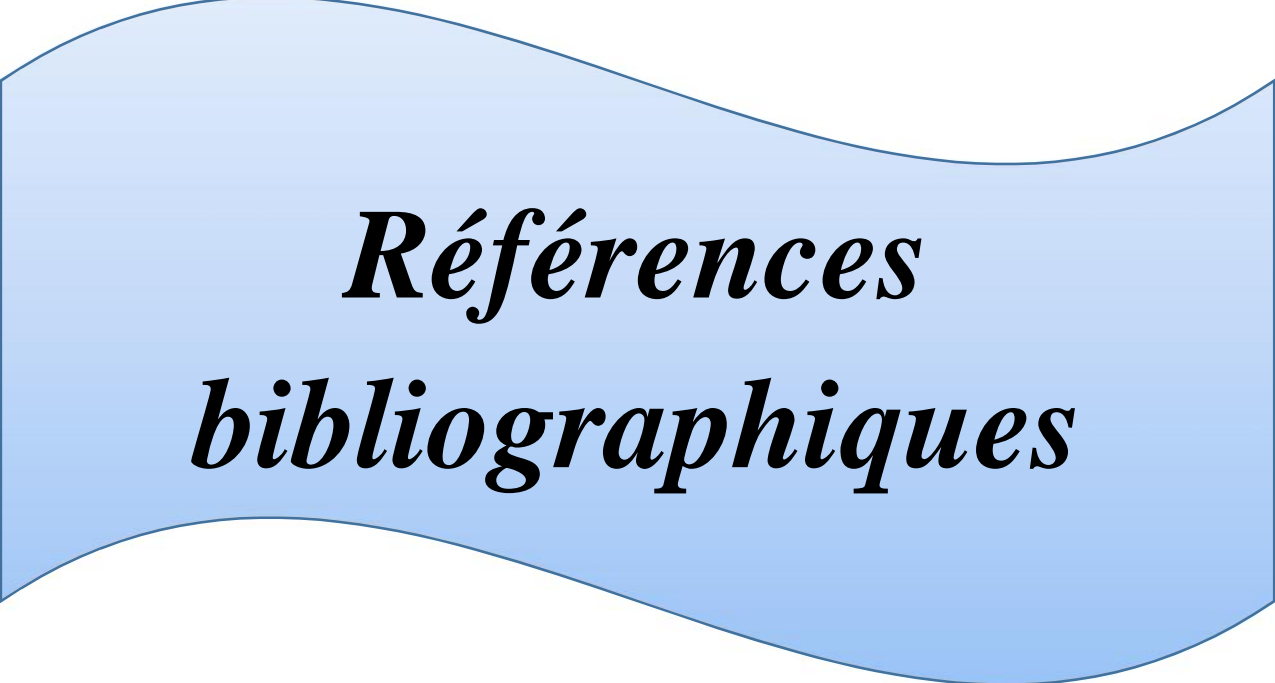
Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une étude statistique par le logiciel R, ils ont révélé que la variation de la teneur en ESD, densités, protéines, lactose et pH entre les deux types de lait (le lait destiné à la production industriel et celui destiné à la production artisanale) est significative ($P < 0.05$). Cependant aucun effet significatif n'a été constaté sur l'acidité. Ces résultats sont dus essentiellement aux facteurs influençant la qualité du lait tels que : le type d'alimentation des vaches laitières, et la race.

La comparaison réalisée sur les paramètres physico-chimiques des fromages à pâte molle type camembert, a affirmé que l'origine du lait avait un impact sur la qualité physicochimique du produit fini. L'analyse statistique a révélé une différence très significative dans la matière grasse et le pH ($P = 0,0017$) ($P = 0,004$) respectivement, et une différence non significative pour l'EST, les chlorures, et le G / S ($P = 0,58$) ($P = 0,08$) ($P = 1$) respectivement.

Par ailleurs les résultats des analyses sensorielles des deux types de camemberts effectués à l'aide du test de KRAMER, ont montré que les critères de qualité : l'aspect de la croûte, la couleur et l'odeur de la pâte sont appréciés par les dégustateurs pour les deux types de camembert. Cependant la texture est plus appréciée pour le fromage industriel contrairement au goût qui est mieux apprécié pour le fromage artisanal.

Il serait intéressant de poursuivre et compléter ce travail par :

- Une étude de la qualité nutritionnelle des deux camemberts ;
- Une étude de la qualité microbiologique des camemberts ;
- Augmenter le nombre d'unité d'échantillonnage pour une meilleure représentabilité.



