République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Cap.06/09

Université de JIJEL
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de L'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
En Biologie

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Thème

Qualité du beurre local : cas du beurre de chèvre

Membres de jury :
Président : Mr Bouhous M.
Examinatrice : Mme Tahiri N.
Encadreur : Dr. Idoui T.
Invitée : Mme Hamama H.

Réalisé Par :
Aziz Nabila.
Hamiroune Assia.
Labrèche Amel.

جامعة جيجل
مكتبة
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

جامعة جيجل
قسم البيولوجيا الجزيئية والخلوية
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

Promotion 2009

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم الجرد : 1542
Cqro 6/09

Université de JIJEL
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de L'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
En Biologie

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Thème

Qualité du beurre local : cas du beurre de chèvre

Membres de jury :
Président : Mr Bouhous M.
Examinatrice : Mme Tahiri N.
Encadreur : Dr. Idoui T.
Invitée : Mme Hamama H.

Réalisé Par :
Aziz Nabila.
Hamiroune Assia.
Labrèche Amel.

جامعة جيجل مكتبة الكلية كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

Promotion 2009

Remerciements

Ce travail a été réalisé à l'université de Jijel dans le cadre du mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en control e de qualité et analyses, pour le thème : « Qualité du beurre local : cas du beurre de chèvre », dirigé par le docteur Idoui Tayeb, vif chef de département de biologie moléculaire et cellulaire.

Nos remerciements s'adressent avant tout au bon Dieu, qui nous a soutenu le long de nos études et nous a accordé à la chance d'accomplir notre travail dans de bonnes conditions.

Nous somme très reconnaissantes envers notre encadreur docteur Idoui Tayeb, qui a su nous entourer de ses connaissances, de sa disponibilité, nous le remercions également pour le temps précieux qu'il nous consacré, ainsi que, pour sa compétence, ses conseils, ses encouragements et ses suggestions. Nous trouvons ici l'occasion de lui exprimer notre respect et notre gratitude les plus sincères.

Nos plus vifs remerciements à nos enseignants de la faculté des sciences, pour leurs enseignants, leurs conseils et leurs rigueurs, nous leurs somme reconnaissantes.

Une partie de ce travail a été réalisé au laboratoire de l'unité IGLAIT sous la direction de Mme Hamama H et Mr Chiheb R, nos remerciements s'adressent, aussi bien, à elle pour son accueil chaleureux, que, à tous les gens du laboratoire de l'université où l'on passe de nombreuses heures pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier également les membres de jury Mme Tahiri N et Mr Bouhous M, pour nous avoir honoré en acceptant de jurer notre travail.

Toutes nos gratitudes vont aussi à nos chers parents pour leur soutien tout au long de nos études et durant ce mémoire.

A toute personne, qui nous a aidé à accomplir ce travail, soit directement ou indirectement, nous disons Merci.

Nabila, Assia et Amel.

Sommaire

Introduction..... 1
Première partie : Synthèse bibliographique
Chapitre I: Le lait de chèvre
I.1. Définition du lait..... 2
I.2. La composition du lait..... 2
I.3. Les principaux constituants des laits des différentes espèces..... 2
I.4. Le lait de chèvre..... 2
I4.1. Données sur le lait de chèvre..... 2
I.4.2. Le lait de chèvre : structure et propriétés des constituants..... 3
I.4.2.1. La matière grasse..... 3
I.4.2.2. Les composés azotés..... 5
I.4.2.3. Les glucides..... 6
I.4.2.4. Les vitamines et les sels minéraux..... 6
I.4.2.5. Les enzymes..... 7
I.5. Valeur nutritive du lait de chèvre..... 7
I.5.1. Valeur énergétique..... 7
I.5.2. Valeur vitaminique..... 7
I.6. Production du lait de chèvre..... 8
I.6.1. Cycle de production et techniques d'élevage..... 8
I.6.1.1. La lactation..... 8
I.6.1.2. La traite..... 9
I.6.1.3. La sélection..... 9
I.6.1.4. L'alimentation..... 9
I.6.2. La production du lait de chèvre et son évolution..... 10
I.6.2.1. La collecte..... 10
I.6.2.2. La saisonnalité..... 10
I.6.3. Aspect microbiologique et microflore du lait de chèvre..... 10
I.7. Le lait de chèvre et la santé..... 10
I.7.1. Le lait de chèvre dans une alimentation saine..... 11
I.7.2. Allergie à la protéine du lait de vache..... 11
I.7.3. Intolérance au lactose..... 11
I.7.4. Maladie des vois respiratoires..... 11
I.7.5. Maladie de la peau..... 12
I.8. Qualité du lait de chèvre..... 12
Chapitre II. Le beurre
II.1. Définition du beurre..... 14
II.2. La composition du beurre..... 14
II.3. Les dénominations du beurre 15
II.4. Beurre d'appellation d'origine contrôlé..... 15
II.5. Technologie du beurre..... 16
II.5.1.L'écrémage du lait..... 16
II.5.2. La préparation de la crème..... 16
II.5.2.1. La normalisation..... 16
II.5.2.2. La désacidification 16
II.5.2.3. La pasteurisation..... 17
II.5.2.4. L e dégazage..... 18
II.5.2.5. La maturation..... 18
II.5.2.6. Le passage de la crème au beurre (inversion de phase)..... 20

II.6. Techniques de fabrication du beurre..... 21
II.6.1.Fabrication du beurre en baratte (technique discontinue) 21
II.6.2.Fabrication du beurre en butyrateur (technique continue)..... 23
II.6.3.Conditionnement et étiquetage du beurre..... 24
II.6.3.1.Conditionnement 24
II.6.3.2. Etiquetage 24
II.6.4. Conservation du beurre..... 25
II.7.Fabrication traditionnelle du beurre au pays du Maghreb..... 25
II.7.1. La maturation spontanée..... 25
II.7.2. Le barattage 25
II.8. Le rendement beurrier..... 25
II.8.1.Facteurs de rendement ou « Overnum »..... 25
II.8.2.Rendement beurrier..... 25
II.8.3. Bilan matière grasse ou rendement réel..... 26
II.9.Coproduits de la beurrerie..... 26
II.9.1. Babeurre..... 26
II.9.2. Eaux de lavage du beurre 27
II.10. Défauts et altérations du beurre 27
II.10.1. Les défauts du beurre..... 27
II.10.2. Altérations de la matière grasse 28
II.11. Problèmes de fabrication du beurre..... 29
II.12. Contrôle de la qualité du beurre..... 29
II.13. La microbiologie du beurre..... 30
Deuxième partie : Etude expérimentale
II. Matériel et méthodes..... 30
II.1. Matériel 30
II.1.1. Le matériel biologique..... 30
II.1.1.1. Le lait de chèvre..... 30
II.1.1.2. Le Raib et le Lben..... 30
II.1.1.3. Le beurre..... 30
II.1.2. Milieux de culture..... 30
II.1.3. Les produits chimiques..... 31
II.1.4. Matériel et appareillage..... 31
II.2.Méthodes..... 31
II.2.1. Contrôle du lait de chèvre..... 31
II.2.1.1. Les caractères physiques du lait de chèvre..... 32
II.2.1.2.Contrôle microbiologique..... 32
II.2.1.3. Contrôle physicochimique du lait de chèvre..... 35
II.2.1.4. Analyse organoleptique du lait de chèvre..... 38
II.3. Le beurre de chèvre : Fabrication et contrôle de qualité..... 39
II.3.1. Préparation traditionnelle du beurre de chèvre au laboratoire..... 39
II.3.2. Contrôle microbiologique du beurre de chèvre..... 39
II.3.2.1. Préparation des dilutions et flores dénombrées et/ou recherchées..... 41
II.3.3. Contrôle physicochimique du beurre de chèvre et de l'intermédiaire de la fabrication..... 42
II.3.3.1. Contrôle du pH et acidité du Lben..... 42
II.3.3.2. Analyse physicochimique du beurre de chèvre..... 42
II.3.3.3. Analyse de la composition en acides gras du beurre de chèvre par GC-MS..... 46
II.3.3.4. Analyse sensorielle du beurre de chèvre (contrôle organoleptique)..... 46

Troisième partie : Résultats et Discussion

III.1. Contrôle du lait de chèvre..... 47
III.1.1. Caractères physiques du lait de chèvre..... 47
III.1.2. Contrôle microbiologique..... 47
III.1.2.1. Examen microscopique..... 47
III.1.2.2. Qualité microbiologique globale du lait de chèvre..... 48
III.1.3. Contrôle physicochimique..... 54
III.1.4. Le contrôle organoleptique..... 64
III.2. Contrôle du beurre fabriqué traditionnel..... 66
III.2.1. Contrôle physicochimique du Lben..... 66
III.2.2. Contrôle microbiologique du beurre de chèvre traditionnel..... 68
III.2.3. Contrôle physicochimique du beurre de chèvre traditionnel..... 75
III.2.4. Le contrôle organoleptique du beurre de chèvre 90
Conclusion..... 93
Références bibliographiques
Annexes

Liste des figures

Fig.01. La composition générale du lait.....2
Fig.02. Diagramme de technologie de fabrication du beurre.....17
Fig.03. Inversion des phases au cours de butyrification.....20
Fig.04. Morphologie de barattes.....21
Fig.05. Diagramme de barattage traditionnel.....22
Fig.06. Principe d'un butyrateur.....23
Fig.07. Préparation traditionnelle du beurre de chèvre au laboratoire.....39
Fig.08. Observation microscopique des trois échantillons du lait de chèvre après coloration de Gram.....48
Fig.09. Variation du niveau de contamination moyen en flore aérobie mésophile des trois laits de chèvre 49
Fig.10. Variation du niveau de contamination moyen de la flore lactique des trois laits de chèvre 52
Fig.11. Variation du niveau de contamination moyen par la flore fongique des trois laits de chèvre 53
Fig.12. Variation du niveau de contamination moyen par les streptocoques fécaux des trois laits de chèvre selon la région de prélèvement.....54
Fig.13. Variation de la densité moyenne des trois laits de chèvre 55
Fig.14. Variation du pH et d'acidité titrable moyenne des trois laits de chèvre.....56
Fig.15. Variation du point de congélation moyen des trois laits de chèvre 59
Fig.16. Variation des teneurs en MS, MM et MO des trois laits de chèvre 60
Fig.17. Variation de taux butyreux et des taux protéiques des trois laits de chèvre.....61
Fig.18. Variation des valeurs énergétiques théoriques des trois laits de chèvre.....64
Fig.19. Variation des notes organoleptiques globales moyennes des trois laits de chèvre 65
Fig.20. Variation du pH et d'acidité titrable moyenne des Lbens 67
Fig.21. Variation du niveau de contamination moyen en flore aérobie mésophile des trois beurres de chèvre 69
Fig.22. Variation du niveau de contamination moyen en coliformes totaux et thermotolérants des trois beurres de chèvre.....70
Fig.23. Variation du niveau moyen de la flore lactique des trois beurres de chèvre 71
Fig.24. Variation du niveau moyen de contamination par la flore fongique des trois beurres de chèvre 72
Fig.25. Variation du niveau moyen de contamination par la flore psychrophile des trois beurres de chèvre 73
Fig.26. Variation du niveau moyen de contamination par la flore caséolytique des trois beurres de chèvre 74
Fig.27. Variation du niveau moyen de contamination par la flore lipolytique des trois beurres de chèvre 75
Fig.28. Variation du pH et d'indice d'acide moyens des trois beurres de chèvre 76
Fig.29. Variation d'indice de peroxyde moyen des trois beurres de chèvre 77
Fig.30. Variation d'indice de saponification moyen des trois beurres de chèvre 78
Fig.31. Variation d'indice d'iode moyen des trois beurres de chèvre 79
Fig.32. Variation du taux moyen d'humidité des trois beurres de chèvre 80
Fig.33. Variation du taux moyen d'impuretés des trois beurres de chèvre 81
Fig.34. L'intensité de la couleur lors de la recherche du glycérol.....82
Fig.35. Variation du point de solidification et de fusion moyen des trois beurres de chèvre.....83

Fig.36. Chromatogramme du beurre de chèvre fabriqué à partir de lait de chèvre issu de la région Ziama.....**84**
Fig.37. Chromatogramme du beurre de chèvre fabriqué à partir de lait de chèvre issu de la région Chekfa.....**85**
Fig.38. Chromatogramme du beurre de chèvre fabriqué à partir de lait de chèvre issu de la région Texanna.....**86**
Fig.39. Variation des notes organoleptiques globales moyennes des trois beurres de chèvre...**91**

Liste des tableaux

Tab .01. La composition des laits des différentes espèces..... 3
Tab.02. La composition du lait de chèvre..... 3
Tab.03. La composition de la matière grasse en phospholipides..... 4
Tab.04. Composition moyenne annuelle du lait de chèvre..... 5
Tab.05. Les différentes fractions de caséines..... 6
Tab.06. Fractions de protéines du sérum..... 6
Tab.07. Concentration en sélinium et activité glutathion peroxydase dans le lait des mammifères.. 7
Tab.08. Composition vitaminique moyenne du lait de chèvre et de vache..... 9
Tab.09. La composition pondérale moyenne du beurre..... 14
Tab.10. Texture du beurre en fonction des apports entre la MGL et la MGS..... 19
Tab.11. Composition du babeurre..... 26
Tab.12. Problèmes de fabrication du beurre..... 28
Tab.13. Interprétation des résultats de la coloration de Gram..... 32
Tab.14. Les critères physiques du lait..... 32
Tab.15. Lecture des résultats de la réductase..... 36
Tab.16. Formulaire des critères organoleptiques 39
Tab.17. Résultats des caractères physiques du lait de chèvre..... 47
Tab.18. Résultat de la coloration de Gram..... 48
Tab.19. Résultats du contrôle microbiologique des trois laits de chèvre analysés..... 49
Tab.20. Résultat de mesure de la densité des trois échantillons du lait de chèvre..... 55
Tab.21. Résultats du pH et d'acidité des trois échantillons du lait de chèvre analysés..... 56
Tab.22. Développement de l'activité réductase avec le temps..... 58
Tab.23. Résultats des valeurs de point de congélation..... 59
Tab.24. Résultats de la détermination de la MS, MM, et MO..... 60
Tab.25. Résultats des taux butyreux et taux protéiques..... 61
Tab.26. Valeurs énergétiques théoriques des laits de chèvre étudiés..... 64
Tab.27. Résultats du contrôle organoleptique des laits de chèvre analysés..... 65
Tab.28. pH et acidité titrable des Lbens analysés..... 66
Tab.29. Résultats du contrôle microbiologiques des trois beurres de chèvre..... 68
Tab.30. Résultats du contrôle physicochimique des trois beurres de chèvre..... 75
Tab.31. Résultats de la recherche du glycérol..... 81
Tab.32. Résultats de contrôle organoleptique des trois beurres de chèvre étudiés..... 90

Liste des abréviations

Z : La région Ziama.
Ch : La région Chekfa.
T : La région Texanna.
LZ : Lait de chèvre provenant de la région Ziama.
LCh : Lait de chèvre provenant de la région Chekfa.
LT : Lait de chèvre provenant de la région Texanna.
BZ : Beurre de chèvre fabriqué traditionnellement à partir du lait de chèvre issu de la région Ziama.
BCh : Beurre de chèvre fabriqué traditionnellement à partir du lait de chèvre issu de la région Chekfa.
BT : Beurre de chèvre fabriqué traditionnellement à partir du lait de chèvre provenant de la région Texanna.
°C : Degré Celsius.
°D : Degré Dornic.
% : Pour cent.
‰ : Pour mille.
D.O : Densité optique.
mg : Milligramme.
g : Gramme.
kg : Kilogramme.
h : Heure.
min : Minute.
S : Seconde.
tr/min : Tour par minute.
g/l : Gramme par litre.
mg/g : Milligramme par gramme.
TB : Taux butyreux.
TP : Taux protéique.
MGS : Matière grasse solide.
MGL : Matière grasse liquide.
Kpa : Kilo pascal.
ml/min : Millilitre par minute.
pH : Potentiel d'hydrogène.
g/kg : Gramme par kilogramme.
GC-MS : Gas Chromatography – Mass Spectroscopy.
FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile.
CT : Coliformes Totaux.
CTT : Coliformes Thermotolérants.
ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.
CSR : Clostridium Sulfito-Réducteurs.
UFC/ml : Unité Forme Colonie par millilitre du lait de chèvre.
UFC/g : Unité Forme Colonie par gramme du beurre de chèvre.
I_a : Indice d'acide.
I_s : Indice de saponification.
I_p : Indice de peroxyde.
I_i : Indice d'iode.
MO : Matière organique.
MM : Matière minérale.

MS : Matière sèche.
MG : Matière grasse.
ssp : sub espèce.
< : Inférieur.
NaCl : Chlorure de sodium.
J : Jour.
CO_2 : Dioxyde de carbone.
m^2 : Mètre carré.
***Lc* :** *Lactococcus*.
UI : Unité internationale.
cm : Centimètre.
μl^{-1} : Microlitre moins un.
ng/l : Nanogramme par litre.
mU/l : Milli unité par litre.
nm : Nanomètre.
β: Bêta.
α : Alpha.
Vit : Vitamine.
$m^2. kg^{-1}$: Mètre carré par Kilogramme.
$m. kg^{-1}$: milligramme par Kilogramme.
U.V : Ultra Violet.
mole/l : Mole par litre.
µl: Microlitre.
I : Iode.
D/C : Double concentration.
S/C : Simple concentration.
NPP: Nombre le plus probable.

Introduction

Introduction

Quelle aventure extraordinaire, celle du lait ! Tout naturellement, c'est du point de vue de la physiologie, le meilleur aliment que l'on connaissent, pratiquement complet, admirablement et spécifiquement adapté à chaque jeune mammifère **(Remond, 1985).**

Sur un plan différent, on peut dire que le lait a tout autant nourri les imaginations, suggérant dans la symbolique traditionnelle les idées de pureté, de douceur, de nourritures terrestres, de transmission spirituelle et de richesse **(Remond, 1985).**

Le fait que le lait constitue le premier et l'unique aliment de l'espèce humaine pendant la première étape de croissance, explique l'intérêt que l'homme porte tout le long de son existence au lait et ses dérivés. Il permet depuis des millénaires la satisfaction de besoins nutritionnels essentiels tout en flattant le palais des consommateurs **(Vazquez De Parada, 1989).**

Dans les régions méditerranéennes, c'est traditionnellement le lait de petits ruminants, comme la chèvre qui est utilisé. Dans notre contexte actuel d'urbanisation et d'industrialisation de l'alimentation, le lait de chèvre, sous la forme de lait ou de beurre, jouit incontestablement d'une image « santé », mais il n'est pas facile de savoir précisément comment cette image est entretenue **(Desjeux, 1993).** Le beurre de chèvre ; produit de grande valeur nutritionnelle constitue le produit obtenu après coagulation du lait de chèvre suivi d'un barattage traditionnel **(Tantaoui Elaraki et *al.*, 1983).**

En Algérie, les études relatives à la qualité du beurre de chèvre sont manquantes ; c'est à l'égard de cette vision que s'inscrit notre étude afin d'enrichir les renseignements pratiques à ce sujet.

En résumé, notre étude comporte deux parties, une bibliographique qui permet de saisir les différentes informations concernant d'une part le lait de chèvre et d'autre part la fabrication beurrière.

L'autre partie est pratique, et qui englobe :

- Le contrôle microbiologique, physicochimique et organoleptique de trois échantillons du lait de chèvre provenant de trois régions différentes à savoir Ziama, Chekfa et Texanna ;
- La fabrication traditionnelle au laboratoire du beurre de chèvre à partir de trois échantillons du lait de chèvre analysés ;
- Le contrôle microbiologique, physicochimique et organoleptique et l'analyse qualitative et quantitative de la composition en acides gras par GC-MS des trois échantillons du beurre de chèvre fabriqués.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I
Le lait de chèvre

Chapitre I : Le lait de chèvre

I.1.Définition du lait :

Le lait a été défini lors du congrès international de la répression des fraudes qui s'est tenu à Paris en 1909 :

« Le lait est le produit intégral de la traite totale est ininterrompue d'une femelle laitière, bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » **(Le Mens, 1985).**

Cette définition à caractère général est applicable aux laits de vache, de chèvre, de brebis, et bien qu'ancienne, reste valable **(Le Mens, 1985).**

Le lait est le produit de sécrétion des glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant **(Vignola, 2002).**

I.2. La composition du lait :

La figure 01, décrit la composition générale du lait. Cette composition varie selon différents facteurs liés aux animaux, les principaux étant l'individualité, la race, la période de lactation, l'alimentation, la saison et l'âge **(Jeantet et *al.*, 2008).**

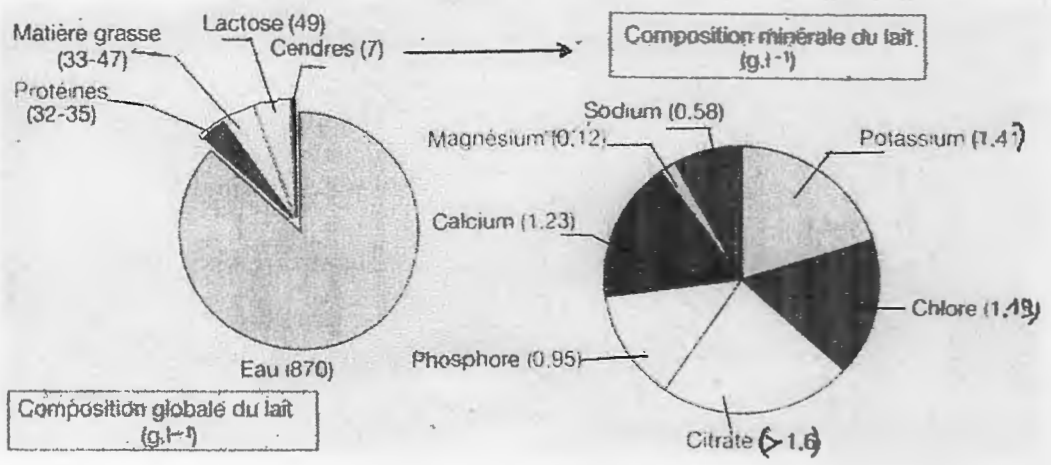


Figure 01 : Composition générale du lait **(Jeantet et *al.*, 2008).**

La composition des laits varie selon les espèces. Les donnés comparatives des constituants principaux du lait de femme et des laits des différentes espèces animales sont regroupées au tableau 01 **(Le Mens, 1985).**

I.4. Le lait de chèvre :

I.4.1. Données sur le lait de chèvre :

Tout comme le lait de vache, le lait de chèvre est un liquide blanc composé de lipides en émulsion sous forme de globules, de caséines en suspension colloïdale, de protéines du sérum en solution colloïdale, de lactose et de minéraux en solution, comparé au lait de vache, il est légèrement plus blanc **(Vignola, 2002).**

Le lait de chèvre, n'ayant pas de β-carotène, est de couleur blanche mate avec une odeur assez neutre dite caprine. Il a une saveur douçâtre, agréable ; son aspect est sans grumeaux **(Le Mens, 1985).**

Tableau 01 : La composition des laits des différentes espèces **(Le Mens, 1985).**

	Lactose	Matière Grasse	Matière Protéique	Matière saline totale	Matière sèche totale	Durée moyenne de gestation	Temps pour doubler le poids de naissance
Femme (g/l)	69,1 (glucide)	33,6	8,9	3,0	112	270j	170j à 180j
Brebis Dorset (%)	4,8	12,6	5,2	0,79 (cendre)	23,4	150j	18j à 20j
Bufflonne (%	5,19	7,35	4,42	0,98	17,96	-	-
Chamelles (%)	3,20	3,20	2,68	0,60(cendre) dont 0,25 Na Cl	9,75	-	-
Chèvre race Grecque (%)	4,76	5,63	3,77	0,73	14,80	155j	19j à 22j
Vache (%)	4,76	3,69	3,09	0,69(cendre)	12,02	285 j	35 j
Jument (%)	6,7	1,9	2,6	0,8	Non précise	340 j	50 j à 60 j

I.4.2. Le lait de chèvre, structure et propriétés des constituants :

Le tableau 02 décrit la composition du lait de chèvre où les principaux constituants du lait de chèvre montrent certaines caractéristiques différentes des constituants du lait de vache **(Ritter et *al.*, 1976).**

Tableau 02 : Composition du lait de chèvre **(Ritter et *al.*, 1976).**

Teneurs	Lait de chèvre	Lait de vache
Matière sèche [g/kg]	134	127
Matière grasse [g/kg]	39	40
Matière sèche dégraissée [g/kg]	95	90
Protéines totales [g/kg]	37	33
Caséines [g/kg]	29	26
Protéines sériques [g/kg]	5,5	3,8
Azote non protéique [g/kg]	0,4	0,3
Lactose monohydraté [g/kg]	44	49
Cendre (à 550°C) [g/kg]	8	7
Sodium [mg/kg]	420	480
Potassium [mg/kg]	1810	1570
Calcium [mg/kg]	1270	1200
Magnesium[mg/kg]	140	120
Phosphore[mg/kg]	1090	920
Chlorure [mg/kg]	1420	1420

I.4.2.1. La matière grasse :

Les globules gras du lait de chèvre se caractérisent par une fréquence plus élevée de petits globules : 0,65 % de diamètre inférieure à 3 microns contre 3 % pour le lait de vache, et diamètre moyen proche de celui du lait de brebis respectivement : 3,5 microns et 3,3 microns **(Fahmi, 1956).**

A taux butyreux identique, le lait de chèvre présente un nombre de globules gras deux fois plus élevé que le lait de vache et un diamètre moyen inférieur ; respectivement : 3,35 microns et 1,99 microns pour le lait de vache et le lait de chèvre. La taille des globules gras présente un intérêt nutritionnel évident puisque une structure globulaire de diamètre inférieur à 5 microns diminue le temps de séjour dans l'estomac et le transit intestinal **(Le Mens, 1985).**

La pasteurisation à 60°C pendent 30 minutes, modifie la taille des globules gras du lait de chèvre dans le sens d'une augmentation de 12 % de diamètre moyen par suite fusionnement, ce qui se traduit par une diminution du nombre de globules **(Le Mens, 1985).**

Des différences d'épaisseur de la membrane des globules existeraient entre les races de chèvre et elle serait plus épaisse que celle du lait de vache. La composition chimique de la membrane est très complexe et n'a pas été déterminée avec précision **(Le Mens, 1985).**

a. les triglycérides :
Ils représentent 98 à 99 % des lipides du lait et forment la structure des globules gras .Les mono et diglycérides sont peu fréquents dans le lait, 0,5 % au total. Il apparaît peu de différence de la structure des triglycérides du lait de chèvre; les acides gras cours sont estérifiés de façons prédominante mais non exclusive en position 1 et 3. Par contre, les acides butyriques et caproïques sont absents dans les triglycérides à longues chaînes et ils sont absents des positions 1et 3 dans les triglycérides à courte chaîne **(Le Mens, 1985).**

b. les phospholipides et cérébrosides :
Les phospholipides représentent environ 0,5 à 1% des lipides du lait, soit 30 à 40 mg/100g. 40% des phospholipides se situent dans la phase non grasse du lait ; le reste se trouve dans la membrane des globules gras. Malgré leur faible teneur, ils ont un rôle important dans les globules gras car ils comportent des groupements hydrophiles et lipophiles permettant la stabilité des globules gras en émulsion **(Katoaka et Hakge, 1972).**

Tableau 03 : La composition de la matière grasse en phospholipides **(Katoaka et Hakge, 1972).**

Phospholipides	Lait	Membrane
Phosphatidyl,ethanolamine (céphaline)	25,5%	33,3%
Phosphatidylcholine (lécithine)	27,0%	25,7%
Phosphatidyl sérine	1,6%	6,9%
Phosphatidyl, inositol (lipositol)	1,5%	5,6%
Sphingomyline	35,9%	27,9%

Les acides gras en C_{18} :1 et C_{18} : 2 représentent respectivement 52 % et 18,4 % des acides gras de la céphaline et les C_{16} : 0 et C_{18} :1, 38,7 % et 32,2 % de la phosphatidyl sérine. On peut noter aussi la présence de C_{21}: 0 et la forte proportion d'acides gras insaturés, 76,6 % dans la céphaline **(Katoaka et Hakge, 1972).**
Il semble que les teneurs en phospholipides soient liées à l'individu, au stade de lactation, à l'alimentation, à l'inflammation de la mamelle. Si le lait au cours de la conservation à basse température, et fortement agité, une proportion plus importante de phospholipides migre vers le sérum **(Katoaka et Hakge, 1972).**

c. la partie insaponifiable :

Les substances insaponifiables sont insolubles dans le l'eau, elles représentent 1% de la matière grasse totale. Cette fraction comprend : des hydrocarbures, des acides gras libres, des pigments (absence de β-carotène chez la chèvre), des vitamines liposolubles, des corps cétoniques et des stérols (cholestérol) dont le lait de chèvre en contient 23,8 mg/100 ml du lait et 460 mg/100 g de matière grasse. La majeure partie de l'insaponifiable est constituée de cholestérol, 91% (420mg/100g de matière grasse). La corrélation entre la teneur en cholestérol et l'insaponifiable est de 0,42 **(Arora, 1976).**

Dans le lait, le cholestérol existe à l'état libre et se trouve aussi associé à la lécithine (estérification), au taux de 19,6 mg/100 ml de lait et 368 mg/100 g de matière grasse .Le cholestérol estérifié représente 2,6 mg/100 ml de lait et 52,2 mg/100 g de matière grasse. Des variations significatives de teneur en cholestérol existent entre races **(Arora, 1976).**

I.4.2.2. Les composés azotés :

La composition de la fraction azotée du lait de chèvre comparée à celle du lait de vache est
chèvre est plus pauvre en protéines que le lait de vache :
ivement. Il en est de même du taux de caséine, soit 23,31
on protéique est plus élevé 2,67g/kg contre 1,61g/kg dans

moyenne annuelle du lait de chèvre **(Grappin, 1981).**

	Teneur (g/kg)	% d'azote des composants exprimé par rapport à :			Teneur de lait de vache
		T. MAT	T.P	T.ANP	
	33,81	-	-	-	36,15
MAT)	30,85	100	-	-	32,66
	28,18	91,3	100	-	31,5
	23,31	75,6	82,7	-	-
C)	21,87	70,9	77,6	-	24,82
gulable	6,31	20,4	22,4	-	6,70
Taux d'azote non protéique (T.ANP)	2,67	8,7	-	10	1,61
Taux d'urée	0,385	3,7	-	43,1	-

a. les protéines du lait de chèvre :

❖ **Les caséines :**

Elles représentent la partie la plus importante des protéines ; elles se distinguent par une série de propriétés structurelles qui leur sont propres et qui ont une importance en ce qui concerne les comportements chimiques et technologiques. Le lait de chèvre contiendrait plus de caséine soluble que le lait de vache, à 20 °C par ultracentrifugation : respectivement 10 %, 1 % et à 5 °C, 25 %,10 %.Une partie de cette caséine serait constituée de caséine-β **(O'connor et Fox, 1973).**

La composition globale de la micelle de lait de chèvre est comparable à celle du lait de vache, respectivement : 15,55 % d'azote, 0,78 % de phosphore, 0,39 % d'hexoses, 0,31 % d'hexosamines, 0,13 % d'acides N-acétylneuraminiques, contre 15,35 %, 0,85 %, 0,38 %, 0,36 % teneur connue pour le lait de vache **(O'connor et Fox, 1973).**

La caséine entière du lait de chèvre contient moins d'acide glutamique que le lait de vache, par contre, elle contient plus d'histidine. La taille des micelles du lait de chèvre est différente de celle du lait de vache ; elles sont soit plus grandes de diamètre de 200 nm, soit plus petites, en dessous de diamètre 80 nm. La taille moyenne des micelles du lait de chèvre est inférieure à celle du lait de vache **(Le Mens, 1985).**

Les différentes fractions de caséines se repartissent comme suit (Tableau 05) :

Tableau 05 : Différentes fractions de caséines **(Le Mens, 1985).**

Fractions	Chèvre	vache
Caséine αs_1	5 %	35 %
Caséine αs_2	25 %	10 %
caséine β	50 %	40 %
caséine K	20 %	15 %

❖ **Les protéines du sérum :**

Elles représentent 20,4 % du total azoté, proportion voisine de celle du lait de vache. Les différentes fractions se répartissent différemment, il y a quatre fois moins de lactalbumine et trois fois moins de sérum albumine dans le lait de chèvre, par contre, il y a plus de lacto-globulines **(Jenness, 1980).**

Le tableau 06 résume la répartition des différentes fractions des protéines du sérum.

Tableau 06 : Fraction des protéines du sérum **(Jenness, 1980).**

Composés	Vache (%)	Chèvre (%)	Vache (%)
Immunoglobulines	13,7	18,3	15,9
α-lactalbumines	27,4	7,1	17,5
Globulines	4,4	-	-
β-lactaglobulines	52,8	74,0	65,3
Sérum albumine	1,7	0,6	7,5

❖ **L'azote non protéique :**

La composition de l'ANP a été déterminée par BASU (1952) : urée 65 %, acides aminés libres 17 %, créatine 2 %, créatinine 1,5 %, NH_3 0,8 %, acide urique 0,6 % et autres composés13,8 %. L'étude des nucléotides révèle des différences notables entre le lait de vache, de brebis et de chèvre **(Le Mens, 1985).**

I.4.2.3. Les glucides :

Comme dans la majorité des laits de mammifère, le lactose représente la principale forme de glucide. Ce disaccharide est normalement hydrolysé par la lactase située sur les cellules épithéliales qui tapissent l'intérieur du tube digestif. Le glucose et le galactose qui sont résultent de cette hydrolyse sont ensuite absorbés par un mécanisme spécifique au niveau de l'anthérocyte **(Desjeux, 1993).**

La teneur en lactose du lait de chèvre est identique à celle du lait de vache variant en fonction du stade de lactation, de 44 à 47g/l. Les glucides sont également présents sous forme de glycoprotéines et de glycolipides ayant des propriétés fonctionnelles spécifiques **(Desjeux, 1993).**

I.4.2.4. Les vitamines et les sels minéraux :

Le lait de chèvre contient de nombreuses vitamines et minéraux à des concentrations satisfaisantes pour couvrir certains besoins journaliers. Cependant, le lait de chèvre ne peut couvrir tous les besoins journaliers qu'il faut apporter par d'autres moyens. Il s'agit en particulier de certains acides gras polyinsaturés, dont l'acide linoléique, de certaines vitamines dont la vitamine E, la vitamine C, l'acide folique et la vitamine B_{12}, et de certains éléments minéraux qui représentent une faible fraction du lait de chèvre de 5 à 8 g/kg, où ils ont une importance sur le plan technique, tels que le calcium, le phosphate de calcium ; dans les phénomènes de coagulation, les équilibres salins, la stabilité du lait à la chaleur, et dans l'aptitude à l'ultrafiltration **(Grandi Pierre et *al.*, 1988).**

Il faut noter que le sélénium qui est un métal nécessaire à l'activité enzymatique glutathion peroxydase (impliquée dans la réduction des radicaux libres) se trouve dans le lait de chèvre à une concentration proche à celle du lait humain et l'activité glutathion peroxydase plus importante dans le lait de chèvre **(Desjeux, 1993).** Le tableau 07 montre la concentration en sélénium et activité glutathion dans le lait de mammifères.

Tableau 07 : Concentration en sélénium et activité glutathion peroxydase dans le lait des mammifères **(Desjeux, 1993).**

Espèce	Sélénium (ng/l)	Glutathion peroxydase (mU/l)
Femme	15,2 ± 0,6	36,0 ± 3,7
Vache	9,6 ± 0,4	25,9 ± 1,4
Chèvre	13,3 ± 0,4	57,3 ± 9,5

I.4.2.5. Les enzymes :

a. la phosphatase alcaline :

Elle est adsorbée à la surface de la membrane des globules gras ou associée aux lipoprotéines. La teneur du lait de chèvre varie de 11 à 13 mg/l ; la variabilité inter-race et intra-race est élevée, par exemple de 1 à 6 pour la race Alpine. L'effet physiologique est très marqué ; la teneur augmente de la phase colostrale au tarissement. Il y a trois fois moins de phosphatase alcaline dans le lait de chèvre que dans le lait de vache, quelle que soit la saison **(Le Mens, 1985).**

Cette enzyme est détruite à 70 °C en trente secondes, son activité est réduite de 75 % à 60°C pendant trois minutes. Certains auteurs parlent d'inactivation à partir de 45 °C, et concluent que le test de la phosphatase ne peut être utilisé efficacement pour le contrôle de la pasteurisation **(Le Mens, 1985).**

b. la phosphatase acide :

Elle est localisée dans le lactosérum, fortement activée par l'acide ascorbique, et stable. Le lait de chèvre de grand mélange en contient 17UI /litre, les variations intra-éspèces sont très importantes **(Le Mens, 1985).**

c. la lipase:

La lipoprotéine lipase est impliquée dans les problèmes de lipolyse spontanée et induite. Elle est fortement thermolabile et inactivée dans le lait en quelques minutes à 60°C.

Dans le lait de chèvre, elle est localisée dans la phase grasse (45 %) contrairement au lait de vache (5 à 30 %). Elle est peu liée à la micelle de caséine, 8 % contre 77 % du lait de vache **(Le Mens, 1985).**

d. le lysozyme (muramidase) :
Elle appartient au groupe des hydrolases, cette enzyme lyse la paroi de certaines bactéries. Le lait de chèvre en contient très peu, 0,025 mg/100g de lait écrémé contre 10 à 15 mg pour le lait de femme **(Le Mens, 1985).**

e. la xanthine oxydase :
Cette enzyme est une oxydoréductase associée à la membrane des globules gras. Le lait de chèvre en contient quatre fois moins que le lait de vache, de 0,323 à 0,909 unités Thumberg's selon la race. La variation de la teneur de l'enzyme est liée au stade de lactation **(Le Mens, 1985).**

I.5. Valeur nutritive du lait de chèvre :
La valeur nutritionnelle fait référence à des mesures reliant la composition du lait à l'utilisation et aux conséquences de cette utilisation chez l'homme. Cette présentation utilise des données sur la composition physicochimique du lait de chèvre et sur son utilisation telle qu'elle apparaît dans la littérature médicale **(Desjeux, 1993).**

I.5.1. Valeur énergétique :
Le lait de chèvre est une source importante d'énergie, apportant 700 Kcal/L. Cette caractéristique peut probablement expliquer de nombreuses observations de gain de poids chez l'enfant malade. En fait, l'utilisation du lait de chèvre dans cette situation est recommandée depuis fort longtemps **(Desjeux, 1993).**

La formule de gain permet d'estimer la valeur énergétique du lait de chèvre à partir de sa composition en matière grasse **(Le Mens, 1985) :**

$$\textbf{Energie du lait} = 312{,}92 + 11{,}168 \times \textbf{taux butyreux} = ‰$$

Compte tenu des teneurs en matières grasses et protéiques du lait de chèvre, inférieur à celles du lait de vache, la valeur énergétique du lait de chèvre est plus faible.

I.5.2. Valeur vitaminique :
Le tableau 08, regroupe la teneur moyenne en vitamines du lait de chèvre et de vache dont les valeurs doivent être considérées comme des ordres de grandeurs.

