

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ziane Achour - Djelfa
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme De Magister en Agropastoralisme
Option : Désertification

Thème

*Conservation par lyophilisation de la couche de Kaolin en
vue de son application dans la coagulation du lait camelin*

Présenté par : *M^{lle} SAIED Messaouda*

Devant le jury

Président : Mr LAHRECH M.B Professeur université de Djelfa

Promoteur : Mr CHOUKRI A. Professeur université de Djelfa

Examineurs :

Mr CHEHMA A. Professeur université de Ouargla

Mr AZZOUZ M. Maître assistant université de Djelfa

Année universitaire
2011 – 2012

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, j exprime mes vifs remerciements et mes profondes reconnaissances au bon DIEU "Allah", le tout puissant, pour tout ce qu'il ma procuré de paix, de puissance et de patience tout au long de ce parcours d'étude.

Tout d'abord, c'est au M^{er} CHOUKRI A., Professeur à l'Université de Djelfa, que je présente ma gratitude et mes sincères remerciements, pour l'honneur qu'il m'a fait en me proposant ce thème de recherche et en assurant son encadrement, je lui serai reconnaissante pour ses orientations, ses conseils et sa confiance qu'il m'a accordée durant cette étude. Je présente mes sincères gratitudees à M^{er} LAHRECH M., professeur et doyen de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université de Djelfa, pour l'honneur qu'il m'a accordé en acceptant de présider la commission d'examen de ce travail.

Que M^{er} AZZOUC M., maître assistant à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université de Djelfa, trouve ici l'expression de mes profondes gratitudees pour son aide et pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie infiniment M^{er} CHEHMA A., professeur à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'Université KASDI MERBAH de Ouargla pour ses précieux conseils et pour avoir accepté de participer au jugement de ce mémoire. Je tien également à remercier M^{me} SIBOUKEUR O., maître de conférences à la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur de l'Université KASDI MERBAH de Ouargla, pour ses orientations et son aide ainsi que le personnel des laboratoires de l'Université de Ouargla pour leur collaboration et leur accueil.

Que M^{er} HAMIDI M., maître assistant à l' l'Université de Djelfa, trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour son aide à la réalisation de ce travail.

Je ne saurai oublier de présenter, avec un grand plaisir, ma reconnaissance aux personnels de la bibliothèque et du laboratoire de l'Université de Djelfa, surtout M^{er} TAOUSSI S., pour leurs énormes aides.

J'adresse mes sincères remerciements à mes frères, mes soeurs et amies ARBIA, DJAMILA, ZINEB, SOUHILA, BARKAHOUM, AICHA, AMINA et MERIEM pour leur dévouement et leur soutien moral.

Enfin nos vifs remerciements s'adressent également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, ils sont assurés de ma profonde gratitude pour leur soutien et leur collaboration.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail
D'abord, à mes parents,
puis à tous mes frères et amies*

SAIED M.

Sommaire

Sommaire

	<i>Pages</i>
<i>Introduction générale</i>	02
<i>Synthèse bibliographique</i>	
<i>Chapitre I : Lait de dromadaire</i>	07
I. composition et particularités	07
1.1. Introduction	07
1.2. Aperçu sur le dromadaire	07
1.3. Répartition géographique et effectif	08
1.4. Particularités du dromadaire et adaptation au milieu désertique	08
1.5. Alimentation	09
1.6. Production laitière	10
1.6.1. Les facteurs influençant la production laitière	12
1.6.1.1. Facteurs génétiques	12
1.6.1.2. Facteurs physiologiques	12
1.6.1.3. Facteurs climatiques	13
1.6.1.4. Facteurs alimentaires	13
1.6.1.5. Effet du statut sanitaire	14
1.6.1.6. Influence des conditions de la traite	14
1.7. Caractéristiques physico-chimiques du lait de dromadaire	14
1.7.1. Caractères physique et organoleptiques	14
1.7.2. Composition biochimique	15
1.7.2.1. Glucides	15
1.7.2.2. Matière grasse	16
1.7.2.3. L'eau	17
1.7.2.4. Les vitamines	17
1.7.2.5. Les minéraux	19
1.7.2.6. Les protéines camelines	19
1.7.2.6.1. Les caséines	21
1.7.2.6.2. Caséine κ	22
1.7.2.6.2.1. La structure	23
1.7.2.6.2.2. Particularités des micelles du lait de chamelle	25
1.7.2.6.3. Insuline	25
1.7.2.6.4. Les protéines du lactosérum	25
1.8. Utilisation traditionnelle du lait camelin	26
1.9. Propriétés médicinales et thérapeutiques du lait camelin	27
1.10. Qualité microbiologique du lait camelin	28

II. Aptitudes à la transformation technologique	30
2.1. Introduction	30
2.2. Rappel sur la coagulation du lait	30
2.2.1. Les enzymes coagulantes	31
2.2.2. Coagulation enzymatique	31
2.2.2.1. Hydrolyse enzymatique	31
2.2.2.2. Agrégation des micelles	32
2.2.2.3. Formation de gel	32
2.2.3. Coagulation par voie acide	32
2.2.4. Caractérisation de l'activité des préparations coagulantes	32
2.2.5. La présure	34
2.2.6. L'aptitude du lait à la coagulation par la présure	34
2.2.7. Les enzymes coagulantes	34
2.2.8. Les levains lactiques	35
2.2.9. Facteurs influençant la coagulation	35
2.2.10. Technologie fromagère	35
2.3. Particularité technologique du lait du dromadaire	36
2.3.1. Lait Camelin et produits laitiers	36
2.3.2. Lait camelin et fabrication fromagère	36
2.3.2.1. La fabrication fromagère traditionnelle	36
2.3.2.2. Aptitudes du lait camelin à la transformation technologique	36
2.3.2.2.1. Coagulation du lait camelin par les préparations coagulantes	36
2.3.2.2.2. Coagulation du lait camelin par la présure	37
2.3.2.2.3. Composition du lait camelin et aptitude à la coagulation enzymatique	38
2.3.2.2.4. Composition du lait camelin et aptitude à la coagulation par voie acide	38
2.3.2.3. Les contraintes associés à la production fromagère	39
2.3.2.4. Conduite de la coagulation du lait de dromadaire	39
2.3.2.5. Amélioration de l'aptitude fromagère du lait de dromadaire	40
2.3.2.6. Caractéristiques rhéologiques des caillés du lait de dromadaire	42
<i>Chapitre II : Membrane de Kaolin</i>	44
2.1. Introduction	44
2.2. Aperçu sur le système digestif des oiseaux	44
2.3. Gésier	46
2.4. La membrane de Kaolin	47
2.4.1. Caractéristiques de la membrane de Kaolin	47
2.4.2. Composition chimique de la membrane de Kaolin	48
2.4.3. Structure de la membrane de Kaolin	48
2.4.4. Utilité médicinale de la membrane de Kaolin	49
2.5. La lyophilisation	51

<i>Chapitre III : Matériel et méthodes</i>	54
3.1. Matériel	54
3.1.1. Echantillons du lait	54
3.1.2. La couche de Kaolin	54
3.1.3. Poudre de lait de vache	54
3.1.4. La présure	54
3.1.5. Caséines camelines lyophilisées	54
3.1.6. Appareillage	55
3.1.7. Principaux réactifs	55
3.2. Méthodes d'étude	56
3.2.1. Collecte du lait	56
3.2.2. La qualité microbiologique	56
3.2.3. Analyses physico-chimiques	57
3.2.3.1. pH	57
3.2.3.2. Acidité titrable	57
3.2.3.3. Densité	57
3.2.3.4. Matière sèche	58
3.2.3.5. Cendres	58
3.2.3.6. Les protéines totales	59
3.2.4. Ecrémage du lait	59
3.2.5. Les essais de coagulation	59
3.2.6. Extraction des extraits coagulants de la couche de Kaolin de gésier de poule	60
3.2.6.1. Préparation de la CK	60
3.2.6.2. Extraction enzymatique	60
3.2.6.3. Clarification	60
3.2.6.4. Concentration des extraits clarifiés	63
3.2.6.5. Conservation et stockage	63
3.2.7. Lyophilisation	63
3.2.8. Caractérisation des extraits coagulants	65
3.2.8.1. Activité coagulante	65
3.2.8.2. Activité protéolytique	65
3.2.8.2.1. Préparation de substrat	67
3.2.8.2.2. Ajustement de l'activité coagulante	67
3.2.8.2.3. Hydrolyse enzymatique	67
3.2.8.2.4. Blocage de la réaction enzymatique	67
3.2.8.2.5. Mesure de la protéolyse	67
3.2.9. Conservation des extraits coagulants enzymatiques	67
3.2.10. Analyse statistique	67

<i>Chapitre IV : Résultats et discussion</i>	69
4.1. Qualité physico-chimique et microbiologique du lait camelin	69
4.1.1. Qualité microbiologique	69
4.1.2. Qualité physico-chimique	70
4.1.2.1. pH	70
4.1.2.2. Acidité titrable	71
4.1.2.3. Densité	71
4.1.2.4. Matière sèche	71
4.1.2.5. Protéines totales	72
4.1.2.6. Cendres	72
4.2. La coagulation du lait de chamelle par d'utilisation de la couche de Kaolin (CK) du gésier de poule	73
4.3. Amélioration de l'aptitude fromagère du lait de dromadaire par l'utilisation des ECK	73
4.3.1. Caractérisation des extraits enzymatiques coagulants de la CK	73
4.3.2. Activité coagulante	74
4.3.3. Activité protéolytique	76
4.3.4. Amélioration du temps de floculation du lait camelin	77
4.3.5. Les essais de coagulation du lait de chamelle par la CK de gésier de poule	78
4.3.5.1. Rendement fromager des caillés formés	79
4.3.5.2. Propriétés rhéologiques des caillés formés	80
4.3.6. Essais de conservation des ECK	82
4.3.6.1. Evolution d'activité coagulante et activité protéolytique des ECK	82
4.3.6.2. Effet d'entreposage à la température ambiante	83
4.3.6.2.1. Evolution de l'activité coagulante	83
4.3.6.2.2. Evolution de l'activité protéolytique	83
4.3.6.3. Effet de la réfrigération	83
4.3.6.3.1. Evolution de l'activité coagulante	83
4.3.6.3.2. Evolution de l'activité protéolytique	85
4.3.6.4. Effet de la lyophilisation	85
4.3.6.4.1. Evolution de l'activité coagulante	85
4.3.6.4.2. Evolution de l'activité protéolytique	88
4.3.6.5. Analyse des variances	88
4.3.6.5.1. Activité coagulante	88
4.3.6.5.2. Activité protéolytique	89
<i>Conclusion générale</i>	91
<i>Références bibliographiques</i>	95
<i>Annexes</i>	103

Les listes

Liste des abréviations

AC	: Activité Coagulante
AFNOR	: Association Française de Normalisation
AP	: Activité protéolytique
BSA	: Albumine Sérique Bovine
cm	: centimètre
°D	: Degré Dornic
°C	: Degré Celçus
CK	: Couche de Kaolin
CMP	: Caséino-Macro-Peptides
Cn	: Caséine
α-CN	: Caséine α
β-CN	: Caséine β
Da	: Dalton
ECK	: Extrait Coagulant de la Couche de Kaolin
FAO	: Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation)
F	: Force coagulante
fig.	: figure
g	: gramme
ITMA	: Institut Technologique Moyen d'Agriculture
j	: jour
k-CN	: Caséine Kappa
Kg	: Kilogramme
Km	: Kilomètre
l	: litre
mg	: milligramme
mm	: millimètre
μg	: microgramme
ml	: millilitre
μ	: micromètre
μl	: microlitre
min	: minute

M	: Mole
MG	: Matière Grasse
MS	: Matière Sèche
nm	: Nanomètre
PBC	: Présure Bovine Commerciale
pH	: potentiel d'hydrogène
pH_i	: point isoélectrique
p/v	: poids par volume
sec	: seconde
v/v	: volume par volume
TCA	: Acide trichloroacétique
TF	: Temps de floculation
%	: pourcentage
UI	: Unité d'Insuline
UP	: Unité Présure

Liste des tableaux

	<i>Pages</i>
Tableau 01 : Production mondiale du lait (millions de tonnes /année) RAMET (2003).	10
Tableau 02 : Quantités de lait produites par les chammelles en Algérie, selon différents auteurs (CHEHMA, 2004).	11
Tableau 03 : Quantité de lait produite par une chammelle, selon différentes sources.	11
Tableau 04 : Caractéristiques physiques des laits de chammelle et de vache (KAMOUN,1990).	15
Tableau 05 : Comparaison entre la composition du lait de chammelle et celle des autres espèces selon différents auteurs.	16
Tableau 06 : Composition en vitamines ($\mu\text{g}/\text{kg}$) du lait de chammelle, (selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache.	18
Tableau 07 : Composition en sels minéraux (mg/l) du lait de chammelle (selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache.	20
Tableau 08 : Teneurs moyennes en principaux minéraux et en citrate du lait écrémé de dromadaire et leurs répartitions entre phases soluble et micellaire (EL-AGAMY, 2009).	21
Tableau 09 : Les fractions caséiniques dans le lait de chammelle en (%), (JARDALI , 1994).	22
Tableau 10 : Caractéristiques de fabrication des fromages à pâte pressée non cuite obtenue à partir de lait de dromadaire selon différents auteurs.	41
Tableau 11 : Myoglobine contenue dans les muscles squelettiques, cardiaques et les muscles gastriques lisses des poulets en mg/g (ENOKI et MORIMOTO, 2000).	47
Tableau 12 : Lots de conservation des extraits de la CK.	67
Tableau 13 : Analyses physico- chimiques du lait camelin étudié.	70
Tableau 14 : Rendements fromagers des deux types de lait coagulé par CK.	73
Tableau 15 : Rendement de l'extraction enzymatique de la CK de poule.	74
Tableau 16 : Activité coagulante (UP) et force coagulante des différentes préparations coagulantes.	74
Tableau 17 : Propriétés rhéologiques des gels obtenus en utilisant la CK et la présure.	80
Tableau 18 : Analyse de variance pour l'activité coagulante.	88
Tableau 19 : Analyse de variance pour l'activité protéolytique.	89

Liste des figures

	<i>Pages</i>
Figure 01 : Modèle d'organisation moléculaire de la micelle de caséine bovine selon SCHMIDT (1982).	24
Figure 02 : Phases du processus de coagulation enzymatique du lait (St-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002).	33
Figure 03 : Comparaison des régions de la caséine κ sensibles à la chymosine dans les laits de chamelle et de vache (KAPPELER et al., 1998).	37
Figure 04 : particularités anatomiques de tube digestif des oiseaux (CREVIEU, 1999).	46
Figure 05 : Photomicrographie des bâtonnets (rodlets) formant la membrane de Kaolin.	50
Figure 06 : Photomicrographie par microscope à balayage des bâtonnets (rodlets) de la membrane de Kaolin.	50
Figure ** : Schéma du protocole expérimental	53
Figure 07 : Anatomie du complexe stomacal (proventricule et gésier) (LARBIER et LECLERCQ, 1992).	55
Figure 08 : Couche de Kaolin fraîche (nettoyé et lavée).	61
Figure 09 : Couche de Kaolin séchée (à la température ambiante).	61
Figure 10 : Couche de Kaolin séchée et broyée.	62
Figure 11 : Extrait clarifié de la Couche de Kaolin.	62
Figure 12 : Isolement des extraits enzymatiques à partir de la couche de Kaolin par la méthode de VALLES et FURET (1977) modifiée.	64
Figure 13 : Mesure du temps de coagulation du lait camelin par la méthode de BERRIDGE (1945), modifiée par COLLIN et al; (1977), en utilisant l'ECK.	66
Figure 14 : Poudre de l'extrait enzymatique lyophilisé de la Couche de Kaolin (ECK lyophilisé).	75
Figure 15 : Extrait enzymatique frais de la Couche de Kaolin.	75
Figure 16 : ECK lyophilisé et préparé.	75
Figure 17 : Absorbance des solutions peptidiques issues de l'hydrolyse des caséines camelines par les préparations coagulantes.	77
Figure 18 : Mesure du temps de floculation des laits camelin et bovin en de la préparation coagulante utilisée (ECK ou PBC).	78
Figure 19 : Rendement fromager de coagulation des laits camelin et bovin par les différentes préparations coagulantes.	80
Figure 20 : Coagulum issu de coagulation du lait de dromadaire par la présure.	81
Figure 21 : coagulum issu de coagulation du lait de dromadaire par ECK.	81
Figure 22 : Lactosérum obtenu de coagulation des laits (de vache et de dromadaire).	81
Figure 23 : Evolution de l'activité coagulante (UP) des ECK au cours de l'entreposage à la température ambiante.	84
Figure 24 : Evolution de l'activité protéolytique (AP) des ECK au cours de l'entreposage à la température ambiante.	84
Figure 25 : Evolution de l'activité coagulante (UP) des ECK au cours de la réfrigération.	86
Figure 26 : Evolution de l'activité protéolytique (AP) des ECK au cours de la réfrigération.	86
Figure 27 : Evolution de l'activité coagulante (UP) des ECK au cours de la lyophilisation.	87
Figure 28 : Evolution de l'activité protéolytique (AP) des ECK au cours de la lyophilisation.	87

Résumé

Malgré sa richesse en nutriments de base et ses propriétés thérapeutiques, le lait de dromadaire reste un produit peu valorisé et mal exploité, et jusqu'à présent, il témoigne des difficultés de transformation fromagère et nécessite des adaptations technologiques particulières, notamment, au niveau de la coagulation.