***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

- ACHOUCHE S et BEN HABBOUCHE T. (2021)**, Étude comparative sur la qualité nutritionnelle et physico-chimique de deux types de camembert : artisanal et industriel, Master Académique en Sciences Alimentaires Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de la Qualité, université Tizi Ouzou, 134p
- AGGAD H., MAHOUZ F., AHMED AMMAR Y., et KIHAL M. (2009)**. Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Revue de Médecine Vétérinaire* 160, (590-595 pages).
- ALAIS C., (1984)**. Science du lait : principes des techniques laitières. 4ème édition. Sepaic, Paris.
- 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 (2002). Science et technologie du lait – Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN P : 1-69 (600 pages).
- BAE H. C., NAM J. H., RENCHINKHAND G., CHOI S. H., et NAM M. S. (2020)**. Physicochemical changes during 4 weeks ripening of Camembert cheeses salted with four types of salts. *Applied Biological Chemistry*, 63(1), 1-12.
- BECHENINE H., (2017)**. Suivi de la production du camembert à sidi saada-Relizane, Mémoire de fin d'étude, Abdelhamid Ibn Badis.
- BERREHAL D. (2020)**, Effet de quelques pratiques d'élevage sur la qualité physicochimique du lait issu de deux régions différentes et son influence sur le fromage type camembert, master académique en science alimentaire Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité, université Tizi Ouzou, 92p.
- BEUVIER E et FEUTRY F. (2009)**. Réseau fromagé des terroirs, quelques bases sur la microbiologie du lait et du fromage, 6p.
- BOISARD L. (2012)**. Relations entre mobilité du sodium, libération du sel et des composés d'arôme en bouche et perception de la flaveur : application à des modèles fromagers (Doctoral dissertation, Dijon).

Références bibliographiques

BOURNE M. C. (1966). A Classification of Objective Methods for Measuring Texture and Consistency of Foods. New York State Agricultural Experiment Station Cornell University, Geneva, New York 14456, 1011-1015.

BOUTERFA A. (2019). Authentification et variabilité des fromages à pâtes molle type Camembert : influence du stade physiologique de la vache laitière, Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis.

BOUTROU R., GAUCHERON F., PIOT M., MICHEL F., MAUBOIS J., LEONIL J. (1999). Changes in the composition of juice expressed from Camembert cheese during ripening. Inra Elsevier. Paris, 79, 503- 513.

BRANGER A., RICHER M., ROUSTEL S. (2009). Alimentation : processus technologique et contrôle : application, pratique et dirigés, 1ere édition. Educari, Dijon.

BUGAUD C., BUCHIN S., NOEL Y., TESSIER L., POCHET S., MARTIN B., CHAMBA J.F. (2001) c. Relationships between Abondance cheese texture, its composition and that of milk produced by cows grazing different types of pastures. Le Lait 81, 16. doi :10.1051/lait :2001152

BUGAUD C., BUCHINS, HAUWUY A., et COULON J.B. (2002). Texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : Cas du fromage d'abondance, INRA production animale, 15, 31, 36 pages.

CECCHINATO A., PENASA M., CIPOLAT C., DEMARCHIN M., et BITTANTE G. (2012). Short communication: Factors affecting coagulation properties of Mediterranean buffalo milk. Journal of Dairy Science. 95 : 1709-1713 pages.

CHAMBA J. F. (1988). Salage de l'Emmental. I. Influence des conditions de saumurage sur l'absorption du sel et sa cinétique. Le Lait, 68(2), 121-142.

CHOISY C., DESMAZEAUD M., GUEGUEN M., LENOIR J., SCHMIDT., TOURNEUR C. (2006), In ECK A. et GILLIS J.C. (2006). Le fromage. 3ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. (891pages).

Références bibliographiques

DA CRUZ A.M., DE CASTRO E.V., BARBOSA F. J. M., DOS SANTOS H. D., DE SOUZA J. F., ARRIVABENE M., et DIAS F. E. F. (2014). Milk Quality of Dairy Cattle Bred in Ceará, Northeast of Brazil. *Journal of Animal Sciences Advances*, 4(6), 897-903.

DEPLEDTET. F et SAUVAGEOT. F, (2002), Évaluation sensorielle des produits alimentaires, In : *Technique de l'ingénieur*.

DEPLETED. F. (2009). Évaluation sensorielle Manuel méthodologique, Edition technique et documentation, 3^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

DORTU C. THONART P. (2009). Les bactériocines des bactéries lactiques : caractéristiques et intérêts pour la bio conservation des produits alimentaires. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13 (1), 143-154.

DUNN B.M., VALLER M.J., ROLPH C.E., FOUNDLING S.I., S, JIMENEZ M., et KAY J. (1987). “The PH Dependence of the Hydrolysis of Chromogenic Substrates of the Type, Lys-Pro-Xaa-Yaa-Phe-(NO₂) Phe-Arg-Leu, by Selected Aspartic Proteinases: Evidence for Specific Interactions in Subsites S3 and S2.” *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)/Protein Structure and Molecular* 913 (2): 122–30.

DYMNICKI D., GOLEBIEWSKI M., WOJCIK A., PUPPEL. K. (2015). Changes in cow's milk composition and physical properties during the uninterrupted milking process.

ECK A., et GILLIS J.C. (2006). *Le fromage*. 3^{ème} Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. (891pages).