En effet, plusieurs facteurs de variation sont intégrés dans ces données : la race, la saison, l'état physiologique, le niveau de lactation et la méthode d'analyse. La composition vitaminique est telle qu'elle se traduit, au niveau nutritionnel, par une anémie caractéristique du nouveau-né humain. La complémentation en sels minéraux seuls, fer et cuivre, supprimerait cet inconvénient, mais un apport en vitamine B_{12} est toutefois nécessaire **(Le Mens, 1985).**

Le lait de chèvre est dépourvu de pigments caroténoïdes, ainsi le beurre de chèvre est blanc. La présence de carotène est un moyen de détecter une adultération avec du lait de vache. Par ailleurs, le lait de chèvre se caractérise par l'absence ou une très faible teneur en vitamine E **(Le Mens, 1985).**

Tableau 08 : Composition vitaminique moyenne du lait de vache et de chèvre **(Le Mens, 1985).**

Vitamines liposolubles	Vache (%)	Chèvre (%)
Vit. A (UI) (rétinol)	1500	1910
Carotène (mg)	0,25	-
Vit. D (UI) (calciférol)	40	24
Vit. E (mg) (tocophérol)	1,50	-
Vit. K	100	-
Vitamines hydrosolubles		
Vit.C (mg) (ascorbique)	20	15
Vit.B_1 (mg) (thiamine)	0,40	0,40
Vit.B_2 (mg) (riboflavine)	-	1,80
Vit.B_3 (mg) (nicotinamide niacine)	-	1,90
Vit.B_5 (mg) (acide pantothénique)	3,25	3,40
Vit.B_6 (mg) (pyridoxine)	0,60	0,10
Vit. B_{12} (mg) (cyanocobalamine)	0,006	0,0007
Vit. M (mg) (acide folique)	0,0025	0,008
Vit. H (mg) (biotine)	0,040	0,040
Facteurs apparents		
Acide orotique (mg)	80	-
Choline (mg)	170	-
Inositol (mg)	180	210

I.6. Production du lait de chèvre :

Estimée à 7300 000 tonnes, la production mondiale du lait de chèvre occupe la troisième place après les de vache et du bufflonne, elle devance ainsi la production de lait de brebis. En France la production du lait de chèvre, avec 450 000 tonnes pour un million de chèvres, vient au deuxième rang considérant les tonnages de lait de vache, de chèvre et de brebis utilisés pour la consommation humaine. Elle occupe la première position pour l'ensemble des pays méditerranéens producteurs de lait de chèvre **(Le Jaouen, 1985).**

Dans certains pays, le lait de chèvre représente la majorité du lait produit, c'est notamment le cas de Niger et de la Somalie (plus de 50 %) où occupe une place importante **(Le Jaouen, 1985).**

I.6.1. Cycle de production et techniques d'élevage :

Sous les latitudes Françaises, le cycle sexuel des chèvres est lié au photopériodisme, c'est-à-dire à la durée d'éclairement des jours. Les accouplements s'échelonnent par conséquent en période de jours décroissants, c'est-à-dire essentiellement de juillet à novembre. Après cinq mois de gestation, les chèvres mettent-bas de décembre à mars **(Le Mens, 1985).**

I.6.1.1. La lactation :

Ce groupage naturel des lactations et par conséquent des tarissements dans les troupeaux impose un cycle de production caractérisé par l'existence d'une période d'arrêt de la traite, pendant un à deux mois (entre octobre et décembre) en fonction de l'étalement des mises- bas **(Le Jaouen, 1985).**

Après les mises-bas, la courbe de lactation s'élève pour atteindre son maximum dans le courant du deuxième mois. Pendant cette phase, les pointes de production journalières sont de

l'ordre de 3 à 5 kg avec des maxima de 7 kg pour les meilleures chèvres dont les lactations dépassent 1 500 et parfois même 2 000 kg. Suit alors un plateau de production de 2 à 3 mois, marqué par une légère décroissance de la production, puis la courbe baisse plus rapidement selon un coefficient de persistance de l'ordre de 10 %, cela jusqu'au tarissement qui intervient au terme de 9 à 10 mois de lactation **(Le Jaouen, 1985).**

I.6.1.2. La traite :
Avec l'accroissement de la taille des troupeaux et les nécessités d'organisation du travail, la traite mécanique s'est généralisée depuis 1970. Les principes de fonctionnement sont identiques à ceux des vaches laitières, seules les normes de réglage sont différentes (niveaux de vide plus faibles, cadences de pulsation plus rapides) ainsi que certains équipements : griffes et manchons-trayeurs (taille et forme), dont les caractéristiques sont adaptées à la morphologie de la mamelle de la chèvre et ses débits de traite (importance du lait citernal, paramètres génétiques). Il a été démontré que les opérations d'égouttage pouvaient être supprimées sans conséquences néfastes sur la production laitière **(Le Jaouen, 1985).**

I.6.1.3. La sélection :
En matière d'amélioration génétique, l'utilisation exclusive du lait de chèvre en transformation fromagère oriente les objectifs de sélection vers l'obtention d'animaux précoces, donnant le maximum de poids de fromages dès les premières lactations et capable de donner leur lait sans difficultés, notamment à la traite mécanique. Par ailleurs, comme les mises-bas précoces sont favorables à une production laitière élevée et à une bonne valorisation du lait, il est souhaitable d'avancer les saisons sexuelles **(Le Jaouen, 1985).**

I.6.1.4. L'alimentation :
Le mouvement de spécialisation des troupeaux caprins s'est accompagné d'une amélioration de la productivité liée à trois facteurs principaux **(Le Jaouen, 1985) :** Une main-d'œuvre plus spécialisée donc plus compétente, une intensification du système fourrager et une complémentation appropriée en concentré permettant aux animaux de mieux extérioriser leur potentiel génétique.

I.6.2. La Production du lait de chèvre et son évolution :
La production de lait de chèvre a connu une forte progression depuis 1970. Elle s'établit aujourd'hui à 315 millions de litres utilisés dont 215 millions de litres collectés par les laiteries auxquels s'ajoutent, en estimation, 100 millions de litres transformés à la ferme en fromages fermiers **(Le Jaouen, 1985).**

I.6.2.1. La collecte :
La plus forte progression a été enregistrée par la collecte industrielle, celle-ci ayant pratiquement doublé entre 1970 et 1980, tandis que les volumes travaillés en production fermière se maintenant au même niveau **(Le Jaouen, 1985).**

La France possède la collecte industrielle de lait de chèvre la plus importante de tous les pays où existe un ramassage du lait de chèvre en vue d'une transformation industrielle. Il est possible de distinguer trois phases dans l'évolution de cette collecte **(Le Jaouen, 1985) :**
- Une forte hausse avoisinant 10 % par an entre 1970 et 1975 ;
- Une période de ralentissement de la progression suivie d'une forte reprise en 1979 ;
- Enfin, à partir de 1981, un fléchissement provoqué par la crise qu'a subie la filière lait de chèvre en raison d'un engorgement du marché.

I.6.2.2. La saisonnalité :
Le groupage des mises-bas des troupeaux en début d'année se traduit, sur la collecte des entreprises, par des fluctuations mensuelles très importantes dont l'amplitude variation est de 1 à 7 entre novembre, mois de plus faible collecte, et mai-juin, mois où elle s'élève à son maximum. Cette variation atteint 1 à 10 dans le Sud-Est (France), région dont les modes de conduite des troupeaux sont plus traditionnels car la consommation de fromages est beaucoup plus régulière tout au long de l'année. Aussi deux moyens sont-ils mis en œuvre par les laiteries pour assurer une meilleure adéquation **(Le Jaouen, 1985)**:

- Une incitation financière auprès des producteurs à produire du l'ait d'hiver grâce à des prix plus élevés;
- Un moyen technique consistant à constituer des stocks de caillé ou de lait concentré congelé pendant les mois de forte production, ces reports étant repris pour être transformés de septembre à février lorsque la collecte est insuffisante pour répondre à la demande du marché.

I.6.3. Aspect microbiologique et microflore du lait de chèvre :
Le lait et les produits laitiers peuvent contenir des microorganismes pathogènes pour l'homme et être des agents de transmission de maladies contagieuses. Ces germes dont les origines sont variées (mamelle, environnement, homme, etc.) peuvent être à l'origine de toxi-infections alimentaires **(Desjeux, 1993).**

La grande majorité des articles médicaux sur le lait de chèvre sont consacrés à des infections, parfois graves, provoquées par l'utilisation de laits contaminés. Les infections peuvent être parasitaires (toxoplasmose) ou plus souvent microbiennes (*Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, salmonelles et autres entérobactéries,...). La raison la plus fréquente de la contamination par le lait est liée à l'usage du lait cru **(Desjeux, 1993).**

Le lait de chèvre cru obtenu aseptiquement contient, en général, moins de 5.10^5 microorganismes/ml. La flore dominante de ce lait est composée essentiellement de microcoques, elle renferme un nombre négligeable de bactéries psychrotrophes et l'on trouve moins d'une bactérie coliforme par millilitre. Par contre, l'intérieur de la mamelle peut être une source importante de *Staphylococcus aureus*, en trouvant aussi des levures et moisissures. Auparavant, les bactéries lactiques étaient dominantes dans le lait cru avant l'introduction de la traite mécanique et du refroidissement **(Desjeux, 1993).**

I.7. Le lait de chèvre et la santé:
1.7.1. Le lait de chèvre dans une alimentation saine :
Le lait de chèvre s'inscrit parfaitement dans une alimentation saine et peut se consommer à partir de l'âge d'un an. Le lait de chèvre est une bonne source de protéines et subvient à un grand nombre de besoins en acides aminés essentiels **(Busser et *al.*, 2009).**

Il est riche en calcium et en différentes vitamines (A, D, B1, B2, B12). Sa teneur en acide folique est nettement inférieure à celle du lait de vache. Il faut en tenir compte au cas où le lait de chèvre serait le seul composant lacté d'un régime alimentaire, et trouver une autre manière de combler les besoins en acide folique **(Busser et *al.*, 2009).**

Le lait de chèvre pur ne convient pas pour les bébés, pas plus que le lait de vache. Sa teneur en protéines est trop élevée et il contient trop de sels minéraux et pas assez de vitamines par rapport aux besoins du nourrisson. Toutefois dans les alimentations spéciales pour enfants, le lait de chèvre est un précieux composant, en raison de la meilleure digestibilité de la

lipoprotéine. Le lait de chèvre est facile à digérer. Les petits globules gras du lait et les microparticules protéiques favorisent l'action des enzymes de digestion. Les protéines du lait de chèvre forment en outre dans l'estomac un gel plus doux que les protéines du lait de vache, ce qui favorise la digestion. La matière grasse comprent un nombre relativement élevé d'acides gras à chaînes longues et à chaînes moyennes qui sont également digestes **(Busser et *al.*, 2009).**

1.7.2. Allergie à la protéine du lait de vache :

Le lait de chèvre est souvent présenté comme la solution idéale pour les personnes présentant une allergie à la protéine du lait de vache.
La meilleure tolérance au lait de chèvre par rapport au lait de vache dépend de la protéine spécifique à laquelle on est allergique. La plupart des personnes présentant une intolérance à la protéine du lait de vache est allergique à la β-lactoglobuline. Le lait de chèvre contenant également cette protéine, il ne peut pas apporter de solution à ces personnes.
Si les symptômes allergiques ne sont pas mortellement graves et si la personne a plus d'un an, cela vaut la peine d'essayer le lait de chèvre comme alternative au lait de vache, en concertation avec le médecin ou le diététicien, car c'est une importante source de protéine et de calcium **(Busser et *al.*, 2009).**

1.7.3. Intolérance au lactose :

Chez les individus, l'enzyme lactase sert à digérer le lactose. L'intolérance au lactose est due à l'absence de cette enzyme. Les bébés ont suffisamment de lactase pour transformer le lactose dans le lait maternel. Une fois adulte, la plupart des personnes perdent cette capacité **(Busser et *al.*, 2009).**

Comme la teneur en lactose du lait de chèvre est inférieure à celle du lait de chèvre, le premier est en général mieux toléré que le second. La tolérance au lait de chèvre est meilleure lorsqu'on répartit en petites proportions au cours de la journée et qu'on l'ingurgite avec d'autres aliments. Les produits laitiers fermentés possédant des bactéries vivantes (tels que le yaourt de chèvre par exemple) sont en général mieux tolérés **(Busser et *al.*, 2009).**

1.7.4. Maladies des voies respiratoires :

On entend souvent dire que le lait de chèvre est bon pour les personnes qui souffrent de maladies respiratoires. Pourtant, ces propos ne sont fondés sur aucune étude scientifique alléguant que le lait exerce un tel effet favorable sur la santé. Il est par contre reconnu que le lait de chèvre forme moins de glaires que le lait de vache, et cela peut en effet soulager les personnes souffrant de maladies des voies respiratoires **(Busser et *al.*, 2009).**

1.7.5. Maladies de la peau :

Tout comme pour les maladies respiratoires, le bruit circule que le lait de chèvre est bénéfique pour les maladies de la peau. Cette allégation ne repose pas non plus sur des preuves scientifiques, et pourtant, le lait de chèvre est régulièrement utilisé dans la fabrication de produits cosmétiques. Même Cléopâtre se baignait dans du lait **(Busser et *al.*, 2009).**

I.8. Qualité du lait de chèvre :

La qualité commence par la matière première, le lait de chèvre frais. Le lait de chèvre est réputé pour sa qualité, son goût et son parfum exceptionnels. Il est produit à grande échelle dans des élevages professionnels de chèvres laitières. La qualité repose sur les normes imposées par l'Etat. Le lait de chèvre subit des contrôles rigoureux, une chaîne de qualité a été mise en place dans les élevages de chèvres laitières. Ce système englobe les divers aspects de la production du lait de chèvre : traite des chèvres, stockage du lait, nettoyage et

désinfection, environnement de déchets ; aliments pour bétail et eau ; utilisation de médicaments et bien être des animaux **(Dumoulin et Peret, 1993).**

Ce lait de chèvre de qualité supérieure forme la base de nombreux produits, fabriqués à l'échelle industrielle. Le processus de fabrication repose sur le respect de la législation dans le domaine des produits laitiers, en appliquant en outre des normes qualitatives et celles tous aussi strictes des clients, en soumettant chaque produit à des contrôles microbiologiques, physicochimiques et organoleptiques approfondies **(Dumoulin et Peret, 1993).**

Chapitre II
Le beurre

Chapitre II : Le beurre

II.1. Définition du beurre :

La dénomination beurre est réservée aux produits laitiers de type émulsion d'eau dans la matière grasse obtenu par des procédés physiques et dont les constituants sont d'origine laitières. Il doit présenter pour 100 g de produit fini, 82 g en minimum de matière grasse butyrique, 2 g au maximum de matière sèche non grasse et 16 g au maximum d'eau **(Luquet, 1985).**

Le beurre de chèvre est un produit très raffiné et recherché en gastronomie. Il s'agit d'un beurre complètement blanc. Il est fabriqué par barattage de la crème du lait de chèvre frais pasteurisé. La production est faite à l'échelle industrielle, ce qui garantit la qualité constante du produit **(Busser et *al.*, 2009).**

De par sa composition, le beurre de chèvre a un point de fusion inférieur au beurre normal, ce qui lui donne une onctuosité qui convient parfaitement à la production de crème glacée. Le beurre de chèvre peut être utilisé dans toute une gamme de produits tels que crèmes glacées, cosmétiques et aromatisants, ou dans la restauration, comme ingrédients dans la préparation de sauces, ainsi que pour la cuisson des viandes **(Busser et *al.*, 2009).**

II.2. La composition du beurre :

Le beurre doit présenter une teneur en matière grasse comprise entre 80 et 90 %, 2 % en maximum de matière sèche non grasse et 16 % au maximum d'eau, cependant cette nouvelle réglementation autorise la dénomination beurre pour un taux de matière grasse supérieure ou égale à 40 % **(Mahaut et *al.*, 2005).** Le tableau 09, présente la composition pondérale moyenne du beurre.

Tableau 09 : La composition pondérale moyenne du beurre **(Mahaut et *al.*, 2005).**

Composants	%	Détails et proportions	
Phase grasse	82 (82 à 84)	Triglycérides	82 %
		Phospholipides	0,2 à 1 %
		Carotène	3 à 9 $mg.kg^{-1}$
		Vitamine A	9 à 30 $mg.kg^{-1}$
		Vitamine D	0,002 à 0,004 $mg.kg^{-1}$
		Vitamine E	8 à 40 $mg.kg^{-1}$
Eau	< 16 (14 à 16)		
Extrait sec dégraissé	< 2 (0,4 à 1,8)	-Lactose	0,1 à 0,3 %
		-Acide lactique	0,15 % (beurre de crème acide)
		-Matière azotée dont :	0,2 à 0,8 %
		Caséines	0,2 à 0,6 %
		Protéines solubles	0,1 à 0,05 %
		Protéines membranaires, peptides, acides aminés	Traces
		-Sels (autres que Na Cl)	0,1 %
		Citrate	0,02 %
		-Vitamine C	3 $mg.kg^{-1}$
		-Vitamine B_2	0,8 $mg.kg^{-1}$

II.3. Les dénominations du beurre :

D'après **Luquet (1985),** on trouve les dénominations suivantes :

-Le beurre cru ou de crème cru : Il est issu de crème n'ayant pas subi de traitement thermique d'assainissement.

-Le beurre extra fin : Il est issu de crème pasteurisée, non congelée, ni surgelée, mise en fabrication 72 heures au maximum après la collecte du lait ou de la crème et 48 heures maximum après écrémage du lait n'ayant subi aucune désacidification.

-Le beurre fin : Il est réservé au beurre dans lequel la production de matière congelée ou surgelée n'excède pas 30 %.

-Le beurre de cuisine ou **beurre cuisinier :** Il provient exclusivement de matière grasse laitière après élimination quasi-totale de l'eau et matière sèche non grasse par des procédés physiques et contient au minimum 96 g de matière grasse pour 100 g de produit fini.

-Le beurre concentré : Il contient au minimum 99,8 g de matière grasse pour 100g de produit fini.

-Le beurre allégé : C'est une émulsion obtenue par des procédés physiques à partir de constituants d'origine laitière et dont la teneur en matière grasse est au moins égale à 41 g et en plus égale à 65 g pour 100 g de produit fini.

-Le demi-beurre : C'est un beurre allégé de teneur en matière grasse de 41g pour 100 g de produit fini.

-La spécialité laitière à tartiner allégée ou à teneur lipidique réduite : Il contient au moins 20g et moins de 41g de matière grasse pour 100g de produit fini.

-Le beurre liquide : Il est enrichi en oléine (fraction triglycérique de bas point de fusion).

-Le beurre foisonné ou aéré : Il ne peut dépasser 3,5 fois le volume du beurre initial.

-Le beurre demi-sel : Il contient entre 0,5 et 3 % de sel.

-Le beurre salé : présente une teneur en sel supérieure à 3 %.

II.4. Beurre d'appellation d'origine contrôlé :

Les quatre AOC sont « beurre Charente-poitou », « beurre des Charentes », « beurre des Deux-Sèvres », « beurre d'Isigny ». Ces spécificités ne s'adresse qu'aux catégories de beurres extra-fin (sans réintroduction de crème conservée ou d'huile de beurre) et « cru » ou pasteurisés, fabriqués selon la méthode traditionnelle **(Luquet, 1985).**

II.5. Technologie du beurre :

Depuis des siècles, les éleveurs laitiers fabriquent du beurre de manière très simple, le refroidissement du lait permet de récupérer la crème en surface. L'agitation de la

crème dans une baratte provoque la formation des grains de beurre. Le rendement de ce procédé très artisanal est faible. Le diagramme de fabrication ci-contre permet à la fois d'obtenir un meilleur rendement technologique mais également de produire un beurre riche en arômes **(Simon et *al.*, 2008).**

La fabrication du beurre passe par deux grandes étapes. Les opérations de préparation de la crème (écrémage, éventuellement pasteurisation, refroidissement, maturation) puis la fabrication du beurre proprement dite (barattage, égouttage du babeurre, lavage du beurre, malaxage et conditionnement). La matière première est le lait frais **(Simon et *al.*, 2008).**

La figure 02 représente le diagramme de la technologie de fabrication du beurre industriel:

II.5.1. L'écrémage du lait :
Il permet d'obtenir la crème, matière première du beurre. Le lait est tout d'abord écrémé dans une écrémeuse centrifugeuse, auparavant le lait est chauffé à 50 °C pour obtenir un meilleur rendement d'écrémage **(Simon et *al.*, 2008).**

La crème fraîche obtenue contient 40 à 45 % de matière grasse pour faciliter le barattage. Le lait doit être filtré avec très grand soin avant d'être reçu, dans les écrémeuses. Cette filtration ou ce coulage s'opère en le faisant passer à travers un tamis métallique fin, ou une toile ordinaire soutenue sur le petit cadre. Une bonne filtration est indispensable pour retenir les poils, les poussières ou petits corps étrangers qu'il est si désagréable quelques fois de retrouver ensuite dans le beurre **(Chirade et Moreau, 2000).**

L'écrémage du lait permet d'engendrer le formation de deux phases, une phase lourde (la crème) et une phase légère, le lait écrémé ou petit lait **(Veisseyre, 1979 ; Tremolières, 1984).**

II.5.2. La préparation de la crème :
Dans la majorité des usines, le beurre est fabriqué à partir de crème pasteurisée qui va être l'objet d'une série de traitements destinés d'une part à assurer au produit fini une certaine qualité bactériologique, physicochimique et organoleptique, et d'autre part transformer cette matière première dans les meilleures conditions technologiques et économiques **(Luquet ,1985).**

II.5.2.1. La normalisation :
Cette opération préliminaire consiste à régler le taux de la matière grasse de la crème entre 35 et 40 % en fabrication traditionnelle et 40 à 45 % en fabrication continue. Elle est d'autant plus nécessaire lorsque l'on fait appel à des crèmes de diverses provenances dont les taux de matière grasse sont variables, ce qui complique la conduite des machines en multipliants les changements de réglage **(Luquet ,1985).**

II.5.2.2. La désacidification :
Elle est rendue nécessaire lorsque l'on veut pasteuriser des crèmes de report dont l'acidité risque de poser des problèmes dans les appareils de chauffage, pour cela, deux techniques sont envisageables et visent une acidité dans le non gras de 15 à 20 °D **(Luquet ,1985)** :

a. le lavage de la crème :
La technique Alfa Laval préconise une dilution de la crème acide avec de l'eau de lavage et appauvrir ainsi la phase aqueuse en non gras altéré.

b. l'addition de neutralisants : Soude, chaux, magnésie. Généralement, c'est la lessiure de soude (30 à 40 % de soude), qui est la plus utilisée en raison de sa rapidité d'action, de sa grande solubilité et de son faible coût.

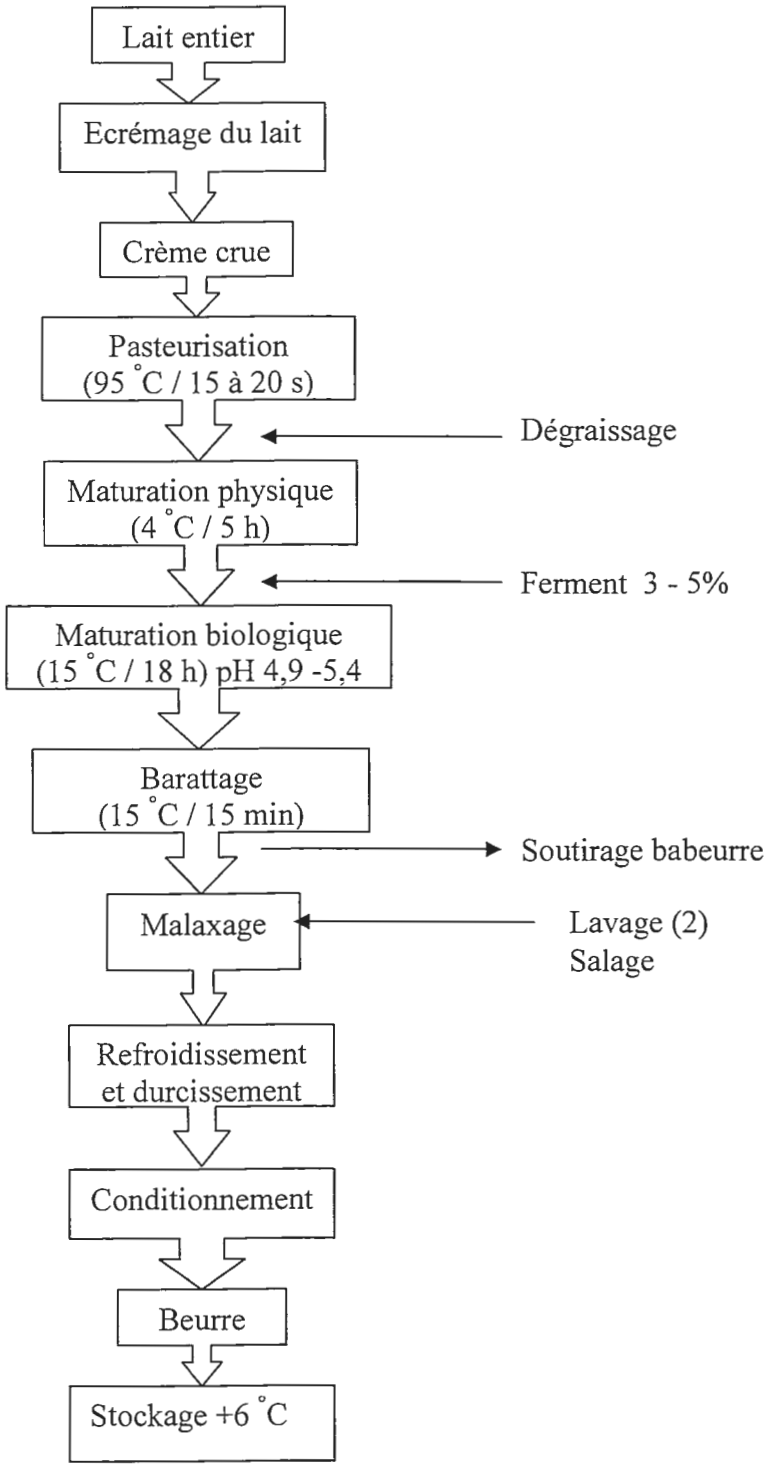


Figure 02: Diagramme de technologie de fabrication du beurre
(Boutonnier et Dunant, 1990).

II.5.2.3. La pasteurisation :
Elle doit intervenir le plus rapidement possible après l'écrémage afin de limiter les risques d'altération de la matière grasse. Dans le cas de crèmes de bonne qualité, les températures pratiques se situent entre 90 à 95 °C pendant 15 secondes ; dans le cas contraire, on peut être amener à atteindre 105 à 110 °C afin de détruire les enzymes thermorésistantes (lipases microbiennes, oxydoréductases). Il faut également souligner la création à ces températures de groupements sulfhydriles (SH) à pouvoir antioxydant. Ce traitement thermique est effectué le plus souvent dans les échangeurs à plaques qui ont supplanté les appareils à injection directe de vapeur, générateurs de pertes en matière grasse libres difficiles à récupérer ensuite lors de l'écrémage du babeurre **(Luquet ,1985).**

Compte tenu de la faible conductibilité thermique de la crème, la surface d'échange est trois fois plus élevée que celle du pasteurisateur à lait. La pasteurisation de la crème entraîne d'après **Mahaut et** *al.* **(2005) :**

- Une agglomération des globules gras de faible diamètre diminuant le temps de barattage. A l'extrême, si le traitement thermique est trop intense, il peut y avoir éclatement de globules gras, entraînant des pertes de matière grasse non négligeables dans le babeurre.
- Le démasquage des groupements sulfhydryls actifs de la β-lactoglobuline ayant un

Pouvoir antioxydants.

- La formation de mercaptan, sulfure de diméthyl ou d'hydrogène sulfuré pouvant être

à l'origine de mauvaise odeurs.

- La transformation des acides gras en acide β-cétoniques et méthylcétones.
- La transformation de l'acide lactique en acide β-hydroxybutyrique puis en lactose.
- La destruction des vitamines E et K 20 à 30 %, les vitamines A et D étant conservées.
- La fixation du cuivre sur la membrane des globules gras favorisant les phénomènes d'oxydation de la matière grasse.

II.5.2.4. Le dégazage :
Très largement utilisé en industrie, cette opération se déroule sous vide partiel et en deux temps **(Mahaut et** *al.,* **2005) :**

a. le premier dégazage :
Il intervient juste avant la pasteurisation à une température de 70 à 75 °C et sous une dépression de 70 cm de mercure, afin d'éliminer d'encrassement des appareils de chauffage.

b. le deuxième dégazage :
Il est réalisé après la section chambrage du pasteurisateur à une température de 90 à 95 °C et sous une dépression de 40 cm de mercure, celui-ci ayant pour but de limiter d'éventuel goût de cuit de la crème est refroidie à la température choisie pour effectuer la maturation.

Le dégazage de la crème entraîne :
-Une élimination de mauvais goûts (ail, oignon, cresson, betterave, chou, etc.) mais également des substances aromatiques (un beurre cru est plus aromatique q'un beurre pasteurisé).
-Une légère perte d'eau par évaporation.
-Une diminution de l'acidité par élimination du CO_2 et d'acides organiques volatiles.

II.5.2.5. La maturation : La maturation de la crème peut combiner deux processus : d'une part maturation physique qui assure une cristallisation appropriée de la matière grasse et d'autre part, une maturation biologique qui assure le développement de l'acidité et de l'arôme **(Mahaut et *al.*, 2005).**

a. la maturation physique :
Il convient de rappeler en préambule l'extrême complexité de la matière grasse laitière afin de souligner l'importance prépondérante que revêt la maturation physique sur le rendement et la qualité du produit fini **(Mahaut et *al.*, 2005).**

Après pasteurisation, la matière grasse globulaire est sous forme liquide et la maturation physique aura pour conséquences de solidifier partiellement celle-ci en effectuant une cristallisation dirigée des triglycérides. D'après **Mahaut et *al.* (2005),** Les objectifs de la maturation physique sont multiples :
-Conférer au beurre une consistance correcte compte tenu de la variabilité de composition de la matière grasse butyrique.
-Assurer des rendements convenables lors de la butyrification en limitant les pertes dans le babeurre.
-Optimiser le débit d'utilisation des butyrateurs.
-Abaisser le taux d'humidité de base du beurre pour permettre d'éventuelles réinjection.

Dans la pratique industrielle, les techniques de maturation sont aussi nombreuses que variées et fonction des procédés de fabrication retenus. Il convient de citer la méthode suédoise (ALNARP) bien qu'elle soit actuellement dépassée du fait que les objectifs recherchés autrefois ont grandement évalué. Bien que peu pratiquée actuellement, cette méthode présente le grand avantage d'adapter les cycles thermiques de maturation à la variabilité de composition de la matière grasse.
A noter enfin qu'un maintient de la crème à une température de 5 à 6 °C pendant 2 heures aura pour avantage de **(Luquet ,1985) :**
-Diminuer les pertes en matière grasse dans le babeurre de l'ordre de 0,2 à 0,3 %.
-Réduire le taux d'humidité de base du beurre.

Même si les cycles thermiques utilisés dans les industries laissant une large part à l'empirisme, certaines données scientifiques sont utiles à connaître afin de guider les fabricants de beurre dans la conduite des maturations de crème comme le rapport MG solide/ MG liquide.

Tableau 10 : Texture du beurre en fonction des rapports entre la MGL et MGS **(Boutonnier et Dunant, 1990)**

	MGL	MGS
Beurre mou	85 %	15 % (cristaux à haut point de fusion)
Beurre dur	55 %	45 % (cristaux à bas point de fusion
Beurre avec bonne tartinabilité	65 à 78 %	22 à 35 %

b. la maturation biologique :
C'est la méthode traditionnelle, directement dérivée de la fabrication fermière à partir de crème crue. Elle a trois buts **(Mahaut et *al.*, 2005) :**
-Développer certains arômes caractéristiques du beurre.
-Abaisser le pH pour assurer une protection biologique (20 à 40°D ; 4,7<pH<5,8).
-Favoriser l'inversion de phase et la coalescence des globules gras par réduction de leur potentiel de surface aux faible pH.

Les souches les plus couramment utilisées pour la maturation biologique sont **(Mahaut et *al.*, 2005) :**
-*Lactococcus.lactis.*ssp.*lactis.*biovar.*diaccetylactis.*
-*Lc.lactis.*ssp.*lactis.*
-*Lc.lactis.*ssp *cremoris.*
-*Leuconostoc citrovorum.*
L'ensemencement de la crème à 3-5 % de bactéries lactiques peut se faire à deux niveaux, un ensemencement des le début de la maturation physique permettant d'atteindre des pH de 4,7 à 4,8 ou un ensemencement après cristallisation modérée **(Mahaut et *al.*, 2005).**

La maturation biologique, d'une durée d'environ 10 heures, peut donc s'effectuer pendant la maturation physique (durée comprise entre 16 et 18 heures). Pour éviter la sur-acidification, la proportion de *Lc. diaccetylactis* peut être augmenter ; qui tend à inhiber la croissance de *Lc.lactis* et *Lc. cremoris* **(Mahaut et *al.*, 2005).**

Lorsque le pH atteint pH 5,6 à pH 5,8, la maturation est généralement ralentie par un refroidissement à 8 °C. La crème est ensuite réchauffée à 10-13 °C avant passage au butyrateur afin de diminuer sa viscosité. Les beurres acides ainsi fabriqués ont des pH de stockage qui variant entre pH 5,4 et pH 5,8. Il faut souligner que la maturation biologique traditionnelle, correspondant à un minimum de 12 heures entre 9 et 15°C, est obligatoire pour les beurres AOC **(Mahaut et *al.*, 2005).**

II.5.2.6. Le passage de la crème au beurre (inversion de phase) :
Il consiste à transformer la crème, émulsion de matière grasse essentiellement sous forme de globules gras (phase discontinue) dans une solution aqueuse, en beurre, émulsion de solution aqueuse dans de la matière grasse **(Mahaut et *al.*, 2005).**

Au cours de l'opération, il y a agglomération des globules gras suivie d'une expulsion du non gras contenu dans la crème de départ, le babeurre. L'expulsion de la matière grasse liquide interne (glycérides à bas point de fusion) du globule gras permet

d'assurer la liaison intime entre les globules gras qui subsistent et les gouttelettes de babeurre. La figure 03, illustre les modifications au cours de l'inversion des phases. Trois procédés peuvent réaliser cette inversion de phases **(Mahaut et *al.*, 2005):**

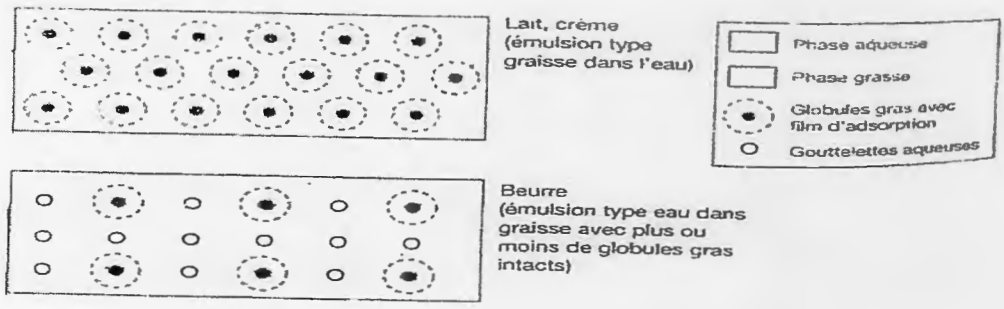


Figure 03 : Inversion des phases au cours de la butyrification **(Alais, 1984).**

a. procédé par agglomération :
D'après **Mahaut et *al.* (2005),** la formation du beurre s'opère en trois étapes:
-Solidification de la matière grasse de la zone externe des globules gras (glycérides à haut point de fusion ;
-Mise en contact des globules gras qui peuvent perdre leur individualité (phénomène de coalescence) ;
-Libération de la matière grasse liquide interne due à la rupture de la membrane des globules gras sous l'action conjuguée du froid, du pH et de l'agitation au cours du barattage.

La graisse libre joue le rôle de ciment et soude les globules gras entre eux pour former des gains de beurre, limitant ainsi les pertes de matière grasse dans le babeurre. Comme pour la maturation physique, la température de barattage sera plus élevée en hiver qu'en été et diminue avec l'augmentation de la teneur en matière grasse dans la crème. C'est la technique de barattage traditionnel (5 % de production) **(Mahaut et *al.*, 2005).**

b. procédé par concentration (procédé Alpha, modifié par Schulz et Voss) :
La crème est concentrée à 80-84 % de matière grasse sur une écrémeuse débourbeuse dont on a modifié la pile d'assiettes **(Mahaut et *al.*, 2005).**

Les globules gras sont en contact les uns avec les autres et subissent des déformations mécaniques qui les fragilisent. La crème concentrée est ensuite refroidie dans un cylindre où elle est agitée par un système à vis sans fin ou à ailettes appelées transmutateur en réalisant ainsi une cristallisation partielle et l'inversion de phase est provoquée par les frottements mécaniques **(Mahaut et *al.*, 2005).**

c. procédé par combinaison (procédé Gold'flow, Creamery package) :
La crème est déstabilisée par un traitement mécanique intense (centrifugation) et un chauffage qui sépare la phase aqueuse de la phase grasse constituée d'huile de beurre et contenant 90 % de lipides. Le beurre est obtenu par refroidissement de l'huile de beurre après ajout du non gras. Ces procédés permettent d'améliorer le beurre en remplaçant la phase non grasse lorsque celle-ci est altérée. Ils permettent également de reconstituer un beurre à partir d'huile de beurre conservée **(Mahaut et *al.*, 2005).**

II.6. Techniques de fabrication du beurre :

II.6.1. Fabrication du beurre en baratte (technique discontinue) :

La technique de barattage traditionnel peut paraître quelque peu désuète comparativement aux performances actuelles des nouvelles générations de butyrateurs, par contre, elle présente le grand intérêt de bien faire comprendre les phénomènes d'inversion de phase grasse et aqueuse, contrairement au butyrateur où le passage de la crème (émulsion de type eau dans l'huile) est instantanée **(Luquet ,1985).** La figure 04 représente la morphologie des barattes. La technologie traditionnelle est représentée sur la figure 05 avec quelques remarques à son égard

En assistant dans la baratte, sous l'effet des chocs, à un moussage abondant de la crème par incorporation d'air qui se traduit par un rassemblement des globules gras à l'interface air phase aqueuse, dû à des forces de tension superficielle propices. Peu à peu, les membranes des globules gras fragilisées par la maturation physique éclatent en raison de l'action mécanique et libèrent leur contenu de matière grasse liquide **(Jeantet et *al.*, 2008).**

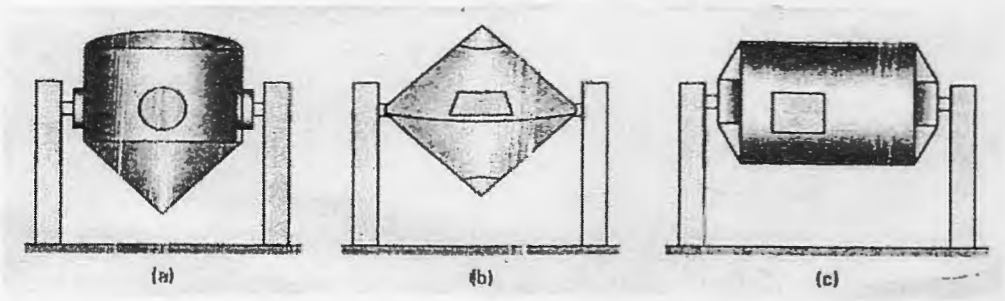


Figure 04 : Morphologie des barattes **(Vignola, 2002).**
(a) : cylindro-conique (b) : conique (c) : cylindrique

Le rassemblement des globules gras est rendu possible grâce à leur hydropholisation progressive due à la sortie de la matière grasse à bas point de fusion qui joue le rôle de liant. Quand les pressions dues à la présence de micro- grains de beurre et lorsque la quantité de matière grasse liquide exsudée qui joue le rôle d'antimousse sont suffisants, il s'ensuit un éclaircissement du hublot, l'inversion de phases est alors terminée **(Jeantet et *al.*, 2008).**

Les facteurs qui vont favoriser ces phénomènes seront : la température de barattage, l'acidité de la crème, la composition de la matière grasse et la taille des globules gras. Le barattage est généralement suivi d'un ou plusieurs lavages qui favorisent la séparation du babeurre intergranulaire et raffermissant les grains de beurre avant l'opération d'égouttage.

Ensuite, le malaxage intervient pour remplir plusieurs rôles importants **(Jeantet et *al.*, 2008):**

-Regroupement des grains du beurre en masse homogène ;
-Influence sur la consistance du beurre qui lui confère sa structure physique définitive ;
-Expulsion du babeurre et de l'eau excédentaire : réglage de l'humidité ;
-Meilleure conservation par fractionnement des gouttelettes de la phase aqueuse.