Dans la perspective d'une amélioration d'aptitudes limitées à la coagulation du lait camelin, nous avons opté à isoler l'extrait enzymatique coagulant de la couche de Kaolin du gésier de poule en vue de l'utiliser comme un moyen de correction de la coagulation enzymatique du lait de chamelle en réduisant le temps de coagulation de celui-ci. Une étude portant sur la connaissance du lait camelin confirme que l'échantillon du lait a été prélevé dans des conditions d'hygiène acceptables et notre produit est de bonne qualité microbiologique. Les analyses physico-chimiques soulignent que le lait de chamelle présente une composition comparable à celle du lait bovin ; il est légèrement plus acide (pH=6.54), moins dense (1.0290), moins riche en matière sèche (110.55g/l), moins riche en protéines totales (29.7g/l) et en cendres (8.22g/l) que le lait de référence. Les essais positifs de coagulation du lait de dromadaire par les ECK (un coagulum consistant avec un rendement de 7 à 7.35 Kg/100l de lait), nous ont conduit à étudier son activité coagulante, qui est estimée à 0.315UP, et son activité protéolytique qui est évaluée à 0.350, avec un temps de floculation plus faible par rapport à celui du lait bovin traité par la même préparation enzymatique. Une étude a été menée sur la conservation des extraits coagulants de CK par la lyophilisation en caractérisant, d'une part, les propriétés d'ECK lyophilisé (AC=0.308 UP, AP=0.397), et d'autre part, le suivie de la conservation des ECK par leurs entreposage à la température ambiante (de 25 à 30° C), en réfrigération (à 4° C) et avec la lyophilisation en vérifiant l'effet de ces modes de conservation sur les propriétés de ces ECK. Cette étude détermine, par ailleurs, l'état de conservation le plus approprié des ECK. Parmi les différents modes de conservations étudiés, nous avons enregistré la plus grande valeur d'activité coagulante pour les ECK après la 2^e semaine de lyophilisation (0.260±0.004UP). Alors que l'activité protéolytique la plus faible est marquée après la 2^e semaine de conservation par lyophilisation (0.241±0.005). De toutes les formes de conservation, il apparaît que la réfrigération et la lyophilisation sont les mieux indiquées pour la transformation fromagère du lait camelin ; un résultat qui est confirmé par l'analyse de la variance, qui ont préservé mieux l'activité coagulante et l'activité protéolytique des ECK.

Mots clés : *lait de dromadaire, extrait enzymatique, lyophilisation, conservation, couche de Kaolin, activité coagulante, activité protéolytique, composition, aptitudes à transformation.*

Abstract

Despite its nutrients base and its therapeutic properties, camel milk is a product badly valued, and not exploited correctly, so far it reflects the difficulties of cheese processing technology that requires special accommodations, including at coagulation.

In the context of improving limited aptitudes to the coagulation of camel milk, we chose to isolate the enzyme extract coagulant resulting from Kaolin of chicken gizzard of layer for use as a means of correction enzymatic coagulation of camel milk to reducing the clotting time of it. The study of camel milk confirms that the milk was collected in hygienic conditions and our product is of good microbiological quality. The camel milk has a physico-chemical similar to bovine milk ; it is slightly more acidic (pH = 6.54), less dense (1.0290), less rich in dry matter (110.55g / l), less rich in total protein (29.7g / l) and ash (8.22g / l) than the milk of reference. The positive coagulation tests of camel milk by the ECK (a consisting coagulum and a yield of 7 to 7.35 Kg/100l of milk), led us to study its coagulating activity, which is estimated at (0.315 UP) and its proteolytic activity (0.350), with a time of flocculation lower compared to that of bovine milk treated with same enzymatic preparation. A study of conservation of ECK by lyophilization to characterizing, the one hand, the properties of lyophilized ECK (AC=0.308 UP, AP=0.350), and other hand, followed by the conservation of ECK into storage at room temperature (25 to 30 °C), refrigeration (4 °C) and freeze-drying by checking the effect of these methods of preservation on properties of ECK. This study, also, determines the state of conservation as appropriate of ECK. Among the various forms of conservation studied, we recorded the highest value of coagulant activity for the ECK after the 2 weeks of lyophilization (0.260±0.004 UP). While the lowest proteolytic activity was marked after the second week of preservation by lyophilization with (0.241±0.005). Of all forms of conservation, it appears that the refrigeration and lyophilization (freeze drying) are best suited for cheese processing camel milk, a result which is confirmed by analysis of variance, which preserved better the coagulating activity and proteolytic activity of ECK.

Keywords: *camel milk, enzymatic extract, lyophilization, storage, Koilin layer, coagulating activity, proteolytic activity, composition, aptitudes for the transformation.*

ملخص

على الرغم مما يحتويه من المواد الغذائية الأساسية وخصائصه العلاجية، فإن حليب النوق هو منتج غير مقيم و مستغل بشكل سيء، وحتى الآن هو يشهد صعوبات أثناء تحويله بتكنولوجيات تصنيع الجبن مما يتطلب شروط تكييف خاصة، بما في ذلك عملية التخثر.

في سياق تحسين القابلية المحدودة للتخثر لحليب النوق، اخترنا عزل واستخلاص إنزيمات الغشاء الداخلي لحويصلة الأجاج (الكاولين) لاستخدامه كويصلة لتحسين قدرة التخثر الأنزيمية لحليب النوق وذلك لتقليل وقت تخثره. إن دراسة عينة من حليب النوق تؤكد أن جمع الحليب قد تم في ظروف صحية، والمنتج ذو نوعية ميكروبيولوجية جيدة. التحليل الفيزيو-كيميائي لحليب النوق يبين أنه يحتوي على تركيبة كيميائية مشابهة لحليب الأبقار: (هو أكثر حموضة (pH = 6.54)، أقل كثافة (1.0290)، أقل محتوى من المادة الجافة (110.55 غ / ل)، وأقل على إيهان البروتين الكلي (29.7 غ/ل) وإيهان الرهاد (8.22 غ / ل) مقارنة مع الحليب المرجعي. إن تعارب التخثر الإيجابي لحليب النوق بالمستخلص الإنزيمي المخثر للكاولين (كمثابة إيهان متماسكة ذات محصول 7 إيهان 7.35 كغ / 100 حليب)، أدت بنا إلى دراسة نشاطها التخثري، الذي يقدر ب 0.315 UP، و نشاط تحليلها البروتيني ب: 0.350، مع تسجيل وقت أقل للتخثر مقارنة بوقت التخثر المسجل لدى حليب البقر المعامل بنفس المستخلص الإنزيمي المخثر. أجرينا دراسة لحفظ مستخلصات التخثر للكاولين بطريقة lyophilization لتمييز خصائصه (نشاط تخثري = 0.308 UP، نشاط تحليل بروتيني = 0.397) من ناحية، ومن ناحية أخرى، متابعة الحفظ لمستخلصات التخثر للكاولين في درجة حرارة عادية (25 إيهان 30 م°)، إيهان التبريد (4 م°) وتطبيق طرق لطفة lyophilization، والتحقق من تأثير طرق الحفظ هذه على خصائص مستخلصات التخثر للكاولين. إذ تحدد هذه الدراسة الطريقة الأنسب لحفظ هذه المستخلصات الإنزيمية. إن إيهان طرق الحفظ المدروسة تقدر أعلى قيمة لنشاط التخثر بعد الأسبوع الثاني ل: lyophilization (حيث تصل إلى 0.260 ± 0.004 UP)، في حين سجل أدنى نشاط تحليل بروتيني بعد الأسبوع الثاني من الحفظ ب: lyophilization بقيمة (0.241 ± 0.005) من بين جميع أشكال الحفظ، ويبدو أن التبريد و lyophilization هما الأنسب الطرق في صناعة تحويل حليب النوق إلى جبن؛ نتيجة يؤكدها تحليل التباين لأنماط الحفظ المدروسة، والتي حفظت أعلى نحو أفضل لنشاط التخثري ونشاط التحليل البروتيني لمستخلصات التخثر للكاولين.

الكلمات المفتاحية: حليب النوق، مستخلص إنزيمي، lyophilization، حفظ، غشاء الكاولين، النشاط التخثري، نشاط التحليل البروتيني، مكونات، قابلية التحول.

Introduction générale

Introduction

Le lait, avec sa composition équilibrée en protéines, glucides, lipides, minéraux et vitamines, a une importance particulière dans l'alimentation de l'homme en couvrant les besoins du corps, surtout en vitamines et calcium (SIBOUKEUR, 2007).

En Algérie, dont la part majeure de sa superficie est désertique, où la population est soumise à des rudes conditions de climat et de végétation (sècheresse et pauvreté du couvert végétal), le dromadaire (*Camelus dromedarius*), l'animal du désert, présente l'un des composants principales du milieu avec son excellente adaptation dans les conditions de sècheresse et de malnutrition. Cet animal a participé, depuis de longues périodes, à la survie de l'homme grâce à son pouvoir d'assurer une production laitière complète en répondant aux exigences des populations nomades dans des conditions extrêmes des climats steppique et désertique où il signe sa capacité d'adaptation ; il a été exploité pour la production de viande, de lait, et à des fins de transport et de travail. De ce fait, le dromadaire a pu valoriser les maigres ressources végétales des écosystèmes désertiques et les transformer en lait riche en nutriments de base (glucides, protéines et lipides).

Le lait de dromadaire, produit naturel fournit par la chamelle pour assurer les besoins du chamelon, est un aliment complet et équilibré. Il est renforcé par un système antimicrobien rigide (SIBOUKEUR, 2007), et peut satisfaire les besoins de l'homme en éléments nutritifs de base précités surtout en vitamines ; notamment la vitamine C (SAWAYA et al., 1984), ce qui lui confère une importance particulière en tant que source alimentaire irremplaçable chez les populations nomades.

Malgré que, le lait de chamelle se préserve plus longtemps que celui de vache, mais comme tous les aliments, il a tout de même une durée de conservation limitée.

Désormais, ce lait, qui a joué depuis longtemps un rôle primordial dans la vie des populations des zones arides et désertiques, et du fait de ses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques, mais aussi de ses particularités physico-chimiques qui lui confèrent des difficultés à la transformation technologique, présente des contraintes plus particulièrement au niveau de la coagulation. En effet, ces contraintes seraient liées à la nature des protéines présentes, aux micelles de caséines, aux équilibres salins et enfin aux dimensions des globules gras (SIBOUKEUR, 2007). Ce lait est appelé à être développé et amélioré ses aptitudes à la coagulation pour pouvoir être transformé en produits dérivés en diversifiant son état de consommation et en améliorant les conditions de vie des éleveurs.

Pour contourner les contraintes liées aux aptitudes limitées à la transformation fromagère, et dans la perspective d'une amélioration de ses aptitudes à la coagulation, des expériences ont été menées de par le monde par divers auteurs pour la caractérisation et la

valorisation de ce lait citons, à titre d'exemple, plusieurs auteurs (SAWAYA et al., 1984 ; KAPPELER, 1998 ; YAGIL, 1982 ; KAMOUN, 1990 ; RAMET, 1993 ; 1994 ; FAYE, 1999 ; SIBOUKEUR et al., 2005 ; ...etc.)

Néanmoins, le choix des enzymes coagulantes à employer dans la coagulation, selon RAMET (1994), est un facteur déterminant de la durée de coagulation de lait de chamelle. En effet des travaux entrepris sur la coagulation de ce lait ont montré qu'il présente une faible aptitude à la coagulation par la présure (RAMET, 1987 ; RAMET, 1994 ; RAMET, 2003), ainsi que, des tentatives visant à améliorer son aptitude fromagère ont utilisé d'autres agents coagulants y compris : la pepsine bovine et les préparations microbiennes (RAMET, 1994 ; ...). Par ailleurs SIBOUKEUR et al., (2005) recommandent l'utilisation des enzymes gastriques coagulants de dromadaire.

Dans ce contexte il nous apparaît intéressant de proposer une étude d'action des extraits enzymatiques coagulants de la couche de Kaolin du gésier de poule (qui est un sous produit issu de la boucherie de volaille) sur la coagulation du lait camelin en vue d'améliorer ses aptitudes limitées à la coagulation afin de chercher un nouvel agent coagulant et de résoudre, en partie, les problèmes de la transformation fromagère d'un lait qui est connu, à travers le monde, par sa réputation et ses vertus thérapeutiques.

Afin de remplir le but principal de ce modeste travail, nous nous proposons d'étudier les volets de recherches complémentaires suivants :

1. La détermination de la composition physico-chimique et la qualité microbiologique du lait camelin de la steppe ;
2. L'isolement et l'extraction d'une préparation enzymatique coagulante à partir de la CK par une méthode appropriée (protocole de VALLES et FURET, 1977) ;
3. La réalisation des essais de coagulation du lait de dromadaire par le nouvel agent coagulant et ses extraits enzymatiques ;
4. L'amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire par l'utilisation des extraits enzymatiques coagulants provenant des CK en déterminant leur pouvoir coagulant ainsi que leur protéolyse ;
5. La conservation par lyophilisation des extraits enzymatiques coagulants des CK en vérifiant leurs activités coagulante et protéolytique.