EDIMA H.C. (2007). *Carnobacterium maltaromaticum* : caractéristiques physiologiques et potentialités en technologie fromagère. Thèse de doctorat ; Institut national polytechnique de Lorraine ; Nancy-université ; France.

FAO., (1995). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine*. Chapitre 3 : laits d'animaux laitiers. Collection FAO/ alimentation et nutrition.

FERNNANE H. (2017). *Etude des bactéries thermorésistantes dans le lait*. Thèse de doctorat en science de la nature et de la vie, Université MUSTAPHA Stambouli Mascara, 147p.

Références bibliographiques

FORGE M., GUIRAUD J. P., et GALZY P. (1977). Étude d'un accident de fabrication du fromage de roquefort. *Le Lait*, 57(561-562), 24-36.

FOX.P.F. (1989). Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *J Dairy Sci* 72 : 1379-1400.

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

FRETIN M. (2016). Construction de la qualité sensorielle des fromages de type Cantal : rôle des interactions entre les communautés microbiennes et la composition de la matière grasse laitière des fromages. Thèse de doctorat en Nutrition et Sciences des Aliments. Auvergne : Université Blaise Pascal, 171 pages.

GALLACIER J-P.(2018) , Aspects réglementaires ; **In :** » ECK A. et GILLIS J.C. (2018), Edition technique et documentation, 4ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 1001p

GALLI B. D., BAPTISTA D. P., CAVALHEIRO F. G., NEGRAO F., EBERLIN M. N., & GIGANTE, M. L. (2019). Peptide profile of Camembert-type cheese: Effect of heat treatment and adjunct culture *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Food research international*, 123, 393-402.

GREEN M.L., et GRANDISON A. (1993). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology.* (101 pages).

HACHANA Y., et BOUSSELM I. (2018). Variation factors of milk yield and milk quality at SMADEA farm-Bousselem Étude des facteurs de variation de la production laitière et de la qualité du lait dans la ferme SMADEA-Bousselem.

HALZOUN F. (2015). Evolution de la lipolyse et protéolyse et recherche d'activité anti oxydante au cours de l'affinage des fromages à pâte molle type camembert (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

HARDY J. et SCHER J. (2006). Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage. **In** « Fromage ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p 480-505. (891p)

Références bibliographiques

HENNEQUIN et HARDY (1997). Les propriétés rhéologiques **In** : ECK A. et GILLIS J.C. (1997). Le fromage. 3ème édition. Lavoisier. Techniques et documentation, (891pages).

HODEN A., 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 (1). INRA Productions animales, 4(5), 361-367.

HURTAUD C., PEYRAUD J.L., MICHEL G., BERTHELOT, D., DELABY L. (2009). Winter feeding systems and dairy cow breed have an impact on milk composition and flavour of two Protected Designation of Origin French cheeses. *Animal* 3, 1327–1338.

Doi :10.1017/S1751731109004716

ISSANCHOU S et MARTIN. (2018). L'analyse sensorielle du fromage (aspects scientifiques) ; **In** : » ECK A. et GILLIS J.C. (2018), Edition technique et documentation, 4ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 1001p

J.O.R.A. N° 67. (2014). Méthode de détermination de la teneur en matière grasse dans le fromage

JEANTET R., CROGUENNEC T., GARRIC G., BRULE G. (2017). Initiation à la technologie fromagère Edition technique et documentation, 2ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 224p

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

JORA. (1998). Journal Officiel de la République Algérienne 38. JORF. (2007).

Journal Officiel de la République Française, 2007. Décret n° 2007- 628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères.

KANAWJIA k .S et KHETRA Y . (2016). CHEESE TECHNOLOGY Course Outline ,129p.

KOTHE C. (2021). Diversité des bactéries halophiles dans l'écosystème fromager et étude de leurs impacts fonctionnels (Doctoral dissertation, université Paris-Saclay).

Références bibliographiques

KOUIDRI A., MERIBAI A., NOUANI A., MOHAND BELLAL M., ZEBIB B., et MERAH O. (2019). Effect of feed supply on milk yield and lipid composition in Algerian dairy cows. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(1), 134-140.

LABIOUI H., EL MOUALDI L., BENZAKOUR A., EL YACHIOUI M., BERNY E., et OUHSSIN M. (2009). Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 148, 7-16.

LACHEBI S., et YELLES F. (2018). Valorisation du lactosérum par technique membranaire. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 4(3), 820-825.

LAITHIER C. (2008), Evaluer et maîtriser la texture des fromages de chèvre “jeunes” à coagulation lactique, compte rendu de l’Institut de l’Élevage 149, rue de Bercy 75595 Paris CEDEX 12, ISSN : 1773-4738

LAITHIER C. (2011). Les fromages du terroir et microflore du lait cru. Ouvrage collectif de l’institut d’élevage 149 rue de Bercy 75595 Paris. 131p

LAURENT S., (1992). Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la soca. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar : EISMV, 216 pages.