Rinçage de la baratte
↓
Remplissage à 50 %
↓
Rotation : 25 à 35 tr/min pendant 5 min
↓
Arrêt - évacuation des gaz
↓
Rotation : 25 à 35 tr/min pendant 35 45 min
↓
Après éclaircissement du hublot
↓
Poursuivre quelques tours, puis arrêt
↓
Evacuation du babeurre
↓
Ajouter d'eau froide, même volume que celui du babeurre et rotation 10 à 15 tr/min pendant 5 min
↓
Evacuation de l'eau (possibilité d'effectuer 2 à 3 lavages successifs)
↓
Rotation : 10 à 15 tr/min pendant 15 à 20 min
↓
Arrêt – vidange de la baratte
↓
Conditionnement

Figure 05 : Diagramme du barattage traditionnel **(Jeantet et *al.*, 2008).**

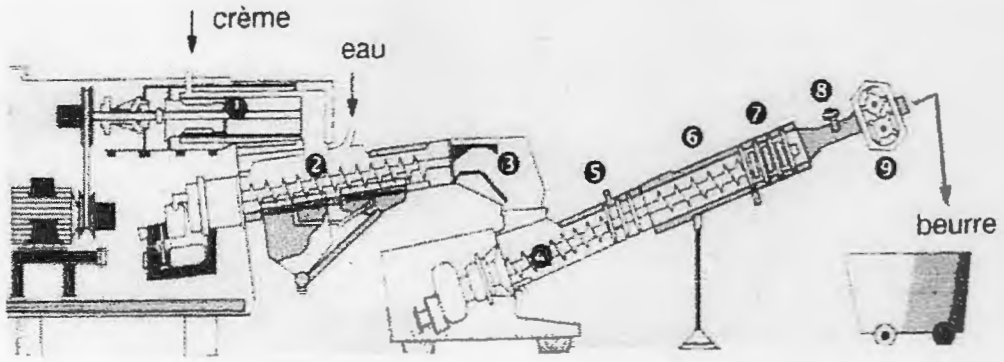
Il a ailleurs une influence sur l'évolution chimique du beurre, car il augmente la surface de contact entre la matière grasse et la phase non grasse qui peut atteindre des valeurs supérieures à 100 $m^2.kg^{-1}$ du beurre. Cette technique traditionnelle a rapidement été supplantée par l'apparition des butyrateurs qui ont permis d'une part la réduction des coûts de production en introduisant la continuité dans le processus de fabrication, et d'autre part, l'amélioration des rendements et de la qualité du produit **(Jeantet et *al.*, 2008).**

II.6.2. Fabrication du beurre en butyrateur (technique continue) :

Le processus de fabrication en continu réunit les mêmes opérations que le barattage classique mais sans interruption et dans un temps relativement bref, ce qui privilégié encore les opérations de préparation de la crème. La crème est envoyée par une pompe positive à débit réglable dans un cylindre de barattage par l'intermédiaire d'un cône d'élancement **(Jeantet et *al.*, 2008).** La figure 06 représente le principe d'un butyrateur.

Ce cylindre renferme un batteur rotatif muni de pales, qui permet l'éclatement des globules gras et la sortie de matière grasse liquide nécessaire à l'agglomération des micro- grains de beurre. Ensuite deux régimes de vis hélicoïdales remontent le beurre vers l'avant de la machine, celui-ci est ensuite débarrassé du babeurre spontanément par égouttage dans la section de séparation puis par compression dans la section

essorage, Après quoi, il subit un malaxage sous vide afin d'éliminer l'air inclus et de repartir correctement l'eau qu'il renferme.



(1) : Barattage
(2) : Séparation du babeurre et lavage (addition d'eau)
(3) : Ajustement d'humidité
(4) : Malaxage
(5) : Injection de sel (et d'arome et d'acide lactique)
(6) : Malaxage sous vide
(7) : Malaxage final
(8) : Contrôle
(9) : Pompe d'extraction du beurre

Figure 06 : Principe d'un butyrateur **(Jeantet et *al.*, 2008).**

Cette trituration ménagée du beurre se réalise par passage à travers des grilles perforés réglables en diamètre (filières). Il atteint ainsi l'extrémité de la machine au niveau de la buse de sortie qui le conduit vers le stockage avant conditionnement **(Jeantet et *al.*, 2008).**

Depuis l'avènement des machines à beurre en continu, les débits et les conceptions n'ont cessé de progresser ; cette évolution a portée sur les points suivants **(Jeantet et *al.*, 2008) :**

-Réduction des coûts de production par l'augmentation des débits horaires, l'amélioration de la robustesse, de la fiabilité et des facilités d'entretien. L'automatisation de conduite, de contrôle et de nettoyage ainsi que la diminution des consommations énergétiques ont contribué à la réduction des frais de fonctionnements.
-Augmentation des rendements par diminution des pertes en matière grasse dans le babeurre.
-Amélioration de la qualité du beurre au niveau de la texture de celui-ci et de sa densité, ceci étant de nature à faciliter les opérations de conditionnements (régularité des poids).

II.6.3. Conditionnement et étiquetage du beurre :

II.6.3.1. Conditionnement :

Actuellement 97 % du beurre produit est commercialisé sous conditionnement variable en fonction de **(Luquet, 1985) :**

a. l'utilisation:

-Micro- formats : pour les restaurations individuelles ou collectives.
-Moyens formats : parmi lesquels la plaquette de 250 g domine avec près de 70 % du marché.

-Grands formats : destinés essentiellement aux industries agroalimentaires.

b. la Présentation:
-Plaquettes parallélépipédiques.
-Pain moulé ou pain fermier.
-Bûche.

Les emballages utilisés pour conditionner le beurre sont d'une très grande variété :
-Le papier sulfurisé ingraissable (pain moulé : image d'un produit naturel).
-Le complexe aliminium/cire/parier ingraissable (le matériau le plus largement utilisé).
-La barquette plastique thermoformée (polystyrène, polypropylène : pour les beurres de haut gamme).
-Le pot carton paraffiné (en voie de disparition).
-La boite métallique (réservée à l'exportation).
-Le panier bois ou récipient de porcelaine (pour les beurres de luxe et ceux destinés aux grands restaurants).
-Le carton avec film polyéthylène (pour les beurres pâtissiers), ou feuille de papier sulfurisé (pour les beurres destinés aux industries agroalimentaires).

II.6.3.2. Etiquetage :
Les indications suivantes doivent figurer en clair sur l'emballage **(Luquet, 1985) :**
-Dénomination de vente beurre, beurre laitier et beurre pasteurisé ;
-Nom ou raison sociale et adresse de la personne physique ou morale responsable soit de la fabrication, soit du conditionnement, soit de la commercialisation de la marchandise ;
-Poids net.
-Additifs autorisés.
-Obligation d'indication de la date de conditionnement en caractères perforés visibles sans ouvertures des conditionnements ;
-Identification du conditionneur.

En ce qui concerne les beurres importés, ils doivent obligatoirement porter l'indication du pays d'origine ou éventuellement la mention « beurre d'importation ». L'indication de poids ne peut être portée qu'en unités de mesures légales (kilogramme et gramme) **(Luquet, 1985).**

II.6.4. Conservation du beurre :
Le beurre se conserve en chambre froide à + 6 °C. La chaîne du froid doit être maintenue jusqu'à la vente au consommateur final (transport, stockage sur les lieux de vente) **(Jeantet et *al.*, 2008).**

II.7. Fabrication traditionnelle du beurre au pays du Maghreb :
La fabrication de ce produit est presque commune pour tout les pays du Maghreb où, on distingue deux étapes :

II.7.1 La maturation spontanée :
La préparation du beurre, très simple, est demeurée au stade familial ou artisanal, le lait est abandonné à lui même dans une jarre en terre cuite ou une outre en peau de

chèvre, jusqu'à sa coagulation. Celle-ci se fait à une température ambiante et dure 24 à 48 heures suivant la saison **(Tantaoui-Elaraki et *al.*, 1983).**

II.7.2. Le barattage :

Le barattage se réalisé soit dans l'outre, qu'un manipulateur doit secouer énergiquement avec les deux mains, soit dans une jarre, en utilisant un instrument constitué d'un manche long portant à son extrémité inférieur deux disques en bois de diamètre différents. Dans un cas, comme dans l'autre, cette opération dure 30 à 40 minutes. A la fin du barattage, un certain volume d'eau chaude ou froide est généralement ajouté (environ 10 % du volume du lait), suivant la température ambiante, de façon à ramener la température de l'ensemble à un niveau convenable au rassemblement des grains de beurre. Celui-ci est récupéré généralement à la main mais certains fabricants filtrent le lben sur une toile, dans le but de recueillir le maximum du beurre, produit de grande valeur marchande **(Tantaoui-Elaraki et *al.*, 1983).**

II.8. Le rendement beurrier :

La matière grasse représente 90 % du prix de revient totale du beurre et il est donc indispensable de s'assurer de sa bonne utilisation. L'indice de barattage traduit les pertes de matière grasse dans le babeurre selon le rapport MG babeurre/ MG crème. Trois formes d'expression du rendement sont utilisées :

II.8.1. Facteur de rendement ou «Overnun » : Il est défini par la formule suivante **(Mahaut et *al.*, 2005) :**

$$P_B / P_{MG} = 1{,}16 \text{ à } 1{,}18$$

Avec :

P_B : Poids de beurre fabriqué.

P_{MG} : Poids de matière grasse en œuvre.

La valeur théorique est :

$$100/ 82= 1{,}22$$

II.8.2. Rendement beurrier :

Il traduit la quantité de beurre fabriquée à partir de 100 litres ou 10 kilogrammes de lait. Avec les taux de matière grasse suivants : crème 35 %, lait écrémé 0,5 %, babeurre 2 %, beurre 82 %, le rendement théorique obtenu est de 4,8 % **(Jeantet et *al.*, 2008).**

II.8.3. Bilan matière grasse ou rendement réel : Il est calculé en appliquant la formule suivante **(Jeantet et *al.*, 2008) :**

$$\text{MG sortie} / \text{MM entrée} \times 100$$

Avec :

MG sortie : MG contenue dans le poids du beurre fabriqué.

MG entrée : MG contenue dans les crèmes achetées ou produites.

Il est de l'ordre de 97 à 98 % et les pertes s'élèvent donc à 2 à 3 %, et se répartissent en deux catégories **(Jeantet et *al.*, 2008) :**

-Les pertes déterminées, en connues qui intègrent les pertes dues à l'écrémage du lait, la matière grasse du babeurre, et la précision des méthodes d'analyses.

-Les pertes indéterminées, dont la connaissance est intéressante dans le but de les limiter, elles intègrent les pertes dues aux surfaces, aux erreurs d'analyses.

II.9. Coproduits de la beurrerie : Si l'on part du lait pour fabriquer le beurre, les coproduits sont les suivants **(Mahaut et *al.*, 2005) :**

II.9.1. Babeurre :

C'est un liquide blanchâtre extrait de la baratte ou du butyrateur lors de l'inversion de phase. Il est riche en phospholipides, un peu moins riche en caséines, car une partie est restée fixée sur les granules de beurre. La phase grasse du babeurre est hétérogène ce qui rend l'écrémage délicat **(Mahaut et *al.*, 2005):**

-Grains du beurre très petits.
-Globules de petite taille ayant échappées à l'inversion de phase.
-Débris de globules et débris membranaires, riches en phosphopeptides.
-Matière grasse libre et liquide.

Le babeurre est utilisé **(Mahaut et *al.*, 2005):**

-En l'état comme boisson : en Bretagne (lait ribot), et dans de nombreux pays comme les Etats-Unis, les Pays-Bas, l'Allemagne, les pays scandinaves ;
-Dans des préparations culinaires, la plus connue étant « la bouillie de gruaux » aux pays bas ;
-Comme ingrédient pour ses propriétés émulsifiantes et sa saveur particulière : la poudre de babeurre trouve des débouchés en diététique, en pâtisserie industrielle et en alimentation animale ;
-Sous forme de fromage frais et de pâte pressée maigre.

Le tableau 11, résume la composition du babeurre.

Tableau 11 : Composition du babeurre **(Mahaut et *al.*, 2005).**

Composants	babeurre
Eau (%)	91
Extrait sec (%)	9,0
Matière grasse (%)	0,2-0,6
Extrait sec dégraissé (%)	8,6
Matière azotée (%)	3,2
Lactose (%)	3,9
Acide lactique (%)	0
Sels citrates (%)	Traces (0,2)
Autres sels (%)	0,7
Masse volumique à 20°C ($kg.m^{-3}$)	1029
Acidité (°D)	50-70
Vitamines	
Vit A	Traces
Vit B_1 (thiamine)	300 $\mu.l^{-1}$
Vit B_2 (riboflavine)	1500 $\mu.l^{-1}$
Acide nicotinique	1 mg. l^{-1}
Acide pantothénique	5 mg. l^{-1}
Vit C (acide ascorbique)	Traces

II.9.2. Eaux de lavage du beurre :
L'eau du premier lavage des grains de beurre est intéressante à recycler, puisque son extrait sec est de l'ordre de 1 à 2 % et le volume est voisin de celui du babeurre, de plus, la charge polluante des eaux résiduaires est limitée **(Mahaut et *al.*, 2005).**

II.10. Défauts et altérations du beurre :
La matière grasse laitière est sujette à des altérations physico-chimiques dont l'importance est croissante avec les conditions actuelles de production et de collecte du lait. A côté de ces phénomènes, d'autres défauts peuvent apparaître à des degrés plus ou moins importants **(Jeantet et *al.*, 2008).**

II.10.1. Les défauts du beurre : D'après **Jeantet et *al.* (2008),** les principaux défauts sont :

II.10.1.1. Défauts d'aspect externe : Principalement remarquables par les colorations diverses présentes en surface du beurre et dues soit à une dessiccation superficielles, soit à des développements de bactéries, levures ou moisissures.

II.10.1.2. Défauts à la coupe : Ils se traduisent par la présence d'alvéoles d'air ou par des anomalies de colorations:

-Points jaunes (matière grasse déstabilisée).
-Points blancs (particules de caséine floculées).
-Marbrunes (répartition d'eau irrégulière, exemple des beurres salés).

II.10.1.3. Défauts de structure : Ils se résument en :

-Mauvaise répartition de l'eau (malaxage défectueux).
-Huilage (excès de matière grasse liquide).
-Beurre sableux (cristallisation trop lente).
-Feuilletage (teneur en air, « fatigue mécanique » du beurre lors des transferts entre fabrication et conditionnement).

II.10.1.4. Défauts de consistance : Les principaux sont :

-Beurre dur et cassant (solidification de la matière grasse trop poussée).
-Beurre mou (excès de matière grasse à bas point de fusion ou degré de solidification insuffisant).

II.10.1.5. Défauts de flaveur :
Ils peuvent être le résultat d'une fixation d'odeurs ou des saveurs par le lait lors de sa production, à savoir l'odeur d'étable, de foin, de betterave, de choux etc. De même, la présence d'une flore de contamination peut produire également des défauts de flaveur. Enfin, un certain nombre de problèmes de fabrication peuvent introduire des anomalies dans la flaveur du beurre tels que:

-Le goût cuit : température et durée de traitement thermique des crèmes.
-Le goût acide : types de levains, technique de lavage et de malaxage.
-Le goût de fromage : problèmes de l'age de la crème avant traitement.
-Le goût de levure : altération d'origine microbienne ;
-Le goût de yaourt : teneur excessive en acétaldéhyde produit en majorité par *Streptococcus diacetilactis*).
-Le goût métallique : oxydation de la matière grasse, pH trop bas, excès d'ions Fer et cuivre).

II.10.2. Altération de la matière grasse laitière :

Ces altérations traduisent la capacité de conservation d'un beurre et les conditions de son stockage dans la mesure où elles apparaissent à plus ou moins long terme **(Jeantet et *al.*, 2008).**

II.10.2.1. La lipolyse :

C'est une réaction biochimique qui se traduit par l'hydrolyse enzymatique des liaisons esters des glycérides, provoquant l'apparition d'acides gras libres notamment responsables du goût de rance. Malgré l'existence de lipases naturelles du lait, le danger provient avant tous de la prolifération des microorganismes psychrotrophes et surtout de la présence de leurs enzymes lipolytiques et protéolytiques thermorésistantes. Ce phénomène est amplifié par les altérations mécaniques des globules gras lors de la collecte à la ferme et du transport à l'usine **(Mahaut et *al.*, 2005).**

II.10.2.2. L'oxydation :

Cette réaction biochimique intervient lors du stockage des beurres, et entraîne la formation de peroxydes dont la dégradation libère des aldéhydes et cétones générateurs de goût de suif. Ce défaut est accentué par **(Jeantet et *al.*, 2008) :**

-pH trop bas (maturation biologique excessive).
-Présence de catalyseurs métalliques tels que le fer et le cuivre.
-Exposition prolongée à la lumière.
-Contact air-produit (herméticité de l'emballage).
-Teneur en diacétyle et la température.

L'oxydation est freinée par l'utilisation d'antioxygènes, mais ceux-ci sont réservés exclusivement à la fabrication des beurres destinés aux industries agroalimentaires **(Mahaut et *al.*, 2005).**

II.11. Problèmes de fabrication du beurre :

Les principaux problèmes liés à la fabrication du beurre sont résumés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Problèmes du fabrication du beurre **(Simon et *al.*, 2008).**

Nature	Origines possibles
Formation des grains de beurre dans la baratte longue et difficile.	Baratte trop remplie Vitesse de rotation insuffisante Crème pas assez acide Température de barattage trop basse
Humidité excessive du beurre (notamment en période estivale)	Température de l'eau de lavage trop élevée Temps de contact eau/beurre au lavage insuffisant Taille des grains de beurre avant égouttage trop importante
Fermeté du beurre excessive avec des problèmes de « tartinabilité »	Maturation biologique de la crème mal conduite
Fermeté insuffisante (surtout en été)	Température de fin de maturation et température de barattage trop élevées
Mauvaise conservation	Malaxage insuffisant du beurre avec répartition défectueuse de l'eau

	Rupture de la chaîne du froid
Le rancissement du beurre (apparition d'un goût de rance)	Crème de mauvaise qualité microbiologique Crème trop âgée Crème très contaminée, non pasteurisée Crème mal refroidie Mauvaise acidification de la crème Mauvaise hygiène de transformation Beurre conservé trop longtemps
Goût oxydé ou métallique (lié à la présence d'oxygène dans le produit)	Un pH trop bas (< à 4,7) Matériel de transformation comportant des pièces en laiton Présence de métaux oxydants (outils de malaxage en fer étamé) Eau de lavage riche en fer et en cuivre Le sel et l'exposition à la lumière favorisent l'oxydation Les beurres conservés dans du papier sulfurisé peuvent présenter des défauts d'oxydation s'ils sont exposés trop longtemps à la lumière naturelle ou artificielle.
Goût de fromage	Ce défaut apparaît après deux à trois semaines de conservation. Il est dû à une mauvaise hygiène de transformation ou à des lavages insuffisants.

II.12. Contrôle de la qualité du beurre :

II.12.1. Contrôle de la composition :

Fredot (2006) a rapporté que le contrôle de la composition du taux de gras dans le beurre, permet de classer et de distinguer les qualités du beurre.

II.12.2. Contrôle de l'activité lipase :

La lipolyse est un problème qui affecte la production du beurre, elle est causée par des lipase enzymatiques thermorésistantes, qui sont produites dans le lait ou la crème par des bactéries psychrophiles, ou qui existaient déjà dans le lait en tolérant la pasteurisation, leur détection peut être prédite par exactitude raisonnable **(Hettinga, 2005).**

II.12.3.Contrôle de l'oxydation :

La flaveur des produits laitiers est largement déterminée par les composants de la matière grasse. Par conséquent, c'est particulièrement important de restreindre le développement de saveurs oxydées dans le lait ou la crème avant usage. Le taux d'oxygène, responsable de l'oxydation, dans la matière grasse laitière, peut être limité soit par une action active ou passive. Le contrôle passif consiste à minimiser le contact avec l'oxygène, quant au contrôle actif, il vise à utiliser des appareils pour désaération, l'usage d'antioxydants, la destruction efficace de lipase et l'utilisation de l'azote qui couvre le Head-space des récipients **(Hettinga, 2005).**

II.13. La microbiologie du beurre :

Le beurre peut contenir tous les germes rencontrés dans le lait. Des bactéries lactiques d'acidité et d'arômes (*Lc.lactis*.ssp.*diaccetylactis, Lc.lactis*.ssp *lactis, Lc.lactis*.ssp

cremoris, et parfois *Leuconostoc*) participent à l'élaboration des qualités organoleptiques du beurre. Plusieurs types de microorganismes peuvent être des agents de dégradation. Tout d'abord, les bactéries lactiques peuvent entraîner une acidité trop forte. Les coliformes et les entérobactéries peuvent entraîner des mauvais goûts dans la crème. Les bactéries lipolytiques détruisent et oxydent les matières grasses, exerçant, le rancissement du beurre. Les bactéries protéolytiques peuvent dégrader la caséine du beurre et entraîner un goût de fromage **(Guiraud, 2003).**

D'autres bactéries sont responsables de colorations ou de décolorations anormales et de mauvais goûts dans le beurre. Les germes intervenants sont généralement psychrophiles en raison du stockage au froid. Enfin, les levures et moisissures peuvent provoquer des altérations de goût (moisis, âcre, malté, caramélisé, etc.) et engendrer dans le beurre l'apparition de pigmentation et colorations anormales et de gonflements **(Guiraud, 2003).**

Etude Expérimentale

Matériel et Méthodes

II. Matériel et Méthodes :

Notre travail a été réalisé au niveau des laboratoires de microbiologie et de physicochimie de l'université de Jijel, ainsi qu'au niveau de l'unité IGILAIT concernant quelques tests sur le lait cru.

L'objet du présent travail est de déterminer les caractéristiques microbiologiques, physicochimiques et organoleptiques du beurre de chèvre, en vue d'évaluer sa qualité.

Pour ce faire, nous avons analysé trois échantillons du lait cru de chèvre collectés de trois régions différentes de la Wilaya de Jijel à savoir Ziama, Chekfa et Texanna, et procédé nous-même à la préparation traditionnelle, au laboratoire de trois échantillons du beurre sur lesquels nous avons suivi l'évolution microbiologique, physicochimique et organoleptique depuis la matière première (lait cru de chèvre) jusqu'au produit fini (beurre de chèvre).

II.1.Matériel :

II.1.1.Le matériel biologique : Pour notre étude nous avons utilisé :

II.1.1.1. Le lait de chèvre : Les trois échantillons de lait de chèvre (chaque échantillon global est composé de trois échantillons élémentaire d'un litre), utilisés au cours de cette étude, ont été collectés de trois régions : Ziama, Chekfa et Texanna; dont 1 litre est destiné aux analyses microbiologiques, physicochimiques et organoleptiques, le reste est consacré pour la fabrication traditionnelle du beurre à étudier.

II.1.1.2. Le Raïb et le Lben : Ce produit est obtenu à partir de la fermentation spontanée des trois échantillons du lait cru. Le Lben est récupéré après barattage de Raïb.

II.1.1.3.Le beurre : Ce produit fini est obtenu après barattage traditionnel du lait cru.

II.1.2.Milieux de culture : Les différents milieux de culture utilisés au cours de notre étude sont :

-Gélose PCA (Plant Count Agar) : Pour le dénombrement de la FTAM.
-Gélose OGA (Oxytétracycline-glucose) : Pour le dénombrement des levures et moisissures.
-Gélose MRS (Man Rogoza Sharpe) : Destinée pour le dénombrement des bactéries lactiques.
-Gélose au désoxycholate 0,1% et VRBL : Utilisées pour le dénombrement des Coliformes totaux et des coliformes thermotolérants.
-Gélose Baird-Parker : Sert pour la recherche des staphylocoques.
-Gélose Hektöen : Utilisée pour l'isolement des Salmonelles.
-Gélose VF (Viande-Foie) : Pour la recherche et le dénombrement des ASR 46°C et CSR.
-Eau peptonée exempte d'indole : Pour la recherche et le dénombrement des indologènes.
-Eau peptonée alcaline : Pour le préenrichissement de *Salmonella*.
-Milieu Rothe et milieu Eva-Litsky : Pour le dénombrement des Streptocoques.
-Milieu Giolitti-Cantoni : Milieu d'enrichissement des Staphylocoques.
-Milieu Urée-Indole : Sert à la réalisation d'un des tests de suspicion de *Salmonella*.
-Lait écrémé et matière grasse stériles : Utilisé comme additifs de la gélose PCA.

II.1.3. Les produits chimiques : Les produits chimiques utilisés au cours de notre travail sont les suivants :

-Violet de Gentiane, Fuschine, alcool, l'huile à émersion : Pour la réalisation de la coloration de Gram.
-Acide acétique 0,5N et acide sulfurique 1N.
-Acide chlorhydrique à 1N, 0,5N et à 2mol/l.

-Alcool éthylique à 96° et alcool isoamylique.
-Chlorure mercurique et tétrachlorure de carbone.
-Empois d'amidon, éthanol 60 %, éther de pétrole, Glycérol et heptane.
-Iode sublimé, iodure de potassium à 133,33% et iodure de potassium à 30 %.
-Phénolphtaléine à 1 % et soude Dornic (N/9) : Pour le dosage de l'acide lactique.
-Hydroxyde de sodium à 1N et à 2mol/l dans le méthanol.
-Thiosulfate de sodium à 0,002N et 0,1N.

II.1.4. Matériel et appareillage : Au cours de notre étude nous avons utilisé le matériel suivant :

a. Matériel :
-Anses de Platine ; béchers, creusets, spatules, boites de Pétri.
-Ballon et chauffe-ballon.
-Burette, erlen Meyer, éprouvettes et fioles.
-Pipettes Pasteur et pipettes graduées.

b. Appareillage :
-Agitateur, balance, autoclave, pH mètre et bain-Marie.
-Butyromètre, lactodensimètre, thermomètre et centrifugeuse.
-Etuve à 37°C, 44°C et 25°C.
-Four à moufle et four Pasteur.
-Chromatographie phase gazeuse couplée à une spectroscopie de masse.

II.2.Méthodes :

II.2.1.Contrôle du lait de chèvre :

Les trois échantillons du lait cru collectés ont fait l'objet d'analyses au laboratoire pour la détermination de leur qualité microbiologique et physicochimique, ainsi qu'une analyse sensorielle pour mettre en évidence les différents caractères organoleptiques.

II.2.1.1.Contrôle microbiologique :

Le lait est de par sa composition, un aliment de choix : il contient des graisses, du glucose, des protéines, des sels minéraux, des vitamines et 87 % d'eau. Son pH est de 6,6. Il va être un substrat très favorable au développement des microorganismes **(Guiraud et Galzy, 1980).**

a. examen microscopique :

Cette coloration est réalisée comme suit **(Guiraud et Galzy, 1980) :**
-Une goutte du lait est transférée sur une lame stérile, bien étalée à l'aide d'une anse de Platine, séchée à l'air ambiant puis fixée par la chaleur.
-Après fixation, quelques gouttes de la solution aqueuse de violet de Gentiane sont répondues sur le frottis fixé. L'excès de violet est jeté après une minute d'action.
-Le frottis est alors recouvrant du Lugol, on le jette au bout de quelques secondes. La lame est ensuite décolorée à l'alcool absolu.
-Après lavage à l'eau, le frottis est recoloré à la Fushine pendant une minute puis lavé à l'eau, séché et examiné à l'immersion.
L'observation microscopique de frottis permet de comparer les résultats obtenus avec ceux présentés dans le tableau suivant :

Tableau 13: Interprétation des résultats de la coloration de Gram **(Joffin et Joffin, 1999).**

Flore normale du lait	Flore anormale du lait
-Toujours bactéries Gram+ -Coques Gram+ en diplocoques ou en chaînettes -Bacilles Gram+ souvent en chaînettes	-En grand nombre ne sont pas normaux -Les bacilles Gram- : contamination externe -Les longues chaînettes de coques Gram+ (de 20 à 100 éléments) : mammites streptococciques

b. préparation des dilutions :

On commence par l'homogénéisation du lait cru puis, on prélève 1ml de cet échantillon à l'aide d'une pipette stérile. Le volume prélevé est introduit aseptiquement dans un tube contenant 9ml d'eau physiologique, ainsi on obtient une dilution 10^{-1} et on fait l'agitation manuellement du tube pour rendre la dilution homogène. A l'aide d'une autre pipette stérile, on refait la même opération pour avoir la dilution 10^{-2}. De la même façon, on pousse la dilution jusqu'à 10^{-6} **(Petranxienne et Lapied, 1981).**

c. dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

Le dénombrement de la flore totale mésophile permet d'apprécier le degré de pollution microbienne d'un produit alimentaire **(Joffin et Joffin, 1999).**
Les ensemencements sont réalisés en étalant en double 1ml de la dilution 10^{-6} dans deux boites de Pétri contenant la gélose PCA préalablement coulée et solidifiée.

Le dénombrement des colonies lenticulaires est réalisé après 24 heures d'incubation à 30°C **(Guiraud, 2003).**

d. dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants (CT et CTT) :

L'intérêt du dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants est de déterminer la contamination fécale d'un produit alimentaire **(Joffin et Joffin, 1999).**

Le dénombrement a été effectué sur le milieu au désoxycholate 0,1%. 1ml de la dilution 10^{-3} est déposé au fond de chaque boite de Pétri sous forme de gouttelettes, puis le milieu gélosé fondu et refroidi est coulé et mélangé avec l'inoculum. Après solidification, une deuxième couche (4ml) du même milieu de culture est ajoutée **(Cuq, 2008).** L'incubation a lieu à 37°C pendant 24 heures pour les coliformes totaux.

Concernant les coliformes thermotolérants, les mêmes manipulations sont effectuées sauf que la dilution utilisée est de 10^{-2} et l'incubation est effectuée à 44 °C pendant 24 à 48 heures. Après cette période d'incubation, toutes les colonies rouges ou roses sont dénombrées.

e. dénombrement de la flore lactique :

Les bactéries lactiques sont dénombrées en ensemençant par étalement, deux boites de Pétri contenant la gélose MRS préalablement coulée et séchée, par 1ml de la dilution 10^{-4}. Après 24 heures d'incubation à 37°C ; les colonies de petite taille, translucides et blanches sont dénombrées **(Guiraud, 2003).**

f. dénombrement de *Clostridium* :

Pour le dénombrement des Clostidium-sulfitoréducteurs (CSR) ; 5 tubes stériles contenant chacun 5ml du lait cru sont portés au bain-Marie à 80°C pendant 10 minutes afin de détruire les formes végétatives. Un volume de 15ml de la gélose Viande-Foie additionnée de l'alun de fer et de sulfite de sodium, est ajouté au contenu de chaque tube, suivi d'une homogénéisation sans faire des bulles d'air. Les tubes sont ensuite refroidis sous l'eau de robinet puis incubés à 37°C pendant 24 à 48 heures **(Guiraud, 2003).**

Pour les anaérobies-sulfitoréducteurs (ASR 46°C); les mêmes manipulations sont effectuées sauf que le lait n'est pas traité à la chaleur et que l'incubation se fait à 46°C pendant 24 heures. Après incubation, les colonies noires sont dénombrées **(Guiraud, 2003).**

g. recherche des staphylocoques :

La recherche des staphylocoques, les seuls à produire éventuellement une entérotoxine protéique, cause l'intoxication alimentaire, permettant de savoir si l'aliment présente des risques pour le consommateur **(Joffin et Joffin, 1999).**

Cette recherche est effectuée par un enrichissement préalable sur milieu liquide, en ensemençant 1ml du lait cru dans 10ml du milieu Giolitti-Cantoni additionné de son additif. L'incubation est réalisée à 37°C pendant 24 heures **(Guiraud, 2003).** La présence probable des staphylocoques, est révélée par le noircissement du bouillon.

h. recherche des salmonelles :

Les salmonelles sont des bactéries toujours pathogènes provoquant des gastro-entérites, leur recherche et leur identification permettent donc de montrer le danger possible d'un produit **(Joffin et Joffin, 1999).**

La recherche de ces germes est réalisée, en ensemençant deux tubes contenant 9ml d'eau peptonée alcaline par 1ml du lait cru **(Guiraud, 2003).**
Après incubation à 37°C pendant 24 heures, chaque tube présentant un trouble est soumis à un isolement sur milieu Héktoën. Après incubation, les colonies suspectes sont soumises à une coloration de Gram et au test d'uréase **(Guiraud, 2003).**

i. recherche et dénombrement de la flore indologène :

Cette flore est responsable de dégradation et de modifications du goût et de l'odeur **(Guiraud, 2003).**

Pour réaliser cette recherche, 1ml du lait cru est ensemencé dans un tube contenant 9ml d'eau peptonée exempte d'indole. L'incubation est réalisée à 44°C pendant 48 heures. La production d'indole se traduit par la formation d'un anneau rouge après l'ajout du réactif de Kovacs **(Cuq, 2008)** .

j. dénombrement des streptocoques fécaux :

Le dénombrement des streptocoques fécaux permet d'estimer la qualité hygiénique d'un produit alimentaire **(Joffin et Joffin, 1999).**

Pour effectuer cette recherche, trois série de trois tubes Rothe D/C, S/C, S/C sont ensemencées chaqu'une par 10ml, 1ml et 0,1ml du lait cru, respectivement **(Guiraud, 2003).**

Après étuvage à 37°C pendant 24 heures, chaque tube présentant un trouble est réensemencé sur milieu Eva-Litsky. Après une incubation de 24 heures à 37°C, le trouble indique la présence des streptocoques. Le nombre des colonies est déterminé en référant à la méthode N.P.P (nombre le plus probable) **(Guiraud, 2003).**

k. dénombrement des levures et moisissures :

Les levures et moisissures constituent une bonne flore indicatrice de la qualité générale, la contamination des aliments par ces dernières est actuellement considérée avec beaucoup d'attention en raison des mycotoxines que ces microorganismes sont capables de synthétiser **(Guiraud et Galzy, 1980).**

Ce dénombrement est réalisé, en ensemençant par étalement deux boites de Pétri contenant la gélose OGA préalablement coulée et solidifiée par 1ml de la dilution 10^{-2}. Les levures et moisissures sont dénombrées après 24 à 72 heures d'incubation à température ambiante **(Guiraud, 2003).**

II.2.1.2. Contrôle physicochimique du lait de chèvre :

a. les caractères physiques du lait :

Les caractères physiques sont étudiés afin de détecter et d'apprécier les éventuelles anomalies d'odeur, de saveur et de consistance. Ils sont basés sur les différents organes sensoriels de l'organisme (langue, nez et yeux), qui permettent de détecter certains critères du lait cru **(Fredot, 2006).**

La technique est décrite par **Fredot (2006)**, comme suit :
- Dans un bécher, transférer 30 ml du lait cru.
- Sous la lumière du jour, visualiser sa couleur et sa consistance.
- La saveur est estimée par dégustation.
- L'odeur est détectée par l'odorat.

Les caractères physiques du lait ont été déterminés, en se référant au tableau 13.

Tableau 14 : Les critères physiques du lait **(Larpent, 1997)**

Caractères examinés	Caractère normal	Caractère anormal
Couleur	Blanc mat : lait normal Blanc jaunâtre : riche en crème Blanc bleuâtre : écrémé / fortement mouillé	-Gris jaunâtre : lait de rétention / lait de mammites -Bleu jaune : coloré par des substances chimiques ou pigments bactériens
Odeur	Faible	Putréfaction
Saveur	Variable	-Salée : lait de rétention / lait de mammites -Amère : pollution bactérienne
Consistance	Homogène	-Granuleux : mammite -Visqueux : pollution bactérienne

b. les paramètres chimiques :

- Mesure de pH et détermination de l'acidité:

Le pH représente l'acidité du lait à un moment donné, il renseigne sur l'état de fraîcheur du lait. En le mesurant habituellement à l'aide d'un pH mètre **(Vignola, 2002).**
Pour effectuer cette mesure, on prélève un volume de l'échantillon puis on plonge l'électrode du pH mètre dans la prise d'essai, le résultat est enregistré directement sur l'écran **(Guiraud, 2003).**

L'acidité du lait, exprimée en degré Dornic, est le nombre de ml d'hydroxyde de sodium N/9 nécessaire à neutraliser 10 ml du lait en présence de phénol phtaléine.
Elle est déterminée par titration d'un échantillon de 10 ml, par la soude Dornic (N/9), en présence de 4 à 5 gouttes d'indicateur coloré (phénol phtaléine), jusqu'au virage de la couleur au rose pâle qui doit persiste au moins 10 secondes **(Guiraud, 2003).**

L'acidité dornic est donnée par la formule suivante:

$$\textbf{Acidité (°D)} = V_{NAOH} \times 10$$

V_{NAOH} : Volume de NAOH utilisée pour titrer les 10 ml de l'échantillon

- La densité :

La densité est déterminée à l'aide d'un thèrmolactodensimètre, par le rapport des masses d'un même volume du lait et d'eau à une température de 15°C **(Vignola, 2002).**
Pour cette mesure, le lait est versé dans une éprouvette, cette dernière doit être maintenue inclinée pour éviter la formation de la mousse. Le lactodensimètre est ensuite plongé dans le lait et laissé dans l'axe de l'éprouvette pendant quelques secondes. La densité est enfin lue sur la partie graduée du lactodensimètre **(Mathieu, 1998 ; Pointurier, 2001).**
Si la détermination de la densité n'a pas été effectuée à 15°C exact, le résultat le résultat doit être réajusté. La correction de la densité est comme suit :
-Si la température est supérieure à 15°C, il faut ajouter 0,2 pour chaque degré en plus.
-Si la température est inférieure à 15°C, il faut retrancher 0,2 pour chaque degré en moins.

- Test de stabilité à l'ébullition :

La stabilité du lait à la chaleur est une notion très relative, étroitement liée à l'utilisation ultérieure du lait. D'une façon générale, le lait est considéré comme stable à la chaleur si le traitement thermique auquel il a été soumis à des répercussions négligeables, ou à la rigueur supportable dans les opérations de transformation du lait et sur les caractéristiques du produit fini **(Hermier et Cerf, 1987).**

Pour ce faire, un volume de chaque échantillon du lait cru est transféré dans un tube à essai, et placé dans un bain d'eau bouillant pendant 10 à15 min puis refroidi sous un courant d'eau froide pendant 2 min. S'il y a une floculation ou une coagulation, le lait est considéré comme instable **(Joffin et Joffin, 1999).**

- Test de la réductase :

L'épreuve de la réductase, appelé aussi l'épreuve au bleu de méthylène, est basée sur le fait que la couleur donnée au lait par addition d'une petite quantité de bleu de méthylène disparaît plus ou mois rapidement, cette vitesse dépendant principalement de la proportion de l'enzyme réductase contenue dans le lait **(Grimes et *al.*, 1992).**

Pour réaliser ce test, 10 ml du lait cru de chaque échantillon sont transférés dans des tubes à essai, puis 1 ml de bleu de méthylène à 50 mg/cl est ajouté, un témoin avec du lait bouilli est réalisé en parallèle. Le contenu de chaque tube est mélangé puis incubé à 37°C.
La durée au bout de laquelle il y a changement de couleur d'un lait additionné de bleu de méthylène permet d'apprécier le nombre de bactéries du milieu; plus il y a des bactéries, plus le bleu de méthylène est rapidement réduit. Pour cela, les tubes sont observés avant d'être agiter aux temps 0 min, 15 min, 1 h et 3 h **(Joffin et Joffin, 1999).**
L'interprétation des résultats se fait en fonction du tableau 15.

Tableau 16 : Lecture des résultats de la réductase **(Joffin et Joffin, 1999)**

- Le point de congélation :

Temps au bout du quel il y a décoloration	conclusion
Avant 15 minutes	Lait très fortement contaminé
Entre 15 minutes et 1 heure	Lait fortement contaminé
Entre 1 heure et 3 heures	Lait légèrement contaminé
Plus de 3 heures	Lait de qualité satisfaisante

Le point de congélation est utilisé pour la détection du mouillage du lait par cryoscopie uniquement sur du lait non acidifié **(Le Mens, 1985).**
Pour la mesure de ce paramètre ; un volume indéfini du lait est introduit dans un creuset et mis au congélateur, le point de congélation est déterminé dès le début de la congélation du lait à l'aide d'un thermomètre **(Grandis et Imbert, 1999).**

- La matière sèche :

Le principe est basé sur dessiccation par évaporation d'un certain volume du lait et pesée du résidu. On appelle par convention « matière sèche », le produit résultant de la dessiccation du lait dans des conditions définies **(Pocher, 1976).**

On mesure la matière sèche selon le mode opératoire suivant **(Lecoq, 1965)** :
Un volume de 10 ml du lait est placé dans un creuset et mis à une étuve réglée à la température de 120 °C, la matière sèche est déterminée par des pesées répétées jusqu'à avoir un poids constant entre deux pesées de suite. Le résultat est calculé en appliquant la formule suivante :

$$MS\ (\%) = X/Y \times 100$$

Avec :

MS : Matière sèche.
X : Poids de l'échantillon après l'étuvage.
Y : Poids de l'échantillon avant l'étuvage.

- La matière minérale :

Le principe est basé sur l'incinération de la matière sèche à température connue et dans un long courant d'air. On appelle, par convention « cendre du lait » le résultant de l'incinération de la matière sèche **(Pocher, 1965).**

La matière minérale est déterminée de la même façon que la matière sèche, sauf que l'incinération est réalisée dans un four à moufle réglé à 450-500°C pour parachever la combustion de carbone, jusqu'à ce que le résidu de combustion soit devenu blanc. Le résultat est calculé en appliquant la formule suivante **(Guiraud et *al.*, 1997) :**

$$MM\ (\%) = X/Y \times 100$$

Avec :

MM : Matière minérale.
X : Poids de l'échantillon après l'étuvage.
Y : Poids de l'échantillon avant l'étuvage.

- La matière organique :

Elle est déterminée en basant sur les résultats de la matière sèche et la matière minérale, et en appliquant la formule suivante **(Lecoq, 1965) :**

$$MO\ (\%) = MS\ (\%) - MM\ (\%)$$

Avec :

MO : Matière organique.
MS : Matière sèche.
MM : Matière minérale.