Pour pouvoir atteindre ces objectifs soulignés, la présente étude est structurée en deux parties distinctes :

- ❖ Une synthèse bibliographique qui vise à contribuer à une meilleure connaissance du lait camelin ; sa composition, ses particularités et ses aptitudes à la transformation technologique, en terminant par un aperçu sur l'agent coagulant utilisé dans ce travail qui est la CK ; ses caractéristiques, sa composition et ses actions.

Cette partie s'articule en trois chapitres:

Chapitre I : lait de dromadaire ;

Chapitre II : aptitude à la transformation technologique ;

Chapitre III : membrane de Kaolin.

- ❖ Une partie expérimentale où la méthodologie de travail sera revue en premier lieu, puis les résultats obtenus seront discutés en répondant aux objectifs précités. Enfin, nous achèverons notre étude par une conclusion générale.

Partie I
Synthèse bibliographique

Chapitre I

Lait de dromadaire

I. Composition et particularités

Chapitre I : Lait de dromadaire

Synthèse bibliographique

I. Composition et particularités

1.1. Introduction

Dans les zones arides, la présence de dromadaire reste capitale, vu sa formidable capacité à transformer des ressources alimentaires médiocres et souvent inexploitable par d'autres espèces animales (notamment des plantes halophytes et épineuses) en produits consommables (lait, viande) (MOSLAH, 1994). Cet animal est caractérisé par sa polyvalence, selon RAMET, (2003) son élevage fournit aux éleveurs la production de lait, de viande, de laine et le transport. Cet animal a ainsi contribué aux ressources alimentaires d'un milieu hostile par son lait, sa viande mais aussi par son travail (KAMOUN, 1990).

De plus, cet animal tolère de longues périodes sans accès à l'eau. Ainsi, son adaptation au milieu aride et aux conditions difficiles du désert représente un atout remarquable, ce qui représente un immense avantage dans les conditions du désert (NARJISSE, 1989). Cependant, les préoccupations étaient toujours les données de la littérature essentielle du lait de vache et, dans une moindre mesure, de chèvre et de brebis. Les études sur les autres animaux laitiers (lait de bufflonne, de yack, de jument, et de chamelle) sont plutôt rares, en dépit de leur intérêt nutritionnel (FAYE, 2005).

1.2. Aperçu sur le dromadaire

Le nom « dromadaire » dérive du terme grecque « dromados » qui veut dire course. Il est donné à l'espèce de chameau à une seule bosse (ZEUNER, 1963).

Les chameaux, sont des mammifères, qu'il ont évolué en un certain nombre d'espèces de la famille de *Camelidae*. Les camélidés sont de l'ordre des *Artiodactyles*, et. Ils sont classés en deux genres, *Camelus* et *Lama*. Le genre *Camelus* comprend deux espèces: *Camelus dromedarius* (chameau à bosse ou arabe) et *Camelus bactrianus* (chameau à deux bosses ou chameau de Bactriane). En raison de la physiologie particulière de dromadaire, la plupart des troupeaux se trouvent dans les zones arides et semi-arides du Nord de l'Afrique, d'Afrique de l'Est, le sous-continent indien et tout au long de la péninsule arabique (ALHADRAMI, 2004).

1.3. Répartition géographique et effectif

Selon les statistiques récentes de l' FAO (2008), la population cameline mondiale est estimée à environ 20 millions, avec la Somalie qui a le plus grand troupeau dans le monde.

La grande majorité de cette population (84%) sont des dromadaires (*Camelus dromedarius*) (FARAH, 1993). Les finalités de l'élevage camelin sont la production de lait, de viande, de laine et le transport (RAMET, 2003).

Le chameau de Bactriane représente 5 % de la population cameline mondiale (KARUE, 1994), qui peuple particulièrement les régions froides de l'Asie, il occupe les déserts froids de l'Asie centrale jusqu'aux confins de la Mandchourie en Chine (FAYE, 1999), et le dromadaire vit essentiellement dans les régions chaudes et arides de l'Afrique du nord et de l'Est du proche Orient de l'Inde, de l'Afghanistan et du sud de l'EX-URSS (JARDALI, 1988). En effet, plus de 60% de la population de dromadaire est concentrée dans les quatre pays de l'Afrique du Nord, Somalie, Soudan, Kenya et l'Ethiopie (FAO, 2004).

Estimé à 268.560 têtes en 2005 (ANONYME 1, 2006), l'effectif camelin algérien est réparti sur 17 wilayates, avec 75% du cheptel dans huit wilayates sahariennes : Ouargla, Ghardaia, El-Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf et Béchar et 25% du cheptel dans neuf wilayates steppiques : Biskra, Tebessa, Khenchela, Batna, Djelfa, El-Bayad, Naâma, Laghouat et M'sila.

En Algérie, l'effectif camelin n'a pas évolué au cours de ces décennies (150 000 têtes en moyenne). Bien au contraire, il a diminué d'environ 40 % au cours du siècle ; il a passé de 159000 têtes en 1890 à 135 000 têtes en 1990 (LASNAMI, 1986 cité par CHEHMA, 2004).

1.4. Particularités du dromadaire et adaptation au milieu désertique

Le dromadaire dispose d'un ensemble d'adaptations qui en font l'animal de choix pour les zones sahariennes (NARJISSE, 1989).

Les capacités physiologiques du dromadaire à s'adapter à la vie désertique sont diverses et particulières et sont étudiées par plusieurs auteurs en vue de participer à progresser la connaissance de la physiologie du dromadaire en relation avec son adaptation aux écosystèmes arides (FAYE, 1999).

En effet, le dromadaire peut faire varier sa température interne en fonction de la chaleur externe. La couleur de la robe varie entre le blanc et le fauve qui reflètent mieux les

rayons solaires, la peau est recouverte d'une toison épaisse qui tombe d'elle-même en été (FAYE, 1999).

De plus, il tolère de longues périodes sans avoir accès à l'eau ce qui représente un immense avantage dans les conditions du désert (NARJISSE, 1989). Seul le dromadaire, parmi les mammifères domestiques, est capable de résister sans difficulté majeure à des déperditions supérieures à 25-30 % de son poids vif en eau, alors que la majorité des animaux meurent si la perte de poids vif dépasse les 15 %. En ce qui concerne l'alimentation, le milieu désertique ; un écosystème qui est caractérisé par la pauvreté des ressources alimentaires, leur irrégularité et la forte variabilité saisonnière, dans telles conditions de vie, les études ont montré que le dromadaire a une meilleure capacité à digérer les fourrages pauvres que les autres ruminants (FAYE, 1999).

1.5. Alimentation

Le dromadaire tire en effet une bonne partie de son alimentation d'une Végétation, en général, rejetée par les autres ruminants (espèces halophytes et/ou épineuses) ou qui leur est inaccessible (NARJISSE, 1989).

ALHADRAMI (2004), estime que La plupart des troupeaux de chameaux sont conservés dans les pâturages naturels (systèmes pastoraux migrants) avec peu ou pas de supplément d'alimentation. Aussi dans un environnement similaire, le dromadaire produit plus de lait pour une période plus longue que toute autre espèce, alors que leurs besoins pour l'alimentation est modeste (WILSON, 1998 ; DEREJE et UDEN, 2005). Un certain nombre de facteurs peut être attribués à la faible productivité observée, mais le manque d'alimentation, tant en qualité qu'en quantité, est probablement le facteur le plus important (DEREJE et UDEN, 2005).

Le dromadaire (*Camelus dromedarius*) en l'occurrence est capable de produire un lait de très bonne qualité nutritive, dans des conditions de sécheresse extrêmes et une végétation très pauvre (YAGIL et ETZION, 1980 ; YAGIL, 1982).

L'élevage du dromadaire est de type extensif, leur alimentation est basée sur les plantes des parcours sahariens (LAMBER, 1994). Cet élevage repose exclusivement sur le pâturage des parcours sahariens, qui sont tributaires d'aléas climatiques désertiques très sévères caractérisés surtout par une pluviosité très faible et très irrégulière. Il en résulte des pâturages très variables, tant du point de vue temporel que spatial (CHEHMA, 2003).

Le dromadaire préfère généralement les plantes halophiles pour répondre à leurs besoins physiologiques des sels (YAGIL, 1982).

Pour les besoins en eau, on estime que dans des conditions climatiques défavorables (sécheresse), les besoins quotidiens sont de l'ordre de 6 litres /100 Kg de poids vif. En saison chaude, avec une alimentation plus sèche, l'abreuvement hebdomadaire apparaît nécessaire. Chez la femelle allaitante, la production d'un litre du lait nécessite 1.5 litres d'eau supplémentaires et au cours du dernier tiers de la gestation, la femelle gravide augmente leur besoin en eau de 20 % (FAYE, 1999).

1.6. Production laitière

On estime que 85 % du lait produit et commercialisé à travers le monde provient de la vache. La femelle du dromadaire occupe une place minime, loin derrière la bufflonne ou même la chèvre et la brebis (Tableau 1) avec un cheptel camelin 70 fois moins important que le cheptel bovin, un tel décalage est justifié (FAYE, 2003).

Selon les dernières statistiques de la FAO, (2008) la production de lait dans le monde est signalée à environ 5,3 millions tonnes par an (pour les deux espèces) ; seulement 1,3 millions de tonnes sont consommés par l'homme, alors que le reste de production est réservé aux veaux.

Leur moyenne journalière de production de lait est estimée à environ 3 à 10 kg de lait au cours d'une période de lactation de 12 à 18 mois (FARAH et al., 2007). Le rendement pourrait augmenter à 20 litres par jour en améliorant l'alimentation animale, les pratiques d'élevage, la disponibilité de l'eau et les soins vétérinaires (FAO, 2006).

Tableau 01: production mondiale du lait (millions de tonnes /année) RAMET (2003).

Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Vache	465.7	467.5	469.6	471.8	483.4	489.8	489.8	494.6
Bufflesse	48.1	52.3	57.0	59.7	63.4	65.8	68.0	69.1
Chèvre	10.0	10.1	11.8	12.1	12.1	12.2	12.4	12.5
Brebis	7.9	8	8.3	8.2	8.0	8.1	8.0	7.8
Autres	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

La durée de la lactation varie entre 8 et 18 mois et semble sous la dépendance de quelques pratiques, notamment des fréquences des traites ou des tétés. La présence du jeune au pis de la mère est un élément important pour initier la descente du lait et maintenir l'activité de production laitière de la mère. (BALASSE, 2003). Généralement, Le pic de lactation est atteint au troisième mois (KAMOUN 1990 ; KAMOUN, 1994). Le prélèvement

par le chamelon pouvant correspondre à plus de 40 % de la production, voire à 75 pour cent dans certaines conditions (FAYE, 2003).

En Algérie l'excédent de la traite du lait n'est utilisé que pour l'autoconsommation, et cela après que le chamelon ait tété sa mère. La production laitière des chammelles varie d'une région à l'autre, en fonction de la race, de l'individu, de l'alimentation, ...etc. les estimations faites par quelques auteurs, donnent des valeurs allant de 0.5 à 10 Kg/jour, avec des durées de lactation de 12 à 18 mois (Tableau 2) (CHEHMA, 2004).

Tableau 02 : Quantités de lait produites par les chammelles en Algérie, selon différents auteurs (CHEHMA, 2004).

Population/zones	Production moyenne (kg)	Durée moyenne de lactation (mois)	Auteurs
Globalement	4-5	-	GAST ET AL., 1969
Globalement	4-10	-	BURGEMEISTER, 1975
Population Sahraoui	2-4	12-16	CHEHMA, 1987
Population Sahraoui	4-11	12-16	BOUREGBA et LOUNIS, 1992
Dromadaire de la steppe	0,5-5	12-18	BOUBEKEUR et GUETTAFI, 1994
Population Sahraoui	3-5	12-14	ARIF ET REGGAB, 1995
Population Targui	3-4	-	SETTAFI, 1995
Population Sahraoui	2-8	12	GUERRADI, 1998
Population Targui	2-5	-	BESSAHRAOUI et KERRACHE, 1998

Tableau 03 : Quantité de lait produite par une chammelle, selon différentes sources.

Durée moyenne de lactation (mois)	Production moyenne (litre)	Sources
10-12	800-4000	KAMOUN et RAMET, 1989
11-12	800-1300	NARJISSE, 1989
8-18	1800-3500	FAYE, 1997
12	1640	XAVIER et al., 2000
12-18	1000-2700	EDMOND, 2002

1.6.1. Les facteurs influençant la production laitière

L'estimation du rendement laitier est difficile grâce à des variations importantes qui restent fonction de plusieurs facteurs pouvant être d'origine physiologique (époque de lactation, l'état sanitaire de l'animal,..), génétique (espèces, races), zootechnique (conditions de la traite, fourrage, abreuvement, les conditions de gestion ...etc.) et climatique.

Selon CARDELLINO et al. (2004) ces facteurs, notamment la race, le stade de lactation, l'alimentation et les conditions de gestion ont un rôle important dans le manque de cohérence des données.

Par ailleurs, les règles de mesure ne sont jamais mises en œuvre de façon homogène d'un auteur à l'autre: quantité moyenne quotidienne, quantité totale, quantité par an, moyenne de troupeau, etc. De ce fait les comparaisons sont quelquefois acrobatiques (FAYE, 2003).

1.6.1.1. Facteurs génétiques

Des variations de la composition et de la quantité de lait ont été remarquées entre chèvres de même "race" placées dans les mêmes conditions de milieu et d'alimentation (RICHARD et GERARD, 1985). En plus certaines races sont plus aptes à produire du lait que d'autres ; les races Asiatiques sont meilleures laitières que les races Africaines, comme c'est le cas en Inde, en Arabie Saoudite, en Ethiopie et au Pakistan (KNOSS et al, 1986).

BEN-AISSA (1989) note que les populations camelines algériennes, (population Sahraoui, en l'occurrence) peuvent être considérées comme bonnes laitières (6 à 9 l/j).

1.6.1.2. Facteurs physiologiques

L'évaluation et la variation de la production et la composition du lait varie en fonction de rang de mise bas et le stade de lactation. Il n'existe que très peu d'études complètes rapportant les productions sur des lactations entières (ELLOUZE et KAMOUN, 1989).

Comme pour les autres herbivores allaitants, la production laitière chez la chèvre tend à augmenter avec le rang de mise bas mais, compte tenu de la longueur des intervalles entre mises bas, les données sont rares et limitées à quelques parités Consécutives (FAYE, 2003).

Pour le stade de lactation FAYE (2003), a confirmé que la production laitière atteint son plus haut niveau entre le troisième et le huitième mois de lactation,

A l'instar de la vache, l'essentiel du lait expulsé lors de la traite ou de la tétée est d'origine citernal plutôt qu'alvéolaire, ce qui oblige à la présence du chamelon ou à défaut, à l'injection d'ocytocine pour assurer la descente du lait (FAYE, 2003).

1.6.1.3. Facteurs climatiques

La variabilité saisonnière du disponible fourrager, associée aux facteurs strictement climatiques (chaleur, aridité), joue évidemment sur les performances laitières de la chamelle. La différence selon la saison de mise bas des jeunes (élément essentiel pour déclencher la production) peut jouer sur plus de 50 pour cent de la production : les performances laitières sont plus faibles en fin de saison sèche qu'en saison des pluies (KHANNA et al., 1998).

FAYE (2003), considère que l'influence de la saison sur la composition du lait de dromadaire résulte des effets combinés de l'alimentation, des facteurs climatiques (chaleur, aridité), et du stade de lactation. L'effet global s'est traduit par une chute de l'extrait sec total, résultant de la diminution du taux de matière azotée et plus particulièrement les caséines, durant l'été.