LENOIR J., 1962. Note sur la dégradation des protides au cours de la maturation du camembert. Extrait de la revue *le Lait*, mars - avril, 1963, pp. 1-11 C.R. Acad. Agr., 1962, 48, 3, 160.

LUCEY JA., TAMEHANA M., SINGH H., et MUNRO PA. (2000). Rheological properties of milk gels formed by a combination of rennet and glucono-delta-lactone. *J Dairy Res.* 67(3), 415-427.

MAHAUT M., JEANTET R., et BRULE G. (2000). Initiation à la technologie fromagère. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (194p).

MANSOUR A et ALAIS C. (1972). Étude du salage et de l'affinage du fromage en saumure. In : Aspect biochimique : évolution de la composition du fromage et rendement. *Le Lait*, 52(518), 515-535.

Références bibliographiques

MARTIN B., VERDIER –METZ I., BUCHIN S., HURTAUD C., COULON J.-B., (2005). How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products *Anim. Sci.* 81, 205–212. Doi :10.1079/ASC50800205

MARTIN et COULON. (1995). Facteur de production du lait et caractéristique du fromage. Influence du facteur de produit sur l'aptitude à la coagulation des laits. *Lait*. Pages 5 : 61-80.

MARTINB., CHIALARD Y., FERLAY A. (2018). Facteurs de variation de la qualité fromagère du lait, **In** : ECK A. et GILLIS J.C. (2018), Edition technique et documentation, 4ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 1001pages.

MATHIEU J. (1998). Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.

MCSWEENEY P. L. H. (2007). Cheese problems solved. University College Cork, (389 pages).

MCSWEENEY, PAUL L H. (2004), Biochemistry of cheese ripening, Department of Food and Nutritional Sciences, University College, Cork, Ireland, Vol 57, No 2/3, 127-144

MICHALSKI M. C., GASSI J., FAMELART M., LECONTE N., CAMIER B., MICHEL F., BRIARD, V. 2003. The size of native milk fat globules affects physico-chemical and sensory properties of Camembert cheese. *Le Lait* 83, 13. doi:10.1051/lait:2003003

NDOB A.M., MELAS M., et LEBERT A. (2015). Propriétés physico-chimiques des aliments : nouveaux outils de prédiction (Vol. 1). ISTE Group.

NOZIERE P., GRAULET B., LUCAS A., MARTIN B., GROLIER P., DOREAU M. (2006). Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Special Issue: Modifying Milk Composition 131, 418– 450. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018

PARADAL., M. (2012). La transformation fromagère caprine fermière ; bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. Edition Technique et Documentation Lavoisier, Paris. ISBN : 978-2-7430-1447-6, (320 pages).

Références bibliographiques

PETRIER M, MORGE S., RAYNAUD S. (2016). Ouvrage collectif de l'institut d'élevage, généralité sur l'affinage, 24p

POMERANZ Y, (1994), Reology, Food Analysis Chapman & Hall, Inc. 449-489

POUGHEON S et GOURSAUD J. (2001). Le lait : caractéristiques physicochimiques. In « Lait, nutrition et santé ». Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p6.

POUGHEON S., (2001). Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

R. JEANTET, T. CROGUENEC, G. GARRIC, G. BRULE, (2017). Initiation à la technologie fromagère (2^o Éd.)

RAYNAUD S., LEFRILEUX Y., MORGE S., PETRIER M., ALLUT G., BARRAL J., GAUZERE Y. (2018). Qualité des fromages fermiers lactiques : locaux et maîtrise de l'affinage (LACTAFF). Innovations Agronomiques, 63, 1-21

REMOND B., (1987). Le lait : Principales caractéristiques physico-chimiques et biologiques In : Biotechnologies et industries laitières.

RIAHI M.H. (2006). Modélisation des phénomènes microbiologiques, biochimiques et physicochimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croute lavée ; thèse de doctorat Institut National Agronomique, École Doctorale ABIES, Paris Grignon, 201 pages.

ROUDOT A. C. : Rhéologie et analyse de texture des aliments. Edition, Tec et Doc (2002), p 197

ROUPAS P., (2001). On-farm practices and post farmgate processing parameters affecting composition of milk for cheesemaking. The Australian Journal of Dairy Technology 56(3): 219-232.

SBOUL. A., ARROUM.S., HAYEK.N., MEKRAZI.H., et KHORCHANI.T. (2016). Effet du traitement thermique sur la composition physico-chimique du lait de chèvre. Options Méditerranéennes Série A, 115, 481-485.

Références bibliographiques

SEBBANE H., ALMI D., HADOUCHI S., HEDJEL L., SMAIL-SAADOUN N., et MATI A. (2021). Microbiological and physicochemical changes during ripening of Camembert cheeses made from raw and pasteurized cow milk produced in Tizi-Ouzou (north of Algeria). *Indian Dairy Association*, 74(1), 18-29.