- La matière azotée totale :

Le dosage de l'azote total est réalisé par la méthode de Biuret et passe principalement par deux étapes **(Lecoq, 1965) :**

- **La minéralisation :**

Pour réaliser cette manipulation, une prise d'essai de 0,5g de lait est introduit dans un matras, par suite, on ajoute 5g de catalyseur K_2SO_4 et de sélénium (le rapport est de 1g sélénium/1000g K_2SO_4) et 20 ml H_2SO_4 concentré. Le matras est ensuite chauffé et agité de temps en temps, en remuant au fond du matras les parcelles de substances qui adhèrent aux parois. Le chauffage est poursuivi jusqu'à l'obtention d'une couleur jaune clair **(Lecoq, 1965).**

- **La distillation et l'addition de réactif de Nessler :**

Après refroidissement, le liquide de minéralisation est transvasé dans une fiole de 100 ml et complété par l'eau distillée.
La lecture est effectuée par spectrophotomètre à 425 nm où une courbe d'étalonnage est réalisée parallèlement par le sérum albumine bovin (BSA) en utilisant des solutions filles de 0.001, 0.002, 0.004 et 0.005 mg/l.
La valeur obtenue par spectrophotomètre, est directement exprimée en mg/l à partir de la courbe d'étalonnage **(Lecoq, 1965).**
L'azote total est calculé en utilisant la formule suivante :

$$N\ (\%) = 25 \times Q/P$$

Avec :

Q : Equivalent de la transmitance en mg /l de NH_4.
P : La prise d'essai en g.

Les protéines sont données par la formule suivante :

Protéines (g) = N (%) x 6, 25

- Le taux butyreux :

Le taux butyreux (TB) représente la teneur en matière grasse qui constitue une partie de ce que l'on appelle traditionnellement la matière sèche (MS) utile du lait **(Jaubert, 1997).**

Pour réaliser ce test, un volume de 11ml de lait préalablement homogénéisé, et dissout dans 10 ml d'acide sulfurique dont l'action sert à libérer la matière grasse qui remonte à la surface de la solution. Après addition de 1ml d'alcool isoamylique, le butyromètre est bouché et son contenu est agité énergiquement, puis centrifugé pendant 5 minutes à environ 10000 trs/min, la matière grasse est dirigée dans la partie graduée du butyromètre. La lecture est effectuée en lisant la valeur qui correspond au niveau de la matière grasse dans cette partie graduée **(Lecoq, 1965).**

II.2.1.3. Analyse organoleptique du lait :

L'analyse sensorielle a fait ces dernières années des progrès considérables, elle représente un outil indispensable pour le contrôle de la qualité organoleptique des produits alimentaires. Elle repose sur la dégustation des produits et sur l'analyse des réponses sensorielles données par les dégustateurs **(Raoux, 1998).**

Ce test a été réalisé sur les trois échantillons du lait de chèvre. Un nombre de cinq dégustateurs a été pris en considération, le lait est présenté dans des gobelets opaques à raison de trois gobelets contenant successivement les trois types du lait pour chaque personne. Pour chaque lait, on a attribué un code, soit les trois codes : **LZ, LCh, L.T**. En respectant les modalités d'une analyse sensorielle, les sujets se disposant chaqu'un d'eux des trois échantillons sur des tables propres è eux, ils ont alors la faculté de faire leur analyse sensorielle dans un état de facilité, en se basant sur le contrôle des caractères suivants : aspect, odeur, structure, texture et saveur **(Sauvagest, 1982).**

Les réponses des sujets seront indiquées dans le formulaire suivant :

Tableau 16 : Formulaire des critères organoleptiques **(Ollivier et *al.*, 2006).**

	Inacceptable	Médiocre	Moyenne	Bonne	Très bonne	Observation
Aspect						
Odeur						
Structure						
Texture						
Saveur						
Note	1	2	3	4	5	

II.3. Le beurre de chèvre : Fabrication et contrôle de qualité :

II.3.1. Préparation traditionnelle du beurre de chèvre au laboratoire :

Du lait de chèvre, est placé dans un récipient préalablement nettoyé avec de l'eau savonneuse, puis désinfecté à l'eau javellisée, et rincé à l'eau chaude.

Le lait caillé La jarre de barattage après barattage, le beurre est recueilli

Figure 7: Préparation traditionnelle du beurre de chèvre au laboratoire

Après 44 heures à 20-20 °C, le lait caillé est transvasé dans une jarre de barattage (Figure 05), celle-ci doit être secouée énergiquement avec les deux mains. A la fin du barattage, on ajoute un volume d'eau équivalent à 10 % du volume de lait traité, afin de favoriser le rassemblement des grains de beurre. Celui-ci est recueilli avec une louche métallique flambée à l'alcool.

II.3.2. Contrôle microbiologique du beurre de chèvre :

Les critères microbiologiques constituent des outils permettant d'évaluer la maîtrise globale de l'hygiène au niveau de la fabrication, de la conservation, du transport et de la distribution des aliments ainsi que leur salubrité **(Leyral et Vierling, 2001).**

II.3.2.1. Préparation des dilutions et flores dénombrées et /ou recherchées:

Le contrôle microbiologique nécessite une préparation de l'échantillon peu spéciale. Les examens sont réalisés sur la phase aqueuse qui représente environ le 1/6 du poids du beurre de chèvre. Le prélèvement est effectué à l'aide d'un couteau stérile après avoir enlevé une couche superficielle, et 2,5g sont introduit dans un tube à essai contenant 2,1 ml d'une solution d'eau physiologique stérile et porté au bain marie à 45 °C jusqu'à fusion complète. Une centrifugation légère pendant 10 minutes à 4000 trs/min permet la séparation des deux phases **(Bourgeois et Leveau, 1991).**

La phase aqueuse est prélevée et transvasée dans un tube stérile. 1ml de cette phase est prélevé à l'aide d'une pipette et introduit dans un tube à essai contenant 9ml d'eau physiologique stérile, ainsi s'obtient la dilution 10^{-1}. 1 ml de cette dernière est introduit dans un autre tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile pour obtenir la dilution 10^{-2} de la même façon, on passe aux dilutions 10^{-3} et 10^{-4} **(Bourgeois et Leveau, 1991).**

Après la préparation des dilutions, nous avons procédé au dénombrement des différentes catégories de microorganismes citées ci-dessous.

a. dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

La FTAM est constituée d'un ensemble de bactéries, correspondant aux germes banals de contamination. Le dénombrement de cette dernière reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel **(Guiraud et Rosec, 2004).**
Pour dénombrer cette flore, la gélose PCA coulée et solidifiée, est ensemencée par étalement d'un millilitre de la dilution 10^{-4}. Le dénombrement est réalisé après 3 jours d'incubation à 30°C **(Guiraud, 2003).**

b. dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants :

La numération des coliformes est surtout réalisée dans le cadre de l'analyse des aliments transformés où elle permet de mettre en évidence un défaut de process ou de fabrication, ils constituent une bonne présomption de contamination fécale **(Guiraud et Rosec, 2004).**

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux consistent à faire un ensemencement d'un millilitre de la dilution 10^{-3}. Un volume de milieu VRBL fondu et refroidie à 45°C est ensuite coulé et mélangé avec l'inoculum, après solidification une deuxième couche est rajoutée. L'incubation a lieu à 37 °C pendant 24 heures **(Guiraud et Rosec, 2004).**

Pour les coliformes thermotolérants, les mêmes manipulations sont réalisées sauf que la dilution utilisée est de 10^{-2} et l'incubation est faite à 44°C pendant 24 heures **(Guiraud et Rosec, 2004).**

c. dénombrement de la flore lactique :

Pour le dénombrement de cette flore, 1ml de la dilution 10^{-3} est ensemencé en double en surface de la gélose MRS préalablement coulée et solidifiée, puis incubées à 37°C pendant 24 heures **(Petranxienne et Lapied).**

d. recherche de *Staphylococcus aureus* **:**

Les staphylocoques présents dans les aliments peuvent signaler des contaminations humaines par manipulation ou par voie aérienne ou originales d'un produit animal. La recherche de *Staphylococcus aureus* est recommandée par les textes officiels concernant l'analyse bactériologique des laits et produits laitiers **(Petranxienne et Lapied).**

Pour la recherche et le dénombrement de ces germes, 10 ml du milieu Giolitti Cantoni additionné de son additif est ensemencé par 1g du beurre de chèvre. L'incubation est réalisée à 37 °C pendant 24 heures **(Petranxienne et Lapied).**

Après incubation, 0,1 ml de chacun des tubes présentant un noircissement est ensemencé à la surface de la gélose Baird-Parker. La présence de *Staphylococcus aureus* est révélée par l'apparition des colonies noires, convexes, brillantes et entourées d'un halo d'éclaircissement due à l'hydrolyse des protéines des œufs, après une incubation de 24 heures à 37°C **(Petranxienne et Lapied).**

e. recherche et dénombrement des indologènes :

Les germes appelés indologènes, en se développant dans les produits laitiers, provoquent des dégradations plus ou moins complètes avec formation de produits malodorants. Ces bactéries sont à la base de mauvais goûts, de mauvaises odeurs et d'accidents de fabrication **(Petranxienne et Lapied).**

La recherche des indologènes s'effectue, par culture de deux tubes contenant chacun 9ml d'eau peptonée exempte d'indole par 1ml de la dilution 10^{-3} suivie d'une incubation à 30°C pendant 3 jours. La production d'indole est révélée en ajoutant dans chaque tube environ 0,5 ml du réactif d'Erlich Kovacs (apparition d'un anneau rouge) **(Petranxienne et Lapied).**

f. dénombrement de la flore fongique :

Pour réaliser ce dénombrement, on applique la technique déjà décrite en **II.2.1.**

g. dénombrement de la flore lipolytique :

Pour dénombrer cette flore, la phase lipidique stérilisée du beurre de chèvre est ajoutée à la gélose PCA à raison de 5 %, après émulsion, cette gélose est coulée dans des boites de Pétri et laissée solidifier. Ensuite, chaque boite est ensemencée en étalant 1ml de la dilution 10^{-3}. L'incubation est faite à 30 °C pendant 3 à 5 jours **(Bourgeois et Leveau, 1991).**

La révélation se fait en inondant les boites par une solution saturée de sulfate de cuivre et en rejetant le réactif au bout de 15 minutes de contact puis en rinçant soigneusement la surface de la gélose. La lipolyse fait apparaître autour de colonies des zones bleues-vertes dues à la formation des sels de cuivre insolubles des acides gras libérés **(Bourgeois et Leveau, 1991).**

h. dénombrement de la flore caséolytique :

Les bactéries caséolytiques sont des agents de dégradation de caséine d'où celle de certains produits laitiers. Ces germes possèdent des enzymes qui en hydrolysant la caséine contenue dans un milieu électif, apparaissent sous forme de colonies entourées d'une zone transparente **(Petranxienne et Lapied).**

La recherche des germes caséolytiques consiste en un ensemencement en surface de deux boites de Pétri contenant la gélose PCA additionnée de 5 % du lait écrémé stérilisé, par 1ml de la dilution 10^{-3}. Les boites sont étuvées à 30 °C pendant 2 à 3 jours. Les colonies de la flore caséolytique apparaissent entourées d'une zone d'éclaircissement due à une dégradation des protéines **(Bourgeois et Leveau, 1991).**

i. recherche de *Salmonella* :

Pour cette recherche, un préenrichissement est effectué en ensemençant 1g du beurre de chèvre dans 9ml du milieu liquide, eau peptonée tamponnée. L'incubation est dure 24 heures à 37 °C. La présence probable de *Salmonella* se traduit par un trouble dans le milieu. Les tubes présentant un trouble font l'objet d'un repiquage par épuisement sur gélose Hécktoen **(Guiraud, 2003).**

j. dénombrement de la flore psychrophile :

Certains microorganismes sont capables de se développer à des températures inférieures à 5°C, ils peuvent poser des problèmes au niveau de la conservation du lait et des produits laitiers à basse température **(Guiraud, 2003).**

Pour dénombrer cette flore, deux boites de Pétri contenant la gélose PCA préalablement coulée et solidifiée, sont ensemencées par étalement d'1ml de la dilution 10^{-3}, puis incubées à 6 °C pendant 7 à 10 jours. Après incubation toutes les colonies qui apparaissent sont dénombrées **(Guiraud, 2003).**

II.3.3. Contrôle physicochimique du beurre de chèvre et de l'intermédiaire de la fabrication :

II.3.3.1. Contrôle du pH et acidité du Lben :

Le Lben est une boisson préparée par fermentation spontanée du lait cru jusqu'à coagulation suivie d'un léger mouillage puis d'un barattage **(Tantaoui-Elaraki et *al.*, 1983).**
Le pH du Lben et son acidité sont déterminés selon les techniques déjà décrites en **II.2.1.2.**

II.3.3.2. Analyse physicochimique du beurre de chèvre :

a. détermination du point de fusion et le point de solidification :

Tous les corps gras naturels sont des mélanges de lipides. La majeure partie de ces lipides (98 % à 99 %) est constituée par des esters du glycérol et acylglycérol. Le point de fusion des différents acylsglycérols est lié au point de fusion des acides gras entrant dans leur composition. Ainsi, le point de fusion des acides gras saturés s'élève quand le nombre d'atomes de carbone croit **(Tremolières et *al.*, 1984).**

Pour mesurer le point de fusion, une quantité du beurre de chèvre est placée dans un bécher qui est laissé quelques temps au réfrigérateur ; ce bécher est ensuite porté au bain Marie tiède. La mesure du point de fusion est effectuée à l'aide d'un thermomètre **(Tremolières et *al.*, 1984).**

La mesure de point de solidification est effectuée selon la méthode suivante : Après la fonte d'une quantité du beurre de chèvre au bain Marie tiède, cette dernière est mise à la réfrigération. La température de solidification est mesurée en plongeant le thermomètre dans l'échantillon qui a pris sa masse **(Tremolières et *al.*, 1984).**

b. recherche de glycérol :

Le glycérol est mis en évidence selon la technique décrite par **Lecoq (1965)**: un volume du beurre de chèvre est introduit dans un tube à essai et ajouté du 3 ml de NaOH et 0,5 ml de

$CuSO_4$. S'il y a apparition d'une couleur bleue verte, le test est positif. Un témoin est réalisé de la même manière mais sans matière grasse.

c. détermination de taux d'humidité :

Pour réaliser cette manipulation, une prise d'essai de 10 g du beurre de chèvre est placée dans un creuset séché et taré qui est placé dans un four à 120°C, la pesé est réalisé à intervalle défini jusqu'à l'obtention d'un poids constant **(Berger et *al.*, 2004).**

d. détermination de taux d'impuretés :

Pour mesurer le taux d'impuretés, 2g de beurre de chèvre sont traités par un excès d'éther de pétrole suivi d'une filtration. Le filtre et le résidu sont ensuite lavés avec le même solvant, le résidu est séché à 103 ± 2 °C puis pesé **(Berger et *al.*, 2004).**

La teneur en impuretés insolubles est exprimée comme suivant **(Berger et *al.*, 2004) :**

$$\textbf{Impuretés (\%)} = (M_2 - M_1) \times 100 / M_0$$

Avec :

M_0 : Masse en gramme de la prise d'essai.
M_1 : Masse en gramme de creuset filtrant une fois séché à l'étuve.
M_2 : Masse en gramme de creuset filtrant et de résidu sec.

e. les indices :

Les indices représentent le fondement de la chémie analytique des corps gras et, malgré tous les progrès des techniques de laboratoire, certains de ces critères offrent encore un intérêt, de nos jours pour le contrôle de la qualité **(kuzdzal-Savoie, 2002).**

- Indice d'acide (I_a) :

Au cours du stockage, une matière grasse peut s'altérer et libérer de l'acidité libre provenant, soit de la libération d'acides gras (hydrolyse des triglycérides), soit de l'oxydation des liaisons éthyléniques des acides gras constitutifs des glycérides avec ouverture de ces liaisons conduisant à l'obtention d'acides gras fortement odorant à chaîne carbonée plus courte (phénomène de rancissement) **(Debbou et Chavana, 2002).**

$$\begin{array}{lcl} CH_2\text{-}COOR & & CH_2OH \\ | & & | \\ CH\text{-}COOR' & + \text{ lipase} + H_2O \rightarrow & CH\text{-}COOR' \quad + \quad R\text{-}COOH \\ | & & | \\ CH_2\text{-}COOR'' & & CH_2\text{-}COOR'' \\ \text{Ttiglycéride} & & \text{Diglycéride} \qquad \textbf{Acide gras libre} \end{array}$$

L'indice d'acide I_a représente la masse de potasse exprimée en milligrammes, nécessaire pour neutraliser l'acidité libre contenue dans un gramme de matière grasse. La teneur en acides libres des corps gras augmente avec le temps, l'indice d'acide permet donc de juger de leur état de détérioration. Cet indice est déterminé par la méthode suivante **(Debbou et Chavana, 2002) :**

2 grammes de chaque échantillon du beurre de chèvre est introduit dans un erlen Meyer additionné de 20ml de solvant isobutanol puis 20ml de potasse alcoolique et enfin 3 gouttes de la solution de phénol phtaléine. Le dosage est réalisé à l'aide d'acide chlorhydrique 0.5 N jusqu'au virage de l'indicateur à l'incolore. Un témoin est réalisé de la même manière mais sans matière grasse.

L'indice d'acide est donné par la formule suivante **(Lecoq, 1965):**

$$I_a = V_{Hcl\ témoin} - V_{Hcl\ essai} \times 56,1 \times N_{HCl} / P$$

Avec :

V : Volume en millilitre de la soude dornic utilisé pour le titrage.
N : La normalité de la solution de la soude.
P : Poids en gramme de la prise d'essais.

- Indice de saponification (I_s) :

L'indice de saponification est le nombre en milligrammes de potasse caustique (KOH) nécessaire pour transformer en savon les acides gras et les triglycérides d'un gramme de corps gras. Le titrage de l'excès d'hydroxyde de potassium en solution se fait par l'acide chlorhydrique **(Debbou et Chavana, 2002).**

$$R\text{-}COOH + KOH \rightarrow R\text{-}COO\text{-}K + H_2O$$

Pour la détermination de cet indice; 2 grammes de beurre de chèvre est introduit dans une fiole de 250 ml et additionnés de 25 ml de potasse alcoolique 30 %. Le mélange est agité pour dissoudre la prise d'essai, ensuite porté à l'ébullition au bain Marie bouillon pendant 30 minutes en agitant de temps à autre. Puis 3 gouttes de phénol phtaléine sont ajoutées.

Le dosage est réalisé à chaud avec l'acide chlorhydrique 0,5 N jusqu'au virage de l'indicateur à l'incolore. Un témoin est réalisé de la même manière mais sans matière grasse. L'indice de saponification est donné par la formule suivante **(Lecoq, 1965) :**

$$I_s = (n - n') \times 28,05 / P$$

Avec:

P : La prise d'essai (g).
n : Le nombre de millilitres d'acide chlorhydrique 0,5N utilisés pour le titrage de la potasse (blanc).
n' : Celui nécessaire pour le dosage proprement dit.

- L'indice d'iode (I_i) :

L'indice d'iode correspond au nombre de grammes d'iode fixés sur les doubles liaisons de 100 grammes de matière grasse purifiée et séchée **(Debbou et Chavana, 2002).**

Pour la détermination de cet indice, on a suivi la méthode décrite par Hübl **(Lecoq, 1965) :**
D'abord, on a préparé le réactif de Hübl comme suit : D'une part 25 grammes d'iode sont dissout dans 500 ml d'alcool éthylique pur 90°, et d'autre part 20 grammes de chlorure mercurique (bichlorure de mercure) sont dissout dans la même quantité d'alcool.

Le réactif de Hübl est obtenu par mélange à volume égal des deux solutions précédentes. Il doit être préparé 24 heures à l'avance et conservé à l'abri de la lumière.

Pour la mesure de l'indice d'iode, 0,42 grammes du beurre de chèvre sont introduites dans un erlen Meyer, 10 ml de tétrachlorure de carbone est ajouté pour dissoudre, puis 25ml de réactif de Hübl. L'erlen Meyer est bouché et agité puis abondonné à l'obscurité pendant 12 à 24 heures. Parallèlement, un blanc est effectué sans matière grasse.

Après 24 heures, 20 ml de la solution d'iodure de potassium à 30 % et 300 ml d'eau distillée sont ajoutés. La titration d'iode libéré est réalisée à l'aide de thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon, et l'indice d'iode est calculé par la formule suivante **(Lecoq, 1965) :**

$$\mathbf{I_i = (n - n') \times 0,01269 \times 100/P = 1,269 \times (n - n')/P}$$

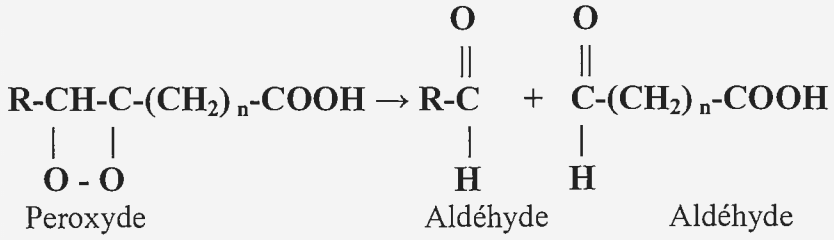
Avec :

P : La prise d'essai en gramme.

n, n' : Les nombres en millilitres de solution de thiosulfate 0,1N versés dans le blanc et le dosage proprement dit.

- L'indice de peroxyde (I_P) :

L'indice de peroxyde est recherché pour évaluer l'état de conservation d'une matière grasse au cours du stockage. En effet, les corps gras peuvent s'oxydent en présence d'oxygène et de certains facteurs favorisant (UV, eau, enzyme, trace de métaux,...) en donnant des peroxydes **(Debbou et Chavana, 2002).**



Pour déterminer l'indice de peroxyde, on a réalisé la manipulation suivante **(Lecoq, 1965) :** 1g du beurre est introduit dans un erlen Meyer et ajouté de 10 ml de chloroforme, après agitation pour dissoudre la prise d'essai, 15 ml d'acide acétique et 1ml d'iodure de potassium 133.33, sont ajoutés avec une agitation pendant 1 minute, l'erlen Meyer est bouché et laissé à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 5 minutes.

Après 5 minutes, 60 ml d'eau distillée est ajouté, l'erlen Meyer est agité vigoureusement. La titration est effectuée avec le thiosulfate de sodium 0,002 N après l'ajout de 3 à 4 gouttes d'empois d'amidon.

L'indice de peroxyde est calculé de la manière suivante **(Lecoq, 1965) :**

$$\mathbf{I_P = (V_h - V_t) \times N \times 100/P}$$

Avec :

V_t : Volume de thiosulfate de sodium utilisé dans l'essai témoin (ml).

V_h : Volume de thiosulfate de sodium utilisé dans le test normal (ml).

N : Normalité de thiosulfate de sodium.
P : La prise d'essai (g).

II.3.3.3. Analyse de la composition en acides gras du beurre de chèvre par GC-MS :

La GC-MS est devenue une technique couramment utilisée dans de nombreux laboratoires quelque soit leur domaine d'application. La GC-MS permet l'identification des composés d'un échantillon d'après leur spectre de masse et leur temps de rétention avec une grande sensibilité. Ces avantages font de cette technique une solution de choix pour les analyses complexes nécessitant une grande sensibilité **(Restek, 2006).**

Pour réaliser cette analyse, une masse de 20mg de chaque échantillon du beurre est placé dans un tube avec bouchon à vis puis additionnée de 0,5 ml d'heptane pour la purification. Après agitation, un volume correspondant à 0,2 ml de NaOH à 2 mole/l dans le méthanol est ajouté au contenu de tube, il est ensuite porté au bain Marie, agité puis additionné de 0,2 ml d'HCl à 2 mole/l. Après une nouvelle agitation, ce mélange est transvasé dans un petit tube en verre, abandonné dans un endroit pour décanter. Puis, un volume de 100 µl de la phase supérieure est prélevé, placé dans un tube en verre et évaporé en milieu ventilé. Enfin, le contenu de tube est repris dans 50 µl d'heptane **(ollivier et *al.*, 2006).**

L'étude par CPG nécessite **(Ritter et *al.*, 1976) :**
-Une phase stationnaire : le dimethyl polysiloxane.
-Un programme de température : gradient 65 °C à 250 °C.
-Mode d'injection : Split.
-Pression : 26,8 KPa.
-Flux total : 17,4 ml/min.

II.3.4. Analyse sensorielle du beurre (contrôle organoleptique) :

L'évaluation se faisant sur l'ensemble des caractéristiques, les différentes propriétés organoleptiques déterminant la qualité globale du beurre doivent être choisies à l'avance. Dans le cas de la caractérisation globale du beurre, il faut que le nombre de caractéristiques soit suffisant pour représenter correctement le produit analysé **(Luquet, 1986).**

La qualité organoleptique des produits finis a été évaluée par un groupe de cinq dégustateurs, ayant devant eux des assiettes contenant les trois types du beurre de chèvre codés : B.Z (beurre de Ziama), B.C (beurre de Chekfa), B.T (beurre de Texanna).
Les sujets vont remplir un formulaire **(voir II.2.1.3)** suivant la méthode de notification en attribuant une note pour chaque caractère examiné : aspect, odeur, structure, consistance et saveur **(Hurtaud et *al.*, 2006).**

Résultats et Discussion

III.1. Contrôle du lait de chèvre :

III.1.1. Caractères physiques du lait de chèvre :

Les résultats obtenus par l'analyse physique des trois échantillons du lait de chèvre sont illustrés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Résultats des caractères physiques des trois laits de chèvre.

Région de prélèvement Caractères examinés	Z	Ch	T
Couleur	Blanc mat	Blanc mat	Blanc mat
Odeur	Faible	Faible	Faible
Saveur	Variable	Variable	Variable
Consistance	Homogène	Homogène	Homogène
Z :Ziama ; Ch : Chekfa ; T : Texanna			

Il ressort du tableau ci-dessus, une stabilité des caractères physiques des trois échantillons du lait de chèvre analysés.

La couleur du lait de chèvre est blanc mat, cela peut s'expliquer d'après **Le Mens (1985)** par une pauvreté en β-carotène, car **Lucas et** *al.* **(2006)** ont rapporté que l'absence totale de β-carotène dans le lait de chèvre, s'explique en grande partie par une plus forte activité de conversion du β-carotène en rétinal dans l'intestin grêle des caprins.

Par ailleurs, **Sugère (1993),** a montré que la couleur du lait est sous l'influence, de l'alimentation fournie aux chèvres, de la race de la chèvre, de l'âge, de la date du dernier vêlage, mais aussi de stade de lactation.

En revanche, la faible odeur trouvée dans l'ensemble de nos échantillons peut s'expliquer d'après **Chevreul (1993)** par l'absence de putréfaction et le respect des conditions d'hygiène, ainsi, le lait de chèvre possède une odeur spécifique dite caprique, cette dernière est plus répondue chez les chèvres noires que les chèvres blanches.

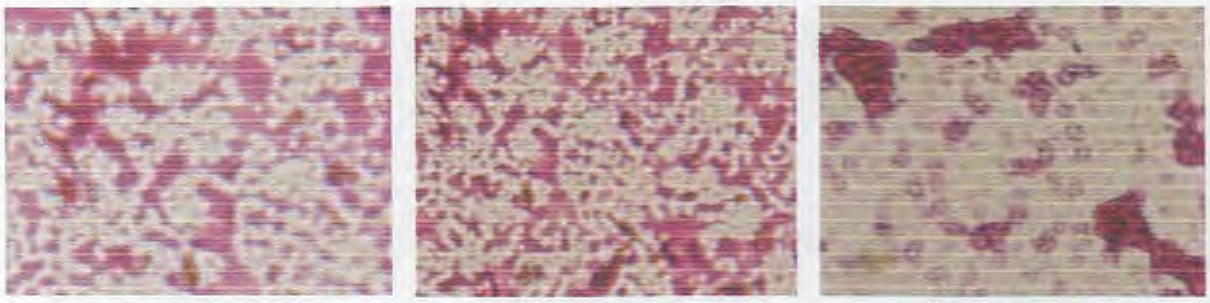
La saveur était caractéristique alors que la consistance est homogène pour les trois échantillons du lait de chèvre analysés. Cela peut expliquer par l'absence d'altérations microbiennes **(Sugère, 1993).**

III.1.2.Contrôle microbiologique :

III.1.2.1. Examen microscopique :

Les colorations sont utilisées soit pour accentuer le contraste des préparations (colorations simples), soit dans un but de mise en évidence ou d'identification (colorations différentielles) **(Guiraud et Galzy, 1980).** La coloration de Gram est l'une des colorations différentielles les plus utilisées, elle est un examen microscopique direct qui ne présente d'intérêt que si le lait est fortement contaminé **(Guiraud, 2003).**

Les observations microscopiques des trois échantillons du lait de chèvre colorés et analysés sont résumées dans le tableau 18 et illustrés par la figure 08.



Lait de chèvre Z **Lait de chèvre T** **Lait de chèvre Ch**

Figure 08 : Observations microscopiques des trois échantillons du lait de chèvre après coloration de Gram.

Tableau 18 : Résultats de la coloration de Gram.

Origine du lait	Observations
LZ	-Présence des coques et des diplocoques Gram + -Présence des longues chaînettes de coques Gram + -Présence des bacilles Gram + souvent en chaînettes
LCh	-Présence des coques Gram + -Présence des bacilles Gram + en chaînettes
LT	-Présence des coques Gram + en chaînettes -Présence de longues chaînettes de coques Gram +

La flore qu'on a observé sous microscope est généralement une flore à Gram +.
A la lumière des résultats du tableau 18, il apparaît que le lait de chèvre originaire de **Ch** est jugé comme étant un lait normal du fait qu'il renferme une flore normale, ce qui confirme que la traite a obéit aux conditions hygiéniques (matériel propre, manipulateur propre, mamelles bien lavées). Par ailleurs, les deux autres laits de chèvre originaires de **Z** et **T** présentent une contamination par des mammites streptococciques qui apparaissent sous forme de longues chaînettes de coques Gram + **(Figure 08)**, cela peut probablement être la conséquence d'une infection des mamelles ou un manque d'hygiène pendant la traite.

III.1.2.2.Qualité microbiologique globale du lait de chèvre :

Généralement, l'analyse d'un aliment n'est pas systématique et elle peut reposer sur des présomptions, le contrôle de la qualité sanitaire est basé sur la numération des germes totaux (flore aérobie mésophile) de l'aliment et sur la recherche de germes indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes (souvent associés à des flores pathogènes comme les salmonelles) , de germes indicateurs d'une contamination tellurique comme les anaérobies sulfito-réducteurs ou encore en fonction de la nature du produit sur la recherche de germes ubiquitaires et d'origine humaine ou animale comme les *Staphylococcus*. Les résultats obtenus permettent d'éliminer les produits suspects ou contaminés et surtout d'améliorer la qualité de fabrication par élimination des points critiques **(Cuq, 2008).**

Les résultats de la qualité microbiologique des trois échantillons du lait de chèvre étudiés sont enregistrés dans le tableau 19.

Tableau 19 : Résultats de contrôle microbiologique des trois laits de chèvre analysés.

Région de prélèvement **Flores recherchées et/ou dénombrées (UFC/ml)**	**Z**	**Ch**	**T**
FTAM (10^8)	9,76 ± 0,22	6,56 ± 0,45	2,94 ± 1,04
CT (10^3)	00	00	00
CTT (10^2)	00	00	00
Staphylococcus aureus	Abs	Abs	Abs
Flore lactique (10^2)	6,24 ± 2,71	7,28 ± 1,01	0,05 ± 0,01
CSR	00	00	00
ASR à 46°C	00	00	00
Salmonella	Abs	Abs	Abs
Streptocoques fécaux	110	46	110
Flore indologène	00	00	00
Levures et moisissures (10^2)	6,25 ± 1,47	3,6 ± 3,13	4,42 ± 2,84

III.1.2.3. Flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

L'analyse microbiologique des trois échantillons du lait de chèvre a montré la présence d'une flore aérobie mésophile très abondante. Il ressort du tableau ci-dessus des variations inter régions notables, ainsi, le lait de chèvre codé **Z** apparaît le plus contaminé avec une moyenne de $9,76.10^8 \pm 0,22.10^8$ UFC/ml, suivi par, celui codé **Ch** ($6,56.10^8 \pm 0,45.10^8$ UFC/ml), alors que le lait de chèvre codé **T** apparaît le moins contaminé avec une moyenne de $2,943.10^8 \pm 1,04.10^8$ UFC/ml **(Figure 09).**

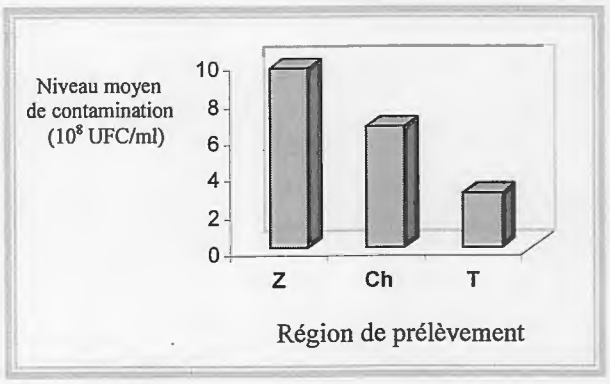


Figure 09: *Variation du niveau de contamination moyen en flore aérobie totale mésophile des trois laits de chèvre*

En respectant la norme **MAPAC (2007)**, qui exige une valeur de 10^5 UFC/ml au maximum, la totalité des échantillons du lait de chèvre analysée est jugée non conforme donc, très contaminés.

La présence de la FTAM n'est pas toujours corrélée avec la présence de microorganismes pathogènes, mais leur présence est reliée à un risque. Elle peut indiquer des conditions d'exploitation insatisfaisantes lorsque leur concentration augmente de façon significative. Ainsi, les dépassements observés révèlent des situations hors contrôle qui peuvent entraîner des risques pour la santé **(Cardinal, 2006).**

Outre, une numération aérobie mésophile élevée est un indicateur général de mauvaises pratiques (chaîne de froid non respectée, mauvais refroidissement, préparation à l'avance, conservation prolongée, température de maintient au chaud insuffisante, hygiène et salubrité, etc.) et non pas seulement un indicateur d'altération au sens strict. Indirectement, le non-contrôle de ces pratiques démontre que les produits issus de ces opérations peuvent entraîner un risque pour le consommateur **(Cardinal, 2006).**

Ainsi, pour évaluer la fraîcheur ou la durée de conservation des aliments, les microorganismes d'altération (bactéries lactiques, levures, moisissures, psychrotrophes, etc.) et l'analyse organoleptique doivent être privilégies au détriment de la numération aérobie mésophile **(Cardinal, 2006).**

III.1.2.4. Les coliformes totaux et les coliformes thermotolérants :

Le dénombrement des coliformes totaux (CT) et coliformes thermotolérants (CTT), est encore considéré comme un indice de contamination fécale **(Cuq, 2008).**

Il ressort du tableau 19, l'absence totale des coliformes totaux et thermotolérants dans les trois échantillons du lait de chèvre en question.

Comme la résistance des coliformes totaux et thermotolérants aux conditions extérieurs défavorables est faible (traitements technologiques divers, entreposage, etc.), leur nombre au moment de l'analyse ou fourni par l'analyse n'est pas toujours proportionnel à l'importance de contamination **(Cuq, 2008).**

Outre, la présence des coliformes en grande quantité est un indice de mauvaises pratiques d'hygiène ou de salubrité, ils sont appelés aussi microorganismes indicateurs, car, plus le nombre de coliformes est élevé dans le lait, plus les chances d'y trouver des microorganismes pathogènes sont grandes. C'est pourquoi, dans l'industrie laitière, ils deviennent un indice d'hygiène et de danger pour la santé du consommateur **(Vignola, 2002).**

Sur la lumière de ces donnés, les résultats traduisent donc que nos trois échantillons du lait de chèvre sont collectés et manipulés dans des bonnes conditions d'hygiène.

III.1.2.5. *Staphylococcus aureus* :

Staphylococcus aureus est une bactérie qui peut être disséminé facilement dans l'environnement et peut ainsi contaminer les aliments **(Cardinal, 2006).**

D'après les résultats consignés dans le tableau 19, nous remarquons une absence totale de *Staphylococcus aureus* dans les trois échantillons du lait de chèvre, donc ces résultats restent toujours dans la norme **MAPAC (2007),** qui est de 0 UFC/ml.

Les souches de *Staphylococcus aureus* d'origine varié (animal, humain ou environnemental), peuvent contaminer les aliments crus, leur présence peut indiquer une contamination humaine ou des mauvaises conditions d'entreposage sur le plan de manipulation et d'hygiène de manipulateurs (défaut d'hygiène) **(Cardinal, 2006).**

Elle provient aussi le plus souvent de la glande mammaire dans laquelle elle provoque une infection latente ou clinique. Son implantation dans le matériel de traite est fréquente. Le taux

de contamination maximum du lait est de quelques dizaines de milliers de bactéries par ml. La contamination d'origine humaine n'est pas rare **(Vivegnis et *al.*, 1998).** Elle peut avoir pour origine la peau, la bouche ou le nez du personnel manipulant l'aliment **(Belmihoub et Hamlaoui, 1991**).

Nos résultats confirment la qualité hygiénique satisfaisante des trois laits de chèvre analysés.

III.1.2.6. *Salmonella* :

Les résultats de la recherche de *Salmonella* indiquent que la totalité des échantillons du lait de chèvre est jugée exempte de ce germe, ce qui explique l'innocuité des laits de chèvre utilisés dans notre étude.

Salmonella est toujours pathogène. Il s'agit là d'un problème très important en microbiologie alimentaire qu'il faut prendre en considération, car la contamination des aliments par ce germe étant de plus en plus fréquente **(Cuq, 2008).**

III.1.2.7. Clostridium sulfitoréducteurs et les anaérobies sulfitoréducteurs (CSR et ASR 46 °C)

Les résultats relatifs au dénombrement des CSR et ASR (46 °C) ont montré l'inexistante complète de ces germes dans les trois laits de chèvre analysés.

Les clostridiums sont généralement répondus dans le sol et se retrouvent dans l'alimentation du bétail, l'environnement des étables et les souillures portées par les animaux. Ils peuvent donc contaminer le lait au moment de la traite mais leurs nombres sont toujours faibles par rapport aux autres bactéries qui contaminent le lait et sont susceptibles de s'y multiplier **(Cuq, 2008).**

Le niveau de contamination du lait en spores de *Clostridium* dépend principalement du nombre de spores dans les aliments distribués aux chèvres mais aussi de la quantité de spores présentes dans l'environnement des animaux et donc de la propreté de ces derniers et des conditions d'hygiène à la traite **(Berger et Accolas, 1986).**

Les résultats trouvés et les informations citées ci-dessus renforcent l'hypothèse que les chèvres productrices de ces trois échantillons du lait sont élevées dans des endroits dits propres et que la traite est déroulée dans des bonnes conditions hygiéniques.

III.1.2.8. Les bactéries lactiques :

Il est très net que, parmi les germes que nous avons dénombrés, les bactéries lactiques forment un des groupes importants dans le lait de chèvre. Leur nombre se trouve situé entre $0{,}05.10^6 \pm 0{,}01.10^6$ UFC/ml et $7{,}28.10^6 \pm 1{,}01.10^6$ UFC/ml, dont les trois laits de chèvre codés **Ch**, **Z** et **T** sont caractérisés par une valeur maximale ($7{,}28.10^6 \pm 1{,}01.10^6$ UFC/ml), une valeur moyenne ($6{,}24.10^6 \pm 2{,}71.10^6$ UFC/ml) et une valeur minimale ($0{,}05.10^6 \pm 1{,}01.10^6$ UFC/ml) respectivement **(Figure 10).**

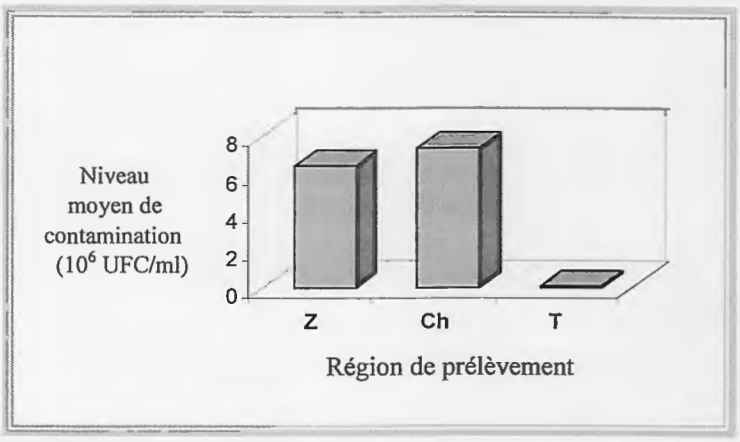


Figure 10: *Variation du niveau moyen de la flore lactique des trois laits de chèvre.*

Les bactéries lactiques ont une grande importance en laiterie. Leur principale propriété est de produire de l'acide lactique par fermentation du lactose, certains produisent en outre du gaz carbonique et divers composés, dont certains contribuent à l'arome des produits laitiers **(Novelloe et Tap, 2003).**

On peut dire aussi que, la charge microbienne concernant les bactéries lactiques, semble en ligne parallèle avec les flores déjà retrouvées, surtout la flore totale aérobie mésophile. Cette idée est enrichie par **Tormo et** *al.* **(2006)** qui ont annoncé la présence d'une corrélation entre ces deux groupes de microorganismes, ils ont rapporté alors que la diminution de la charge totale en microorganismes des laits, s'accompagne d'une réduction en microorganismes utiles et l'inverse est juste.