KNOESS (1979), estime que pendant la période de sécheresse, une chute du niveau de production est liée notamment à la pluviométrie et la température qui conditionnent la disponibilité en fourrages et en eau. Cependant, les autres espèces (caprine, ovine et bovine) ne peuvent même pas survivre dans les mêmes conditions.

Par ailleurs, XAVIER et al. (2000), ont indiqué qu'il existe une variation de la composition du lait de chamelle, sous l'effet du changement saisonnier (plus concentré pendant l'hivernage que pendant la saison sèche et chaude) et en état de déshydratation la teneur de lait en eau peut passer de 86 à 91%.

1.6.1.4. Facteurs alimentaires

La production laitière est étroitement liée à l'alimentation et à la fréquence d'abreuvement. Certaines observations par différents auteurs indiquent que :

- contrairement aux bovins, ovins et caprins, le dromadaire peut se nourrir d'une gamme très large des plantes y compris les plantes à épines. KNOSS et al (1986) ont étudié l'influence des différents types des fourrages sur la production laitière ; ils ont trouvé que la luzerne, le bersim et le chou constituent d'excellents fourrages concernant le niveau de production laitière de la chamelle.

- Dans des conditions difficiles, la fréquence d'abreuvement peu dépasser deux semaines (JARDALI, 1988). Une durée de 10 jours et plus à un effet significatif sur la production laitière cameline (SIMPKIN, 1985).

1.6.1.5. Effet du statut sanitaire

La plupart des troubles parasitaires (trypanosomiase, parasitisme gastro-intestinal, parasitisme externe) interfèrent avec la production. En milieu pastoral, l'utilisation d'intrants vétérinaires classiques destinés à la prévention contre les maladies parasitaires permet d'augmenter la production laitière des chameles de plus de 65 pour cent (SIMPKIN et al., 1997).

1.6.1.6. Influence des conditions de la traite

NARJISSE (1989), estime que le nombre de traite effectué par jour peut aller d'une traite à sept selon les régions. Le nombre de traites peut varier selon les circonstances et les habitudes des producteurs ce qui peut jouer sur la production totale, celle-ci augmentant en fonction du nombre de traites (FAYE, 2003).

En règle générale, la production laitière augmente avec l'augmentation de la fréquence de traite, en effet, le passage de 2 à 3 traites par jour augmente la production journalière de 28.5%, et celui de 3 à 4 n'augmente la production que de 12.5 %, et la traite du matin donne plus de lait mais ce lait est pauvre en matière grasse et plus dense (KAMOON, 1991 et 1994).

1.7. Caractéristiques physico-chimiques du lait de dromadaire

1.7.1. Caractères physiques et organoleptiques

Le lait de chamelle, généralement opaque et blanc, a un goût acceptable (DILANYAN, 1959 ; KHERASKOV, 1953 ; YAGIL et ETZION, 1980), mais parfois salé (RAO et al., 1970). Il a un goût assez doux, légèrement âpre (FAYE, 1999). Ainsi, le lait camelin est parfois décrit comme sucré, salé et à d'autres moments aussi amère (HADDADIN et al., 2008). Cette variabilité dans le goût est liée au type de fourrage ingéré ainsi qu'à la disponibilité en eau (YAGIL et ETZION, 1980). Il est mousseux quand on le secoue un peu (SHALASH, 1979).

Les études et les travaux menés par différents auteurs sur les Caractéristiques physico-chimiques du lait de dromadaire (tableaux 04 et 05) ont montré que le lait de chamelle présente globalement une composition physico-chimique comparable à celle du lait bovin, mais se distingue par un certain nombre de caractères particuliers.

Tableau 04 : Caractéristiques physiques des laits de chamelle et de vache (KAMOUN, 1990).

Constante physique	Lait de chamelle	Lait de vache
pH	6.51	6.65
Densité	1.028	1.032
Acidité titrable	15.6	16

1.7.2. Composition biochimique

La composition du lait de chamelle a été étudiée dans différentes parties du monde, et par divers auteurs (ELAMIN et WILCOX, 1992 ; SAWAYA et al., 1984 ; ...etc.). Les données de la littérature ont montré des larges variations dans la composition du lait de chamelle, celles-ci ont été étudiées par KONUSPAYEVA et al., (2009) ; qu'il ont estimé que l'origine géographique et les variations saisonnières sont les plus marqués (annexe I).

Cependant, les variations observées dans la composition du lait de chamelle pourrait être attribuée à plusieurs facteurs tels que les procédures de mesure analytique et géographique : lieux, conditions d'alimentation et de prélèvement d'échantillons de différentes races, plus d'autres facteurs (le stade de lactation, l'âge, et le vêlage...) (KHASKHELI et al., 2005).

Généralement, cette composition (Tableau 5), même si elle fluctue selon les auteurs (donc selon les animaux et l'environnement considéré), montre, néanmoins, des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose), (SIBOUKEUR, 2007), En outre, les principaux composants sont relativement proches de ceux du lait de vache (AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010).

1.7.2.1. Glucides

La teneur en lactose du lait de dromadaire fluctue entre 2,40 à 5,80 % (KONUSPAYEVA et al., 2009). La gamme de variation de la teneur en lactose peut être due au type de plantes consommées dans les déserts (KHASKHELI et al., 2005).

Les concentrations élevées observées pour le lactose expliqueraient la saveur parfois sucrée du lait de chamelle rapportée par plusieurs auteurs (GNAN et SHEREHA, 1986 ; BAYOUMI, 1990).

Tableau 05 : Comparaison entre la composition du lait de chamelle et celle des autres espèces selon différents auteurs.

Lait de Composition (%)	Chamelle				Vache	Brebis	Chèvre
	Teneur en eau	88.1	87.3	87.9	87,4	87	77
Extrait sec total	11.9	12.6	12.1	12,6	13.8	18	12.9
Taux de matières grasses	3.6	3.4	3.8	3,6	4.05	7.75	4.25
Extrait sec dégraissé	-	-	8.2	-	-	-	-
Teneur azotée total	2.9*	3.3*	3.5	3,6*	3.5	5.6	3.3
dont caséines	-	-	2.6	-	-	-	-
Teneur en lactose	4.4	4.5	3.9	4,7	4.85	4.55	3.9
Teneur en cl	-	-	0.16	-	-	-	-
Teneur en cendres	-	-	87	0,7	0.75	0.5	0.85
Source	SAWAYA et al., 1984	KAMOUN, 1994	FAYE, 1997	RAMET, 2003	VALERIE, 2007		

(-) : non déterminé;

(*) : matière protéique.

1.7.2.2. Matière grasse

Selon CHILLIARD (1989), le lait de dromadaire présente un taux butyreux de 3 à 5%, comparable à celui des bovins et des caprins, et inférieur à celui de la brebis, et de la bufflesse. La teneur en matière grasse du lait de chamelle est compris entre 1,2 et 6,4% (KONUSPAYEVA et al., 2009).

Les travaux de MORRISON (1968), et plus tard de GORBAN et IZZELDIN (1999 et 2001), ont montré qu'il y a une prédominance des lipides simples sur les lipides complexes. Les triglycérides représentent 96% des lipides totaux.

Signalons que la matière grasse cameline est plus riche que celle du lait bovin en acides linoléique et palmitoléique. En effet, le lait de dromadaire se caractérise par sa

richesse en acides gras insaturés (40,1%) et plus particulièrement en acide palmitoléique (KAMOUN, 1991).

La faible taille des globules gras (1.2 à 4.2 μ de diamètre) et leur composition particulière en acides gras insaturés (40,1%) et plus particulièrement en acide palmitique et oléique expriment la difficulté de séparation de la matière grasse du lait de dromadaire par écrémage (CHILLIARD, 1989 ; KAMOUN, 1991).

Cette composition lipidique se traduit selon SIBOUKEUR (2007), par un comportement assez singulier du beurre camelin face aux variations de la température, dans la mesure où sa fusion commence à -26 °C et elle est totale aux environs de $+43$ °C (-25 °C et $+37$ °C, respectivement pour le beurre bovin).

1.7.2.3. L'eau

La teneur en eau qui varie en fonction de sa disponibilité dans l'alimentation, atteint son maximum en période de sécheresse où elle présente dans le lait en quantité suffisante pour couvrir les besoins du chamelon (YAGIL et ETZION, 1980). NARJISSE (1989) dégage de ses travaux que la restriction de l'eau de boisson entraînait une augmentation de la teneur en eau du lait de la chamelle qui passait de 86 à 91%.

1.7.2.4. Les vitamines

Le lait de chamelle contient diverses vitamines, telles que les vitamines C, A, E, D et le groupe B (FARAH et al., 1992 ; HADDADIN et al., 2008 ; SAWAYA et al., 1984). En comparaison avec le lait de vache, le contenu de la niacine (B3) a été signalé plus élevés (SAWAYA et al., 1984). Toutefois, les concentrations de thiamine (B1) et pyridoxine (B6) dans le lait de chamelle sont comparables à celles du lait de vache (tableau 06), (HADDADIN et al., 2008 ; SAWAYA et al., 1984).

Ce lait se singularise aussi par sa richesse en vitamine C dont la teneur est en moyenne de 36 mg/Kg (KAPPLER et al., 1998) contre 3-23 mg/Kg dans le lait bovin (FARAH, 1993). Les teneurs signalées (autour de 36 mg/l), selon FARAH et al., (1992) et FAYE (1997), sont en moyenne 3 fois plus élevées que celles présentes dans le lait bovin. Le colostrum est d'ailleurs plus riche en cette vitamine que le lait (KONUSPAYEVA et al., 2004).

Aussi bien, on estime que le lait camelin contient des teneurs plus faibles en vitamines A, E et certaines vitamines du groupe B (FARAH, 1993).

Tableau 06 : Composition en vitamines ($\mu\text{g}/\text{kg}$) du lait de chamelle,
(selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache.

Nature des vitamines	Lait de chamelle			Lait de vache	
A (Rétinol)	150	150	100-380	170-380	170-380
B1 (Thiamine)	330	600	330-600	280-900	280-900
B2 (Riboflavine)	416	800	420-800	1200-2000	1200-2000
B3 (Niacine)	4610	4600	4000-6000	500-800	500-800
B5 (Acide pantothénique)	880	880	880	2600-4900	2600-4900
B6 (Pyridoxine)	523	520	520	400-630	400-630
B12(Cobalamine)	1,5	2	2	2-7	2-7
B9 (Acide folique)	4,1	4	4	10-100	10-100
E (Tocophérol)	-	530	530	200-1300	100-200
C (Acide ascorbique)*	24	24-36	24-52	3-23	3-23
Référence	SAWAYA et al., (1984)	KAPPELER (1998)	EL-AGAMY, 2009	EL-AGAMY, 2009	FARAH (1993)

N.B : (-) non déterminé ; (*) : en mg / kg

1.7.2.5. Les minéraux

Le lait de chamelle ne semble pas différer de celui des autres animaux domestiques et constitue un très bon apport en minéraux pour le chamelon et le consommateur (BENGOUMI et al., 1994). La teneur totale en sels varie de 0,60 à 0,90% dans le lait camelin (KONUSPAYEVA et al., 2009)

La composition en minéraux du lait de chamelle est aussi diversifiée que celle du lait bovin (tableau 07). Si les taux en éléments majeurs (Na, K, Ca, Mg,...) sont relativement similaires, selon différents auteurs, cela n'est pas le cas pour les oligo-éléments qui se caractérisent par des taux plus élevés (YAGIL et ETZION, 1980 ; SAWAYA et al., 1984 ; MEHAIA et al., 1995 ; BENGOUMI et al., 1994). Les minéraux Na, K, Fe, Cu et Mn du lait camelin ont été sensiblement plus élevés que ceux rapportés pour le lait de vache (MEHAIA et al., 1995 ; SAWAYA et al., 1984). Le lait de chamelle est une source riche en chlore (KHASKHELI et al., 2005). Les autres cations présents en solution sont le potassium et le sodium, les anions en solution sont associés à des citrates, phosphates et chlorures (ANONYME, 2000).

La répartition des minéraux entre formes solubles et colloïdales est similaire à celle du lait de vache pour le calcium mais différente pour le magnésium, le phosphore et citrate. En effet, la micelle du lait camelin présente une charge en citrate relativement plus importante (98 mg/g de caséines). Les proportions en Mg, P et citrate micellaires sont plus élevées (ATTIA et al., 2000).

D'après FAYE (1997), la composition minérale du lait de dromadaire est fort variable et dépend de l'alimentation et de l'état de déshydratation. Le même auteur suggère que les teneurs en sodium et en potassium, en particulier, augmentent dans le lait de chamelle déshydraté.

Les variations de la teneur en minéraux ont été attribuées à la race, l'alimentation, les procédures analytiques (MEHAIA et al., 1995) et la prise d'eau (HADDADIN et al., 2008).

1.7.2.6. Les protéines camelines

L'azote non protéique représente 5 à 10%, il est environ deux fois plus élevé que celui généralement retrouvé dans le lait de vache. Cette fraction est caractérisée par sa haute valeur biologique (TAHA et KIELWEIN, 1990 et MEHAIA et ALKANHAL, 1992).

Tableau 07 : Composition en sels minéraux (mg/l) du lait de chamelle (selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache.

Origine du lait	Ca	Na	K	P	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	I	Références
Lait de chamelle	1078	702	1586	641	122	<u>2.64</u>	4.47	<u>1.63</u>	<u>0.20</u>	---	SAWAYA et al., (1984)
	1310	270	450	510	140	0.4	0.1	0.02	---	---	GNAN et SHEREHA, (1986)
	1462	902	2110	784	108	<u>3.4</u>	<u>2.9</u>	1.1	<u>2.0</u>	<u>0.1</u>	BENGOUNI et al., (1994)
	1180	688	1464	889	125	<u>2.34</u>	6.00	<u>1.42</u>	<u>0.80</u>	---	MEHAIA et al., (1995)
	1160	390	1760	880	200	---	---	---	---	---	KAMOUN, 1994
	1230	660	1720	1020	90	---	---	---	---	---	ATTIA et al., (2000)
Lait de vache	°100 - 1500	°350 - 1000	°1200- 1800	°750- 1200	°100- 150	*0.20 - 050	*2.00 - 5.00	*0.02 - 0.15	*0.03 - 0.05	*0.01 - 0.05	(°) et (*)

N.B : (---) : non déterminé ; (°) : selon MIETTON et al, 1994 ; (*) : selon LUQUET, 1985.
Sont soulignées les valeurs extrêmes

Tableau 08 : Teneurs moyennes en principaux minéraux et en citrate du lait écrémé de dromadaire et leurs répartitions entre phases soluble et micellaire (EL-AGAMY, 2009).

Minéraux	Teneur totale (g/kg)	fraction soluble (g/kg)	Fraction micellaire (%)
K	1.72	1.69	1.7
Na	0.66	0.64	3.0
Ca	1.23	0.43	65.0
Mg	0.090	0.033	63.3
P	1.02	0.35	65.6
Citrate	1.82	1.24	31.8

En ce qui concerne les protéines, la teneur totale dans le lait de chamelle varie dans la gamme de 2,15 à 4.9 % (KONUSPAYEVA et al. 2009). En effet, LARSSON-RAZNIKIEWWICZ et MOHAMED (1994), rapportent que le lait de chamelle montre les mêmes types de protéines fromagères que dans le lait de vache (tableau 09).