SICARD M., (2010). Méthodes, concepts et outils des systèmes complexes pour maîtriser les procédés alimentaires. Application à l'affinage de camemberts. Thèse de doctorat des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Spécialité Génie des Procédés Alimentaires. Agro Paris Tech.

SLAMANI R., (2017). Obtention et caractérisation d'une pepsine ovine. Aptitude à la coagulation du lait, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique.

SMIT G., SMIT B.A., ENGELS W.J.M. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiol. Rev.* 29, 591–610. doi: 10.1016/j.fmre.2005.04.002

SPINLER.H. E, GUICHARD, GRIPON.J.C. (2006). Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage ; **In** : « le fromage » ECK A. et GILLIS J.C. (2006), Edition technique et documentation, 3ème édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

SRAIRI M. T., EL JAOUARI M., KUPER M., et LE GAL P. Y. (2008). Effets du suivi zootechnique sur les performances de production et la rentabilité des élevages de bovins laitiers en périmètre irrigué au Maroc. In *Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb* (pp. 7-p). Cirad.

SRAIRI M.T., et HAMAMA A. (2006). Qualité globale du lait cru de vache au Maroc, concepts, état des lieux et perspectives d'amélioration. *Transfert de technologie en agriculture*, 137, (1- 4).

ST-GELAIS D., TIRARD-COLLET P., BELANGER G., COUTURE R et DRAPEAU R. (2002). Fromage. In : VIGNOLA, Carole L. *Science et technologie du lait, transformation du lait.* Editrice scientifique. Canada : école polytechnique de Montréal (Québec), (600 pages).

Références bibliographiques

THOMAS A. (2016) , Analyse sensorielle descriptive et hédonique, thèse Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Bourgogne Franche-Comté Discipline : Sciences de l'Alimentation, 325p

TIR E., BOUNOUA S., HEDDAR M., et BOUKLILA N. (2015). Étude de la qualité Physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie). Revue El Wahat pour les Recherches et les Études, 8(2), 26-33.

VASSAL L., MONNET V., LE BARS D., COLLETE, R., et GRIPON J. C. (1986). Relation entre le pH, la composition chimique et la texture des fromages de type Camembert. Le lait, 66(4), 341-351.

VERIDER-METZ I., BUCHIN S., HURTAUD C., BERODIER F., PRADEL P., MONTEL M. C., et COULON J. B. (2009). Effet de l'alimentation des vaches sur les caractéristiques sensorielles des fromages selon les types de technologie (pâte molle, pressée ou pressée demi-cuite). Renc. Rech. Ruminants, 16, 135-138.

VETIER N., BANON S., RAMET J., et HARDY J. (2000). Hydratation des micelles de caseine et structure fractale des agrégats et des gels de lait 80 : 237-246.

VIGNOLA C.L. (2002). Science et technologie du lait, Transformation du lait. Ecole Polytechnique de Montréal, Canada. ISBN : 29-34 (600 pages).

YABRIR B., SAILA A., MEKENEZ N., HACHI M., HAMIDI M., et AZOUZI B. (2019). Iodine content and quality of dietary salts marketed in the Djelfa region. Nutrition et Santé, 07(02), 54- 62.

Références bibliographiques

Webographie

FAO, (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 2 : laits d'animaux laitiers. (**en ligne**) Collection FAO/ alimentation et nutrition n° 28 Rome (Italie) ISBN 92-5-20534- disponible sur <https://www.fao.org/3/t4280f/T4280F04.htm>

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Chapitre 2 : laits d'animaux laitiers. (**en ligne**) Collection FAO/ alimentation et nutrition n° 28 Rome (Italie) ISBN 92-5-20534- disponible sur <https://www.fao.org/3/t4280f/T4280F04.htm>

<https://doi.org/10.30952/ns.7.2.2>

<https://www.cheese-in-the-city.com/2019/05/01/coagulation-du-lait.html> consulté le 06 mai 2022

<https://www.diversiferm.be/wp-content/uploads/2015/11/Approche-de-d%C3%A9fautes-de-fabrication-de-fromages.pdf> consulté le 07/05/2022

Journal Officielle De L'union Europeenne Décret n°2013-1010 du 12 novembre 2013 relatif aux fromages et spécialités fromagères , Chapitre Ier : Définitions et dénominations , dispoible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006056036/>

Journal Officielle De L'union Européenne Décret n°2013-1010 du 12 novembre 2013 relatif aux fromages et spécialités fromagères , Chapitre Ier : Définitions et dénominations , dispoible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006056036/>

ROUDAUT H. et LEFRANCQ E.(2005) Alimentation théorique - L'évaluation sensorielle un outil pour le contrôle de la qualité des produits alimentaires, Doin, France <http://www.saveurdelanee.com/>



Annexes

Annexe 1: Matériels et réactifs utilisés pour les analyses physico-chimiques

➤ Matériels

pH mètre du fromage



pH mètre du lait



Balance de précision



Dessiccateur



Centrifugeuse



Bain marie



Lactodensimètre



Burette



Pipette



Butyromètre à lait



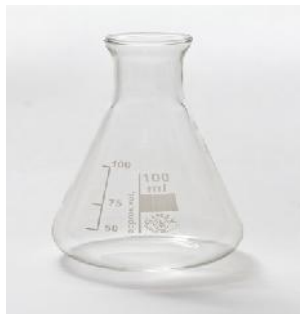
Butyromètre à fromage



Godet



Erlen Meyer



Lactostar



➤ **Réactifs**

Produits chimiques et réactifs : acide sulfurique, alcool isoamylique, phénolphtaléine en solution, soude en solution (NaOH).