III.1.2.9. Les indologènes :

Suivant le tableau 19, l'absence complète des indologènes dans les trois laits de chèvre analysés est la résultante de la recherche de ces germes dans l'eau peptonée exempte d'indole.

La flore indologène semble sensible à l'acide lactique ; de ce fait, les laits acides sont souvent négatifs lors de la recherche des germes producteurs d'indole au moins pour les plus faibles dilutions de l'échantillon **(Petranxienne et Lapied, 1981).** En se basant sur ces donnés, l'acidité élevée de nos trois échantillons du lait de chèvre, leur assure une défense vis-à-vis de la croissance de ces germes, ce qui explique leur absence. Il est fort probable également que la flore lactique est productrice de facteurs antimicrobiens, ce qui offre une bonne stabilité microbiologique au lait de chèvre.

En outre, la flore indologène est responsable de la mauvaise qualité organoleptique, car elle provoque des dégradations et des modifications du goût et d'odeur **(Guiraud, 2003).** Donc, l'absence de cette dernière dans nos trois échantillons du lait de chèvre confirme qu'ils ont une qualité organoleptique et marchande satisfaisante.

III.1.2.10. Levures et moisissures :

Les levures et moisissures sont des agents importants de détériorations des aliments acides ou à faible activité d'eau, à forte teneur en sel ou en sucre, etc. et provoquent l'autolyse de

nombreux types d'aliments. Elles peuvent utiliser d'autres substrats tels que les pectines et d'autres glucides, les acides organiques, les protéines et les lipides. Elles résistent à la chaleur, au gel, aux antibiotiques. Elles peuvent provoquer une altération de l'odeur et de la saveur ainsi qu'une décoloration de l'aliment **(Cuq, 2008 et PHA, 1976).** Les mycotoxines qu'ils excrètent et présentent dans les aliments, inspirent des préoccupations croissantes **(Cuq, 2008).**

Concernant nos résultats, les levures et moisissures n'apparaissent qu'après 48 heures d'incubation. Leur nombre varie de $3,6.10^4 \pm 3,10.10^4$ UFC/ml à $6,26.10^4 \pm 1,47.10^4$ UFC/ml, dont la valeur maximale ($6,26.10^4 \pm 1,47.10^4$ UFC/ml) est enregistrée dans le lait de chèvre codé **Z,** une valeur moyenne de $4,24.10^4 \pm 2,84.10^4$ UFC/ml est enregistrée pour le lait de chèvre codé **T**, alors qu'une valeur minimale ($3.6.10^4 \pm 3,10.10^4$ UFC/ml) est notée pour le lait de chèvre codé **Ch**.

Ces résultats sont en désaccord avec ceux trouvés par **Tantaoui-Elaraki et** *al.* **(1983),** qui ont mentionné une absence totale des levures et moisissures dans le lait de chèvre Marocain **(Figure11).**

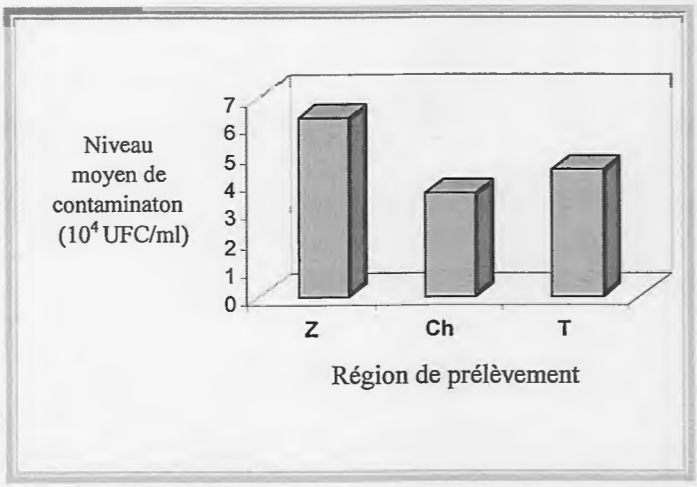


Figure 11: *Variation du niveau de contamination moyen par la flore fongique des trois laits de chèvre.*

Comme, les levures et moisissures peuvent se développer dans un éventail de valeur de pH, mais la majorité préfèrent un milieu acide, donc leur nombre élevé peut être expliquer par le fait que, les trois échantillons du lait de chèvre analysés demeurent un milieu favorable pour leur développement surtout les levures.

Les moisissures sont largement répondues dans la nature (air, sol, eau,...) et elles peuvent très contaminer facilement les aliments en cours de fabrication. La contamination des aliments par les levures et moisissures, est actuellement considérée avec beaucoup d'attention en raison des mycotoxines que ces microorganismes sont capables de synthétiser **(Cuq, 2008).**

Aussi, Elles peuvent sporuler au cours d'opérations technologiques comme la déshydratation, l'acidification, la réfrigération et l'abaissement de l'activité de l'eau. Les levures acidophiles, psychrotrophes ou osmophiles peuvent induire des altérations profondes dans les aliments (structure, propriétés organoleptiques, etc.). La plupart d'entre elles ne sont pas pathogènes **(Cuq, 2008).**

III.1.2.11. Les streptocoques fécaux :

Le reste de la microflore que nous avons étudié, constitue les streptocoques fécaux qu'ils déterminent la qualité hygiénique des trois laits de chèvre concernés. Leur nombre est variable de 46 UFC/ml à 110 UFC/ml où les deux laits de chèvre codés **Z** et **T** représentent une valeur similaire dite maximale de 110 UFC/ml. En revanche, une valeur minimale estimée de 46 UFC/ml est notée pour le lait de chèvre codé **Ch (Figure 12).**

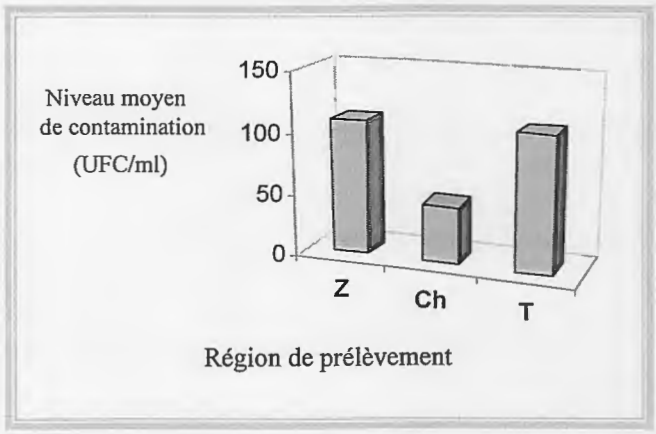


Figure 12: *Variation du niveau de contamination moyen par les streptocoques fécaux des trois laits de chèvre.*

Malgré leur nombre relativement faible par rapport à celui trouvé par **Tantaoui-Elaraki et** *al.* **(1983)** ($2,5.10^3$ UFC/ml à 11.10^3 UFC/ml), le rôle de ces microorganismes ne doit pas être négligeable car ils peuvent contribuer au processus d'acidification du lait **(Tantaoui-Elaraki et** *al.*, **1983).**

La présence des streptocoques fécaux dans les produits laitiers transformés indique le plus souvent, non pas une contamination fécale, mais une défectuosité du traitement thermique, de la technologie **(Petranxienne et Lapied, 1981).**

III.1.3. Contrôle physicochimique :

III.1.3.1. Test de stabilité à l'ébullition :

Le lait est unique parmi les fluides biologiques quand à sa stabilité face au chauffage. On peut facilement le porter à ébullition sans observer de changement macroscopique **(Vignola, 2002).**

Les résultats concernant le test de stabilité à ébullition nous autorise à dire que, tous les échantillons du lait de chèvre analysés sont, pour la plupart, stables à la chaleur à l'exception toutefois du lait de chèvre codé **T**.

En général, l'instabilité de ce lait est expliquée par le fait que, la production d'acide lactique, en faisant abaisser le pH, provoque une déstabilisation progressive de la dispersion micellaire, ce qui rend le lait de moins en moins stable au traitement thermique et peut entraîner sa coagulation même à température ambiante **(Novelloe et Tap, 2003).** Ceci est en marche avec les résultats de la mesure de pH et d'acidité qui ont montré que le lait de chèvre codé **T** est le plus acide.

En outre, la résistance du lait à la chaleur est surtout due aux micelles de caséines. Elle dépend de certains facteurs dont le pH, le stade de lactation, la concentration en urée, en lactose et en différents sels. Généralement l'addition de phosphate dissodique améliore la stabilité du lait par l'augmentation du pH **(Vignola, 2002).**

III.2.3.2. La densité :

La détermination de la densité contribue à la recherche d'un mouillage éventuel et sert également à mettre en évidence des teneurs insuffisantes en certains composants du lait **(Ritter et *al.*, 1973).**

Le tableau 20 comporte les résultats de la mesure de la densité des trois échantillons du lait de chèvre étudiés.

Tableau 20: Résultats de mesure de la densité moyenne des trois échantillons du lait de chèvre.

Région de prélèvement / **Paramètres**	**Z**	**Ch**	**T**
Densité	1160 ± 14,14	1420 ± 70,71	1670 ± 141,42

D'après les résultats trouvés, la densité des trois échantillons du lait de chèvre varie de 1160 ± 14,14 à 1670 ±147,42 dont la valeur maximale est obtenue avec le lait de chèvre codé **T** (1670 ± 141,42), la valeur moyenne est mesurée dans le lait de chèvre codé **Ch** (1420 ± 70,71), bien que la valeur minimale est représentée par le lait de chèvre codé **Z** (1160 ± 14,14) **(Figure 13).**

Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par **Rechak et *al.* (2008)** et **Le Mens (1985),** qui ont donné en ordre des intervalles de [1020 -1035] et [1026 -1042] respectivement.

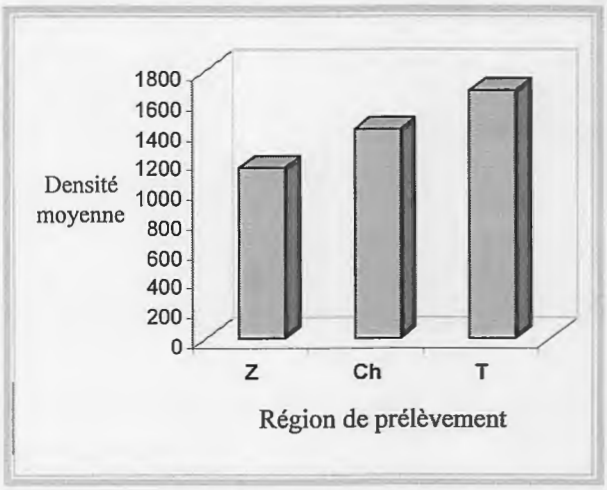


Figure 13: *Variation de la densité moyenne des trois laits de chèvre selon la région de prélèvement.*

De plus, **Le Mens (1985),** a rapporté que la densité du lait de chèvre est fonction de la saison, du stade physiologique et de la race. Elle est sous la dépendance de deux facteurs principaux :

la teneur en matière sèche et en matière grasse, la densité diminue avec l'augmentation du taux butyreux alors que l'addition d'eau au lait diminue également cette dernière.

Ceci est en accord avec nos résultats car l'échantillon qui a la densité la plus basse contient un taux élevé en matière grasse, c'est le cas du lait de chèvre codé **Z**. Il semble aussi que ce dernier sera meilleur s'il est valorisé dans la technologie de matière grasse, en assurant un bon rendement **(Coulon et *al.*, 2005).**

III.1.3.3. pH et acidité titrable :

La physicochimie des solutions permet souvent d'atteindre des grandeurs significatives sans avoir à connaître la composition détaillée du milieu. C'est le cas du pH qui est déterminé sans connaître les concentrations soit des acides et des bases qui conditionnent sa valeur **(Ribereau-Gayon et *al.*, 1982).**

Les résultats relatifs à la mesure du pH et de l'acidité titrable des trois échantillons du lait de chèvre analysés sont enregistrés dans le tableau 21.

Tableau 21: Résultats du pH et d'acidité titrable moyens des trois laits de chèvre analysés.

Région de prélèvement / Paramètres	Z	Ch	T
pH	6,77	6,77	6,56
Acidité (°D)	22,5 ± 0,70	21,5 ± 0,70	41,5 ± 0,70

En se rapportant aux résultats du tableau 21, il apparaît que les valeurs du pH varient entre pH 6,56 et pH 6,77 ; en parallèle les valeurs d'acidité se situent dans l'intervalle 21,5 ± 0,70°D et 41,5 ± 0,70 °D, dont le lait de chèvre codé **T** représente le bas pH (pH 6,56), ce qui lui réserve une valeur maximale d'acidité de 41,5 ± 0,70°D, les deux laits de chèvre codés **Z** et **Ch** ont une même valeur du pH (pH 6,77) avec deux valeurs différentes d'acidité estimées à 22,5 ± 0,70°D et 21,5 ± 0,70°D respectivement **(figure 14).**

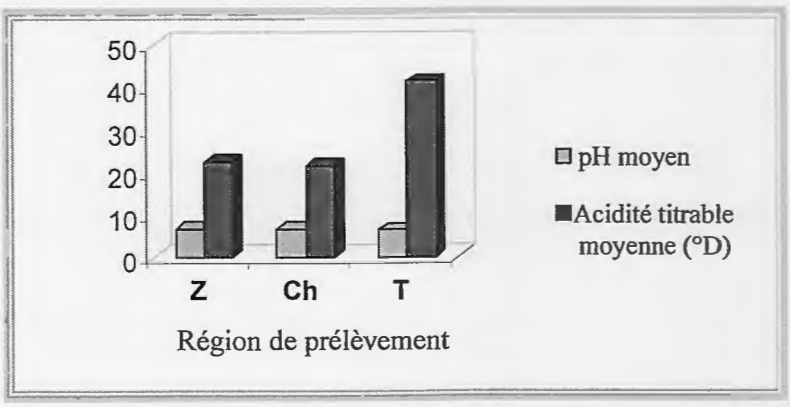


Figure 14: *Variation de pH et d'acidité titrable moyens des trois laits de chèvre.*

Les valeurs de pH obtenues sont similaires, plus proches à celles rapportées par **Parkash et Jenness (1978)** et **Rechak et *al.* (2008)** qui ont trouvé des valeurs de pH 6,3 à pH 6,7 et pH 6,65 à pH 6,80 respectivement.

Ainsi, des mesures effectuées par **Le Mens (1985),** sur les laits de chèvre de race Alpine, Chamoisée et Saanen sur l'ensemble de la lactation, montrent des variations du pH de pH 6,50 à pH 6,80 ; valeurs presque identiques à nos résultats.

La mesure du pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait. Un lait frais normal est neutre, ou à tendance légèrement acide vis-à-vis de l'eau pure (à 20°C, pH =7). S'il y a action des bactéries lactiques, une partie du lactose du lait sera dégradé en acide lactique, ce qui entraîne une augmentation de la concentration du lait en ions hydronium H_3O^+ et donc une diminution de pH **(Le Mens, 1985).**

A noter, que le colostrum est plus acide que le lait normal du fait de sa teneur élevée en protéines, alors que le lait de fin de lactation et celui d'un animal malade, ont généralement un pH plus élevé. Le pH du lait dépend principalement de la présence de caséine et d'anions phosphoriques et citriques **(Vignola, 2002).**

Concernant l'acidité titrable, les valeurs sont jugées élevées par comparaison à celles rapportées par **Rechak et *al.* (2008)** (17,5°D à 20°D).

Ainsi **Le Mens (1985),** a rapporté que l'acidité du lait de chèvre varie de 12 °D à 14°D au moment de la traite. Cette acidité naturelle est fonction de stade de lactation qui, lui-même, engendre une variation du taux de caséines. L'acidité naturelle est liée au teneur en caséine, sels minéraux, et en ions. En fin de lactation l'acidité qui est liée à la richesse du lait en caséines, est de l'ordre de 16°D à 18 °D.

A signaler, que l'acidité titrable est l'un des paramètres les plus importants à mesurer pour le lait, elle mesure la quantité d'acide présente dans ce dernier **(Coton et *al.*, 2005).**

L'augmentation de l'acidité des trois échantillons du lait de chèvre étudiés est due, d'une part, à la richesse du lait en protéines surtout les caséines et la lactalbumine, en substances minérales tels que les phosphates et le CO_2, et en acides organiques, le plus souvent l'acide citrique. D'autre part, elle est due à la production d'acide lactiques et d'autres acides provenant de la dégradation microbienne du lactose dans les laits altérés **(Vignola, 2002).**
De même, **Masle et Morgan (2001)**, ont montré que le stade de lactation influence de manière significative sur l'aptitude à l'acidification du lait de chèvre, où, en début et en milieu de lactation, le lait de chèvre se caractérise par une capacité maximale d'acidification peu élevée.

III.1.3.4. L'activité réductase :

Le test de l'activité réductase est utilisé comme un indicateur pour estimer la qualité microbiologique du lait de chèvre. Il est basé sur le fait que le temps de réduction de bleu de méthylène dans le lait est en relation forte avec le nombre total des microorganismes présents dans ce dernier **(Samaras et Kehagias, 1987).**

Les résultats concernant le test de l'activité réductase des trois laits de chèvre analysés sont consignés dans le tableau 22.

Tableau 22 : Développement de l'activité réductase avec le temps.

Temps de réduction / Echantillons	T_0	T_0-15'	15'-1h	1h-3 h	Plus de 3 h
L Z	–	–	–	–	–
LCh	–	–	–	–	–
L T	–	–	–	–	+
- : Réductase négative ; + : Réductase positive					

Les résultats conservés dans le tableau 22, indiquent une absence de précipitation ou formation de coagulum pendant la période d'étude, pour les deux échantillons du lait de chèvre codés **Z** et **Ch**, donc il n'y a aucune modification due au développement microbien, ce qui explique une stabilité à température ambiante, ainsi ces deux laits sont qualifiés de qualité satisfaisante. En revanche, une réduction de bleu de méthylène, après 3 heures, a été enregistrée dans l'échantillon du lait de chèvre codé **T**, ce qui indique que ce lait est légèrement contaminé.

On sait que la réduction de bleu de méthylène n'est pas un phénomène simple, mais un phénomène complexe dont diverses explications ont été données.

Grimes et *al.* **(1982),** indiquent que « le lait frais, exempte d'oxygène dissous, tenu au contact de bleu de méthylène dans des conditions entièrement anaérobies, le réduira généralement en 2 heures » et que « le lait contenant peu de bactéries qu'on maintient exempte d'oxygène atmosphérique en le faisant traverser par un courant d'oxygène, réduit le bleu de méthylène en 45 minutes à 40°C ». De même ils expriment l'opinion que « lors de la réduction de bleu de méthylène, l'acide citrique joue le rôle d'hydrogénant, tandis que les sels du lait jouent le rôle de catalyseur »

De plus, les mêmes auteurs déclarent que « le bleu de méthylène est un indicateur de l'intensité de l'oxydation-réduction. Dans le lait, l'intensité de la réduction dépend principalement de l'oxygène dissous. Les bactéries consomment de l'oxygène, par conséquent, cette épreuve est un thermomètre de l'activité bactérienne ».

Ainsi, ils ont rapporté que « pour des résultats scientifiques, l'épreuve de la réductase est sans valeur, tandis qu'elle peut être employée dans le but pratique comme une méthode approximative de la détermination de la fraîcheur du lait ». Enfin, ils concluent que « comme épreuve complémentaire, l'épreuve de la réductase peut avoir de l'importance, car elle donne déjà des renseignements sur une acidité débutante, quand la dégustation et les méthodes de titration ne donnent encore aucun indice ».

III.1.3.5. Le point de congélation :

De toutes les constantes chimiques et physiques, c'est le point de congélation qui présente la marge de variation la moins grande. Ce critère est donc déterminant lorsqu'il s'agit de déceler si le lait a été mouillé **(Ritter et** *al.*,**1976).**

Les résultats de la mesure de point de congélation des trois échantillons du lait de chèvre sont illustrés dans le tableau 23.

Tableau 23 : valeurs moyennes des points de congélation des trois laits de chèvre.

Région de prélèvement	Le point de congélation moyen (°C)
Z	+1,03
Ch	+1,26
T	+ 0,4

Il ressort du tableau que les valeurs de point de congélation varient de 0,4 °C à 1,26 °C. La valeur maximale (1,26 °C) et minimale (0,4 °C) ont été enregistrées dans les deux laits de chèvre codés **Ch** et **Z** respectivement, alors qu'une valeur moyenne (1,03 °C) a été notée dans le lait de chèvre codé **T (Figure 15).**

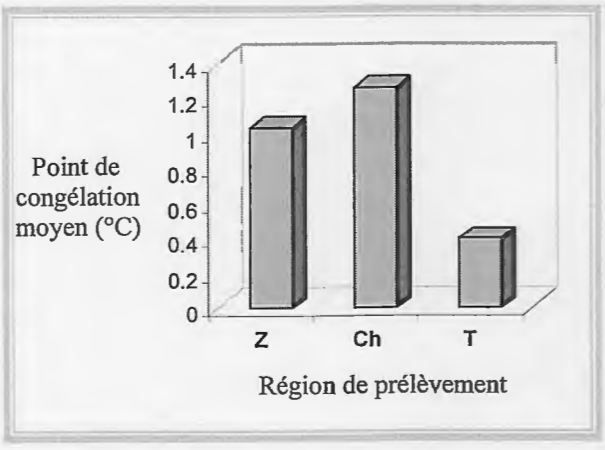


Figure 15: *Variation de point de congélation moyen des trois laits de chèvre.*

Concernant nos résultats, il apparaît que le point de congélation des trois laits est supérieur à ceux obtenus par **Le Mens (1985) et Ritter et** *al.* **(1976),** qui ont trouvé respectivement les valeurs suivantes : -0,583 °C et -0,547 °C, ce qui nous permet de déceler que les trois laits de chèvre sont trop mouillé car d'après **Le Mens (1985),** le mouillage élève le point de congélation vers le zéro, ainsi, un point de congélation de -0,501°C indique un mouillage de 7,2 % alors qu'un point de - 0,270 °C indique un mouillage de 20 %. Cependant, si on exclu l'hypothèse du mouillage, il se peut que ces résultats sont lié au stade de lactation, à l'alimentation ou encore à la race.

III.1.3.6. La matière sèche, la matière minérale et la matière organique :

La composition du lait de chèvre est bien connue au moins en ce qui concerne les constituants principaux. La matière sèche se compose d'une part de trois fractions organiques de même ordre d'importance qui sont la matière grasse, les protéines et le lactose, et d'autre part, de cendres **(Remond, 1985).**

Les résultats de détermination de la matière sèche, minérale et organique des trois laits de chèvre sont résumés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Résultats de la détermination de la MS, MM et MO.

Région de prélèvement Les paramètres	Z	Ch	T
MS (g/l)	96,06 ± 0,02	94,41± 0,44	79,06 ± 0,62
MO (g/l)	89,38 ± 0,36	90,02 ± 0,48	75,9 ± 0,19
MM (g/l)	6,68 ± 0,38	4,39 ± 0,03	3,16 ± 0,42

D'après ces résultats, on remarque que les valeurs de la matière sèche s'étendent de 79,06 ± 0,62 g/l à 96,06 ± 0,02 g/l , dont le lait de chèvre codé **Z** est le plus riche en matière sèche avec une valeur de 96,06 ± 0,02 g/l, valeur proche à celle du lait de chèvre codé **Ch** (94,41 ± 0,44 g/l) ; alors que le moins riche des laits de chèvre en matière sèche, est celui codé **T** avec une valeur de 79,06 ± 0,62 g/l **(Figure 16).**

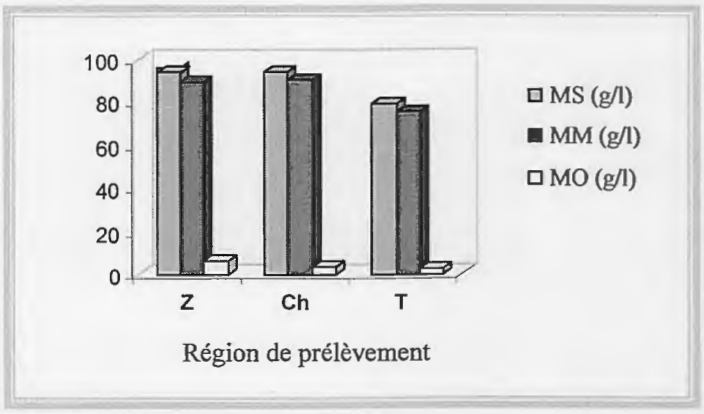


Figure 16: *Variation des teneurs en MS, MM et MO des trois laits de chèvre selon la région de prélèvement.*

Ces valeurs sont inférieures à celle rapportées par **Luquet (1985),** qui a donné en moyenne une valeur estimée à 138 g/l. Donc, les trois laits de chèvre analysés sont qualifiés moins riches en matière sèche.

En matière minérale, les valeurs sont étendues entre 3,16 ± 0,42 g/l et 6,68 ± 0,38 g/l. Ces résultats montrent une différence du point de vue, richesse en matière organique des trois échantillons du lait de chèvre, où le lait de chèvre codé **Z** représente la haute valeur estimée à 6,68 ± 0,38 g/l, le lait de chèvre codé **Ch** représente la valeur moyenne de 4,39 ± 0,03 g/l tandis qu'une valeur basse de 3,16 ± 0,42 g/l est notée pour le lait de chèvre codé **T**.

Parmi les auteurs qui se sont intéressés à l'étude de la matière minérale du lait de chèvre, on trouve **Le Mens (1985),** qui a montré que la matière minérale du lait de chèvre est de 73 g/l. d'après la donnée de cet auteur, nos trois échantillons du lait de chèvre sont jugés très riches en matière minérale.

La matière organique est en relation avec la matière sèche et la matière minérale, ses valeurs varient de 75,09 ± 0,19 g/l à 90,02 ± 0,48 g/l. Ainsi, le lait de chèvre codé **T** qui possède la valeur de 75,9 ± 0,19 g/l est le moins riche en matière minérale, par rapport à ceux codés **Z** et **Ch** qui ont respectivement les valeurs de 89,38 ± 0,36 g/l et 90,02 ± 0,48 g/l.

Selon **Grandi Pierre et** *al.* **(1988)** et **Juarez et Romos (1986)**, la grande variation de la composition du lait de chèvre en matière sèche, minérale et organique, est due à l'influence de plusieurs facteurs liés à l'animal, la saison et aux pratiques d'élevage. Ces facteurs peuvent être génitiques, physiologiques (stade de lactation), nutritionnels ou écologiques **(Mathieu et** *al.*, **1976).**

III.1.3.7. Le taux butyreux et le taux protéique :

Le taux protéique (TP) et le taux butyreux (TB) représentent respectivement les teneurs en protéines et en matière grasse qui constituent ce que l'on appelle traditionnellement la matière sèche utile de lait. Pour le producteur, ces deux critères sont à la base du système de paiement du lait à la qualité **(Jaubert, 1997).**

Le tableau 25 récapitule les résultats de taux butyreux et de taux protéique des trois laits de chèvre.

Tableau 25 : Résultats des taux butyreux et protéique des trois laits de chèvre.

Région de prélèvement / **Paramètres**	**Z**	**Ch**	**T**
TB (g/l)	49	44	40
TP (g/kg)	16,27	6,70	14,04

D'après les résultats obtenus, il apparaît clairement qu'il y a une variabilité entre les trois échantillons du lait de chèvre ; liée au richesse en matière grasse et en protéines. Ainsi on a obtenu des valeurs qui se situent entre 40g/l et 49 g/l pour le taux butyreux dont la valeur maximale, la valeur minimale et la valeur moyenne sont de l'ordre 49 g/l, 40 g/l et 44 g/l pour le lait de chèvre codé **Z**, le lait de chèvre codé **T** et le lait de chèvre codé **Ch** respectivement **(Figure 17).**

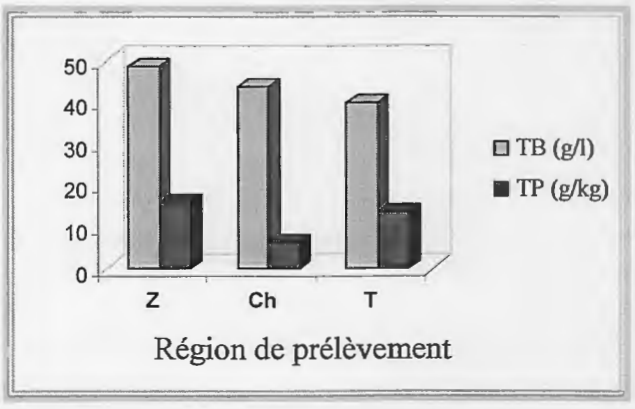


Figure 17: *Variation des taux butyreux et protéiques moyens des trois laits de chèvre.*

Pour le taux protéique, les valeurs oscillent entre 6,70 g/kg et 16,27 g/kg, avec des valeurs ; maximale (16,27 g/kg), minimale (6,70 g/kg) et moyenne (14,04 g/kg) enregistrées successivement dans les trois laits de chèvre codés **Z, Ch** et **T.**

En comparant ces résultats à ceux trouvés par **Rechak et** *al.* **(2008)** (50 g/l à 52 g/l), les trois échantillons du lait de chèvre sont considérés moins riches en matière grasse. Une opposition à noter à l'égard en se référant à **Grappin (1981)** qui a montré que la teneur moyenne de la matière grasse du lait de chèvre est de 33,819 g/l.

Concernant les résultats de taux protéique, et par comparaison avec ceux trouvés par **Rechak et** *al.* **(2008)** qui sont de l'ordre de 11,48 g/kg et 15,95 g/kg, nous constatons une variabilité remarquable de la richesse en protéines de nos trois échantillons du lait de chèvre étudiés.

Cependant, **Grappin (1981),** a montré que le taux protéique du lait de chèvre est en moyenne de 28,18 g/kg, cela signifie que nos trois échantillons analysés sont qualifiés très pauvres en protéines.

Les variations liées aux taux butyreux et protéique des trois laits de chèvre collectés de trois régions différentes pourraient être liées à des facteurs divers :

L'alimentation peut affecter la composition du lait d'au moins de trois façons différentes ; par des apports alimentaires, azotés et énergétiques notamment, par la nature de ses constituants, et par les contaminations microbiennes qu'elles peut entraîner, en particulier en spores butyriques **(Decaen et journet, 1976).**

De même, **Decaen et journet (1976)** ont rapporté que le taux butyreux varie beaucoup plus que le taux protéique sous l'effet de l'alimentation. Des taux butyreux chroniquement élevés sont dus, toutes choses égales par ailleurs, à l'utilisation qui lui sont favorables (ensilage de maïs, lactosérum,....) alors que les taux butyreux faibles sont généralement dus à des modifications importantes de la digestion dans le rumen provoquées par un apport excessif ou mal réparti de glucides rapidement digérés, et/ ou, par un apport insuffisant de fibres longues.

Dans le même sens d'idée **Spike et Freeman (1977),** ont montré que le taux protéique est essentiellement lié au niveau energitique de la ration qui dépend des qualités d'aliments distribués, de leur nature et leur qualité, mais aussi de l'équilibre entre les différents constituants et en particulier de la proportion de matières azotées. Sous l'effet de l'alimentation, le taux protéique varie donc dans le même sens que la quantité du lait produit, alors qu'il a tendance à varier en sens inverse du taux butyreux.

Cependant, **Remond (1985)** a fait le point sur la saison qui a une influence importante et souvent sous-estimée qui se rajoute aux autres facteurs de variation et dont il faut tenir compte pour interpréter la composition du lait. Le taux protéique diminue de janvier à la fin de la période de stabulation, remonte de façon fugace (1 à 2 mois) à partir de la mise à l'herbe puis diminue jusqu'au milieu de l'été où il atteint son minimum, il remonte ensuite pendant la fin de la période de pâturage (printemps) et pendant la période de stabulation d'automne.

Le même auteur **(1985)** a montré qu'en général les laits d'hiver sont plus riches en matière sèche, matière grasse et matière azotée que les laits d'été. Ces variations résultent essentiellement de la conjonction des influences de stade de lactation moyen (car les vêlages ne sont pas répartis de façon homogène au cours de l'année), de la nature et du niveau des apports alimentaires et de la saison.

La température a été le premier facteur climatique mis en évidence en cause dans les variations saisonnières de la composition du lait. En fait, de nombreuses études menées dans

des chambres climatiques à l'université de Missouri entre 1949 et 1962, il ressort que la production et la composition du lait ne varient pas dans une très large gamme de température : entre 0°C et 12°C au moins **(Remond et Vermorel, 1982).**

Il est donc concluant que, dans les pays tempérés, la température puisse expliquer la variation importante des taux butyreux et protéiques au cours de la saison de pâturage, bien que certains fortes chaleurs puissent modifier passagèrement la composition du lait **(Boucquier, 1985).** En fait, c'est l'évolution de la longueur des jours et des nuits qui permet d'expliquer cette évolution. Le mécanisme par lequel s'exerce cette influence n'a encore fait l'objet que de peu d'études chez la vache, mais semble qu'une photopériode longue accroisse les teneurs sanguines en prolactine et en hormone de croissance chez la brebis **(Boucquier, 1985)** et chez la chèvre **(Terqui et *al.*, 1983),** hormones qui participent au contrôle du fonctionnement de la mamelle.

Le stade de lactation et l'âge font également partie des facteurs de variation de la composition du lait. Les teneurs du lait en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse à la quantité du lait produite : élevées au tout début de lactation (au cours des deux premières traites pour ce qui concerne les protéines ; **Rook et Campling, 1985 ; Voigtlander et Glasser, 1974**), elles diminuent de façon rapide pour être généralement minimales au cours de 2eme ou 3eme mois de lactation. Puis, après un éventuel palier de durée très variable selon, en particulier les individus **(Jarrige et Rossetti 1977),** et la saison **(Remond, 1985 ; Journet et Hoden, 1978),** elles s'accroissent jusqu'à la fin de lactation, souvent de façon accélérée au cours des deux derniers mois.

L'effet de l'âge est difficile à apprécier car il résulte très généralement, soit d'une comparaison d'animaux contemporains, ce qui ne prend pas en compte l'effet d'éventuelles différences dans les caractéristiques génétiques des animaux, soit beaucoup moins souvent d'une comparaison des lactations successives des mêmes animaux, ce qui néglige une éventuelle influence des changements d'environnement, de l'alimentation en particulier **(Rook, 1978 ; Knight, 1980 ; Rogers et Stewart, 1982).**

Les évolutions des teneurs en matières grasses et en protéines du lait au cours de lactation peuvent subir l'influence de nombreux facteurs, parmi les plus intéressant, l'influence de la gestation et de la race. Les teneurs en protéines et en matière grasse du lait d'autant plus élevée en moyenne pour l'ensemble de la lactation que la gestation chevauche plus longtemps la lactation **(Parkhie et *al.*, 1986).** Cette action de la gestation sur la composition de lait se ferait ressentir à partir du 2eme mois de gestation **(Bailey, 1982)** ou du 4eme – 5eme mois **(Wilcox et *al.*, 1979).** Elle serait due aux sécrétions accrues de progestérone et d'oestrogènes qui, en diminuant la quantité du lait secrété, accroîtraient de façon passive sa richesse.

Les teneurs du lait en protéines (ou en matière sèche dégraissé) et en matière grasse diminuent moins en début de lactation et s'accroissent davantage au cours de la phase d'enrichissement dans les races où ces teneurs sont élevées que dans les autres races **(Journet et Jarrige, 1980).**

III.1.3.8. L'énergie du lait de chèvre :

En appliquant la formule suivante :

$$\textbf{Energie du lait} = 312{,}92 + 11{,}168 \times \textbf{taux butyreux} = ‰$$

Les valeurs énergétiques théoriques des trois laits de chèvre provenant des trois régions distinctes sont présentées dans le tableau 26.

Tableau 26 : Valeurs énergétique théoriques des laits de chèvre étudiés.

Région de provenance	**Z**	**Ch**	**T**
Valeur énergétique (‰)	$1,7 .10^5$	$1,53 .10^5$	$1,39 .10^5$

Les valeurs énergétiques des trois laits de chèvre étudiées sont comprises entre $1,39 .10^5$(‰) et $1,39 .10^5$ (‰). Ainsi, le lait de chèvre codé **Z** a présenté la haute valeur énergétique estimée de $1,7 .10^5$ (‰), suivi de celui codé **Ch** ($1,53 .10^5$ ‰) et enfin vient le lait codé **T**, ($1.39 .10^5$ ‰) **(Figure 18).**

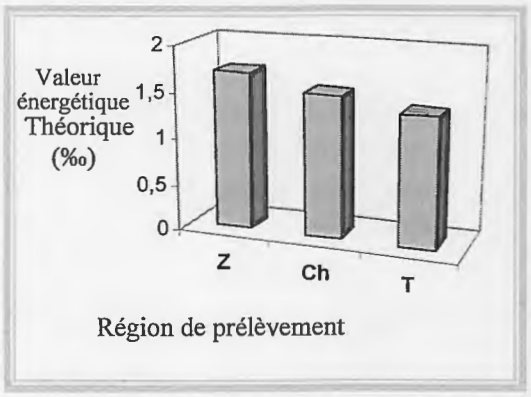


Figure 18: *Variation des valeurs énergétiques théoriques des trois laits de chèvre.*

Le lait de chèvre est une source importante d'énergie, apportant de l'ordre de 700 Kcal/l. Cette caractéristique peut probablement expliquer de nombreuses observations de gain de poids chez l'enfant malade. En fait, l'utilisation du lait de chèvre dans cette situation est recommandée depuis fort longtemps **(Desjeux, 1993).**

Cependant, ce n'est que tout récemment que l'effet nutritionnel du lait de chèvre a été véritablement mesuré et comparé à celui du lait de vache par une équipe de pédiatres Malgaches. Cette équipe a clairement montré qu'il était possible de réalimenter avec succès des enfants malnutris de plus de 1 an. Ainsi donc, si le lait de chèvre est bénéfique dans cette situation extrême, il est logique de le proposer, en fonction de ses disponibilités, pour maintenir l'état nutritionnel de l'enfant en bonne santé **(Desjeux, 1993).**

L'énergie du lait de chèvre varie largement selon le stade de lactation, le potentiel laitier des animaux, la concentration énergétique et la digestibilité de la ration. Elle peut être aussi sous l'influence de la race, de la génétique, et de l'alimentation **(Chilliard et *al.*, 2000).**

III. 1. 4. Le contrôle organoleptique :

Le tableau 27 illustre les notes organoleptiques des trois échantillons du lait de chèvre analysés.

Tableau 27 : Résultats de contrôle organoleptique.

Région de prélèvement / **Caractères examinés**	**Z**	**Ch**	**T**
Aspect	3,5	3,5	3,5
Odeur	3,5	3,5	2,5
Structure	4,5	4,0	4,0
Texture	3,5	3,0	3,5
Saveur	3,5	1,5	2,5
Note totale	3,7	3,1	3,2

D'après les résultats obtenus, il semble qu'il existe une différence non négligeable entre les trois laits de chèvre, et que le lait de chèvre codé **Z** est caractérisé meilleur comparativement à ceux codés **Ch** et **T**, puisque les dégustateurs le classent en premier avec une note totale de 3,7 et un qualificatif bon, contre les notes 3,1 et 3,2 et le qualificatif moyen pour les laits de chèvre codés **Ch** et **T** respectivement **(Figure 19).**

L'aspect des trois laits de chèvre présente une similarité observable, il permet d'attribuer une note de 3,5 pour les trois échantillons du lait de chèvre avec un qualificatif bon. Ce caractère est représenté principalement par la couleur qui est blanc mat, cette propriété est due à la pauvreté de lait de chèvre en tocophérol et en β-carotène **(Chevreul, 1993).**

En analysant l'odeur des trois laits de chèvre, les deux échantillons de lait de chèvre codés **Z** et **Ch** sont classés les premiers avec une note estimée de 3,5 et un qualificatif bon, bien que, celui codé **T** a une note de 2,5 avec un qualificatif moyen.