Selon KAMOUN (1990), le lait de chamelle est pauvre en matière protéique et en caséine. Par ailleurs, d'autres auteurs, en particulier NARJISSE (1989) et FAYE (1997), ont constaté que les teneurs en matières protéiques du lait de dromadaire sont comparables à celles rencontrées chez le lait bovin.

Selon leur solubilité au pH acide, ces protéines sont réparties en deux groupes principaux: les caséines et les protéines du lactosérum (albumines et globulines). Les premières précipitent à leur pH isoélectrique qui se situe à 4.6 pour le lait bovin (ALAIS et LINDEN, 1997) 4.2 pour le lait caprin (MATI et al., 1991) et 4.3 pour le lait camelin, les protéines sériques restent solubles dans ces zones de pH concernées (WANGO et al., 1998).

Sur le plan des propriétés physiques, les protéines du lait de la chamelle seraient plus thermorésistantes que chez les autres espèces (ELAGAMY, 2000). De plus la caséine du lait de dromadaire se trouve sous forme de micelles de grande taille dont le diamètre moyen est environ le double (300 μ m) de celui du lait de vache (160 μ m) (FAO, 1993).

1.7.2.6.1. Les caséines

La caséine (CN) est la principale protéine dans le lait de chamelle. Le lait de dromadaire a environ 1,63 à 2,76% de caséine égale à environ 52-87% des protéines totales (FARAG ET KABARY, 1992 ; KHASKHELI et al., 2005 ; MEHAIA et al., 1995) contre 83 % dans le lait bovin (ALAIS et LINDEN, 1997)

Le taux de caséine totale est un peu plus faible dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache, ainsi que l'équilibre entre les différentes fractions caséiniques est très différent de celui du lait de vache (FAO, 1993).

Notons que des similitudes ont été observées dans la structure secondaire de la caséine, lorsqu'elle est comparée à la structure de la caséine bovine. La composition d'acides aminés du lait de dromadaire est similaire à celle du lait de vache ; néanmoins la glycine et la cystine ont été jugés significativement plus faibles dans la caséine du lait de dromadaire (FARAH et RÜEGG, 1989).

Tableau 09 : Les fractions caséiniques dans le lait de chamelle en (%)
(JARDALI, 1994).

Fraction de caséine	Lait de chamelle	Lait de vache
α -CN	63.3	46.0
β -CN	27.3	34.0
K-CN	5.1	13.0
δ -CN	2.7	3.0

Les protéines homologues aux caséines α S1, α S2, β et κ bovines, ont été isolées, purifiées et caractérisées (FARAH et FARAH-RIESEN, 1985 ; LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1986 ; OCHIRKHUYAG et al., 1997 ; KAPPELER et al., 1998). Leurs compositions en acides aminés ont été déterminées (LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1986 ; OCHIRKHUYAG et al., 1997), ainsi que leurs séquences primaires (KAPPELER et al., 1998). Ces travaux ont montré que globalement les proportions sont similaires à celles rencontrées dans le lait bovin à l'exception de la caséine κ (SIBOUKEUR, 2007).

1.7.2.6.2. Caséine κ

Seul 3,47% de la caséine totale correspond à la caséine κ dans le lait de chamelle (KAPPELER et al., 2003) comparativement à 13% dans le lait de vache (DAVIES et LAW, 1980). Divers auteurs ont notamment montré que la caséine κ joue plusieurs rôles très spéciaux ; elle représente le facteur de stabilité de la fraction colloïdale ainsi que la cible principale de la chymosine lors de la transformation enzymatique du lait. Sa faible

représentation dans le lait camelin, pourrait expliquer les problèmes technologiques liés à la production de certains dérivés lactés (KHEROUATOU et ATTIA, 2008).

La caséine κ présente un taux trois fois plus faible que dans le lait de vache (Kappeler et al., 1998). Elle est constituée de 162 acides aminés et de 1 résidu phosphorylé. Son poids moléculaire déterminé par spectrométrie de masse, est de 22 294 à 22 987 Da (KAPPLER et al., 1998).

KAPPLER et al., (1998) ont signalé que la liaison caractéristique Phe¹⁰⁵-met¹⁰⁶ dont la coupure spécifique par la chymosine et responsable de la coagulation type présure du lait bovin est différente chez le lait camelin ; c'est la liaison Phe⁹⁷-Ile⁹⁸ de κ -Cn cameline qui est coupée par la chymosine en libérant un macropeptide de 65 acides aminés d'un poids moléculaire de 6 774 Da ,et ayant un pH isoélectrique de 4.13. (fig. I et II de la séquence primaire de caséine κ en annexe II).

1.7.2.6.2.1. La structure

KAPPELER et al., (1998) rapportent que les caséines α S1, α S2, β et κ camelines présentent globalement les mêmes caractères généraux rencontrés dans le lait bovin notamment le caractère acide marqué, la présence de résidus phosphorylé et de résidus glucidiques. pour la κ -caséine. FARAH et RÜEGG (1989), et JARDALI et RAMET (1991), estiment que le diamètre des micelles (260 à 300 nm) est en moyenne nettement supérieur à celui de leur homologue du lait de vache (100 – 140 nm).

SCHMIDT (1982) a proposé un modèle qui montre que la micelle de caséine est formé d'un ensemble de sous unités de nature protéique de 10 a 20 nm de diamètre associées les unes aux autres par les éléments minéraux (calcium, magnésium et phosphate).

La structure de ces submicelles n'est pas uniforme, elles auraient un cœur hydrophobe, formé par les parties apolaires des caséines, et une enveloppe de nature polaire, formé par des segments de chaînes ; d'une part les résidus phosphorylés des CN α s1, α s2 et β et d'autre part, la partie COOH terminale de la κ -CN. Ces sous unités s'agrègent entre elles par l'intermédiaire de calcium et de phosphate (fig. 01) (BRULE et al., 1981). En effet, les caséines β et α s1 sont plus présentes au centre de la micelle et forment le coeur hydrophobe alors que la partie externe, davantage hydrophile, est formée de caséine α s1, α s2 et κ (AMIOT et al., 2002).

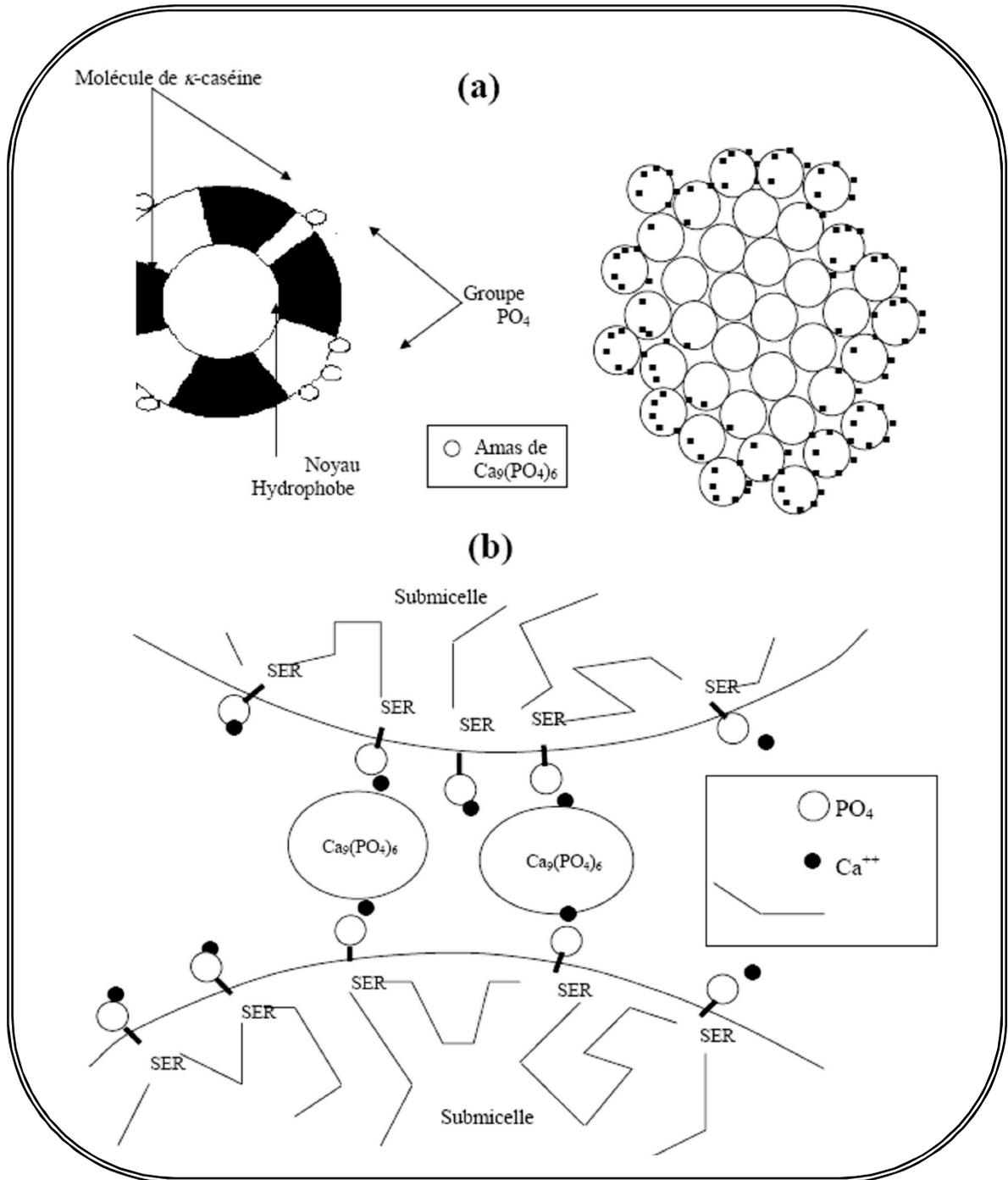


Figure 01 : Modèle d'organisation moléculaire de la micelle de caséine bovine selon SCHMIDT (1982).

a) structure de la micelle et de la submicelle.

b) Schéma de pontage de deux submicelles par le phosphate de calcium.

La stabilité des micelles peut s'expliquer par des répulsions électrostatiques qui s'opposent à leur agrégation, par la forte proportion d'eau des micelles (3,7 g par gramme de protéine) (MAHAUT et al., 2000). Elle est influencée par divers paramètres, les uns liés à la composition saline de la phase aqueuse : concentration en ions H^+ , Ca^{++} , phosphate, citrate ; les autres à la composition même des micelles (proportion relative de la caséine k, teneur en phosphate de calcium,...), (BRULE et al., 1981).

1.7.2.6.2.2. Particularités des micelles du lait de chamelle

ATTIA et al. (2000), et de KHEROUATOU et al. (2003a), ont signalé que l'organisation de la micelle de caséine cameline est compatible avec le modèle moléculaire proposé par SCHMIDT (1982) (fig. 01).

Les micelles de caséine du lait de chamelle comme celles du lait de vache sont constituées de caséines liés avec le phosphate de calcium, par des interactions hydrophobes ioniques. Elles ont un diamètre volumineux de 15 à 500 nm (KAPPLER et al., 1998). La déminéralisation de micelle du lait de chamelle est à un pH inférieure à celle du lait bovin causant, ainsi une différence dans la structure primaire de la micelle entre les deux laits (ATTIA et al., 2000).

Dans le lait de chamelle seule la répartition du calcium est identique à celle du lait de vache, par contre les Mg, p et citrate ont une répartition plus importante en micelle de lait de chamelle. Ce taux de sels micellaire de lait de chamelle peut expliquer la grande taille de micelle de lait de chamelle (ATTIA et al., 2000).

1.7.2.6.3. Insuline

KONUSPAYEVA et al. (2004), ont constaté que la présence d'insuline dans le lait de chamelle est en quantité importante (52 UI/l) : plus de 5000 fois la valeur observée chez la vache et 1000 fois la valeur observée chez la femme. Donc le lait de chamelle a une action hypoglycémisante et régulatrice de la glycémie chez les patients insulinodépendants (AGRAWAL et al., 2003).

1.7.2.6.4. Les protéines du lactosérum

Les protéines de lactosérum constituent la deuxième composante principale de protéines du lait de chamelle et représentent 20 à 25% des protéines totales (FARAG et KABARY, 1992 ; KHASKHELI et al., 2005; MEHAIA et al., 1995). En général, la

composition de protéines de petit-lait chez la chamelle est différente de celle du petit-lait du lait bovin ; le lait de chamelle est déficient en β -lactoglobuline (EL-AGAMY et al., 2009), elle semble absente (ou peu présente) dans le lait humain et camelin (SIBOUKEUR, 2007). La lactoférine (LF) qui est une glycoprotéine, sa teneur dans le lait de chamelle est de 30 à 100 fois plus que dans le lait de vache (KONUSPAYEVA et al., 2004). La quantité de lysozyme dans le lait de chamelle est plus élevée que dans le lait de vache, elle est de 15 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ contre 7 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (KONUSPAYEVA, 2007). Les lactoperoxydase (LP) et les immunoglobulines jouent le rôle dans les défenses immunitaires, leur teneur répertoriée dans le lait de chamelle est 4 à 6 fois supérieure à celle de la vache (KONUSPAYEVA, 2007).

Les teneurs élevées en facteurs antibactériens (Lactoferrine, Lactopéroxydase et Lysozyme) sont des facteurs qui confèrent au lait de chamelle une capacité particulière à se conserver plus longtemps (quelques jours), (SIBOUKEUR, 2007).

En plus de ces protéines connues, (KAPPELER et al., 1998) signalent la présence, dans le lait camelin, d'autres fractions, qui n'ont pas leurs équivalents dans le lait de référence.

Le lactosérum libéré du lait camelin après coagulation a une couleur blanche (EL-ZUBEIR et JABREEL, 2008) par rapport au lactosérum issu du lait bovin qui est verdâtre.

1.8. Utilisation traditionnelle du lait camelin

D'après NARJISSE (1989), l'intérêt de la production laitière de la chamelle est d'autant plus vital qu'elle intervient dans le cadre de système d'élevage où seul le dromadaire peut vivre et produire.

En Somalie, le lait de chamelle est traditionnellement consommé, frais ou fermenté, connu sous le nom "Sussa" (le lait est laissé dans un endroit tranquille 24 à 48 heures à la température ambiante jusqu'à ce qu'il devienne aigre (OMORE et al., 2004).

Par ailleurs chez les sociétés pastorales, quelques rares fromages sont fabriqués par des nomades localisés en Ahaggar et dans la péninsule du Sinaï, ce produit est obtenu par chauffage du lait préalablement acidifié (sous forme de balle ou galette), consommé en l'état ou séchés naturellement au vent et au soleil (GAST et al., 1969 ; RAMET, 1994).

Selon KONUSPAYEVA et al. (2003), le lait de chamelle est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuses, anticancéreuses, antidiabétiques et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents. Le plus souvent, le lait destiné à l'alimentation humaine est bu immédiatement après la traite ou consommé sous forme de lait fermenté par acidification lactique naturelle (YAGIL, 1982).

KONUSPAYEVA et al. (2004), rapportent que le dromadaire est élevé pour son lait dont la consommation est assurée sous plusieurs formes : un lait fermenté entier ("Shubat "ou "Agaran"), ou dilué dans l'eau (Chal) ; ou produit sucré appelé Balkaimak, une crème fermentée (Doïran) ou un «fromage». Ces produits peuvent être considérés comme des «produits-terroir».