Annexe 2 : Mesure du pH

Mesure du pH du lait



Mesure du pH du camembert



Annexe 3 : Mesure de l'acidité

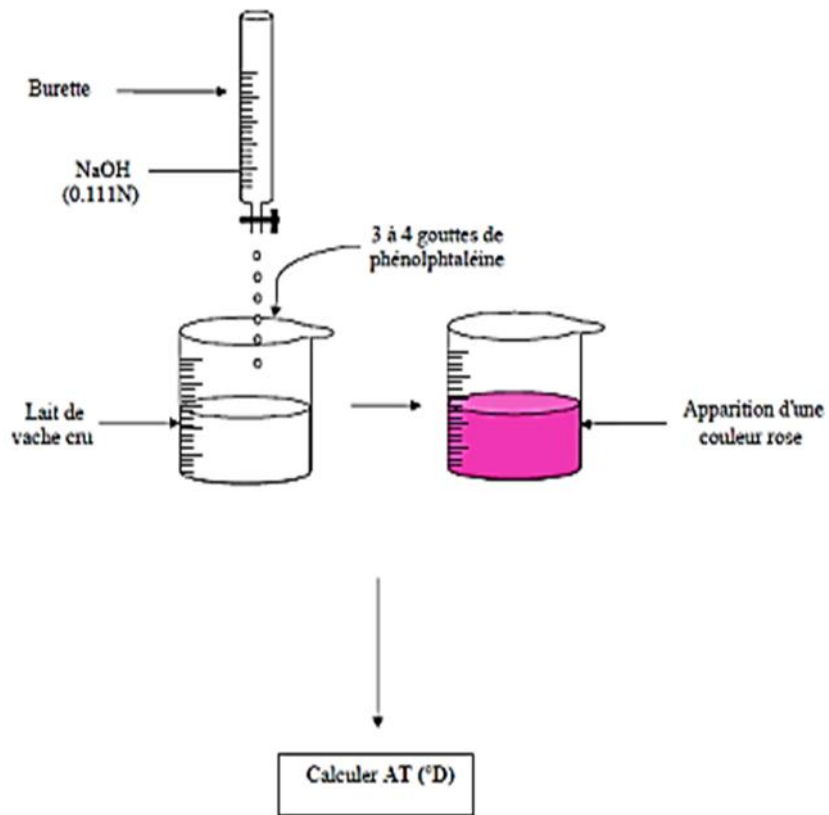


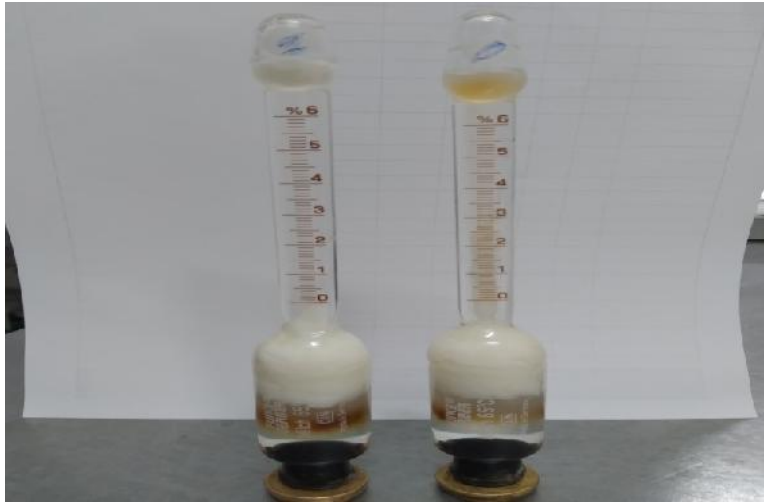
Schéma de mesure d'acidité.