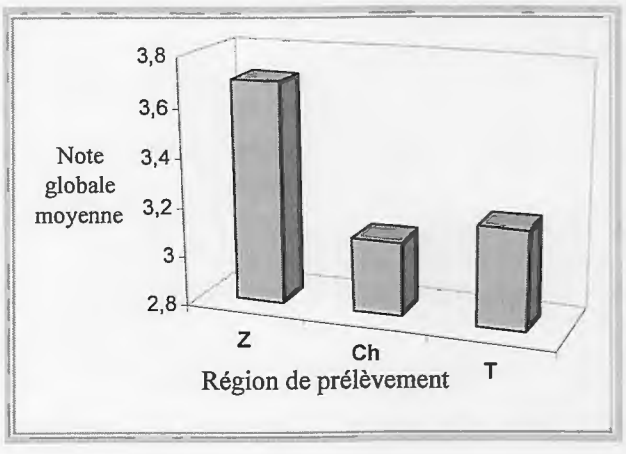


Figure 19: *Variation des notes organoleptique globales des trois laits de chèvre .*

Le lait de chèvre a une odeur assez neutre lorsqu'il est fraîchement trait, par contre en fin de lactation, il a une odeur dite caprique **(Le Mens, 1985).** Aussi **Dubroeucq et** *al.* **(2002)** ont rapporté que l'odeur du lait de chèvre est très influencée par l'alimentation surtout la composition de l'herbe.

Concernant la structure et la texture, il apparaît du tableau que le lait de chèvre codé **Z** a une très bonne structure avec une note de 4,5. Bien que, les laits de chèvre codés **Ch** et **T** ont une structure bonne et une note estimée à 4.

En outre, l'échantillon de lait de chèvre codé **Z** reste toujours avec un qualificatif bon pour la texture avec une note de 3,5, qui est similaire à celui codé **T**, alors que l'échantillon de lait de chèvre codé **Ch** a une texture moyenne avec une note de 3. Ces deux critères organoleptiques sont fortement influencés par la composition du lait (taux butyreux et protéique) **(Chevreul, 1993).**

Par, ailleurs, la saveur des trois laits de chèvre présente une variabilité observable, d'où, le lait de chèvre codé **Z** possède une saveur agréable avec une note de 3,5, le lait de chèvre codé **T** a une saveur médiocre et une note de 2,5, alors que le lait de chèvre codé **Ch** présente une saveur inacceptable avec une note estimée de 1,5.

D'après **Le Mens (1985),** le lait de chèvre fraîchement trait possède une saveur plutôt neutre, par contre, après stockage au froid, il acquiert une saveur caractéristique.

Aussi, le lait de chèvre frais a un léger « goût de chèvre » dû à la présence d'acide gras saturés : les acides capriques, caprylique et caproïque. Le goût fort et pénétrant du lait de chèvre est dû à une traite non hygiénique, à certaines sortes d'aliment pour bétail, à un traitement inadéquat, à un mauvais stockage du lait ou à la pourriture. Le goût de lait de chèvre dépend de la race caprine, l'une donnant un lait au goût plus prononcé que l'autre **(Chevreul, 1993).**

III.2. Contrôle du beurre de chèvre fabriqué traditionnel :

La qualité du beurre est vérifiée par un contrôle de qualité microbiologique et physicochimique, ainsi qu'organoleptique, en recherchant dans toutes circonstances un label de qualité.

III.2.1. Contrôle physicochimique du Lben :

Le tableau 28 résume les résultats relatifs à la détermination du pH et de l'acidité titrable des trois échantillons de Lben analysés.

Tableau 28: pH et acidité titrable moyens des Lbens analysés.

Région de prélèvement **Paramètres**	**Z**	**Ch**	**T**
pH	4,97	4,32	4,54
Acidité (°D)	71 ± 1,41	131 ± 1,41	111,5 ± 0,70

En analysant les résultats du tableau, on fait ressortir des intervalles de [4,32 – 4,97] et [71 ± 1,41°D - 131 ± 1,41°D] pour le pH et l'acidité titrable respectivement **(Figure 20).**

Concernant le pH, les extrêmes obtenus sont le pH 4,32 et le pH 4,97 qui caractérisent les Lbens de chèvre codés **Ch** et **Z** respectivement, aussi, une valeur moyenne de pH 4,54 est notée pour le Lben de chèvre codé **T.**

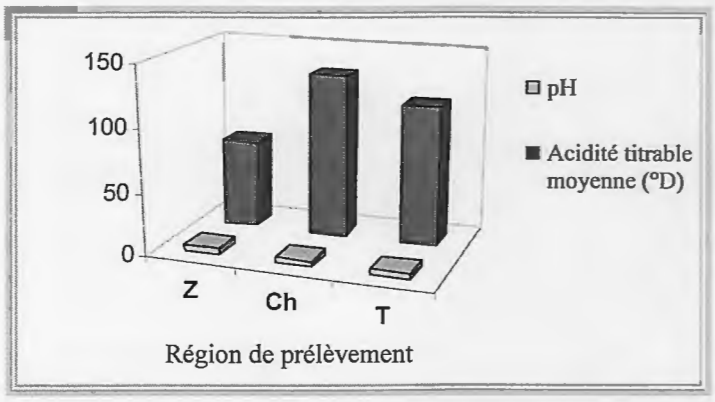


Figure 20: *Variation de pH et d'acidité titrable Moyens des Lbens.*

Concernant l'acidité titrable, les valeurs citées dans l'ordre décroissant sont de 131± 1,41°D, 111,5 ± 0,70 °D et 71 ± 1,41°D, enregistrées pour les Lbens codés **Ch**, **T** et **Z** successivement.

Au même sens d'intérêt, une étude a été réalisé par **Abd El-Malek (1978),** ce dernier a montré que le Lben égyptien préparé selon un procédé similaire à celui du Lben marocain, présente en été un pH inférieur à 4 (pouvant descendre jusqu'à 3,5) et un pH de 5 à 6 en hiver.

En revanche, une autre étude a été effectuée par **Abo-Elnaga et** *al.* **(1977),** sur le Lben iraquien, préparé à partir d'un lait préalablement bouilli puis inoculé avec un « pied de cuve » de Lben, le produit final présente un pH moyen plus faible (pH 3,9) avec des extrêmes de 3,3 et 5,9. Signalons, que nos valeurs sont proches plus ou moins de celles citées par les auteurs sus-cités

De même, une différence assez notable a été enregistrée à l'encontre de l'acidité titrable des trois échantillons de Lben. Ainsi, le Lben codé **Z** est caractérisé par une acidité proche à celle rapportée par **Tantaoui-Elaraki et** *al.* **(1983)** qui avaient trouvé une moyenne de 75 °D. Par ailleurs, l'acidité titrable de Lben codé **Ch** est voisine à celle trouvée dans le Lben iraquien par **Abo-Elnaga et** *al.* **(1977)** qui était en moyenne de 131 °D. En revanche, le Lben codé **T** a une acidité titrable proche à celle déclarée par **Abd El-Malek (1978)** qui était de 100°D.

Tantaoui-Elaraki et *al.* **(1983)** ont conclu que la variabilité de l'acidité lactique entre les échantillons de Lben pourrait être due, d'une part, à une différence d'âge des échantillons de Lben analysés, plus un échantillon est âgé, plus il serait acide. D'autre part, à la différence de la flore lactique dominante dans chaque échantillon ; celle du Lben Iraquien étant dominée par les lactobacilles, plus acidifiants que les streptocoques et les leuconostoc qui constituent celle du Lben Marocain.

En outre, la composition chimique du Lben varie considérablement entre les localités différentes, les régions et les fermes. Elle est principalement due à la variation de la composition chimique du lait pendant la période de l'allaitement et l'inconsistance dans les étapes de fabrication. Ainsi la fermentation du lactose augmente l'acidité titrable dans le produit à plus de 0,60 % d'acide lactique, par conséquent, le pH de Lben est baissé au dessous de 4,7 **(Benkarrouma et Tamimeb, 2004).**

III.2.2.1. Contrôle microbiologique du beurre de chèvre traditionnel :

L'étude de la qualité microbiologique du beurre frais revête d'une importance considérable en raison de l'utilisation du lait cru dans sa fabrication. Toute flore microbienne pathogène présente initialement dans le lait ou contractée pendant la manipulation du lait au cours de la préparation du beurre, est en mesure de se développer et atteindre des taux dangereux pour le consommateur durant les premières étapes de fermentation **(Hammama, 1989).**

La présence d'une flore pathogène importante et /ou les substances toxiques de son métabolisme, dans le beurre doit donc être évitée. Cette prévention passe d'abord par la connaissance des caractéristiques du produit considéré, de la qualité de la matière première utilisée et de la technologie de fabrication de ce produit **(Hammama, 1989).**

Nous avons dénombré les différentes catégories des germes mentionnées dans le tableau 29. Ainsi ce tableau résume les résultats du contrôle microbiologique des trois beurres de chèvre fabriqués au laboratoire.

Tableau 29: Résultats du contrôle microbiologique des trois beurres de chèvre analysés.

Région de prélèvement **Flores recherchés et /ou dénombrées (UFC/g)**	**Z**	**Ch**	**T**
FTAM (10^6)	6,76 ± 2,54	1,27 ± 0,31	1,45 ± 0,50
CT (10^4)	3,5 ± 0,14	00	00
CTT (10^2)	3,5 ± 0,70	00	00
Flore lactique (10^5)	3,76 ± 0,79	7,96 ± 0,96	4,96 ± 0,67
Staphylococcus aureus	00	00	00
Flore indologène	00	00	00
Salmonella	Abs	Abs	Abs
Flore psychrophile (10^3)	6,5 ± 0,70	15,5 ±12,02	22 ± 14,4
Flore fongique (10^2)	5,5 ± 2,12	106 ± 59,39	112 ± 90,5
Germes lipolytiques (10^3)	1,5 ± 0,70	15 ± 2,82	10 ± 2,82
Germes caséolytiques (10^5)	5,56 ± 0,28	6,12 ± 0,62	2,98 ± 0,31

a. la flore totale aérobie mésophile (FTAM) :

Ce dénombrement effectué pour l'analyse type d'un aliment, constitue un indicateur de la qualité sanitaire et reflète l'histoire du produit naturel **(Cuq, 2008).**

Les résultats de dénombrement de la FTAM montrent que cette flore varie de 1,27± 0,31.10^6 UFC/g à 6 ,76± 2,54.10^6 UFC/g. Les valeurs maximale (6,76 ± 2,54.10^6 UFC/g) minimale (1,27 ± 0,31.10^6 UFC/g) et moyenne (1,45± 0,50.10^6 UFC/g) sont notées dans les beurres de chèvre fabriqués à partir de lait de chèvre codés **Z, Ch** et **T** ; successivement **(Figure 21).**

Par comparaison, ces résultats sont supérieurs à celles rapportées par **Rechak et *al.* (2008)** qui ont trouvé des valeurs comprises entre 5,7.10^5 UFC/g et 1,3.10^6 UFC/g. Ceci peut être la résultante d'une charge microbienne élevée initialement présente dans les laits utilisés pour la fabrication des beurres de chèvre étudiés.

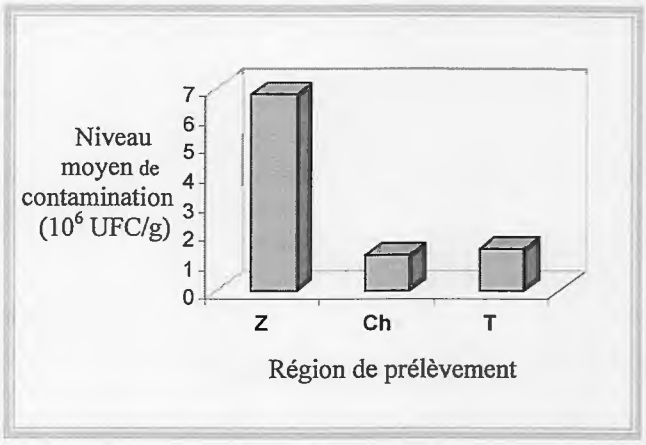


Figure 21: *Variation du niveau de contamination moyen des trois beurres de chèvre par la flore totale aérobie mésophile.*

Selon **Bourgeois et Leveau (1991),** le dénombrement de la flore mésophile totale est un test très important. Sur le plan technologique, une flore mésophile nombreuse indique que le processus d'altération microbienne est fortement engagé bien qu'en fait il n'y ait pas de corrélation précise entre l'importance quantitative de la flore perceptible organoleptiquement, car l'altération peut être le fait d'un groupe spécialisé ne représente au départ qu'une faible proportion de la population. Sur le plan hygiénique, il n'y a pas non plus de corrélation étroite entre l'importance de la flore totale et la présence de microorganismes pathogènes dans le produit.

Cependant d'après **Cuq (2008),** le nombre des germes totaux pourra représenter l'état de fraîcheur ou l'état de décomposition du produit. Sur le produit manipulé ou soumis à divers traitements technologiques, le dénombrement des germes totaux permettra de juger la qualité des opérations de production transport, entreposage, etc.

On peut cependant dire que le dénombrement de la flore totale reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments. L'écart de contamination entre les beurres de chèvre analysés et les matières premières servant à leur fabrication est pris en considération, ceci peut être lier, soit ; au fait qu'au cours de la fermentation spontanée, les bactéries lactiques développées dans le lait exercent un effet inhibiteur par la production de l'acide lactique qui fait baisser le pH, rendant le milieu défavorable pour la multiplication des autres germes, soit à un faible transfert des germes initialement présent dans le lait vers sa matière grasse.

b. les coliformes totaux et les coliformes thermotolérants :

En jugeant les résultats relatifs au dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants, il apparaît clairement que la flore de contamination fécale ou d'origine fécale, est absente dans les deux beurres de chèvre codés **Ch** et **T** étudiés, résultats similaires à ceux trouvés par **Rechak et** *al.* **(2008),** à l'exception du beurre de chèvre au lait de chèvre codé **Z** qui avait une valeur de $3,5 \pm 0,14.10^4$ UFC/g pour les coliformes totaux et de $3,5 \pm 0,7.10^2$ UFC/g pour les coliformes thermotolérants **(Figure 22).**

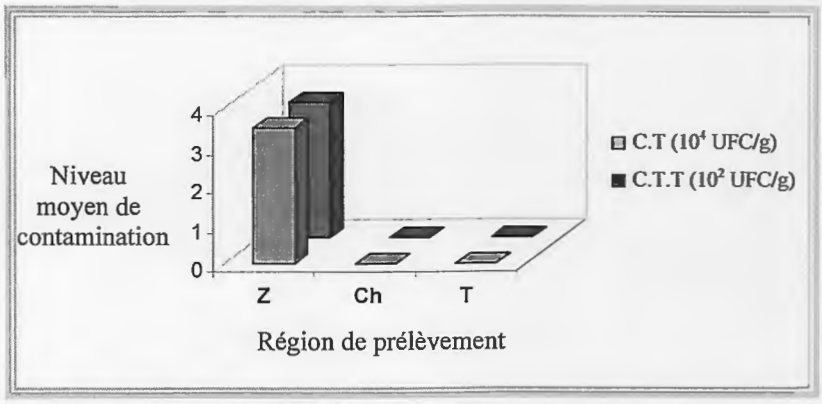


Figure 22: *Variation du niveau de contamination moyen en coliformes totaux et thermotolérants des trois beurres de chèvre.*

Selon **Hammama (1989),** le nombre important des microorganismes de contamination fécale, peut être la conséquence d'une multiplication rapide et massive de la flore fécale initialement présente dans le lait cru utilisé dans la préparation du beurre.

Une contamination supplémentaire du beurre de chèvre par cette flore peut survenir durant les différentes étapes de sa fabrication, vues les conditions souvent inhygiénique dans lesquelles la préparation du beurre de chèvre est conduite. Donc, l'absence ou présence de la flore de contamination dans un produit alimentaire juge son état hygiénique.

Outre, la présence des coliformes totaux dans les aliments peut aussi démontrer un mauvais nettoyage et une mauvaise désinfection du matériel de transformation **(Cardinal, 2006).** En analysant ces informations, les beurres de chèvre au lait de chèvre codés **T** et **Ch** sont qualifiés de qualité hygiénique satisfaisante.

Malheureusement, la qualité bactériologique du beurre de chèvre frais traditionnel fabriqué à partir du lait cru ne peut être valablement évaluée par le dénombrement des flores de contamination fécale en raison du caractère fermentaire de ce produit **(Hammama, 1989).**

c. la flore lactique :

Les résultats illustrés dans le tableau 29 révèlent un développement abondant de la flore lactique dans les trois beurres de chèvre analysés. La valeur moyenne étant de $4,96 \pm 0,67.10^5$ UFC/g pour le beurre de chèvre produit à partir de lait de chèvre issu de la région **T,** avec des extrêmes de $3,76 \pm 0,97.10^5$ UFC/g et $7,87 \pm 0,96.10^5$ UFC/g comptés aux beurres de chèvre codés **Z** et **Ch** en ordre **(Figure 23).**

Cette abondance lactique est un atout pour la fabrication du beurre, car elle assure non seulement des caractéristiques particulières d'arôme et de texture, mais aussi une bonne sécurité alimentaire. Cette sécurité est favorisée grâce à la production d'acides organiques (acide lactique et acide acétique) qui font baisser le pH dans le milieu, et par la synthèse des bactériocines qui renforcent cette conservation **(Bekhouche et Boulahrouf, 2005).**

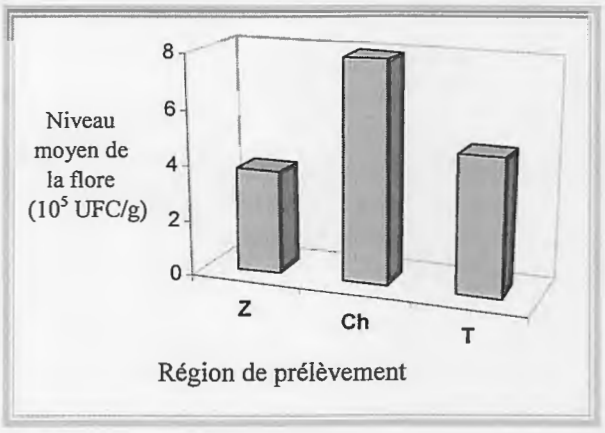


Figure 23 : *Variation du niveau moyen de la flore lactique dans les trois beurres de chèvre.*

d. *Staphylococcus aureus :*

Les trois beurres de chèvre fabriqués au laboratoire sont examinés pour la présence de *Staphylococcus aureus*. En effet les trois beurres de chèvre sont révélés exemptes de ces germes. Ces résultats se concordent à ceux trouvés par **Rechak et** *al.* **(2008).**

Aussi, ces résultats nous confirment une qualité satisfaisante des laits utilisés pour la fabrication des beurres de chèvre en question, ainsi qu'un bon état sanitaire des chèvres (source du lait de chèvre) ; car l'intérieur de la mammelle infectée peut être un origine considérable de *Staphylococcus aureus*.

e. *Salmonella* **:**

Il ressort du tableau 29 une absence totale de *Salmonella* dans les trois beurres de chèvre en question. Vu ces résultats, une concordance complète est notée avec ceux trouvés par **Rechak et** *al.* **(2008).**

En principe, la présence de ce pathogène dans le beurre frais a une signification hygiénique très importante étant donné que toute salmonelle est considérée comme potentiellement pathogène pour l'homme **(Hammama, 1989).**
L'absence de *Salmonella* dans les trois beurres de chèvre analysés peut être la résultante des bonnes conditions hygiéniques durant leur fabrication.

f. levures et moisissures :

Les levures et moisissures, également détectées dans les laits, apparaissent très nettement dans les trois beurres de chèvre analysés, où elles sont représentées à raison de : $5,5 \pm 2,12.10^2$ UFC/g pour le beurre de chèvre codé **Z,** $106 \pm 59.39.10^2$ UFC/g pour le beurre de chèvre codé **Ch,** et de $112 \pm 90,5.10^2$ UFC/g pour le beurre de chèvre codé **T (Figure 24).**

Si, on discute ces résultats, le développement tardif des levures et moisissures est dû à l'effet favorable de l'acidité développée dans le beurre de chèvre. Il est probable aussi que le barattage qui provoque une aération très poussée du beurre de chèvre, active leur croissance.

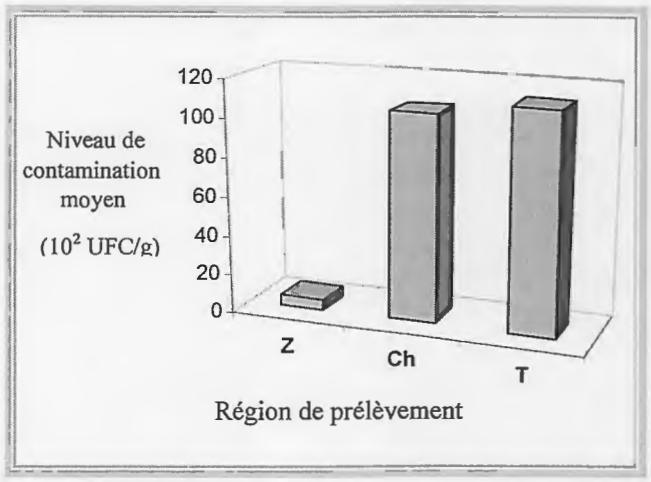


Figure 24: *Variation du niveau de contamination moyen par la flore fongique des beurres de chèvre.*

Malgré leur nombre relativement faible par rapport à celui trouvé dans les trois laits de chèvre analysés, le rôle de ces microorganismes ne doit pas être négligeable ; ils peuvent, d'une part, activer la croissance des ferments lactiques en libérant des facteurs de croissance dans le milieu, d'autres part, contribuer par leur métabolisme à donner au beurre de chèvre ses caractères organoleptiques spécifiques **(Harrati, 1974).**

Pour **Moreau (1980),** la plupart des denrées alimentaires, au cours de leur préparation mais surtout de leur entreposage, sont susceptibles d'être détériorées par des moisissures. Les pertes qui leur incombent sont considérables.

Parfois l'altération des denrées aboutit à une modification de la valeur nutritionnelle du produit, à l'apparition de flaveurs indésirables, à d'autres cas, c'est la santé du consommateur qui est en jeu. Certaines moisissures élaborent des substances toxiques, les mycotoxines ; ces derniers diffusent dans l'aliment et, si elles sont en quantité suffisante, elles peuvent provoquer des intoxications aigues ou chroniques **(Cuq, 2008).**

g. la flore indologène :

Les résultats de la recherche des indologènes sont résumés dans le tableau 29. Ces germes sont absents dans les trois beurres de chèvre analysés, de même, **Rechak et** *al.* **(2008)** ont obtenu des résultats similaires.

D'après **Guiraud (2003),** l'absence de ces germes, se présente comme un avantage pour la qualité hygiénique et marchande des beurres de chèvre étant donner qu'ils sont responsables de dégradation et modification de goût et d'odeur.

h. la flore psychrophile :

Les germes dits psychrophiles peuvent poser des problèmes au niveau de la conservation du lait et des produits laitiers à basse température **(Vignola, 2002).**

Au vu des résultats de dénombrement de ces germes, on note une charge abondante dans les trois beurres de chèvre étudiés : 6,5 ± 0,7.10^3 UFC/g pour le beurre de chèvre codé **Z**, 15,5 ± 12,02 UFC/g pour le beurre de chèvre codé **Ch**, et 22 ± 14,14.10^3 UFC/g pour le beurre de chèvre codé **T**. En comparant ces résultats avec ceux obtenus par **Rechak et *al.* (2008)** (7.10^4 à 3,32.10^5 UFC/g), il apparaît clairement, que les trois beurres de chèvre en question sont moins contaminés **(Figure 25).**

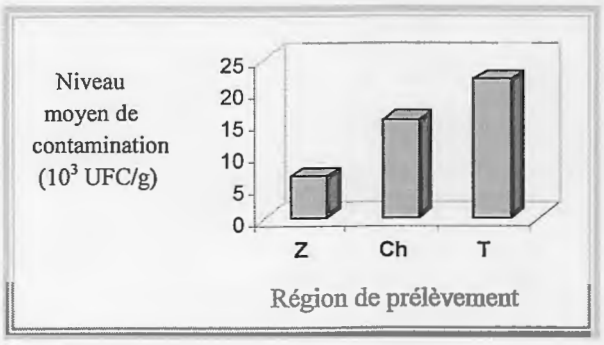


Figure 25: *Variation du niveau de contamination moyen par la flore psychrophile des trois beurres de chèvre.*

Il est bien établi, que les germes psychrophiles peuvent se développer assez bien aux températures de réfrigération commerciale, indépendamment de la température optimale pour la croissance, par exemple ;les espèces *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium* et *Alcaligens* **(Baltimore et Baltimore, 1974).**

Elles sont des bactéries qui peuvent provoquer dans les aliments diverses modifications de leur saveur, ainsi qu'une altération de leurs propriétés physiques. La présence en grand nombre de bactéries psychrophiles dans les aliments réfrigérés tels que les produits laitiers, peut refléter la croissance d'une population initiale de microorganismes à l'entreposage et/ou la contamination massive à un moment donné avant ou pendant l'entreposage frigorifique **(Baltimore et Baltimore, 1974).**

Dans le cas du beurre, les bactéries psychrophiles libèrent souvent des exoenzymes qui ont comme activité principale d'hydrolyser les protéines et les lipides du beurre, afin d'obtenir des molécules plus petites pouvant entrer dans la cellule microbienne. Comme ce sont principalement des lipases et des protéases qui sont libérées, on pourra noter l'apparition d'odeurs et de goûts atypiques dans le beurre durant sa conservation **(Vignola, 2002).** Donc, le dénombrement des bactéries psychrophiles viables pourrait servir à prédire la durée de conservation d'un aliment entreposé au froid **(OMS, 1976).**

Une présence inhabituelle de psychrophiles dans le beurre a pour origine **(Vignola, 2002) :**
-Une température inadéquate de conservation, non respect de la chaîne de froid ;
-Mauvais assainissement des équipements lors de la transformation ;
-Mauvaise qualité de l'eau utilisée ;
-Une contamination par l'air due soit à la qualité de l'air, à l'ouverture prolongée de fenêtres ou de portes ou à l'utilisation de récipients sans couvercles ;
-Durée de conservation trop longue.

i. la flore caséolytique :

A l'instar des résultats représentés dans le tableau 29, on constate un nombre important de ces germes qui varie de 2,98 ± 0,31.10^5 UFC/g à 6,12± 0,62.10^5 UFC/g, mais ces germes sont exemptes du pouvoir caséolytique en raison de l'absence des zones d'éclaircissement résultantes de la présence de certaines enzymes protéolytiques qui dégradent les protéines du milieu **(Figure 26).**

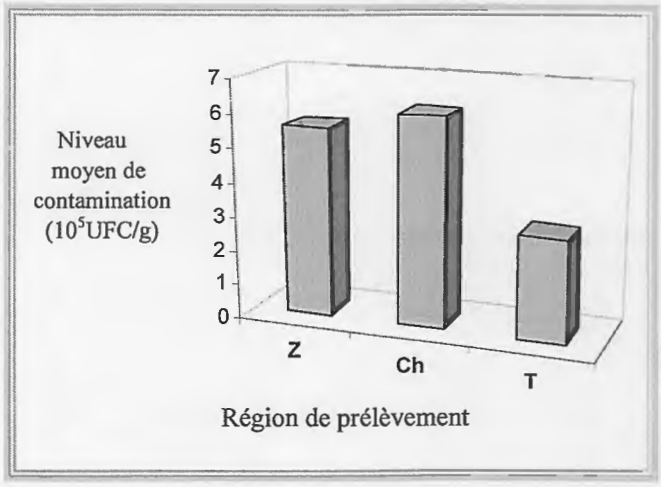


Figure 26: *Variation de niveau de contamination moyen par la flore caséolytique des trois beurres de chèvre.*

Les espèces caséolytiques sont fréquentes, parmi les genres : *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter* et *Proteus*. Ils sont des agents de dégradation de la caséine, d'où celle de certains produits laitiers et possédant des enzymes qui en hydrolysant les protéines, produisant diverses altérations d'odeur et de saveur **(Petranxienne et Lapied, 1981).**

A la lumière de ces informations, l'absence de ces germes est un avantage de point de vue organoleptique pour les trois beurres de chèvre qui leur assure une bonne odeur et saveur.

j. la flore lipolytique :

L'analyse des résultats consignés dans le tableau 29 montre une variabilité du nombre des germes lipolytiques entre les trois beurres de chèvre concernés. Leur nombre varie entre 1,5 ± 0,7.10^3 UFC/g et 15 ± 2,82.10^3 UFC/g **(Figure 27).**

Le nombre de germes lipolytiques trouvé dans chaqu'un des trois beurres de chèvre est cité dans l'ordre croissant : 1,5 ± 0,70.10^3 UFC/g pour le beurre de chèvre codé **Z**, 10 ± 2,82.10^3 UFC/g pour le beurre de chèvre codé **T** et 15 ± 2,82.10^3 UFC/g pour le beurre de chèvre codé **Ch.** Par contre **Rechak et** *al.* **(2008)** ont montré une absence totale de ces germes dans le beurre de chèvre.

Les germes lipolytiques sont dénombrés, pour le fait que certains microorganismes, grâce à leurs lipases, peuvent décomposer les matières grasses et les acides gras libres du lait, entraînant l'apparition d'odeurs rances dans le produit laitier (le beurre par exemple). Ainsi, les produits laitiers à haute teneur en matière grasse sont plus sensibles à la dégradation par les microorganismes lipolytiques.

Dans l'industrie laitière, on tente d'éliminer ces microorganismes qui sont souvent également responsables des activités protéolytiques **(Vignola, 2002).** Les genres *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Staphylococcus*, parmi d'autres bactéries, les moisissures *Rhizopus*, *Geotrichum*, *Aspergillus* et *Penicillium* et levures *Candida*, *Rhodotomula* et *Hansenula*, comprennent de nombreuses espèces lipolytiques **(OMS, 1976).**

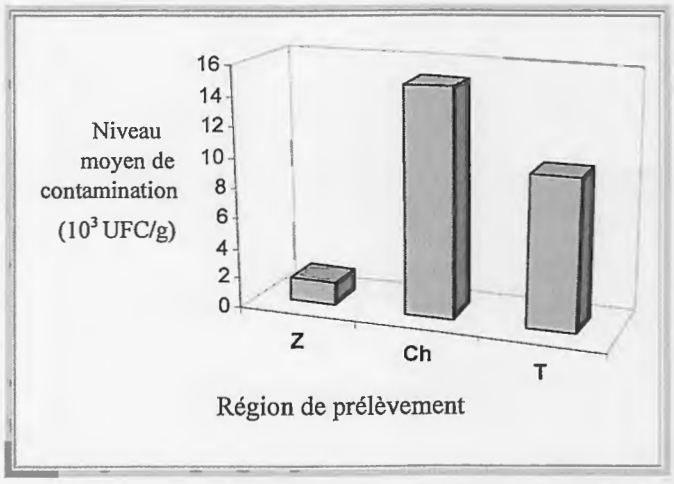


Figure 27: *Variation de niveau de contamination moyen par la flore lipolytique des trois beurres.*

Enfin, **Bourgeois et Leveau (1991)** ont rapporté que la capacité de conservation des beurres dépend directement de leur concentration en germes lipolytiques. Ainsi, les trois beurres de chèvre étudiés peuvent être sujet à un rancissement précoce, qui peut être lié, à leurs richesses en acides gras , en se basant sur les résultats d'analyse de composition du beurre de chèvre par GC-MS qui confirme cette hypothèse.

III.2.3. Contrôle physicochimique du beurre de chèvre traditionnel :

Les résultats de contrôle de la qualité physicochimique du beurre de chèvre sont résumés dans le tableau 30.

Tableau 30: Résultats du contrôle physicochimique des trois beurres de chèvre analysés.

Régions de prélèvement / **Paramètres**	**Z**	**Ch**	**T**
pH	4 ,31	3 ,92	4 ,12
I_a (mg de KOH/g)	25,94 ±16,85	58,9 ± 7,93	50,48 ± 17,85
I_p (meq d'O_2/ Kg)	0,35 ± 0,12	0,21 ± 0,12	0,44 ± 0,02
I_s (mg de KOH/ g)	154,97 ± 8,92	84,15 ± 31,73	169,7 ± 5,95
I_i (mg d'I/100g)	82,93 ± 0,21	85,95 ± 0,22	85,35 ± 0,21
Humidité (%)	35,73 ± 0,53	16 ± 0,45	28,92 ± 3,06
Taux d'impurtés (%)	10,75 ± 0,35	12,25 ± 0,35	9,25 ± 0,35
Le glycerol	+	+	+
Point de fusion (°C)	41,2	41,6	49,7
Point de solidification (°C)	6,3	7,4	9,4

III.2.3.1. Le pH et l'indice d'acide (I_a) :

Les trois beurres de chèvre produits à partir des laits de chèvre codés **Z**, **T** et **Ch** possèdent chacun une valeur moyenne de pH estimée à 4,31, 4,12 et 3,92 respectivement **(Figure 28).** Ces valeurs basses de pH témoignent d'une fermentation importante au sein de ce produit. Aussi ; il apparaît qu'il y a une distinction à faire entre les trois beurres de chèvre analysés en ce qui concerne l'indice d'acide. Ainsi pour le beurre de chèvre codé **Ch**, nous avons enregistré l'indice le plus haut estimé de (58,9 ±7,93 mg de KOH/g), suivi par celui de la région **T** (50,48 ± 17,85) et enfin le beurre de chèvre originaire de **Z** présente une valeur moyenne de 25,94 ± 16,85 mg de KOH / g.

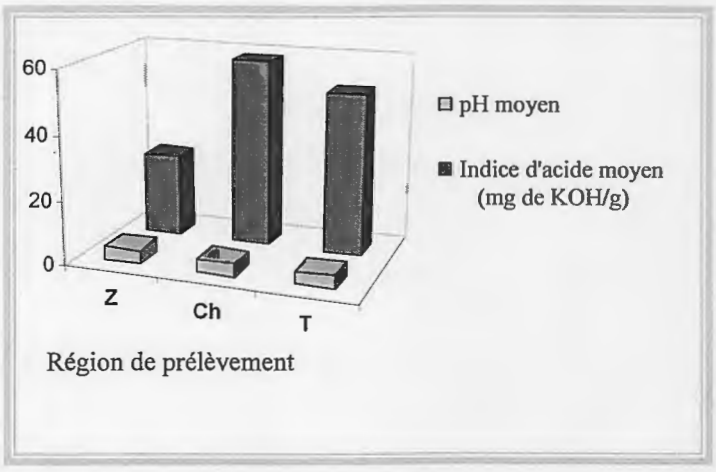


Figure 28: *Variation de pH et d'indice d'acidité moyens des trois beurres de chèvre.*

Le champ de variation d'indice d'acide pour nos échantillons de beurre de chèvre s'étend de 25,94 ± 16,85 mg de KOH / g à 58,9 ±7,93 mg de KOH/g, ce qui dépasse relativement de loin ceux trouvés par **Rechak et** *al.* **(2008)** (17,39 mg de KOH/ g à 29,38 mg de KOH/ g) et **Tantaoui- Elaraki et** *al.* **(1983)** qui ont donné une moyenne de 2,37 mg de KOH/ g.

L'indice d'acide nous renseigne sur le taux d'acide gras libres existant dans le corps gras **(Debbou et Chavana, 2003).** La connaissance de l'indice d'acide fournie des éléments utiles pour l'évaluation d'un état de détérioration éventuelle des corps gras et particulièrement de leur structure naturelle (triglycérides) suite à l'action d'une enzyme spécifique ; la lipase **(Chirrat et Mendel, 1997).**

Plus l'indice d'acide est faible, moins il y a d'acides gras libres et plus il y a de triglycérides. Plus il est élevé, moins on a des triglycérides et plus on a d'acides gras libres. Les acides gras sont à l'origine du goût parfois amer, odeur désagréable rance du beurre. Ils s'oxydent plus rapidement que les triglycérides. Du point de vue industriel un indice d'acide élevé peut occasionner des pertes importantes de matière lors du raffinage et constituer un sérieux handicap pour les utilisations alimentaires **(Simon et** *al.*, **2008).**

L'indice d'acide est le reflet du contenu en acides gras libres notamment à courtes chaînes, c'est-à-dire, le reflet de la lipolyse. Celle-ci est favorisée par l'humidité, la température de 10°C, et la présence des lipases. Il est intéressant de savoir que plus l'indice d'acide est bas, plus la qualité du beurre est meilleure **(Baaziz et** *al.*, **2005).**

Les résultats trouvés et les informations déclarées ci-dessus, nous permettent de dire que la totalité des beurres de chèvres sont susceptibles d'être exposer à une lipolyse précoce, bien que les beurres de chèvre codés **T** et **Ch** soient les plus sensibles.

III.2.3.2. L'indice de peroxyde (I_p) :

L'indice de peroxyde est une évaluation de l'état d'avancement de la première étape d'oxydation conduisant au rancissement **(Cammas et Lanjevin, 2003).** Les résultats concernant l'indice de peroxyde des trois beurres de chèvre sont résumés dans le tableau 30.

La lecture de ces résultats nous laisse constater que les valeurs trouvées sont comprises entre 0,21 ± 0,12 meq d'O_2/Kg et 0,44 ± 0,02 meq d'O_2/Kg. L'indice de peroxyde le plus haut (0,44 ± 0,02 meq d'O_2/Kg) **(Figure 29),** est enregistré dans le beurre de chèvre codé **T,** suivi par ceux codés **Z** et **Ch** avec des moyennes de 0,35 ± 0,12 meq d'O_2/Kg et 0,21 ± 0,12 meq d'O_2/Kg respectivement.

Les valeurs trouvées sont très faibles comparativement à ceux rapportées par **Rechak et *al.* (2008)** et **Tantaoui-Elaraki et *al.* (1983)** qui ont trouvé respectivement les valeurs de 2 à 3 meq d'O_2/Kg et 0,53 meq d'O_2/Kg en moyenne.

L'indice de peroxyde est un critère très utile et d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative **(Debbou et Chavana, 2003).**

Les résultats obtenus indiquent qu'il y a formation d'une faible quantité de peroxyde. Selon **Adrian et *al.* (1998),** la formation de cette faible quantité de peroxyde signifie, soit que l'en se situe au premier stade d'oxydation, soit que celle-ci est tellement développée que les hydroperoxydes sont déjà décomposés et transformés.

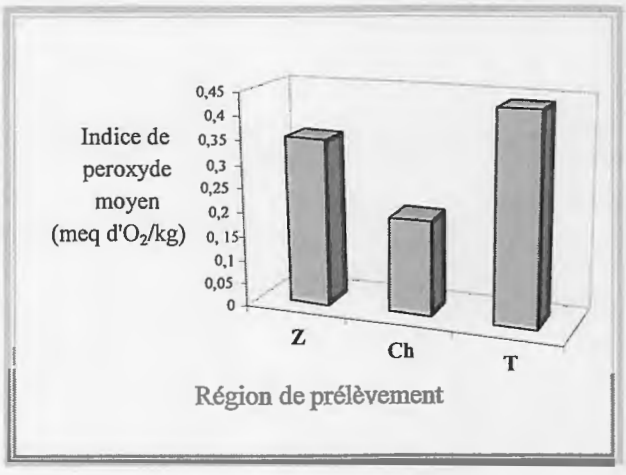


Figure 29: *Variation d'indice de peroxyde moyen des trois beurres de chèvre.*

De même, d'après **Alais et Linden (1997),** la première étape d'oxydation consiste à des réactions d'initiation qui à partir d'acides gras non saturés, conduise à la formation des radicaux libres ou de peroxydes, ces réactions qui ont une énergie d'action élevée sont favorisées non seulement par des températures élevées mais surtout par la lumière et les traces de certains métaux.

Lorsque la teneur en peroxydes s'accroît, on observe l'initiation dite secondaire qui résulte essentiellement de la décomposition des peroxydes. Cette oxydation peut par contre évaluée, lors d'une altération mécanique qui se fait le plus souvent par barattage **(Morain et *al.*, 2005).**

III.2.3.3. L'indice de saponification (I_S):

La détermination de l'indice de saponification est une opération caractéristique des lipides, mais elle est distinée essentiellement au contrôle industriel **(Adrian et *al.*, 1998).**

Les différentes valeurs d'indice de saponification obtenues permettent de faire ranger les beurres de chèvres étudiés **(Figure 30).** Comme le beurre de chèvre codé **T** réserve l'indice de saponification le plus élevé (169,7 ± 5,95 mg de KOH/ g), celui codé **Ch** présente l'indice de saponification le plus bas (84,15 ± 31,73 mg de KOH/ g), ainsi le beurre de chèvre codé **Z** n'a présenté qu'une valeur moyenne estimée à 154,97 ± 8,92 mg de KOH/ g.