1.9. Propriétés médicinales et thérapeutiques du lait camelin

En Inde, le lait de chamelle est utilisé en thérapeutique contre l'hydropisie, la jaunisse, les problèmes de la rate, la tuberculose, l'asthme, l'anémie et les piles (RAO et al., 1970). Il a permis d'améliorer l'état des patients atteints d'hépatite chronique après avoir été traités avec du lait de chamelle (SHARMANOV et al., 1978).

Le lait camelin (frais et fermenté) a été reconnu, depuis longtemps, dans différentes parties du monde, pour offrir un traitement potentiel à une série de maladies telles que l'hydropisie, la jaunisse, la tuberculose, l'asthme, et la leishmaniose ou "kala-azar" (ABDELGADIR et al., 1998). Il pourrait être une bonne source de vitamine C pour les personnes vivants dans la région désertique où les légumes et les fruits ne sont pas disponibles (SAWAYA et al., 1984).

Les facteurs «santé» attribués au lait de chamelle et ses produits transformés peuvent être liés à certains de ses composants : lactoferrine, immunoglobulines, lysozyme, lactoperoxydase, vitamine C, etc. (KONUSPAYEVA et al., 2004).

Les auteurs ont rapporté que le lait de chamelle pourrait être une nouvelle source de protéine et peut être recommandé pour les enfants allergiques au lait de vache (EL-AGAMY et al., 2009).

Récemment, le lait camelin est également signalé qu'il a d'autres propriétés thérapeutiques ; comme une source des anti-cancérogènes (MAGJEED, 2005), un anti-hypertensive (QUAN, et al., 2008), hypoallergique (SHABO et al., 2005). Le pourcentage élevé de β -CN pourrait refléter le taux de digestibilité plus élevée et la plus faible incidence de l'allergie dans l'intestin du nourrisson, ainsi que les pourcentages des protéines du lait de chamelle sont similaires à celles trouvées dans le lait maternel (ABOU-SOLIMAN, 2005; EL-AGAMY et al., 2009).

Une teneur élevée en acides gras insaturés contribue à la qualité alimentaire globale (KARRAY et al., 2005).

Le lait de dromadaire contient plusieurs «protéines de protection» qu'ils ont des propriétés immunologiques, bactéricide et virucide. Parmi les plus importantes de ces

protéines la lactoferrine, et les immunoglobulines. En outre, ces protéines sont considérées comme un choix prometteur pour la cosmétique et la conservation des aliments car ils sont très stables au traitement thermique (LEVIEUX et al., 2006).

1.10. Qualité microbiologique du lait camelin

Le lait de dromadaire développe une résistance élevée à la prolifération bactérienne plus particulièrement dans les premières heures qui suivent la traite (et même après sa thermisation), (KAMOUN, 1990).

De nombreuses études ont montré que le lait de chamelle a un effet antimicrobien contre les bactéries Gram positif et les bactéries Gram négatif (BENKERROUM et al., 2004 ; EL-AGAMY et al., 1992). Cette activité inhibitrice a été attribuée à la présence de substances antimicrobiennes dans le lait de chamelle, y compris le lysozyme, le peroxyde d'hydrogène, la lactoferrine, la lactoperoxydase et les immunoglobulines (EL- AGAMY et al., 1992).

L'activité antimicrobienne du lait camelin lui confère une bonne aptitude à la conservation, mais se répercute négativement sur ses aptitudes à la transformation en produits dérivés (SIBOUKEUR, 2007).

LARPENT et al. (1997) estime que, le lait renferme sous des conditions rigoureuses de collecte, une microflore dont sa charge ne dépasse pas 5.10^3 germes /ml.

Le lait de chamelle à la traite présente une flore bactérienne très basse. Les propriétés antimicrobiennes et protectrices des protéines du lait de chamelle permettent d'avoir un produit frais à plus de 24 heures, si les conditions d'hygiène (lavage et désinfection des ustensiles) et de température (inférieure à 15 °C) sont appliquées (KAPPELER, 1998).

*II . Aptitudes à la
transformation technologique*

II. Aptitudes du lait camelin à la transformation technologique

2.1. Introduction

Le lait, comme la plus part des matières d'origine biologique, est un milieu très périssable qui s'altère rapidement par voie enzymatique et par voie microbienne. Le fromage occupe, donc, parmi les différents aliments, un statut tout particulier qui se situe en position intermédiaire entre les conserves stables et les denrées périssables (RAMET, 1994).

Autrefois, la plupart des recherches menées sur les chameaux a été principalement se concentrées sur leurs caractéristiques anatomiques et physiologiques (FARAH et FARAH-RIESEN, 1985). Par ailleurs, les études récentes se sont principalement concentrées sur la composition, les caractéristiques et la fonctionnalité du lait de chamelle (AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010).

La fabrication de produits, aussi traditionnels tels que le fromage et le beurre à partir du lait de chamelle, est exceptionnelle et réputée difficile, voire impossible (WILSON, 1998 ; YAGIL, 1982). Les formes les plus courantes de la consommation du lait camelin sont soit frais ou fermenté (FARAH et al., 2007), en raison du manque du moyen permettant la transformation de ce lait (LAMBER, 1994). Et du fait de la distribution des effectifs et de l'absence d'une infrastructure adéquate pour la collecte, le lait de dromadaire n'est plus commercialisé (MOSLAH, 1994).

Des études et recherches ont été réalisées sur les possibilités de transformation du lait camelin en produits dérivés et donc sa conservation par divers auteurs (KAMOUN et RAMET, 1989 ; RAMET, 1985, 1994, 2003, SIBOUKEUR et al., 2005 ; SIBOUKEUR, 2007, ...etc). En effet le lait de chamelle ne possède pas une aptitude technologique comparable au lait d'autres mammifères plus largement exploités (vache, brebis, chèvre). Cependant les études récentes permettent d'affirmer qu'à condition de tenir compte de ses particularités de composition physique et chimique, il est possible de transformer ce lait en produits laitiers, notamment en fromages présentant une conservabilité satisfaisante (KAMOUN et RAMET, 1989).

2.2. Rappel sur la coagulation du lait

La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originelle de la caséine du lait. Elle se traduit par la formation d'un gel, et résulte des modifications physicochimiques au niveau des micelles de caséine. Ces modifications sont induites par acidification ou action d'enzymes coagulantes. Les mécanismes d'action, bien qu'ils

conduisent les deux à la formation d'un coagulum, les propriétés rhéologiques de ce dernier reste caractéristique du mode de coagulation (BRULE et al., 1981).

2.2.1. Les enzymes coagulantes

Selon RAMET (1997), de nombreuses protéases sont capables de provoquer la coagulation du lait, mais toutes ne sont pas pour autant aptes à la fabrication fromagère ; une condition essentielle est que l'enzyme ne possède pas une activité protéolytique trop élevée.

Les conditions nécessaires et favorables à un bon déroulement de la fabrication fromagère sont les suivantes :

- L'activité coagulante doit être bonne dans les conditions physiques et chimiques rencontrées dans les laits : pH, température, force ionique, ...etc.
- Le comportement rhéologique du gel doit permettre d'effectuer les traitements de l'égouttage dans un délai acceptable et d'obtenir un fromage présentant les caractéristiques de composition et de rendement souhaitées ;
- Les modalités de l'affinage doivent conduire à une évolution des propriétés organoleptiques conformes aux normes de la fabrication et de la commercialisation.

2.2.2. Coagulation enzymatique

Un grand nombre d'enzymes protéolytiques d'origines animale, végétale ou microbien sont connus pour coaguler le complexe caséinique ; la présure, mélange de la chymosine et de pepsine est la mieux connue et utilisée pour coaguler le lait (BRULE et al., 1981).

La coagulation du lait par la présure peut se décomposer en trois étapes : hydrolyse enzymatique de la caséine κ , agrégation des micelles de caséine et formation du gel (BROWN et ERNSTROM, 1988). Elles sont décrites plus en détail ci-après et illustrées dans la fig. (02).

2.2.2.1. Hydrolyse enzymatique

La phase primaire déclenche la coagulation par hydrolyse de la caséine κ au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106), qui conduit à la formation de paracaséine κ et de casiénomacropéptide (CMP), et la diminution des répulsions électrostatiques qui, à l'état initial, contribuent à la stabilité du système colloïdal (BRULE et al., 1981). Le mode d'action de l'enzyme n'est pas encore bien défini. Il est possible que l'enzyme s'attaque à une micelle, en suive la surface et hydrolyse toutes les caséines sur son passage ou bien qu'après l'attaque d'une molécule de caséine elle retourne en solution pour diffuser jusqu'à la prochaine micelle (RUETTIMANN et LADISCH, 1987).

2.2.2.2. Agrégation des micelles

Au début de l'agrégation, le réseau protéique du gel est constitué de courtes chaînes. Les particules de micelles sans glycomacropeptide, sont initialement liées entre elles par des ponts calciques et ne se touchent pas. Les micelles libres s'agrègent soit sur la matrice protéique soit entre elles. Les particules de caséine associées entre elles finissent par fusionner et forment des blocks, des grappes pour former à la fin un réseau spongieux (LUCÉY, 2002 ;LUCÉY et al., 2003).

Lorsque 80 % de la caséine κ sont hydrolysées, l'étape de l'agrégation des micelles déstabilisées prend place et s'agrègent rapidement (BRULE et al., 1981). Le temps écoulé pour l'atteinte de cette phase se nomme temps de coagulation par la présure (DALGLEISH, 1981).

2.2.2.3. Formation de gel

Les micelles déstabilisées et agrégées sont alors soumises à une profonde réorganisation en mobilisant la fraction phosphocalcique et formant des réticulations pour aboutir à un coagulum (BRULE et al., 1981). Au cours de la troisième phase la réticulation entre les chaînes et la fusion des particules transforment le lait en un réseau tridimensionnel continu nommé gel (RUETTIMAN et LADISCH, 1987).

2.2.3. Coagulation par voie acide

La coagulation acide consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pH_i = 4,6$) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique (DALGLEISH, 1982 ; MAHAUT et al., 2000a). L'apport de protons H^+ , par fermentation lactique, entraîne une diminution du nombre des charges négatives des micelles et donc une diminution de la couche d'hydratation et des répulsions électrostatiques (MAHAUT et al., 2000). Le calcium solubilisé se combine à l'acide lactique pour former le lactate de calcium, on a la formation d'un gel à pH 4,6 (KURMANN et RASIC, 1978).

2.2.4. Caractérisation de l'activité des préparations coagulantes

Un grand nombre de méthodes ont été utilisées pour définir l'activité coagulante des préparations coagulantes encore appelée force. Les méthodes les plus anciennes et les plus répandues ont été proposées par SOXHLET et BERRIDGE (RAMET, 1997).

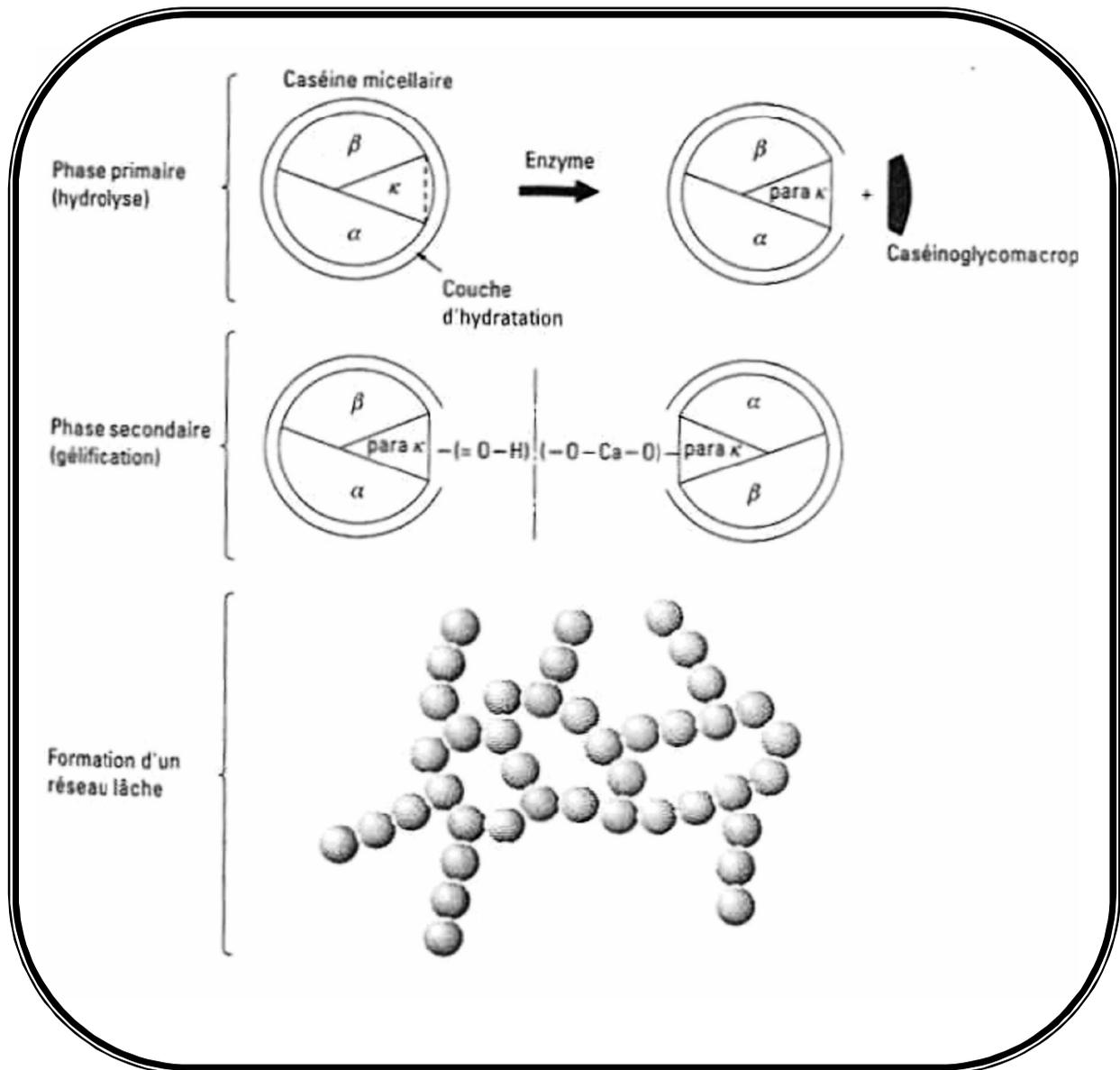


Figure 02 : Phases du processus de coagulation enzymatique du lait (St-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002).

2.2.5. La présure

La présure de veau est la préparation traditionnelle la plus utilisée pour la coagulation du lait. De moindres quantités sont obtenues à partir de l'estomac de chevreau et d'agneau (animaux non sevrés) ; c'est l'extrait coagulant provenant de la troisième poche de l'estomac appelée abomasum. Elle renferme deux enzymes actives : la protéase majeure responsable d'au moins 85 % de l'activité coagulante totale : la chymosine, et le complément apporté par la pepsine (RAMET, 1997).

2.2.6. L'aptitude du lait à la coagulation par la présure

La qualité du lait de fromagerie peut être définie comme son aptitude à donner un bon fromage avec un rendement satisfaisant. Elle dépend d'un certain nombre de caractéristiques du produit, sa composition chimique, notamment sa richesse en caséines, sa charge microbienne et la nature de sa microflore, son aptitude au développement des bactéries lactiques, elle dépend aussi de son comportement vis-à-vis de l'agent coagulant (notamment la présure). On notera simplement que le temps de floculation est le plus couramment déterminé, et donné par « la méthode de BERRIDGE ». Le temps de floculation est le temps écoulé depuis l'emprésurage jusqu'à l'apparition des premiers « flocons » (LENOIR et al., 1997).