Annexe 4 : Mesure de la densité



Annexe 5 : Mesure de la teneur en matière grasse

Mélange du lait avec de l'acide sulfurique et de l'alcool isoamylique

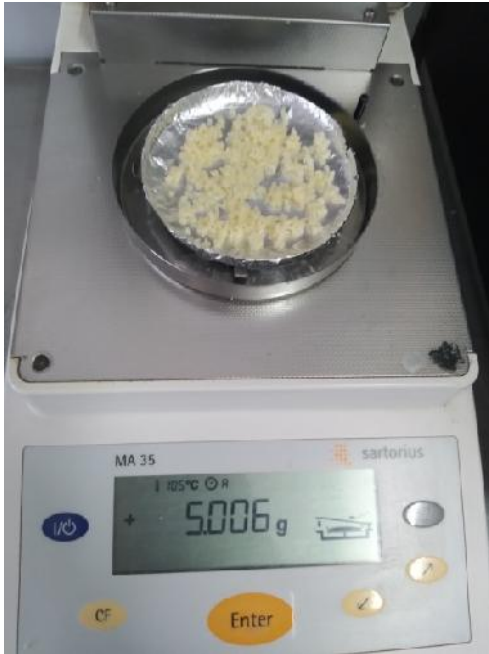


Mélange après centrifugation



Annexe 6 : Mesure de la teneur de l'extrait sec total

Avant caramélisation (Avant chauffage)



Après caramélisation (Chauffage)



Annexe 7 : Analyse statistiques des paramètres physicochimiques des laits.

Tableau IV. Analyse statistiques des paramètres physicochimiques des laits.

Paramètres	Lait artisanal $\bar{X} \pm E_C$	Lait industriel $\bar{X} \pm E_C$	P
Acidité (D°)	16,66 ± 0,40	17,00 ± 0,70	0,34
Densité	1028,03 ± 0,58	1026,60 ± 0,48	0,001
Extrait sec dégraissé (g/l)	80,52 ± 0,94	76,58 ± 0,28	0,002
Lactose (g/l)	39,16 ± 0,84	37,06 ± 1,47	0,016
Matière grasse (g/l)	34,13 ± 0,72	30,09 ± 0,61	< 0,001
pH	6,75 ± 0,06	6,47 ± 0,03	< 0,001
Protéines (g/l)	30,86 ± 0,63	29,20 ± 1,11	0,012

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité (très significative < 0,01).

En noir les paramètres correspondants aux valeurs de probabilité non significative (non significative > 0,05).

P : probabilité, \bar{X} : moyenne, E_C : écart type.

Annexe 8 : Analyse statistique des paramètres physicochimiques des camemberts.

Tableau V. Analyse statistique des paramètres physicochimiques du camembert.

Paramètres	Camembert L'artisan	Camembert Le Fermier	P
Chlorures (%)	1,91 ± 0,32	2,24 ± 0,25	0,08
Extrait sec total (%)	51,78 ± 0,72	51,08 ± 2,92	0,58
pH	4,90 ± 0,15	5,17 ± 0,01	0,004
Matière grasse (g/l)	27,33 ± 0,40	26,33 ± 0,40	0,0017
Gras /sec (%)	52,78 ± 0,52	51,77 ± 3,05	1

En rouge, les paramètres correspondant aux valeurs de probabilité significative ($P < 0,05$).

En noir les paramètres correspondants aux valeurs de probabilité non significative ($P > 0,05$).

P : probabilité, \bar{X} : moyenne, Ec : écart type.

Annexe 9 : Analyse statistique des résultats des analyses sensorielles.

Tableau VI. Analyse statistique des résultats des analyses sensorielles.

Produits Paramètres	A		B	
	Score	Rang	Score	Rang
Croûte	3,3	19	3,71	17
Couleur	3,67	18,5	3,83	17,5
Odeur	3,83	17,5	3,42	18,5
Goût	4,38	16,5	3,75	19,5
Texture	3,75	19,5	4,46	16,5

Annexe 10 : Séance de dégustation



Annexe 11 : Fiche de dégustation

Fiche d'analyse sensorielle : dégustation de.....

- Description de l'odeur
- Par le nez sans mettre le produit en bouche
- Absence d'odeurs : 1, forte odeur : 6

1	2	3	4	5	6

- Description de la saveur :

Sucré	Acide	Salé	Amère	Umami	Métallique

- Salinité : moins salé : 1, trop salé : 6

1	2	3	4	5	6

- Description des sensations

Dou	Piquant	Acre	Brulant

- Description de la finale en bouche

Agréable	Très typique	Riche en arôme	Intense en goût	Persistante	Plutôt courte	Fondant

Caractère	2	3	4	5	6
Dureté (mou :1, dur : 6)					
Cohésion (souple : 1, friable : 6)					
Structure de la pâte (onctueux :1, granuleux :6)					

Avez-vous des remarques à faire au sujet de cette dégustation ?

Fiche d'analyse sensorielle : dégustation de.....

- Description de l'odeur
- Par le nez sans mettre le produit en bouche
- Absence d'odeurs : 1, forte odeur : 6

1	2	3	4	5	6

- Description de la saveur :

Sucré	Acide	Salé	Amère	Umami	Métallique

- Salinité : moins salé : 1, trop salé : 6

1	2	3	4	5	6

- Description des sensations

Dou	Piquant	Acre	Brulant

- Description de la finale en bouche

Agréable	Très typique	Riche en arôme	Intense en goût	Persistante	Plutôt courte	Fondant

Caractère	2	3	4	5	6
Dureté (mou :1, dur : 6)					
Cohésion (souple : 1, friable : 6)					
Structure de la pâte (onctueux :1, granuleux :6)					

Avez-vous des remarques à faire au sujet de cette dégustation ?