En faisant juger nos résultats d'indice de saponification, une distinction dite inférieure est notée entre ces résultats et ceux mentionnées par **Rechak et *al.* (2008)** qui ont trouvé un intervalle de 226,19 à 254,87 mg de KOH/ g du beurre de chèvre.

A signaler que, l'indice de saponification nous renseigne sur la richesse des matières grasses en acides gras à chaînes longues pour un poids donné de triglycérides. La quantité de potasse nécessaire à la saponification augmente donc avec la diminution de la longueur de chaîne des acides gras. L'indice de saponification rend compte de la longueur moyenne des chaînes d'acides gras constitutifs du corps gras **(Debbou et Chavana, 2003).**

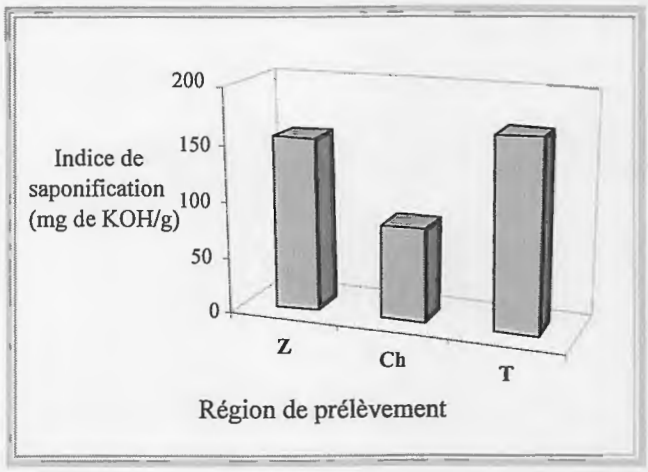


Figure 30: *Variation d'indice de saponification moyen des trois beurres de chèvre.*

Cet indice cherche à trouver la quantité d'acide qui se fixe sur les molécules du corps gras ; plus les chaînes de carbone sont longues, moins il y a de KOH alcoolique qui se fixe. L'indice de saponification devient donc plus petit lorsque les chaînes de carbones sont longues **(Guay et Côte, 2005).**

D'après ces explications, on constate que les beurres de chèvre codés **Z** et **T** contiennent une faible teneur en acides gras à longue chaîne, bien que le beurre de chèvre codé **Ch** en contient une teneur élevée en acides gras à longue chaîne vue son faible indice, ceci peut être confirmer ou au contraire rejeter lors de l'analyse de leur composition en acides gras par GC-MS.

III.2.3.4. L'indice d'iode (I_i) :

La principale altération des matières grasses, est l'oxydation des acides gras insaturés. Le risque augmente avec le nombre de leur insaturation, ainsi, on détermine l'indice d'iode qui renseigne sur le degré de l'insaturation d'un corps gras **(Adrian et *al.*, 1998).**

Les résultats de l'indice d'iode des trois beurres de chèvre sont illustrés dans le tableau 30. L'indice d'iode le plus élevé a été trouvé en analysant le beurre de chèvre codé **Ch** (85,95 ± 0,22 mg d'I/g). Ceux codés **T** et **Z** ont présenté les valeurs moyennes de 85,35 ± 0,21 mg d'I/g et 82,93 ± 0,21 mg d'I/g respectivement **(Figure 31).**

Ces valeurs sont élevées par comparaison à celles trouvées par **Rechak et *al.* (2008)** qui sont de l'ordre de 37,17 mg d'I/ g à 67,8 mg d'I/ g du beurre de chèvre.

L'indice d'iode est une application analytique de la fixation halogène sur la double liaison, plus l'indice d'iode d'un corps gras est élevé plus sa teneur en acides gras insaturés est grande **(Chirrat et Mendel, 1997).**

L'indice d'iode permettra de trouver le nombre d'insaturation de chaque substance, il est directement proportionnel au nombre d'insaturation, ce qui permettra d'effectuer un classement entre les différentes sortes de gras **(Besson et Garneau, 2003).**

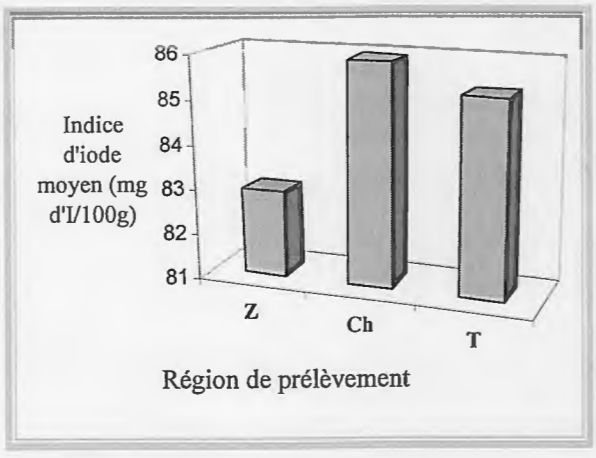


Figure 31: *Variation d'indice d'iode moyen des trois beurres de chèvre.*

En se référant à ces explications, on peut dire que les beurres de chèvre codés **Ch** et **T** sont très riches en acides gras insaturés, alors que le beurre de chèvre codé **Z** possède un degré d'insaturation moins élevé. L'analyse qualitative et quantitative des trois beurres de chèvre par GC-MS peut par la suite confirmer ou rejeter cette hypothèse.

Par ailleurs, l'indice d'iode est lié au degré de rancissement du corps gras **(Charbounnier, 1991).** Il est influencé par plusieurs facteurs, l'alimentation et le stade de lactation constituent les facteurs dont l'influence est prépondérante **(Gallacier et *al.*, 1974).**

Ainsi, l'indice d'iode est élevé et constant dans la matière grasse des animaux nourris à l'herbe toute l'année, il est au contraire bas dans la matière grasse des animaux vivants en stabulation et le beurre obtenu est plus ferme et cassant **(Alais et Linden, 1997).**

III.2.3.5. L'humidité :

La teneur en eau du beurre ou humidité, exprimée en gramme d'eau par 100 g de substance sèche, est le taux résiduel d'eau libre présente dans celui-ci au temps considéré **(François, 2008).** Les résultats de la mesure d'humidité des trois beurres de chèvre analysés sont illustrés dans le tableau 30.

Les résultats obtenus montrent que ce paramètre varie entre 35,73 ± 0,53 % comme valeur maximale réservée pour le beurre de chèvre codé **Z** et 16 ± 0,45 % comme valeur minimale pour le beurre de chèvre codé **Ch**. Selon **El Marrakchi et** *al.* **(1988)** le taux d'humidité moyen de beurre de chèvre est de 23,3% **(Figure 32).**

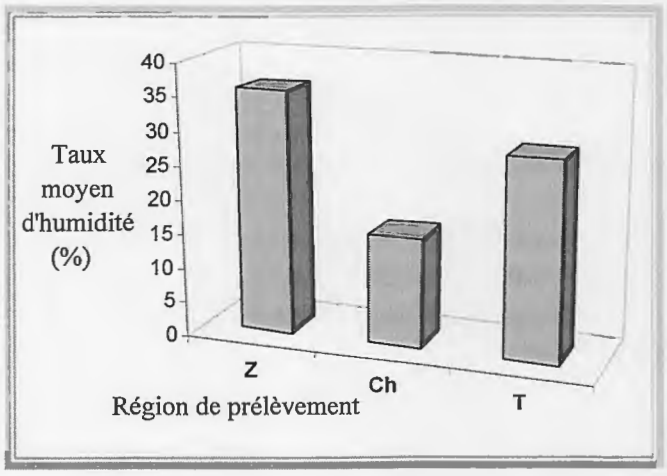


Figure 32 : *Variation du taux moyen d'humidité des trois beurres de chèvre.*

Ces taux élevés d'humidité dans les trois beurres de chèvre analysés surtout ceux codés **Z** et **T** pourraient être expliquer par une mauvaise récupération de la matière grasse lors du barattage, ce qui permet par la suite une récupération d'une quantité de babeurre avec le beurre, car un lavage insuffisant par l'eau permet de ne pas solidifier les grains du beurre de chèvre, ces derniers peuvent en contenir à l'intérieur des gouttes de la phase aqueuse. En revanche, le beurre de chèvre codé **Ch** contient moins d'eau (16 ± 0,45 %), ce qui explique un petit peut sa rigidité par rapport aux autres beurres de chèvre, ce caractère est noté lors de l'évaluation organoleptique de ce dernier.

Selon **François (2008),** la forte teneur en eau a une influence sur la qualité microbiologique et organoleptique du beurre étant donné que la présence d'eau dans le beurre active les lipases, stimule la croissance des microorganismes et provoque l'hydrolyse des triglycérides.

III.2.3.6. Taux d'impuretés :

En entend par impuretés l'ensemble des substances contenues dans le beurre, insolubles dans un solvant dans des conditions expérimentales définies **(François, 2008).** Les valeurs d'impuretés déterminées au cours de cette étude sur les trois beurres de chèvre sont présentées dans le tableau 30 et illustrées par la Figure 33.

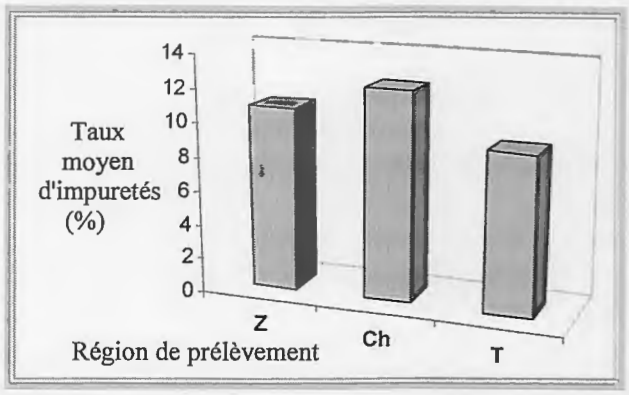


Figure 33: *Variation du taux moyen d'impuretés des trois beurres de chèvre.*

D'après ces résultats, une variabilité inter région a été enregistrée. Ainsi, on constate que la teneur en impuretés du beurre de chèvre codé **Ch** est la plus élevée (12,25 ± 0,35 %), suivi par celle trouvée dans le beurre de chèvre originaire de **Z** (10,75 ± 0,35 %), et enfin, celle enregistrée dans le beurre de chèvre codé **T** qui est la plus faible (9,25 ± 0,35 %). Les trois beurres de chèvre analysés présentaient des teneurs en impuretés inférieures à celles obtenues par **Rechak et** *al.* **(2008)** qui ont trouvé une moyenne de 24,16 ± 10,27 %.

La présence des impuretés dans les beurres de chèvre étudiés pourrait être due soit, à un transfert vers ces beurres de chèvre d'impuretés initialement présentent dans les laits, soit à un passage avec de l'eau au cours du lavage ou encore, par l'intermédiaire de substances étrangères (poussières, ...etc.).

III.2.3.7. Recherche de glycérol :

Les résultats de la recherche du glycérol dans les trois beurres de chèvre étudiés permettent la mise en évidence de ce dernier par le développement d'une couleur bleu verte qui est le résultat de la combinaison des ions de cuivre avec les acides gras libres. Ce qui prouve une dégradation des triglycérides et libération du glycérol et d'acides gras **(Tremolière et** *al.*, **1984).**

Les résultats de la recherche du glycérol sont présentés dans le tableau 31.

Tableau 31 : Résultats de la recherche du glycérol

Echantillons	**B. Z**	**B. Ch**	**B. T**	**Témoin**
Intensité de la couleur	++	+	+++	+

En effet, ce test est qualitatif puisque l'intensité de la coloration dans un niveau témoigne d'un taux élevé des acides gras libres **(Perrier et** *al.*, **1997).**
Ainsi, pour les beurres de chèvre analysés, la photo 03 illustre l'intensité de la présence du glycérol. La couleur est plus apparente au niveau du beurre de chèvre codé **T**, moins apprécier au niveau du beurre de chèvre codé **Z** et très faible au niveau de beurre chèvre codé **Ch**, ce qui indique que le beurre de chèvre originaire de **T** contient un taux élevé en glycérol, qui est en parallèle plus faible dans le reste des beurres de chèvre étudiés.

Figure 34 : L'intensité de la couleur lors la recherche du glycérol.

Cet essai peut nous renseigner sur le degré de la lipolyse qu'a subi le beurre de chèvre (la lipolyse est d'autant plus importante que la couleur est plus intense), cela peut être confirmer par les résultats du dénombrement des bactéries lipolytiques et par les résultats d'acidité. A la lumière de ces informations, il apparaît que ceci est en désaccord avec nos résultats d'acidité et de dénombrement des germes lipolytiques.

III.2.3.8. Le point de fusion et de solidification :

Les résultats des valeurs du point de fusion et de solidification sont portés dans le tableau 30.
Il ressort du tableau ; qu'il existe une différence remarquable des valeurs du point de solidification des trois beurres de chèvre étudiés. Les valeurs extrêmes enregistrées de ce paramètre varient de 6,3°C à 9,4°C pour les beurres de chèvre codés **Z** et **T** respectivement, alors qu'une valeur moyenne de 7,4 °C est notée pour le beurre de chèvre codé **Ch (Figure 35).**

Par ailleurs, il existe également une large échelle de variabilité entre les points de solidification et ceux de fusion. Ainsi, pour les derniers, le beurre de chèvre codé **T** a présenté le plus haut point de fusion (49,7°C), viennent ensuite ceux codés **Ch** et **Z** avec des valeurs respectives de 41,2 °C et 41,2 °C.
A propos de point de fusion, **Canler (2001),** a rapporté que le point de fusion augmente avec la longueur de la chaîne carbonée, et diminue avec le nombre des doubles liaisons, lui-même dépend de l'isomérisation. Les températures de solidification des corps gras alimentaires varient en fonction de leur composition en aides gras.

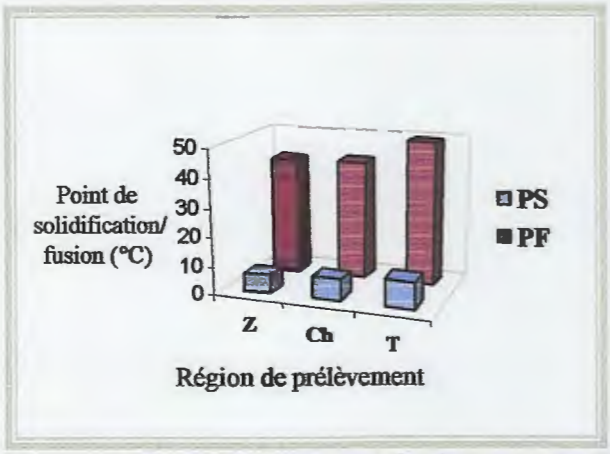


Figure 35 : *Variation du point de solidification et de fusion moyens des trois beurres de chèvre.*

De plus, les acides gras saturés à chaîne moyenne (C_{12} :0, C_{14} :0, C_{16} :0) ont un point de fusion relativement élevé et lorsqu'ils sont présents en grandes quantité dans le beurre, lui donnent une consistance plus ferme. Le point de fusion dépend également de type de l'affouragement où l'affouragement en vert entraîne généralement une graisse riche en acides gras insaturés, à l'inverse, l'affouragement en sec réduit le taux d'acides gras insaturés **(Chouinard et Turgeon, 1998).**

Par ailleurs, **Canler (2001)** a montré que le beurre qui a le point de fusion le plus bas présente le point de solidification le plus bas, on constate que nos résultats sont en accords avec cette donnée.

III.2.3.9. Analyse quantitative et qualitative de la composition en acides gras par GC-MS :

Après l'analyse des trois échantillons de beurre de chèvre par chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectroscopie de masse, on a obtenu selon le protocole expérimental utilisé, trois chromatogrammes. La composition en acides gras se rapportant à chaque échantillon de beurre de chèvre est exprimée en pourcentage de surface de chromatogramme et les résultats sont présentés sous forme d'un tableau en annexe.

Le chromatogramme relatif au beurre de chèvre codé **Z** a montré la présence de douze pics majeurs représentant chacun un acide gras dont les proportions d'apparition et les temps de rétention sont différents **(figure 36).**

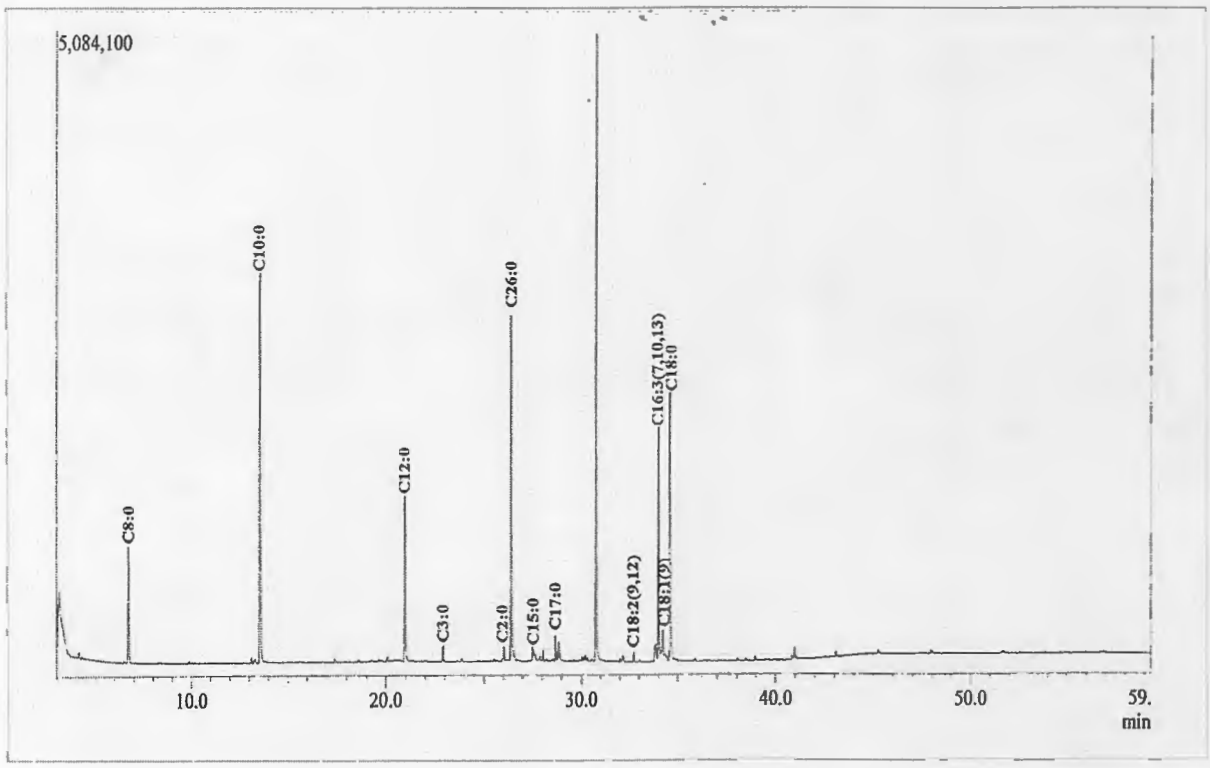


Figure 36: *Chromatogramme du beurre de chèvre fabriqué à partir du lait de chèvre issu de la région Ziama.*

Ainsi, il y a apparition de trois acides gras insaturés, dont : 9,12 - octadécandienoique **(C_{18} : 2 (9,12))** appelé aussi l'acide linoléique, l'acide 7,10,13-hexadécatrienoique **(C_{16} : 3 (7,10,13))** et 9- octadécenoique **(C_{18} : 1(9))** qui est l'acide oléique.

Les acides gras saturés sont représentés par neuf acides gras à savoir, l'acide octanoique **(C_8 : 0)** qui est l'acide caprylique, l'acide dodécanoique **(C_{12} : 0)** nommé aussi l'acide laurique, l'acide propanoique **(C_3 : 0)** appelé aussi l'acide propionique qui est un acide gras ramifié, l'acide hexacosanoique **(C_{26} : 0)** dit aussi l'acide cérotique (cérine), l'acide pentadécanoique **(C_{15} :0)** représenté par l'acide pentadécylique, l'acide héptadécanoique **(C_{17} : 0)** nommé aussi l'acide margarique, l'acide octadécanoique **(C_{18} : 0)** (acide stéarique), l'acide oxalique **(C_2 : 0)** et l'acide décanoique **(C_{10} :0)** (acide caprique).

Quant au beurre de chèvre codé **Ch,** le chromatogramme révèle la présence de quinze pics majeurs répartis en acides gras saturés (huit pics), en acides gras insaturés (six pics) et un seul acide gras ramifié qui est l'acide octadécanoique 17-méthyl **(C_{18} : 0)** appelé aussi l'acide stéarique **(Figure 37).**

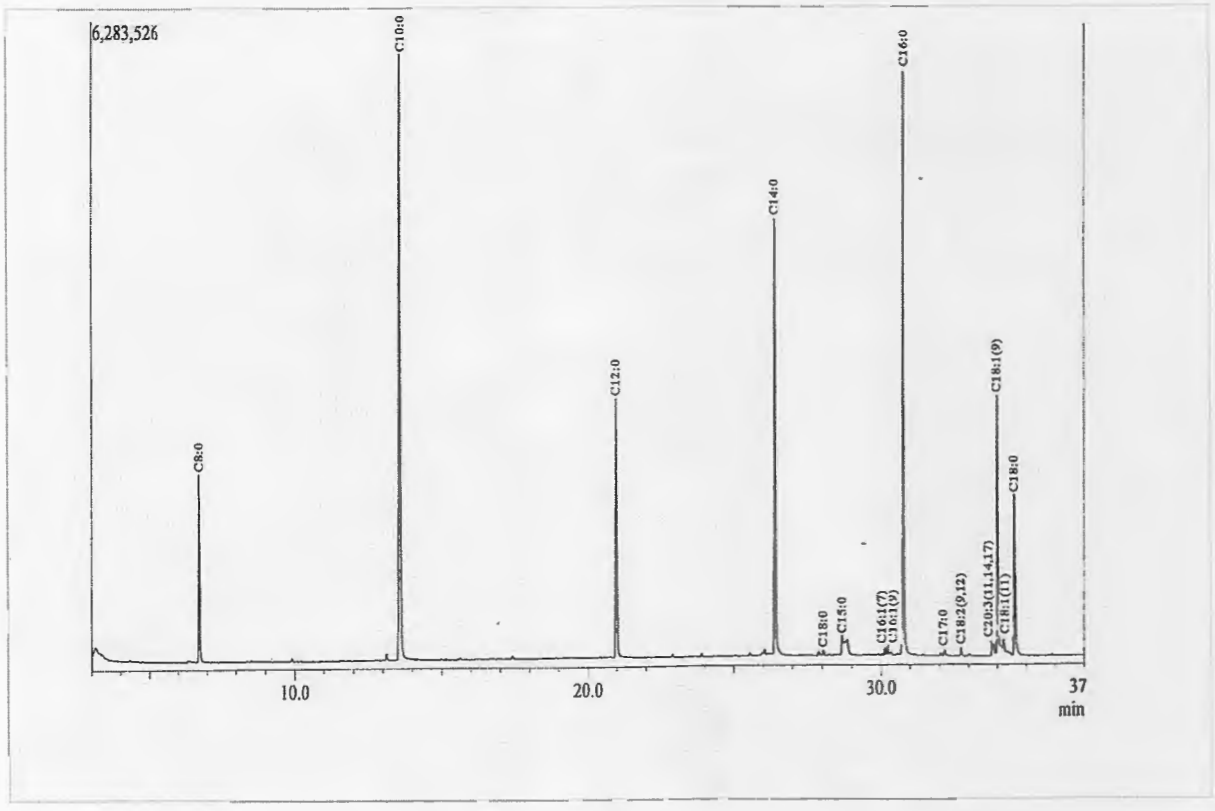


Figure 37 : *Chromatogramme du beurre de chèvre fabriqué à partir du lait de chèvre issu de la région Chekfa.*

Les acides gras saturés sont représentés par : l'acide octanoique **((C_8 : 0)** l'acide caprylique), l'acide décanoique **(C_{10} : 0)** représenté par l'acide caprique, l'acide dodécanoique **((C_{12} : 0)** acide laurique), l'acide tétradécanoique **((C_{14} : 0)** acide myristique), l'acide pentadécanoique **((C_{15} : 0)** acide pentadecylique), l'acide hexadécanoique **((C_{16} : 0)** acide palmitique), l'acide heptadécanoique **((C_{17} : 0)** acide margarique) et le dernier est l'acide octadécanoique **((C_{18} : 0)** acide stéarique).

Pour les acides gras insaturés, il s'agit de : 7-hexadécanoique **(C_{16} : 1 (7))** qui est un isomère de l'acide palmitoléique, suivi de l'acide 9-hexadécanoique **(C_{16} : 1 (9))** qui est l'acide palmitoléique, l'acide 9,12-octadécadienoique (**(C_{16} : 2 (9,12))** acide linoléique), 11,14,17-eicosatrienoique (**(C_{20} : 3 (11,14,17))** acide dihomo-alpha-linolénique), 9-octadécanoique **(C_{18} : 1(9))** qui est l'acide oléique et 11-octadécenoique **(C_{18} : 1(11)** (acide vaccenique).

L'analyse du profil en acides gras du beurre de chèvre codé **T** montre la présence de vingt-cinq acides gras **(Figure 38).**

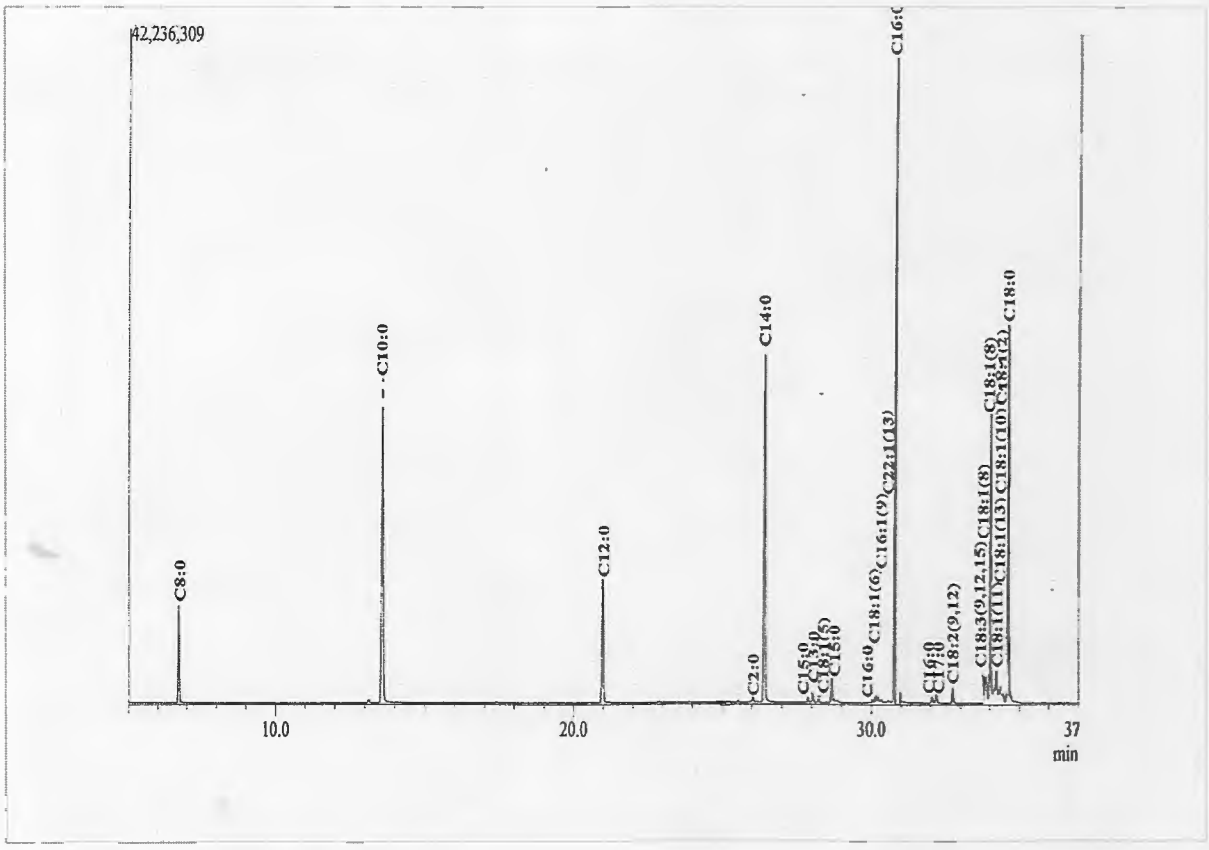


Figure 38 : *Chromatogramme du beurre de chèvre fabriqué à partir du lait de chèvre issu de la région Texanna.*

Les acides gras saturés apparaissent par treize pics : l'acide octanoique (**(C_8 : 0)** acide caprylique), l'acide décanoique (**(C_{10} : 0)** acide caprique), l'acide dodécanoique (**(C_{12} : 0)** acide laurique), l'acide tétradécanoique (**(C_{14} : 0)** acide myristique), deux pics représentant l'acide pentadécanoique (**(C_{15} : 0)** acide pentadecylique), l'acide tricanoique (**(C_{13} : 0)** acide tridécylique) qui est un acide ramifié, l'acide hexadécanoique **(C_{16} : 0)** qui est représenté par trois pics, deux entre eux sont des acides gras ramifiés (l'acide margarique **(C_{17} : 0)** et l'acide stéarique **(C_{18} : 0)),** le reste est l'acide oxalique **(C_2 : 0).**

Les acides gras insaturés quant à eux, apparaissent en douze pics, il s'agit de : l'acide 11-octadécenoique (**(C_{18} : 1 (11))** acide vaccenique), sept pics représentant les isomères de l'acide vaccenique qui sont différencient entre eux à la position de la double liaison à savoir 5-octadécenoique, 6-octadécenoique, 8-octadécenoique (deux pics), 10-octadécenoique, 12-octadécenoique, et 13-octadécenoique, un pic est représenté par : l'acide 13-docosénoique **(C_{22} : 1 (13))** qui est l'acide érucique.

Les acides gras diinsaturés sont représentés par l'acide 9,12-octadécadienoique **(C_{18} : 2 (9,12))** qui est l'acide linoléique, le reste est représenté par l'acide 9,12,15-octadécatrienoique (**(C_{18} : 3 (9,12,15))** acide alpha-linolénique).

Globalement, notre étude nous a permis de mettre en évidence cinquante-deux acides gras déterminés sur l'ensemble des trois échantillons du beurre de chèvre analysés, ces résultats sont assez loin de ceux trouvés par **Rechak et** *al.* **(2008),** qui sont de l'ordre de 14 acides gras sur l'ensemble de deux échantillons de beurre de chèvre.

L'analyse des trois chromatogrammes montre que le beurre de chèvre codé **T** est le plus riche en acides gras (vingt-cinq acides gras), suivi par ceux codés **Ch** et **Z** respectivement, et que les acides gras saturés sont les prédominants, dont la plupart de ces derniers sont des acides gras saturés à courte chaîne ($C_4 - C_{10}$) avec des proportions de 11,73 ± 8,93 %, 15,85 ± 12,11 %, 16,34 ± 18,27 % pour les beurres de chèvre codés **T**, **Ch** et **Z** successivement.

Nos résultats dévoilent les stratégies d'alimentation des animaux car, selon **Le Mens (1985),** une ration riche en foin, fourrage vert et ensilage, entraîne une élévation de taux butyreux et une matière grasse riche en acides gras saturés et relativement pauvre en acides gras insaturés. En outre, une proportion élevée de foin dans la ration a pour effet d'accroître la proportion d'acides gras à chaîne moyenne C16 au détriment des acides gras insaturés à longue chaîne.

D'après **Schmidely et Sauvant (2001),** les acides gras courts sont synthétisés dans la glande mammaire à partir de l'acétate et de β-hydroxybutyrate issu de la fermentation ruminale des fibres des aliments, ils proviennent de la lipogenèse mammaire, ils sont peu affectés par un rapport accru de lipides dans la ration et par la mobilisation des réserves adipeux.

En parallèle cette richesse en acides gras saturés est couplée à une pauvreté des trois échantillons de beurre de chèvre en acides gras insaturés, cette dernière s'explique par la forte biohydrogénation des acides gras insaturés alimentaires par la microflore du rumen **(Martin, 2003).**

Ainsi, l'acide caprique semble être majeur dans les deux beurres de chèvre codés **Z** et **Ch** avec une proportion de : 36,69 % et 24,42 % respectivement, alors que l'acide stéarique apparaît le prédominant dans le beurre de chèvre codé **T** avec un pourcentage de 19,80 %.

Pour les acides gras à moyenne et à longue chaîne, il apparaît que le beurre de chèvre codé **Ch** est le plus riche avec une proportion de 5,23 ± 7,34 %, suivi par ceux codés **Z** et **T** avec un pourcentage de 3,32 ± 6,24 %, 3,44 ± 4,75 % successivement. Cette composition est en marche avec les résultats d'indice de saponification trouvés pour les trois beurres de chèvre étudiés.

Ces acides gras ont un point de fusion relativement élevée (> 44°C), et lorsqu'ils présents en grande quantité dans le beurre, leur donnent une consistance plus ferme **(Ney, 1991).** Donc, la faible quantité en ces acides gras dans les trois beurres de chèvre étudiés leur confère une consistance molle.

Ces mêmes acides gras sont soupçonnés d'avoir des effets dommageables sur la santé humaine puisqu'ils font augmenter le taux de cholestérol sanguin, plus spécifiquement la fraction LDL-cholestérol considérée athérogène **(Ney, 1991).**

Les acides gras saturés à longue chaîne (C_{20}- C_{22}), sont absents dans tous les beurres de chèvre analysés à l'exception du beurre de chèvre codé **Z** où ils sont présents avec une faible proportion de 0,89 %, cela s'explique par le fait d'impossibilité d'élongation des chaînes d'acides gras au-delà de C_{16} dans la glande mammaire, ce qui constitue probablement une des voies qui permet d'abaisser le point de fusion de ces acides gras en réponse à leur forte saturation **(Schmidely et Sauvant, 2001).**

Les acides gras monoinsaturés sont représentés particulièrement par l'acide oléique **(C_{18} : 1(9))** avec une proportion de 3,03 % et 9,90 % pour les beurres de chèvre codés **Z** et **Ch** successivement, cependant on a noté une absence totale de cet acide dans le beurre de chèvre codé **T.**

Chilliard et *al.* **(2000)** rapportent que parmi les acides gras monoinsaturés le plus important est l'acide oléique **(C_{18} : 1 (9))**, qui est un des acides gras les plus fréquent chez la chèvre. Ces données sont en désaccord avec le résultat enregistré dans le beurre de chèvre codé **T.**

Les acides gras monoinsaturés de la matière grasse résultent pour partie de leur prélèvement plasmatique par la glande mammaire et pour partie de l'activité du delta 9- désaturase mammaire qui convertie l'acide saturé en acide monoinsaturé de forme isomérique « *cis* » **(Chilliard et** *al.,* **2000, Bauman et Grinarii, 2001).**

Cette désaturase est d'autant plus active que la chaîne carbonée de l'acide gras est longue, ce qui explique les faibles teneurs en acides gras monoènes pour une longueur de chaîne inférieure ou égale à C_{14} **(Chilliard et** *al.,* **2000, Bauman et Griinari, 2001).**

Ceci laisse penser que l'absence d'acide oléique dans le beurre de chèvre codé **T** est due soit à un régime alimentaire pauvre en cet acide gras, soit à l'incapacité du delta 9-désaturase de synthétiser cet acide à partir des acides gras saturés ou à la pauvreté de l'alimentation en acides gras longues. Ainsi la variabilité des teneurs en acides gras monoinsaturés des trois beurres de chèvre analysés peut expliquer par le fait d'un régime alimentaire varié et/ou une activité du delta 9-désaturase instable.

Selon **Chouinard et Turgeon (1998),** l'acide oléique possède un point de fusion relativement bas (13,4°C versus environ 35 °C pour le beurre), ceci nous permet de déclarer qu'une présence élevée en cet acide dans les beurres de chèvre codés **Z** et **Ch** devrait contribuer à améliorer leur tartinabilité à basse température.

Les acides gras polyinsaturés ne sont pas synthétisés par les ruminants, ils proviennent exclusivement de la ration distribuée, leur teneur est donc dépendante de la richesse des aliments et le degré d'hydrogénation dans le rumen **(Paccard et** *al.,* **2006).** Parmi eux l'acide linoléique qui est détecté dans l'ensemble de beurres de chèvre analysés, mais avec des teneurs relativement faibles.

La présence de cet acide gras s'explique par l'existence dans le rumen des bactéries capables de transformer les acides gras de l'alimentation en acide linoléique **(Harfout, 1981).** Puisque cet acide n'est pas synthétisé chez les ruminants, leurs concentrations dépendent donc essentiellement des apports fournis par l'alimentation **(Schmidely et Sauvant, 2001).**

Récemment, il a été montré que cet acide gras prévenant le développement des cancers **(Ip et** *al.,* **1999, Ip et** *al.,* **2003),** réduisait le pourcentage de l'athérosclérose **(Belury, 2002),** et diminuait le pourcentage de gras corporel **(Parck et** *al.,* **1997).**

Ainsi, la faible teneur en acide linoléique des chèvres est expliquée par le fait de son biohydrogénation ruminale **(Gulati et *al.*, 1999)**, et peut probablement due à une alimentation pauvre en cet acide gras ou d'une faible activité de la microflore de rumen responsable à la transformation des acides gras en acide linoléique.

Les acides gras ramifiés sont représentés à des proportions de 0,26 %, 0,44 % et 1,33 % pour les beurres de chèvre codés **Ch**, **T** et **Z** respectivement, un résultat qui est en accord à celui trouvé par **Alonso et *al.* (1999)**, qui ont affirmé avoir détecter cette famille d'acides gras dans le lait de chèvre.

Ainsi, d'après **Le Mens (1985)**, plus de la moitié des acides gras ramifiés C_{15} à C_{17} proviennent du plasma des microorganismes du rumen. De plus, le passage du régime de stabulation au régime de pâturage entraîne une augmentation sensible de la proportion globale d'acides ramifiés à quinze atomes de carbones **(Kuzdzal Savoie et Kuzdzal, 1967)**.

Les acides gras à longue chaîne dans les trois beurres de chèvres analysés sont représentés par des proportions de 3,32 ± 4,75 % pour le beurre de chèvre codé **T**, 3,34 ± 4,75 % pour le beurre de chèvre codé **Z** et 5,23 ± 7,34 % pour le beurre de chèvre codé de **Ch.**

Selon **Le Mens (1985)**, la glande mammaire prélève dans le sang les acides à longues chaînes qui s'y trouvent. Ces acides proviennent de l'alimentation, des réserves corporelles, de la biosynthèse de certains organes (foie en particulier) et également du plasma des microorganismes du rumen. La plus forte teneur en acides gras C_{18} enregistrés à la mise à l'herbe est, sans doute, à relier à la richesse de l'herbe en acides gras à longues chaînes.

Le profil d'acides gras des trois beurres de chèvre montre une absence totale de la forme « *trans* », ces acides « *trans* » sont synthétisés essentiellement dans le rumen lors de la biohydrogénation des acides gras linoléique et linolénique lors d'apports des concentrés en quantité importante ou lorsque l'alimentation est riche en acide linoléique (ou dans une moindre mesure, en acide linoléique) **(Stender et Dyerberg, 2003)**.

En reposant sur ces informations, l'absence totale de cette forme dans les trois beurres de chèvre analysés peut expliquer par l'absence de biohydrogénation d'acide linoléique et linolénique ou à une l'alimentation pauvres en ces deux acides gras.

Comparativement à la consommation d'acides gras polyinsaturés de configuration « *cis* », les acides gras « *trans* » ont des effets défavorables sur le bilan lipidique sanguin puisqu'ils diminuent le cholestérol des lipoprotéines de haute densité (HDL appelé aussi bon cholestérol) et augmente le cholestérol des lipoprotéines de faible densité (LDL appelé aussi mauvais cholestérol) ainsi que les triacylglycérols **(Mensink et *al.*, 2003)**.

Par ailleurs, les acides gras insaturés en forme « *cis* » sont importants par leur réactivité, leurs propriétés biologiques et leur bas point de fusion. Leur proportion varie surtout avec l'alimentation ; l'herbe est très favorable **(Alais et Linden, 1997)**.

La présence d'acides gras impaires dans les trois beurres de chèvre étudiés (0,52 ± 0,31 %, 0,54 ± 0,28 % et 1,47 ± 0,68 % pour les beurres de chèvre codés **Ch**, **T** et **Ch** respectivement) peut être expliquer en se basant sur différentes dimensions :

On peut inclure l'influence de l'alimentation des chèvres, comme on peut penser à la composition du lait qui contient une microflore responsable des fermentations différentes et contribuant à des métabolites divers.