2.2.7. Les enzymes coagulantes

Les enzymes utilisées dans l'industrie fromagère sont :

a. Enzymes d'origine animale : la pepsine bovine et la pepsine porcine qui ont été utilisées dans la fromagerie (ECK et GILLIS, 1997). Et du fait que l'approvisionnement en présure de veau devient insuffisant, l'industrie fromagère fait appel à des mélanges de présure avec la pepsine du porc ou de bœuf (BOUDIER et LUQUET, 1981).

Une des caractéristiques communes à toutes les pepsines est d'être plus active en milieu acide que la chymosine et la présure (RAMET, 1994).

SIBOUKEUR (2007), RAMET (1993), rapportent que la pepsine bovine présente une bonne affinité pour coaguler le lait de dromadaire.

b. Enzymes d'origine végétale : de très nombreuses préparations coagulantes sont extraites des plantes supérieures, dont on extrait des principes coagulants : les ficines qui proviennent du latex du figuier, la papaïne est issue du papayer et la bromelaïne de l'ananas

(VERINGA, 1960 ; SARDINAS, 1969). L'emploi de ces coagulants reste très ponctuel (RAMET, 1997).

c. Les enzymes d'origine microbien : de multiples souches de bactéries, de moisissures et de levures ont été étudiées en vue de la production des protéases coagulantes. Pour les bactéries, ce sont surtout les genres *Bacillus*, *Pseudomonas*, qui ont été explorés (RAMET, 1997).

d. Les enzymes d'origine fongique : qui ont été les plus largement développées, elles ont donné des résultats souvent comparables et parfois supérieurs à ceux obtenus avec la présure. Trois moisissures sont largement exploitées *Endothia parasitica*, *Mucor pusillus* et *Mucor miehe* (RAMET, 1997).

L'activité protéolytique propre à chaque enzyme influence les modalités des différentes phases de la fabrication fromagère, et la qualité organoleptique des fromages affinés est très proche de celle observée pour les fromages à la présure de veau (RAMET, 1976). Certaines enzymes, bien que aptes à coaguler le lait, ont un pouvoir protéolytique excessif et non spécifique (BOUDIER et LUQUET, 1981).

2.2.8. Les levains lactiques

Les bactéries lactiques utilisées dans l'industrie fromagère modifient les conditions physicochimiques de la matière première et contribuent, ainsi avec les enzymes de coagulation, à donner une texture bien particulière à chaque type de fromage. Ce sont des micro-organismes de morphologie et de physiologie assez hétérogènes qui ont en commun leur aptitude à produire l'acide lactique en quantité importante (CANTERI, 1997).

2.2.9. Facteurs influençant la coagulation

Les facteurs qui influent sur la coagulation sont : la température, le pH, l'ajout de sel, la concentration en sel, la teneur en caséine, le diamètre micellaire, la concentration en calcium soluble et en phosphate de calcium colloïdal, et l'influence des variants génétiques des caséines (RAMET, 1976).

L'effet de température, du pH, et du sel dans le temps de coagulation a été étudié dans le lait de chamelle, par rapport au lait de vache, ce temps est réduit avec diminution du pH, l'augmentation de température et l'ajout de calcium (FARAH, 1993).

2.2.10. Technologie fromagère

Dans la transformation fromagère, la protection du lait est apportée par acidification lactique et déshydratation partielle dirigée. En pratique, cette évolution est conduite dans les deux premières phases de la fabrication ; coagulation et égouttage, la troisième phase ou affinage correspondant à une transformation par voie enzymatique et microbienne du substrat (RAMET, 1993). L'étape de la coagulation, bien qu'indispensable, n'est toutefois pas suffisante à elle seule pour juger l'aptitude globale d'un lait à la production de fromage. En effet, il faut connaître, en outre, les propriétés rhéologiques des gels formés, suivre l'évolution de l'égouttage et de l'affinage ainsi qu'évaluer les rendements obtenus (RAMET, 1991).

2.3. Particularité technologique du lait du dromadaire

2.3.1. Lait Camelin et produits laitiers

Bien que présentant des aptitudes technologiques plus limitées, le lait de dromadaire a été testé avec succès dans la fabrication de plusieurs produits dérivés (fromage, laits fermentés, beurre, crèmes glacées...etc.), ce qui laisse augurer de réelles possibilités d'utilisation de ce produit (SIBOUKEUR et al., 2005). Toutefois, les produits dérivés à partir du lait de chamelle sont mous : le fromage (EL-ZUBEIR et JABREEL, 2008 ; MEHAIA, 1993 ; 2006), le yaourt (HASHIM, et al., 2008), la crème glacée, qui a été produite avec succès (ABU-LEHIA et al., 1989), et le beurre (FARAH et al., 1989 ; RÜEGG et FARAH, 1991).

Ces produits du lait de chamelle ont été fabriqués à l'échelle du laboratoire, mais certains sont habituellement produits dans les zones pastorales, et il est également nécessaire d'examiner l'acceptabilité des consommateurs de ces produits (AL-HAJ et AL-KANHAL, 2010).

2.3.2. Lait camelin et fabrication fromagère

2.3.2.1. La fabrication fromagère traditionnelle

Dans le passé, la fabrication du fromage à partir du lait camelin apparaît une opération délicate. Autrefois, les nomades Touareg dirent que les fromages ne peuvent pas être fabriqués à partir du lait de chamelle (GAST et al., 1969). RAMET, (1994) estime que ces fromages traditionnels frais, éventuellement séchés, ne correspondent pas à la définition vraie du fromage, car il n'y a pas utilisation d'enzyme coagulante (RAMET, 1993).

2.3.2.2. Aptitude à la transformation technologique

2.3.2.2.1. Coagulation du lait camelin par les préparations coagulantes

Les tentatives visant la transformation du lait camelin ont montré la faible aptitude de ce lait à la coagulation (RAMET, 1993). Cependant sa transformation en fromage est envisageable. Son élaboration, est souvent réalisée grâce à l'emploi des bactéries lactiques et de présure (RAMET, 1993).

En fabrication fromagère, l'effet d'inhibition de l'activité coagulante constaté dans le lait de dromadaire varie selon l'enzyme considérée. Des essais ont montré que la pepsine bovine présente la meilleure affinité pour coaguler le lait de dromadaire ; la présure de veau et la protéase coagulante de *Mucor miehei* présente une affinité analogue, mais plus faible que celle de la pepsine bovine ; la chymosine et la protéase coagulante de *Endothia parasitica* ont l'affinité la plus faible (RAMET, 1994).

Récemment, l'adoption d'une innovation technique a été réalisée par FRANCK et al., (2003) au Sahel (Niger et Mali). Ces auteurs confirment qu'il est possible de fabriquer du fromage traditionnel à partir du lait de chamelle en utilisant comme agent coagulant un ferment (CamiflocND), qui permet de coaguler le lait de chamelle, et offre aux éleveurs camelins du Sahel une opportunité intéressante de valoriser les excédents laitiers.

Par ailleurs, il semble que les éleveurs utilisent le CamiflocND plutôt pour traiter les diarrhées des chamelons que pour faire du fromage (FRANCK et al., 2003).

KAPPLER et al., (1998) montre que le site de coupure de la chymosine est différent selon les caséines κ considérées (bovine et cameline) (fig. 03).

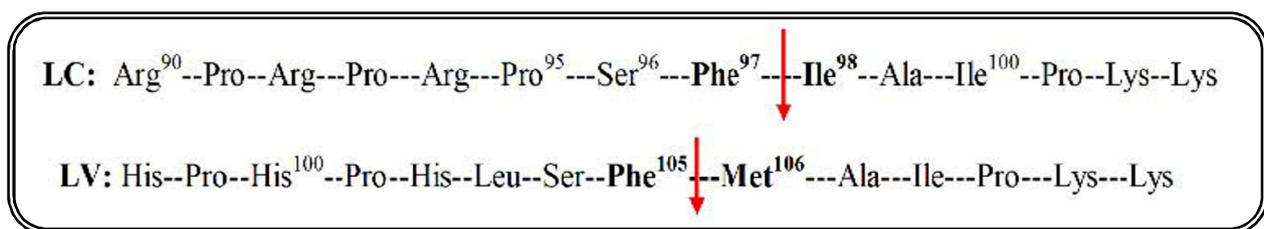


Figure 03 : Comparaison des régions de la caséine κ sensibles à la chymosine dans les laits de chamelle et de vache (KAPPELER et al., 1998).

LC : lait de chamelle ; LV : lait de vache ;

↓ : site préférentiel de coupure de la chymosine.

2.3.2.2.2. Coagulation du lait camelin par la présure

Le lait de chamelle est caractérisé par des carences observées au niveau de la coagulation par la présure. Des recherches plus spécifiques ont confirmés que la coagulation par la présure du lait de dromadaire est effectivement de 2 à 4 fois plus lente que pour le lait

de vache traité de manière homologue (FARAH et BACHMAN, 1987 ; FARAH et FARAH RIEZEN, 1985 ; MOHAMED et al., 1990 ; RAMET, 1985 ; RAMET, 1987 ; OULDELELIA et RAMET, 1994).

2.3.2.2.3. Composition du lait camelin et aptitude à la coagulation enzymatique

En raison de particularités de sa composition physique et chimique, Le lait de dromadaire ne possède pas une aptitude technologique comparable au lait d'autres mammifères plus largement exploités (vache, brebis, chèvre) (ELOUZE et KAMOUN, 1989). Notant que la plus part des études faites pour fabriquer des fromages à partir du lait de dromadaire font état de difficultés majeures pour réaliser la coagulation.

Il ressort à la lumière des recherches entreprises que ce comportement particulier du lait de dromadaire trouve son origine dans sa composition spécifique en caséine et en minéraux. La difficulté de la transformation du lait camelin en fromage dépend essentiellement du faible taux d'extrait sec, de la composition minérale et protéique particulière de ce type de lait (ELLOUZE et KAMOUN, 1989), de la teneur réduite en caséine, et le diamètre élevé des micelles de caséine (RAMET, 2003 ; KAPPELER et al., 2003) et à cause de la petite taille de ses globules gras et de ses liens avec les protéines, (XAVIE et al., 2000). Cette coagulation résulte, aussi à des propriétés rhéologiques particulières du gel (friabilité, rigidité faible, aptitude à la synérèse restreinte), ainsi que des pertes élevées en matière sèche dans le lactosérum lors de l'égouttage (RAMET, 1985 ; RAMET, 1987 ; KAMOUN et RAMET, 1989). De plus, le taux de caséine a le rôle majeur : plus il est important, plus la trame du réseau micellaire constitué lors de la coagulation est dense, et plus les propriétés rhéologiques sont améliorées (RAMET, 1994).

Cependant moyennant des ajustements, il a été possible de réaliser dans des conditions satisfaisantes des fromages de différents types (pâtes fraîches, pâtes molles, pâtes pressées ...) et présentant une bonne qualité organoleptique (KAMOUN et RAMET, 1988).

Récemment, de nombreuses études et expérimentations sont menées sur l'extraction des enzymes coagulantes à partir des caillettes de dromadaire jeune (nourris au lait) et adultes, et les utiliser comme agent coagulant le lait de dromadaire (SIBOUKEUR et al., 2005 ; SIBOUKEUR, 2007), en améliorant les conditions de pH, de la température et de la concentration en CaCl_2 pour obtenir les meilleurs résultats concernant le gel suite à la coagulation (SIBOUKEUR et al., 2005 ; RAMET, 1993).

2.3.2.2.4. Composition du lait camelin et aptitude à la coagulation par voie acide

La coagulation par voie acide du lait de dromadaire, apparaît également plus difficile à réaliser que pour les autres laits habituellement transformés ; en raison de la plus faible aptitude à l'acidification par voie fermentaire à l'aide des bactéries lactiques présentes naturellement dans le lait et/ou de celles inoculées sous forme de cultures encore appelées ferments lactiques (RAMET, 1985). Ces difficultés résultent de la composition particulière du lait de dromadaire, qui possède des systèmes anti-microbiens efficaces (RAMET, 1994), ainsi qu'il a un pouvoir tampon plus marqué que celui du lait de vache (FARAH et al., 1990).

Dans le lait de dromadaire soumis à l'acidification la formation du caillé est assez lente (RAMET, 1993 et 1994). Une très faible structuration du gel avec formation d'un précipité floconneux, et un rendement fromager bas ont été observés par RAMET (2003).

2.3.2.3. Les contraintes associés à la production fromagère

1/ Un temps long de coagulation Le lait de chamelle présente un pli de deux à trois fois plus de temps de coagulation par la présure par rapport au lait de vache (FARAH et BACHMANN, 1987).

2/ Faible caillé: qui est probablement dû à la faible teneur en solides totaux de coagulum, en particulier de la caséine (EL-ZUBEIR et JABREEL, 2008 ; MEHAIA, 2006).

3/ Rendement fromager faible : Un rendement inférieur à 5% a été enregistré pour le fromage à pâte dure à base de lait de chamelle (MOHAMED et al., 1990). Le fromage blanc à base de lait de chamelle rapporte un rendement supérieur à 20% (MEHAIA, 2006).

Divers auteurs, à travers leurs expériences, ont conclu qu'il est possible de réaliser la coagulation du lait de chamelle en utilisant la pepsine bovine (RAMET, 1994 ; ...), de la présure cameline (WANGHO et al., 1993 ; ...) ou des protéases coagulantes d'origine microbienne (RAMET, 1994 ; ...), et récemment, des extraits d'enzymes gastriques camelines menés par les études de SIBOUKEUR et al. (2005) et SIBOUKEUR (2007). Ainsi que plusieurs procédés ont été proposés pour améliorer la coagulation ce lait, y compris l'ajout de chlorure de calcium (EL-ZUBEIR et JABREEL, 2008), diminution du pH et l'augmentation de la température (42 °C) (FARAH et BACHMANN, 1987 ; SIBOUKEUR et al., 2005).

Il ressort, cependant, de tous ces travaux, qu'un meilleur coagulum est obtenu en utilisant soit des enzymes gastriques de dromadaires, soit la pepsine bovine (SIBOUKEUR, 2007).

2.3.2.4. Conduite de la coagulation du lait de dromadaire

La coagulation du lait de dromadaire se caractérise par les étapes suivantes :

- ◆ Choix de l'enzyme coagulante : parmi les différentes préparations coagulantes, pour coaguler le lait de dromadaire, la pepsine bovine (RAMET, 1994 ; SIBOUKEUR, 2007).

- ◆ Ajustement du pH de coagulation : le lait frais de dromadaire, d'après différentes sources bibliographiques, a un pH, selon ses origines très diverses, compris entre 6.55 et 6.85. L'activité coagulante nécessite une légère acidification au moment de l'emprésurage. Plusieurs techniques peuvent être proposées pour réaliser cet ajustement dirigé de pH (RAMET, 1994).

- ◆ Augmentation de la température de coagulation : la température optimale d'activité des enzymes coagulantes se situe pour la plus parts des enzymes au voisinage de 40 à 50 °C (RAMET, 1994).

- ◆ Augmentation de la concentration en enzyme coagulante en raison de l'aptitude réduite à la coagulation du lait de dromadaire (RAMET, 1994).