Formulaire de test de dégustation

Age :

Sexe :

- Comment trouvez-vous le produit ?

•Couleur :

Produits	Acceptable	Pas acceptable
Produit 1		
Produit 2		
Produit 3		
Produit 4		

•Odeur

Produits	Bonne	Moyenne	Pas bonne
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Goût :

Produits	Bon	Moyen	Pas bon
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Acidité

Produits	Trop acide	Acceptable	Peu acide
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Texture

Produits	Homogène (lisse à la dégustation)	Intermédiaire (pas totalement lisse, présente quelques grumeaux)	Hétérogène (présence de grumeaux à la dégustation)
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			
Produit 4			

•Consistance

Produits	Épaisse	Moyenne	Liquide
Produit 1			
Produit 2			
Produit 3			

Annexe 12 : Table de KRAMER 1961

Nombre de dégustateurs	Nombre d'échantillons dégustés										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3				3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18	5-19	5-21
4		4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25	9-27	10-29
5		5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31	14-34	15-37
6	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38	18-42	20-45
7	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45	23-49	25-53
8	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51	28-56	30-61
9	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57	33-63	36-68
10	11-16	14-22	17-28	20-34	23-44	26-46	29-52	32-58	35-64	38-70	41-76
11	12-18	16-24	19-31	13-37	26-44	30-50	34-56	37-63	40-70	44-76	47-83
12	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76	49-83	53-90
13	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82	54-90	58-98
14	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89	59-97	64-105
15	18-24	23-35	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	54-86	59-95	65-103	70-112
16	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	56-91	64-101	70-110	75-120
17	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	62-98	69-107	75-117	81-127
18	22-29	28-40	35-50	41-61	48-71	54-82	61-92	67-103	74-113	81-123	87-134

Résumé

Notre étude a été réalisée sur deux types de camembert produits dans la région de Tizi-Ouzou, l'un artisanal (l'artisan) et l'autre industriel (fermier) en les comparant sur le plan physico-chimique et organoleptique, les résultats obtenus ont révélé que la plupart des paramètres des deux lait varient très significativement, l'acidité ne varie pas significativement entre les deux laits ($P > 0.05$), par contre tous les autres paramètres étudiés présentent des différences significatives ($P < 0.05$), très significatives ($P < 0.01$) ou hautement significatives ($P < 0.001$) pour respectivement le lactose, les protéines, la densité, l'extrait sec dégraissé, la matière grasse et le pH.

Les résultats de comparaison physico-chimique entre les deux camemberts, indiquent une différence non significative entre le camembert artisanal et camembert industriel pour l'extrait sec total ($P=0,58$), chlorures ($P= 0,08$) et Gras /sec ($P= 1$), et une différence très significative dans la matière grasse ($P= 0,0017$) et le pH ($P= 0,004$).

L'évaluation sensorielle des deux types de camemberts effectués à l'aide de test de KRAMER, nous a indiqué que la croûte, la couleur de la pâte et l'odeur des deux types de camembert sont appréciées par les dégustateurs. Concernant les résultats statistiques de la texture, le fromage industriel est le plus apprécié, mais pour le goût le fromage artisanal est le plus apprécié.

L'exploitation de ces résultats, montrent que la qualité physicochimique et organoleptique du camembert « Fermier » et « l'artisan » sont différentes.

Les mots clés : lait, camembert, qualité physico-chimique, qualité organoleptique, ...

Abstract

Our study was conducted on two types of Camembert produced in the region of Tizi-Ouzou, one artisanal (artisan) and the other industrial (farmer) by comparing them on the physico-chemical and organoleptic, the results obtained revealed that most of the parameters of the two milks vary very significantly, the acidity does not vary significantly between the two cheeses ($p > 0.05$), however, all other parameters studied show significant ($P < 0.05$), very significant ($P < 0.01$) or highly significant ($P < 0.001$) differences for lactose, protein, density, defatted dry matter, fat and pH respectively.

The results of the physicochemical comparison between the two cheeses, indicate a non-significant difference between the artisanal and industrial cheeses for total dry matter ($P=0.58$), chlorides ($P= 0.08$) and fat/dry matter ($P= 1$), and a very significant difference in fat ($P= 0.0017$) and pH ($P= 0.004$).

The sensory evaluation of the two types of Camemberts carried out with the help of KRAMER test indicated that the rind, the color of the paste and the smell of the two types of Camembert are appreciated by the tasters.

Concerning the statistical results of the texture, the industrial cheese is the most appreciated, and for the taste the artisanal cheese is the most appreciated.

The exploitation of these results, show that the physicochemical and organoleptic quality of the Camembert "Fermier" and "artisan" are different.

Keywords: milk, camembert, physicochemical quality, organoleptic quality, ...