Kuzdzal Savoie et Kuzdzal (1967), ont expliqué cette situation par le fait que l'introduction d'herbes fraîches dans l'alimentation s'accompagne d'une modification des fermentations au niveau de rumen et que ceci peut entraîner une modification de la flore digestives et que les proportions respectives des acides gras saturés 13, 15, et 17 atomes de carbone diminuent lors de passage du régime de stabulation au régime de pâturage.

D'une manière générale, la variabilité de la composition en acides gras des trois beurres de chèvre est assez notable, ceci mis en évidence l'influence de facteurs physiologiques, où pendant les huit premières semaines de la lactation, on assiste à une diminution globale de l'ensemble des acides gras **(Kolabasa, 1970).**

Par contre, **Sauvant (1973),** note une diminution de C_{18} : 1, de l'ordre de 20 % entre la quatrième et la dix-huitième semaine. Aussi **Sauvant et Morand-Fehr (1974),** notent une augmentation en C_{14} : 0 et une diminution de C_{18} :0 et C_{18} : 1. La variabilité des acides gras est élevée ; celle de C_{18} : 0 étant la plus élevée, on peut tenter de l'expliquer en évoquant l'activité de prélèvement de cet acide gras par la cellule épithéliale à partir de sang **(Sauvant et Morand-Fehr ,1974).**

Aussi, la composition en acide gras des trois beurres de chèvre varie entre eux principalement avec la nature de la ration fourragère et plus particulièrement le mode de conservation de fourrage **(Lucas et** *al.,* **2006).**
Une source de variation non négligeable est celle liée aux facteurs génétiques, ainsi **Sauvant et Morand-Fehr (1981)** ont montré que les chèvres qui produisent une matière grasse plus riche en acides gras à longues chaînes présentent un taux butyreux du lait significativement plus élevé et mobilisent plus intensément leurs réserves lipidiques corporelles, ceci étant surtout vérifie pendant la première semaine de la lactation par la suite, en pleine lactation, la capacité d'ingestion de la chèvre augmente ; on assiste alors à une meilleure distribution des acides gras plasmatiques en provenance du rumen.

III.2.4. Le contrôle organoleptique du beurre de chèvre:

La plupart des temps, un profil sensoriel est établi et un jury évalue le produit selon les critères de celui-ci : aspect, odeur, structure, texture et saveur **(Karles Kind, 1992).**Les résultats du contrôle organoleptique des trois beurres de chèvre étudiés sont résumés dans le tableau 32.

Tableau 32 : Résultats de contrôle organoleptique des trois beurres de chèvre analysés.

Les échantillons / Critères	BZ	BCh	BT
Aspect	4,53	2,53	4,51
Odeur	3,57	3,58	2,54
Structure	3,52	3,54	3,53
Texture	2,56	2,56	2,56
Saveur	4,55	2,53	3,55
Note totale	3,74	2,74	3,33

Les analyses organoleptiques réalisées sur les trois beurres de chèvre montrent que l'échelle de variation de différentes notes attribuées à l'ensemble des beurres de chèvre, se situe entre 2,74 et 3,74.
En analysant l'aspect, les beurres de chèvre codés **Z** et **T** obtiennent les notes 4,53 et 4,51 respectivement avec un qualificatif bon. Celui au lait issu de **Ch** se classe le dernier avec une note 2,53 et un qualificatif moyen **(Figure 39).**

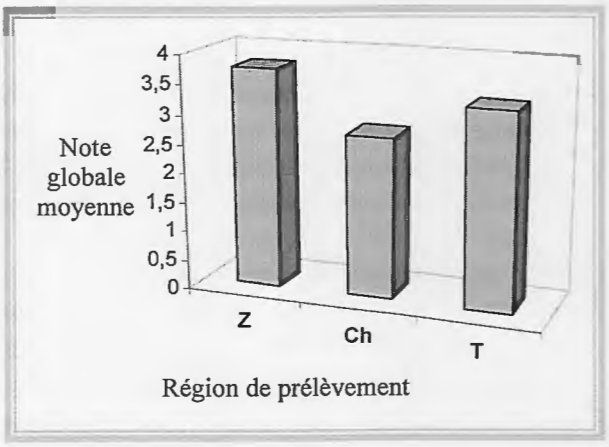


Figure 39: *Variation des notes organoleptiques globales moyennes des trois Beurres de chèvre.*

La différence concernant l'aspect réside (comme par exemple la couleur) de la pauvreté du lait de chèvre en pigments β-carotène et tocophérol **(Chevreul, 1993),** C'est pour cela, que le beurre qu'on en sépare est, sans doute, est dans toutes les saisons blanc comme de suif.

L'analyse de l'odeur a permis d'attribuer des notes de 3,57 et 3,58 pour les beurres de chèvre codés **Z** et **Ch** respectivement avec un qualificatif bon, bien que le beurre de chèvre codé **T** a obtenu une note de 2,54 avec un qualificatif moyen.

L'odeur de beurre de chèvre dépend de nombreux facteurs à savoir ; le lait d'origine, l'alimentation et les produits formés lors de la maturation de la crème c'est-à-dire lors de la fermentation lactique (exp : diacétyl, acide lactique, acide acétique, acétaldéhyde, alcool, cétones,...etc.) **(Fredot, 2006).**

Par ailleurs, l'analyse de la structure montre que les trois beurres de chèvre ont obtenu presque la même note avec un qualificatif bon. De même, ils ont la même note concernant la texture (2,56) avec un qualificatif moyen.

La consistance du beurre peut varier selon la composition de la matière grasse, la région, les conditions d'élevage et les rigueurs climatiques **(Fredot, 2006).** Le beurre de chèvre se sépare facilement de la crème, elle est toujours très ferme et mou **(Chevreul, 1993).**

En analysant la saveur, les beurres de chèvre codés **Z** et **T** ont obtenu les notes de 4,55 et 3,55 respectivement avec un qualificatif bon, cependant, le beurre de chèvre codé **Ch** a obtenu une note de 2,53 avec un qualificatif moyen.

Le beurre de chèvre codé **Z** avait une très bonne saveur par rapport aux autres beurres de chèvre étudiés, cette constatation peut s'expliquer par le fait que ce dernier avait une composition en acides aromatiques différentes de celle des autres beurres de chèvre, il peut probablement contenir un taux un peu élevé en diacétyl qui est le composé majeur responsable de l'arome du beurre et qui est élaboré par les bactéries lactiques aromatiques spécifiques, ces justificatifs sont confirmés par **Lacrosse (1969).**

Après ces constatations, on voit que le beurre de chèvre codé **Z** a la meilleure qualité organoleptique. En outre, on remarque qu'il y avait vraiment une corrélation entre la qualité organoleptique des trois beurres de chèvre et celle des laits de chèvre servants à leur fabrication. Ce résultat semble être en accord avec celui trouvé par **Houssin et** *al.* **(2004)** qui ont montré que la qualité sensorielle et organoleptique du beurre est similaire à celle de la matière première utilisée pour sa fabrication.

Conclusion

Conclusion Générale

D'une manière générale, cette étude a contribué à enrichir les connaissances sur les caractéristiques microbiologiques, physicochimiques et organoleptiques du beurre de chèvre.

Au cours de ce travail, nous avons évalué, d'une part ; la qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique de trois laits de chèvre crus collectés de trois régions Jijeliennes différentes à savoir Ziama, Chekfa et Texanna et d'autre part, contrôlé la qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique des trois beurres de chèvre fabriqués traditionnellement au laboratoire à partir de ces trois laits de chèvre.

Le contrôle des trois matières premières a montré, une charge microbienne abondante suite à un nombre de la flore totale aérobie mésophile important mais sans détection de pathogènes, avec un niveau de contamination moins inférieur dans les beurres de chèvre analysés, une qualité physicochimique acceptable et une qualité organoleptique satisfaisante avec un qualificatif bon, aussi bien pour les trois matières premières que pour leurs produits finis.

Des données représentatives et détaillées sur la composition en acides gras ont été collectées. Le profil d'acides gras des trois beurres de chèvre a aussi mise en évidence l'existence d'une forte variabilité, ainsi qu'une richesse en acides gras avec une abondance des acides gras saturés à courtes et à moyennes chaînes, une absence totale des acides gras insaturés forme « *trans* », alors que les acides gras ramifiés sont détectés.

Les résultats obtenus à partir de ce travail, montrent la grande importance de l'utilisation d'un lait cru de très bonne qualité microbiologique dans la fabrication d'un beurre de chèvre frais de bonne qualité, pour cela, il est nécessaire d'appliquer une bonne hygiène de traite et une conservation rapide et adéquate du lait après sa production jusqu'à son utilisation. Il est évident qu'il faudrait aussi éviter toute contamination du lait au cours de la préparation du beurre de chèvre, soit par les manipulateurs ou par le matériel et équipement laitier utilisé.

Donc, ce modeste travail nous a permis de situer le beurre de chèvre par rapport à d'autres beurres traditionnels de vache, de brebis,....etc. Sur le plan technique , ce produit a la même technologie traditionnelle de fabrication que les autres, par contre, sur le plan nutritionnel , il est complètement différent , aussi bien par sa composition , ses propriétés physiques , physicochimiques et organoleptiques, que, par sa valeur énergétique .

A partir de ces raisons, il serait souhaitable qu'une étude précise soit effectuée sur le beurre de chèvre visant à apprécier la valeur nutritionnelle de ce produit. Il serait également salutaire de fixer des normes physicochimiques et bactériologiques afin d'assurer au consommateur une qualité suffisante aux plans nutritionnel, organoleptique et hygiénique.

Références Bibliographiques

A-B

Abd-El-Malek Y., 1978. Traditional Egyptien dairy fermentation. *UNEP/ UNESCO/ICRO- Kaala Lumpur*, 198-208.

Abo-Elnaga L.G., El Aswad M. et Moqi M., 1977. Some chemical and microbiological characteristics of lben. *Milchwussen Schait*, **32**, 521-524.

Adrian J., Potus J., Poiffait A. et Dauviller P., 1998. Introduction à l'analyse des denrées alimentaires. *Tec. Et Doc. Lavoisier,* 47- 60.

Alais C. et Linden G., 1997. Biochimie alimentaire. *Masson,* 167- 191.

Alais C., 1984. Sciences du lait. Principes des techniques laitiers. *Edit : S.E.PAIC, Paris,* 3- 43.

Alonso L., Lozada M., Frega M .et Juarez M., 1999. Fatty acid composition of caprine milk: major, branched chain, and Trans fatty acids. *J. Dairy. Sci.* **82**, 878-884.

Arora N, 1976. Variation in fat unsaponifiabl matter and cholesterol content of goat's milk. *J. Dairy Sci.* **29**, 191- 196.

Baaziz C., Baghouil N., Guffens N., Geerts J., Sternotte V., Stassin M. et Theys A., 2005. Les matières grasses: Anges ou démons ? *Agrégation en sciences naturelles,* 30-20.

Bailey G.L., 1982.Studies on variations in the solids-not-fat content of milk: Variation due to stage in lactation. *J. Dairy Res.* **19**, 102-108.

Baltimore W. et Baltimore W., 1974. Bregy's manuel of bacteriology. *Tec. Et. Doc. Lavoisier,* 31-33.

Bauman D. E.et Griinari J.M., 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low milk fat syndrome. *Livest. Prod. Sci.* **70**, 15-29.

Bekhouche F. et Boulahrouf A., 2005. Étude quantitative et qualitative des bactéries lactiques du lait cru produit par des vaches locales appartenants à six stations d'élevage de Constantine. *Sciences & technologie*, 38-45.

Belmihoub G.H. et Hamlaoui CH., 1991. Étude générale sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires et quelques méthodes d'analyses microbiologiques. *Direction de la connaissance et des prix Sétif,* 7- 35.

Belury M.A., 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of actions. *Annu. Rev. Nut.***22**, 505-531.

Benkarrouma N. et Tamimeb A.Y., 2004. Transfert de la technologie de quelques produits laitiers traditionnels Marocains (lben, jben et smen) à petite échelle industrielle. *Food microbiology*, **21**, 399-413.

Berger J.L., et Accolas J.P., 1986. None sporing and sporing anaerobes in dairy products. *Ed. Blackwell Scientific Publication. London*, 373- 396.

Berger T., utifkofer U., Rech C.H., Eckhart J., Dubach A., Salader M., Luczinski K., Walder R. et Stalder U., 2004. Manuel suisse des denrées alimentaires. *Lait. MSDA*, 1-3.

Besson M. et Garneau I., 2003. Avec du beurre, c'est bien meilleur ? Expo Journal, rapport interne, programme des sciences de la nature. *Cégep de saint- Félicien, Saint-Félicien,* 1-13.

Bourgeois C.M. et Leveau J.Y., 1991. Techniques d'analyses et de contrôle dans les I.A.A. le contrôle microbiologique. *Tec. Et Doc. Lavoisier,* 330- 353.

Boutonnier J.L. Dunant C.L., 1990. Lait et produits laitiers. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 35- 66.

Boucquier F., 1985. Influence de la photopériode et de la température sur certains équilibres hormonaux et sur les performances zootechniques de la brebis en gestation et on lactation. Thèse docteur ingénieur. *INAPG. Paris* ,82-96.

Busser B., Dejong G., Linden E., Kreijkes R., Huisman M., Pierik R., Wesselink H. et Wemekamp H., 2009.les fromages artisanaux de chèvre et de brebis. *Québec (Canada) version technique*, 12 - 25.

C- D

Cammas G. et Langevin S., 2003. Les bonnes pratiques d'hygiène pour la fabrication de l'huile d'olive vierge version indice 7. *Association Française interprofessionnelle de l'olive*. 7- 67.

Canler J.P., 2001. Performance des systèmes de traitement biologique aérobie des graisses. Graisses issues des dégraisseurs de station d'épuration des effluents à dominante domestique. *FNDAE n°24. Ministère de l'agriculture et de la pêche,* 7- 13.

Cardinal P., 2006. Lignes directrices pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Comité provincial sur l'uniformisation et l'interprétation des critères microbiologiques des aliments. *Québec (Canada), version électronique*, 33- 40.

Charbounnier A., 1991. L'huile d'olive : Aliment. Santé. *FRISON. ROCHE*, 23- 27.

Chevreul M.E., 1993. Recherche chimique sur les corps gras d'origines animales. *Tec. Et Doc. Lavoisier,* 102- 603.

Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge R. M. et Doreau M., 2000. Rumant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, poly unsaturated, Trans aconjugated fatty acids. *Ann. Zootech*, **49**, 151, 205.

Chirade E. et Moreau R., 2000. Fabrication pratique du beurre : Manuel publié par la société Française d'Encouragement à « L'Industrie laitière ». *Lisieux*, 1- 4.

Chirrat S. et Mendel M., 1997. Contribution à la caractérisation physicochimique de deux variétés d'huiles d'olives locales Chamlal et Blanquette, 6- 72.

Chouinard Y. et Turgeon S., 1998. Amélioration de la qualité des matières grasses laitières par l'alimentation de la vache. *CPAQ*.1- 7.

Coton E., Coton M., Levert D., Casaregola S. et Sahier D., 2005. Yeast ecology in French cider and black olive natural fermentations. *International journal of food Microbiology*.**108**, 130- 135.

Coulon J.B., Delacroix-BBuchet A., Martin b. et Pirisi A., 2005. Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *INRA Prod. Anim.* **16**, 275- 278.

Cuq J.L., 2008. Contrôle microbiologique des aliments- manuel technique. *Polytech département STIA. Académie de montrillier. Sci .Et Tec du Languedoc*, 40- 96.

Debbou B. et Chavana T., 2003. Extraction et caractéristiques biochimiques de l'huile d'argan. Mémoire de fin d'étude en Agronomie. *Institut National Agronomique (INA)*, 45-50.

Decaen C. et Journet M., 1976. Evolution au début de lactation, de la sécrétion des principaux acides gras du lait et de la concentration en acides gras libres du sang chez la vache. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys*, **7**, 131- 143.

Desjeux J.F., 1993. Valeur nutritionnelle du lait de chèvre. Lait de chèvre et santé. *Elsevier/ INRA,* **73**, 573- 580.

Dubroeucq H., Martin B., Ferlay A., Paradel Ph., Verdier-Meltz I., Chilliard X., Agabriel J. et Coulon J.B., 2002. L'alimentation des vaches est susceptible de modifier les caractéristiques sensorielles du lait. *Renc. Rech. Ruminants*, **9**, 351-354.

Dumoulin E. et Peret Z.G., 1993. Qualité bactériologique du lait cru de chèvre en France. *Lait*, **73**, 475- 483.

E - F

El Marrakchi A., Tantaoui- Elaraki A., Hammama A. et Grini A., 1988. La flore microbienne du smen Marocain. Flore lipoytique et caséinolytique. *Lait*, **68**, 333-348.

Fahmi A.H., 1956. Effect of temperature and time on the creaming power of cow, buffalo, sheep, and goat's milk. *J. Dairy Sci.* **9**, 124-130.

François M., 2008. Beurre de Karité. Développement d'innovations techniques, économiques, organisationnelles dans la filière Karité. *Edit: GRET*, **32**, 5-8.

Fredot E., 2006. Connaissance des aliments. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 35- 36.

G - H

Galacier J.P., Barbier J.P. et Kudzdzal-Savoi S., 1974. Les variations des proportions relatives des acides gras d'un beurre de laiterie d'Ille- et- Vilaine. *Lait*, **60,** 117- 138.

Garido Fernandez A., Fernandez Diez M.J. et Adams M.R., 1997. Table olives production and processing. *Ed: Chapman et hall*, 21- 28.

Grandi Pierre C., Chiosolfi J. et Thouveno J., 1988. Etude biochimique du lait de chèvre. *Cach. Nutr. Diet.***23**, 367-374.

Grandis A. et Imbert A., 1999.lait et produits laitiers. *Edit. A.F.N.O.R. Paris*, 45- 76.

Grappin R., 1981. Étude du lait de chèvre, teneur du lait de chèvre en matière grasse, matière azotée et fraction azotées du lait. *Lait,* **61**, 117- 133.

Grimes M., Orlagensen S., Benton F., Bathel P., Hasting F., Viertauer J. et Hank Ch., 1982. Rapport entre la durée de l'épreuve de réductase et le nombre des bactéries contenues dans le lait conservé à basse température. *Lait*, **89**, 905-907.

Guay V. et Côte P.E., 2005. Les conséquences du chauffage sur l'huile. Expo Journal, rapport interne, programme des sciences de la nature. *Cégep de saint-Félicien, Saint- Félicien*, 1-14.

Guiraud J.P. et Galzy P., 1980. L'analyse microbiologique dans les industries laitières. *Les éditions de l'usine nouvelle*, 1- 239.

Guiraud J.P. et Rosec J.P., 2004. Pratiques des normes en microbiologie alimentaires. *Ed : A.F.N.O.R. Codex*, 95-234.

Guiraud J.P., 2003. Microbiologie alimentaire. *Dunod*, 136-433.

Gulati S.K., Ashes J.R. et Ascolt W., 1999. Hydrogenation of eicosapentanoic and docosahexaenoic acids and their incorporation into milk fat. *Anim. Feed Sci.Technicol*, **79**, 57-64.

Hammama A., 1989. Qualité bactériologique des fromages frais Marocains. *Options mediteranneènes-série seminaire-n° 6*, 223-227.

Harfoot C.G., 1981. Lipid metabolism in the rumen. *Ed: Pergamon Press. New – York,* 21 – 55.

Harrati E ., 1974. Recherche sur le lben et le klila Algériens. Thèses de Doctorat de spécialité. *Université de Caen*, 95-111.

Hermier J. et Cerf O., 1987. La stabilité du lait à la chaleur. *CEPIL*, 309- 314.

Hettinga D., 2005. Butter. *Freidoon. Shahid,* 1- 60.

Houssin B., Chenais F. et Hardy A., 2004. Influence du correcteur azoté des régimes à base d'ensilage de maïs sur la composition de la matière grasse et les qualités organoleptiques et nutritionnelles des beurres et des camemberts. *Renc. Rech. Ruminants,* **11**, 104- 106.

Hurtaut C., Faucon F. et Peyraud J.L., 2006. Effet de différentes formes d'apport de in et de colza dans l'alimentation des vaches laitières sur les propriétés physiques et sensorielles du beurre. *INRA*, 1- 10.

I - J

Ip C. S., Banni S., Angioni E., Carta G., Meginly J., Thomson H.J., Barbano D. et Bauman D.E., 1999. Conjugated lineic-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rat's .*J. Nutr*. **129**, 2135- 2142.

Ip M.M., Masso-Welch P.A. et Ip C., 2003. Prevention of mammary cancer with conjugated linoleic acid: Role of the stroma epithelium. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia.* **8**, 103-118.

Jarrige R. et Rossetti C., 1977. Etude sur les variations de la richesse en constituants azotés des laits de vaches. Différences individuelles dans la teneur et la répartition des constituants azotés. *Ann. Zootech*, **6**, 64- 80.

Jaubert G., 1997. Biochemical's characteristics and quality of goat's milk. *Ciheam- Options Mediterranneènes*. 71-74.

Jeantet R., Craguennec T., Mahaut M., Schuck P. et Brulé G., 2008. Les produits laitiers. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 66-70.

Jenness R., 1980. Composition and characteristics of goat's milk *.J. Dairy Sci.* **69**, 1605-1630.

Joffin C. et Joffin J.N., 1999. Microbiologie alimentaire. *Académie de Bordeaux*, 169- 176.

Journet M. et Hoden A., 1978. Résultats particulièrement publiés dans : Alimentation des ruminants. *INRA Pub*, 200- 240.

Journet M. et Jarrige R., 1980. Évolution de la sécrétion des matières grasses, des matières azotées et de lactose au cours du premier mois de lactation. *Ann. Zootech*, **9**, 133- 155.

Juarez M. et Romos M., 1986. Physicochemical characteristics of goat's milk as distinct from those of cow's milk. *Bull. Int. Dairy Fed.* **202**, 54- 67.

K- L

Karles-Kind A., 1992. Manuel des corps *gras. Tec. Et Doc. Lavoisier*, 883- 988.

Kataoka K. et Hakg E., 1972. Comparative studies on the milk. Constituents of various mammals in Japan. Comparison in phospholipids composition of the milk from various mammals. *J. Dairy Sci.* **11,** 140-142.

Kolabasa F., 1970. Investigation in viscosity of milks. *Indian J. Dairy Sci.*, **1,** 68- 69.

Knight R., 1980. Feeding for milk quality. *ADAS Quat. Rev*, **39**, 193-211.

Kuzdzal-Savoie S., 2002. Les limites de variation des indices de la matière grasse du beurre. *Le lait*, **13**, 1- 9.

Kuzdzal- Savoie S. et Kuzdzal W., 1967. Les acides gras mineurs du beurre. *Le lait*, **463**, 147-152.

Lacrosse R., 1969. Production de diacytile dans les laits et les crèmes soumis à la fermentation au cours de la fermentation lactique. *Le lait*, **487,** 434- 438.

Larpent J. P., 1997. Microbiologies alimentaires, techniques de laboratoire. *Tec. Et Doc. Lavoisier,* 708- 713.

Le Jaouen J.C., 1985. Composition du lait : la situation actuelle. Rev : la chèvre, **153**, 10-13.

Le Mens P., 1985. Lait et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre. *Tec. Et Doc. Lavoisier,* 349- 391.

Lecoq R., 1965. Manuel d'analyses alimentaires et d'expertise usuelles. *Doin, Edit* 1304- 1311.

Leyral G. et Vierling E., 2001. L'analyse microbiologiques des aliments. *Ed : Doin. Centre régional de documentation pédagogique D'aquitain (CRDP),* 49-70.

Lucas A., Hulin S., Michel V., Agabriel C., Chamba J.F., Rok E. et Coulon J.B., 2006. Relation entre les conditions de production du lait et teneurs en composés d'intérêt nutritionnels dans le fromage. *INRA. Prod. Anim.* **9**, 15-28.

Luquet F.M., 1985. Lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. *Edit. APEIA. Tec. Et Doc. Lavoisier,* 35-65.

M- N

Mahaut M., Jeantet R., Schuck P. et Brulé G., 2005. Les produits industriels laitiers. *Tec. Et Doc. Lavoisier,* 94- 98.

MAPAQ., 2007. Normes et sanctions pour le lait de chèvre collecté à la ferme. *SPCQ*, 1-8.

Martin B., 2003. La composition protéique du lait de chèvre : des particularités. *INRA*, 428- 430.

Masle I. et Morgan F., 2001. Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques. Facteurs de variation liés à la composition du lait. *Lait*, **81**, 56-569.

Mathieu J., 1998. Initiation à la physicochimie du lait. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 46, 788.

Mathieu H., Luquet F. M., Mouillet L., 1976. A propos de la teneur des laits individuels et de mélange en matières minérales et urée. *Le lait*, **561**, 55-112.

Mensink R.P., Zock P.L., Kester A.D. et Katan M.B., 2003. Effect of dietary fatty acids and carbohydrates on the ration of serum total to H.D.L cholesterol and on serum lipids apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controled trials. *Am. J.Clin. Nutr*. 77, 1146-1155.

Morain P., Pauliot Y. et Jimenez –Flores R., 2005. A comparative study of the

fractionation of regular butter milk and whey batter milk by microfiltration. *Dairy. Sci.***26**, 1-3.

Moreau C., 1980. Les moisissures: techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires, le contrôle microbiologique. *Col. Sci. Tec. Agroalimentaire,* **3,** 331- 333.

Ney D.M., 1991. Potential for enhancing the nutritional proprieties of milk fat. *J. Dairy. Sci.* **72**, 3109- 3115.

Novelloe C. et Tap J., 2003. Analyse des produits laitiers. *Université de Paris. IUP SIAL.*1-10.

O- P

O.M.S., 1976. Aspect microbiologique de l'hygiène des denrées alimentaires. Rapport d'un comité O.M.S d'expert réuni avec la participation de F.A.O. *Série de rapports techniques n° 598*, 45-52.

O'Connor P. et Fox P.F., 1973. Temperature dependant dissociation of casein micelles from the milk of various species. *Neth. Milk Dairy*, 27-199.

Ollivier D., Artaud J., Pinatel C., Durbec J.P. et Guerere M., 2006. Differenciation of French virgin olive oil RDO's by sensory characteristics, Fatty acid and triacylglycerol compositions and chemometrics. *Food chemistry*, **97,** 382-393.

P.H.A., 1976. American Public Health Association. Compendium of methods for the microbiological examination of food, *Washington*, 29- 53.

Paccard P., Chenias F. et Bruschwig P., 2006. Maîtrise de la matière grasse du lait par l'alimentation des vaches laitières. *Institut de l'élevage*, 1- 33.

Parck y., Albright K.J., Lui W., Storkson J., Cook M.E. et Pariza M.W., 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, **32**, 853-858.

Parkash S. et Jenness R., 1978. The composition and characterization of goat's milk. *A review. Dairy Science Abstracts.* **230**, 67- 87.

Parkhie M.R., Gilmore L.O. et Fechner N. S., 1986. Effects of successive lactations, gestation, and season of calving constitution cow's milk .*J. Dairy Sci.* **49**, 1411-1415.

Perrier R., Auffref T., Vander Kemp F. et Zonszain ., 1997. Expériences faciles et moins faciles en sciences biologique, collection biosciences et techniques. *Doin, Edit*, Paris, 93-110.

Petranxienne N.E. et Lapied L., 1981. La qualité bactériologique du lait et produits laitiers. Analyses et tests. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 63- 151.

Pocher CH., 1976. Eléments pratiques d'analyse et d'inspection du lait et des produits laitiers et des œufs. *Paris*, 20-116.

Pointurier H., 2003. La gestion matières dans l'industrie laitière. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 1-64.

Q- R

Raoux R., 1998. Méthodologie et spécificités de l'analyse sensorielle dans le domaine des corps gras *Analusis magazine n° 3*, **26,** 66-71.

Rechak H., Rebiai N. et Zabaiou N., 2008. Contrôle de la qualité du beurre traditionnel Jijilien. Mémoire de fin d'étude en contrôle de qualité et analyse. *Université de Jijel*. 1-90.

Remond B., 1985. Principales caractéristiques physicochimiques et

biologiques du lait. *Tec. Et Doc. Lavoisier*. 5- 74.

Remond B. et Vermorel M., 1982. Influence du climat et de la saison sur la production laitière au pâturage : Action du climat sur l'animal au pâturage. *INRA Pub,* 115- 130.

Resteck F., 2006. Une gamme complète de colonnes pour la GC-MS. *Turning vision into realy. Lit. Cat. FRN, France,* 1-8.

Ribereau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P. et Ribereau-Gayon P., 1982. Science et technologie des vins. Analyse et contrôle des vins. *Ed : Dunod. Tec. Et Doc. Lavoisier,* 142- 232.

Richard J. et Auclair J., 1987. Le lait de fromage. *Tec. Et Doc. Lavoisier,* 126- 127.

Ritter W., Brugger H., Forster H., Hadorn H., Hanni H. et Stein J.L., 1976. Manuel Suisse des denrées alimentaires. *Office central fédéral des imprimés et du matériel,* 1-20.

Rogers G.L. et Stewart J. A., 1982. The effects of some nutritional factors on milk protein concentration and yield. Aust. *J. Dairy Technol.* **37**, 26- 32.

Rook J.A.F. et Campling R.C., 1985. Effect of stage and number of lactation on the yield of cow's milk. *J. Dairy Res.* **32**, 45- 55.

Rook J.A.F., 1978. Variations in the chemical composition of the milk of the cow. *Part I. Dairy Sci. Abstr.***23**, 251- 258.

S- T

Samaras F. et Kehagias C., 1987. Application of direct methods for assessment of microbiological quality of raw ewe's and goat's milk. *Greek J. Dairy Sci. technol.***2**, 5- 15.

Sauvagest F., 1982. L'évaluation sensorielle des denrées alimentaires. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 100-133.

Sauvant D. et Morand-Fehr P., 1974. Conséquences éventuelles sur la qualité des matières grasses du lait de chèvre. *Ann. Génét. Sel. Anim*, **6**, 501- 504.

Sauvant D. et Morand-Fehr P., 1981. Interactions alimentaires entre individus en production laitière caprine. *INRA-ITOVIC.*354- 355.

Sauvant D., 1973. Origine mammaire et intra mammaire des acides gras du lait de chèvre. Thèse docteur ingénieur. *Université Paris VI.PP.*360- 366.

Shmidely P. et Sauvant D., 2001. Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants; effet de l'apport de matière grasse ou d'aliment concentré. INRA Prod. Anim. **14**, 37- 352.

Simon D., François M. et Dudez P., 2008. Transformer les produits laitiers frais à la ferme. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 13- 97.

Spike P.W. et Freeman A.E., 1977. Environmental influences on monthly variation in milk constituents. *J. Dairy Sci.* **50**, 1897- 1904.

Stender S. et Dyerberg J., 2003. The influence of Trans fatty acids on health. *A report of the Danish Nutrition Council. Pub n°34.*

Sugère M ., 1993. Le lait de chèvre. *Tec. Et Doc. Lavoisier*, 479- 481.

Tantaoui-Elaraki A., Berrada M., El-Marrakchi A. et Berramou A., 1983. Etude sur le lben Marocain. *Le lait*, **63**, 230-248.

Terqui M., Delouis C. et Ortavant R., 1983. Photoperiodism and hormones in sheep and goat: manipulation of, growth in

farm animals. *Ed. Martinus Mijhoff Publish,* 246- 257.

Tormo H., Alihaimoud -Lekhal D. et Laithier C., 2006. Les microflores utiles des laits crus de vache et de chèvre. Principaux réservoir et impact de certaines pratiques d'élevage. *INRA*, 1- 5.

Trémolières J., Servile Y., Jacot R. et Dupin H., 1984. Les aliments. *ESF*, 162, 248.

U- V

Vazquez De Parade M.A., 1989. Le consommateur des produits laitiers. *Options Méditerranéennes. Série séminaire*, **6,** 169-175.

Veisseeyre R., 1979. Technologie du lait : constituant, récolte, traitement et transformation du lait. *La maison rustique*, 340- 426.

Vignola C.L., 2002. Science et technologie du lait. Transformation du lait. *Ecole polytechnique du Montréal*, 28- 103.

Vivegnis J., Dubois C., Nicoary E., Mary F., Jacob C., Piraux E., EL-Lioui. et Decallonne J., 1998. Qualité microbiologique des fromages artisanaux au lait cru en région Wallonne. *Biotechnol. Agron. Soc.*, 248- 255.

Voigtlander K.H. et Glasser H.L., 1974. The effect of age on milk yield and milk composition in the cow. *Neth. Milk Dairy J,* **18**, 79- 82.

W- X

Wilcox C. J., Peau K.O., Mather R.E. et Bartlett J.W., 1979. Genetic and environmental influences up on solids-not-fat content of cow's milk. *J. Dairy Sci.* **42**, 1132- 1146.

Annexes

Annexes :

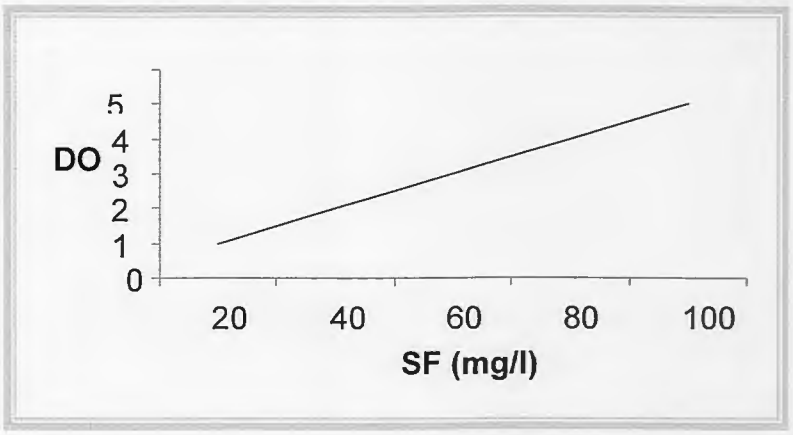


Figure 01 : Courbe d'étalonnage de l'azote.

Tableau 01 : Résultats de l'analyse par GC-MS des esters méthyliques des échantillons du beurre de chèvre (Résultats exprimés en pour cent de la surface de chromatogramme).

Acides gras	Nom scientifique	B Z	B Ch	B T
Acide octanoique	Ac caprylique C18 :0	9,98	6,67	5,04
Acide décanoique	Ac caprique C10 :0	39,55	27,00	20,26
Acide dodécanoique	Ac laurique C20 :0	16,39	10,17	7,74
Acide propanoique	Ac propionique C3 :0	1.21	—	—
Acide oxalique	C2 : 0	0,92	—	0,16
Acide hexacosanoique	Ac cérotique C26 :0	0,60	—	—
Acide pentadécanoique	Ac margarique C15 :0	1,83	2,22	1,53
Acide 9,12- octadécanoique	Ac linoléique C18 : 2(9,12)	1,73	0,64	1,64
Acide 7, 10,13- hexadécatriènoique	C16 : 3 (7,10, 13)	1,11	—	—
Acide 9- octadécénoique	Ac oléique C18 : 1(9)	4,35	9,31	—
Acide octadécénoique	Ac stéarique C18 :0	21,61	6,08	19,29
Acide tétradécanoique	Ac myristique C14 :0	—	15,43	18,37

Tableau 01 : Résultats de l'analyse par GC-MS des esters méthyliques des échantillons du beurre de chèvre (Résultats exprimés en pour cent de la surface de chromatogramme) (suite).

Acide 7- hexadécénoique	C16 : 1(7)	—	0,24	—
Acide 9- hexadécénoique	Ac palmitoléique C16 :1 (9)	—	0,29	0,34
Acide héxadécanoique	Ac palmitique C16 :0	—	20,45	0,98
Acide 11, 14,17- éicosatriènoique	Ac dihomo-alpha_linoique C20 :3(11, 14,17)	—	0,34	—
Acide 11-octadécénoique	Ac vaccénique C18 :1(11)	—	0,90	2,69
Acide tridécanoique	Ac tridécylique C13 :0	—	—	0,50
Acide 5- octadécénoique	C18 :1(5)	—	—	0,17
Acide 13- docasénoique	Ac érucique C22 :1(13)	—	—	0,22
Acide 9, 12,15 octadécatrienoique	Ac alpha-linolénique C18 :3(9, 12,15)	—	—	1,77
Acide 8-octadécénoique	C18 :1(8)	—	—	16,5
Acide 13-octadécénoique	C18 :1(13)	—	—	0,68
Acide 10-octadécénoique	C18 :1(10)	—	—	0,65
Acide 12- octadécénoique	C18 :1(12)	—	—	0,41
Acide 6-octadécénoiique	C18 :1(6)	—	—	0 ,32

Noms	Prénoms	Encadreur :	Date de soutenance 04 /07/09
Aziz	Nabila.	Dr. Idoui Tayeb.	
Hamiroune	Assia.		
Labrèche	Amel.		

Thème

Qualité du beurre local : cas du beurre de chèvre

Résumé

L'objectif de cette étude est, d'une part, de déterminer la qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique de trois échantillons du lait de chèvre collectés de trois régions Jijéliennes différentes à savoir Ziama, Chekfa et Texanna, et d'autre part, d'évaluer aussi bien, la qualité microbiologique, physicochimique et organoleptique, que la composition par GC-MS de trois beurres de chèvre fabriqués traditionnellement au niveau du laboratoire. De point de vue microbiologique, les trois échantillons du lait de chèvre présentent une qualité microbiologique non satisfaisante suite à un nombre de la FTAM dépassant les normes mais sans détection de germes pathogènes, contrairement à la qualité physicochimique qui reste acceptable.

D'une manière générale, les beurres de chèvre étudiés présentent des niveaux de contamination inférieurs à ceux des matières premières utilisées pour leur fabrication. De même l'analyse de la composition en acides gras par GC-MS des trois beurres de chèvre, a montré une richesse en acides gras saturés à courtes et à moyennes chaînes, une présence d'acides gras impaires et ramifiés avec un faible taux d'acides gras insaturés de la forme « *cis* » et une absence totale d'acides gras insaturés de la forme « *trans* ».

Mots clés : Lait de chèvre, Beurre de chèvre, Qualité, GC-MS.

Abstract

The main objective of this study was to evalue the microbiological and physicochemical quality and to determine the fatty acid composition of 3 samples of traditional goat's butter. These samples were produced under laboratory conditions from 3 samples of goat's milk, collected from 3 Jijelian regions such as Ziama, Chekfa and Texanna on which we have before determined their quality.

From microbiological results, samples of goat's milk showed an unsatisfactory quality because of the important exceeding in the count of total Mesophilic Flora but no pathogens have been detected. Its physicochemical quality is in generally acceptable. The samples of goat's butter have shown the lower levels of contamination than those of goat's milk used for their manufacture. Although, the analysis of goat's butter composition by GC-MS showed the predominance of saturated short and average fatty acids. The ramified and "*cis*" odd fatty acids have also detected in the opposition of the "*trans*" odd fatty acids which were totally absents.

Key words: Goat's milk, Goat's butter, Quality, GC-MS.

ملخص

الهدف من هده الدراسة هو تحديد النوعية الفيزيو كيميائية و الميكروبيولوجية و كذلك التركيبة الكيميائية من حيث الأحماض الذهنية لثلاث عينات من زبدة الماعز التقليدية تم صنعها في المخبر انطلاقا من ثلاث عينات من الحليب الطازج دو مصدر ماعزي , متحصل عليها من ثلاث مناطق جيجلية مختلفة :زيامة ,الشقفة و تاكسنة, و التي قمنا بدراسة نوعيتها الفيزيو كيميائية و الميكروبيولوجية.

من الناحية الميكروبيولوجية , نوعية هدا الحليب غير مرضية بالرغم من انعدام الكائنات الدقيقة الممرضة , أما بالنسبة للنوعية الفيزيو كيميائية فهي عموما حسنة. من جهة ,أظهرت نتائج دراسة عينات زبدة الماعز المصنوعة في المخبر , مستويات تلوث غدائي اقل ارتفاعا مقارنة بعينات حليب الماعز التي صنعت منها.أما من جهة أخرى , فقد أظهرت دراسة التركيبة الكيميائية لها من حيث الأحماض الذهنية بواسطة كروماتوغرافيا الطور الغازي , غناها بالأحماض الذهنية المشبعة قصيرة و متوسطة السلسلة , احتواءها على الأحماض الذهنية الفردية و المتفرعة خاصة الأحماض الذهنية غير المشبعة من الشكل « *Cis* » بنسبة قليلة ,و في المقابل الانعدام التام للأحماض الذهنية غير المشبعة من الشكل « *Trans* ».

الكلمات المفتاحية : حليب الماعز , زبدة الماعز, الجودة, كروماتوغرافيا الطور الغازي .