2.3.2.5. Amélioration de l'aptitude fromagère du lait de dromadaire

En vue de résoudre le problème d'aptitude réduite et d'améliorer la possibilité de coagulation du lait camelin, des procédés technologiques ont été proposés par divers auteurs (KAMOUN, 1990 ; RAMET, 1985 ; 1987 ; 1993 ; SIBOUKEUR et al., 2005...etc.).

Tout d'abord, le lait doit être de bonne qualité microbienne et doit être collecté proprement et transformé rapidement après la traite. Il doit satisfaire un certains nombre de critères de qualités physicochimiques et microbienne à savoir : (RAMET, 1994)

- ◆ Traitement thermique : qui permet de détruire les germes qui peuvent être pathogènes ou provoquer au plan technique des accidents de fabrication.

- ◆ Correction de la teneur en matière sèche : un des points critiques de la transformation du lait de dromadaire en fromage provient de son extrait sec relativement bas.

De point de vue pratique, il est possible d'envisager plusieurs traitements de correction:

1. La concentration de la matière sèche par évaporation de l'eau ;
2. La concentration par ultrafiltration du taux protéique du lait, l'ajustement du taux protéique de 3.6 à 3.8 % pourrait être adéquat ;
3. L'ajout de poudre de lait séchée à basse et moyenne température (*low medium heat*), sont les plus adaptées (RAMET, 1987)

4. L'ajout du lait liquide d'autres espèces animales : dans l'aire de distribution géographique de dromadaire, les troupeaux de chèvres, de brebis, ..., sont fréquents. Le lait de ces animaux possède une bonne aptitude fromagère d'où vient la possibilité de leur mélange avec le lait de dromadaire pour améliorer sa fromageabilité (OULDELELIA et RAMET, 1994), Le lait de brebis est le plus adapté à cet usage en raison de sa très haute teneur en caséine (RAMET, 2003).

◆ Correction des équilibres salins en effectuant un apport de sel de calcium ou de sodium. L'apport de sel de calcium, sous forme de chlorure ou de phosphate monocalcique à une concentration de 10 à 15 g pour 100 litres, entraîne une réduction du temps de coagulation de 20 à 25 % (FARAH et BACHMANN, 1987 ; RAMET, 1985 ; RAMET, 1987 ; RAMET, 1994). L'apport de chlorure de sodium est parfois utilisé pour protéger le milieu des altérations microbiennes (RAMET, 1985 ; RAMET, 1994).

Tableau 10 : Caractéristiques de fabrication des fromages à pâte pressée non cuite obtenue à partir de lait de dromadaire selon différents auteurs.

Origine de lait	Dromadaire			Vache
	Extensif*	Intensif**	(***)	Intensif*
Lait				
Matière sèche (%)	9.46	10.10	---	12.21
Matière grasse (%)	2.04	2.75	---	3.20
Coagulation				
pH	6.21	6.61	6.51	6.50
temps de floculation (min)	12.45	7.96	14.00	11.50
temps de coagulation (min)	---	---	56.00	---
Fromage				
Matière sèche (%)	31.70	45.79	41.00	49.96
Rendement frais (%)	6.88	10.74	12.00	12.13
Rendement sec (%)	3.00	4.60	4.35	6.06
Récupération				
Matière sèche (%)	31.70	45.79	---	49.96
Lactosérum				
Matière sèche (‰)	69.95	65.52	°70	64.53
Matière grasse (‰)	13.21	6.29	°10	5.06

* D'après RAMET, 1987;

** RAMET et KAMOUN, 1988 ;

(***) KAMOUN, 1990 ;

° : en g/l.

2.3.2.6. Caractéristiques rhéologiques des caillés du lait de dromadaire

La texture du gel se caractérise par une très faible élasticité et une grande friabilité ; cette fragilité du gel est accrue lorsqu'il y a développement simultané de l'acidification par voie fermentaire (RAMET, 1987 in RAMET, 1993 et RAMET, 1994).

Par ailleurs, RAMET (2003) a conclu que le fromage obtenu de la coagulation du lait de dromadaire a une texture onctueuse pour les fromages humides, des défauts ponctuels, tels qu'une texture en bouche rugueuse et collante, et une saveur salée et (ou) amère ont été observé. La saveur amère dans certains lots de produits paraît résulter de l'accumulation de peptides amers consécutive à l'utilisation des doses de présure très élevées lors de la coagulation (MOHAMED et al., 1990 ; RAMET, 1994).

Généralement, le goût des différents types de pâtes a été jugé bon et assez comparable à celui d'un fromage de chèvre non affiné dépourvu de saveur caprine typique (RAMET, 1994).

Le même auteur estime que le taux de récupération de la matière sèche est limité à 30 % de la teneur en matière sèche totale du lait (RAMET, 1987 ; RAMET, 1991 ; RAMET, 1994) par rapport à 50 % et plus de 68 % du taux de matière sèche pour le lait de vache et celui de brebis respectivement (RAMET, 1994).

Chapitre II
La membrane de Kaolin

Chapitre II : membrane de Kaolin

2.1. Introduction

Les progressions spectaculaires des productions et consommations de produits avicoles, dans les pays développés, se retrouvent dans tous les continents. Ce succès récent s'explique par le cycle de production beaucoup plus court que ceux du porc et des ruminants, les produits sont facilement et universellement acceptés par les consommateurs. Enfin les modestes coûts de production et l'efficacité biologique élevée des transformations de produits végétaux en produits animaux ont largement contribué à ce succès (LARBIER et LECLERCQ, 1992).

La production et la consommation de viande de poulet ont augmenté de manière significative à travers le monde. Les principaux producteurs sont les États-Unis d'Amérique, la Chine et le Brésil (CRISTIANE et BEATRIZ, 2002). La production mondiale de viande de volaille a été estimée à 91 307 582 tonnes (FAOSTAT, 2009) d'où vient la possibilité et l'importance d'exploiter la membrane de Kaolin dans l'industrie fromagère comme une valorisation d'un sous-produit issu de la boucherie de volaille.

2.2. Aperçu sur le système digestif des oiseaux

Le système digestif des oiseaux a pour but de convertir la nourriture en matière première indispensable au fonctionnement de l'organisme (BISMUTH, 2006). La physiologie digestive comprend l'ensemble des processus de digestion et d'absorption. Les premiers qui sont mécaniques, chimiques et enzymatiques se produisent dans tout le tube digestif. L'absorption s'effectue essentiellement dans l'intestin grêle. Les mécanismes mis en jeu assurent le transfert des nutriments depuis la lumière intestinale jusqu'au sang porte qui les véhicule au foie puis aux différents tissus utilisateurs (LARBIER et LECLERCQ, 1992).

La morphologie des voies gastro-intestinales des oiseaux, la stratégie digestive, et la capacité métabolique ont été intimement liées, pendant l'évolution, à la teneur en éléments nutritifs et les caractéristiques physiques des aliments disponibles dans son habitat naturel (KLASING et al., 2006).

Le tube digestif de poulet est un tube continu qui se compose de : la bouche, l'œsophage, jabot, le proventricule, le ventricule ou le gésier, intestin, Caecum, rectum, et du cloaque (fig. 04). Au cours de la progression de l'alimentation à travers ces organes, une particulière séquence d'événements digestifs se produit, y compris broyage, acidification, hydrolyse, émulsion, et le transport des produits finis à travers les villosités de l'intestin grêle dont l'épithélium contient des cellules caliciformes en sécrétant la muqueuse abondante, pour

protéger la paroi intestinale de l'action des enzymes digestives que contient le digesta, et en absorbant, alors, les produits finaux de la digestion, qui sont nécessaires avec des quantités considérablement différentes (KLASING et al., 2006).

Par rapport à ceux des mammifères (monogastriques, ruminants,...), l'appareil digestif des oiseaux se distingue par (LARBIER et LECLERCQ, 1992)

- La présence d'un bec remplaçant les lèvres des mammifères ;
- L'existence de deux estomacs successifs et distincts. Le ventricule succenturier (ou proventricule) estomac chimique, et le gésier, ou estomac mécanique.
- La partie terminale ou cloaque dans lequel aboutissent, à la fois, le rectum, les voies urinaires et génitales.

L'appareil digestif commence par le bec et se termine par le cloaque.

Les aliments ingérés passent par l'oesophage puis par trois estomacs : (PASCAL DE PURY, 1968)

- Le jabot où ils s'accumulent et sont mouillés ;
- L'estomac glandulaire (le proventricule) où ils se mélangent avec des sucs digestifs (PASCAL DE PURY, 1968) ; la muqueuse est revêtue d'un épithélium de cellules cylindriques où les glandes sont bordées par des cellules très spécialisées et sécrétant à la fois de l'acide chlorhydrique et le pepsinogène ; le pH y règne compris entre 1 et 2 (LARBIER et LECLERCQ, 1992) ;
- Le gésier qui les broie entre ses parois très musclées et de petits graviers. Ceux-ci jouent le rôle des dents des mammifères. Les aliments sont à peu près liquéfiés puis envoyés dans l'intestin où ils avancent lentement. Ils reçoivent encore les sucs digestifs du pancréas et du foie, grâce à eux, les aliments sont transformés en substance plus simple. Les aliments enfin digérés sont absorbés par la paroi de l'intestin et sont transportés par le sang dans tous les organes pour les nourrir.

Tout ce qui n'est pas digéré dans les aliments s'accumule dans le cloaque où il perd son eau et redevient plus dure avant de les expulser (PASCAL DE PURY, 1968). Chez les oiseaux, seuls les digesta liquides ou extrêmement fins peuvent être l'objet d'une fermentation microbienne dans les caeca (CREVIEU, 1999).

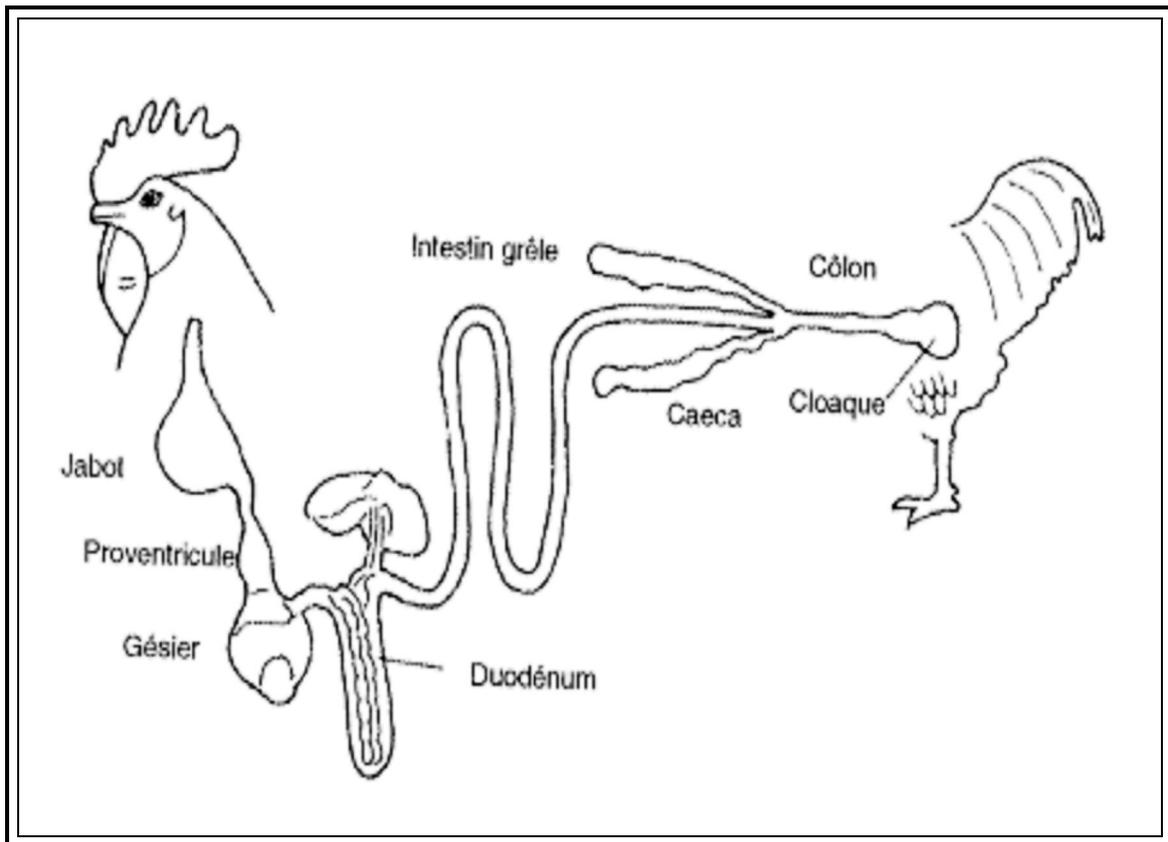


Figure 04 : particularités anatomiques de tube digestif des oiseaux (CREVIEU, 1999).

2.3. Gésier

Le gésier a la forme d'une épaisse lentille biconcave ; la couche glandulaire de ce dernier synthétise une substance protéique semblable à la kératine et donnant naissance à une lame cornée épaisse et rugueuse qui recouvre toute la paroi interne. La musculature développée du gésier est préoccupée de broyer les aliments et les décomposer vers un état finement divisé, elle agit comme un broyeur (AKESTER, 1985).

Ainsi les deux estomacs (proventricule et gésier) ont des rôles complémentaires. Le premier a une fonction sécrétoire, le second exerce surtout une fonction mécanique. L'acide chlorhydrique continue son action, de même que la pepsine contribuera à hydrolyser les protéines dans la cavité du gésier (LARBIER et LECLERCQ, 1992).

Chez les granivores, le gésier est un organe plus musclé que chez les frugivores, Il est constitué de deux paires de muscles lisses disposés en bandes distinctes et se termine par un tendon circulaire. La haute concentration de myoglobine du gésier lui donne la coloration particulière rouge. La taille du gésier peut changer avec le régime alimentaire (KLASING et al., 2006).

Chez les oiseaux, dont le régime alimentaire se compose d'un matériau dur (céréales, insectes), le gésier est bien développé, avec un muscle puissant et une épaisse membrane intérieure abrasive. Quant la nourriture est douce (viande, fruits) le muscle et la membrane de gésier qui le tapisse sont moins développés, la situation extrême caractérise les oiseaux mangeurs de certains fruits où le gésier est pratiquement disparu (AKESTER, 1985).

En effet, ENOKI et MORIMOTO (2000) rapportent que la myoglobine est présente dans les muscles lisses de gésier des oiseaux, elle semble être généralement plus élevée chez les oiseaux herbivores que carnivores. La teneur plus élevée en myoglobine du gésier d'oiseaux herbivores est une adaptation, pour permettre le stockage et / ou faciliter la diffusion de l'oxygène, au cours du processus de travail mécaniques élevées nécessaires pour broyer la nourriture végétale dure et fibreuse.

Tableau 11 : Myoglobine contenue dans les muscles squelettiques, cardiaques et les muscles gastriques lisses des poulets en mg/g (ENOKI et MORIMOTO, 2000).

2	Les muscles squelettiques		Les muscles cardiaques		Les muscles gastriques lisses		
	poitrine	jambe	atrium	ventricule	proventricule	gésier	
4.						muscle mince	muscle épais
La	0.44	1.44	2.20	2.60	1.48	6.72	10.65
me							
mb							

rane de Kaolin

2.4.1. Caractéristiques de la membrane de Kaolin

C'est la couche cornée, plissée et verdâtre tapissant la face interne du gésier (BRASSEUR, 2007). Elle a une odeur de poisson et un goût un peu amer (HERBASIN, 2006). « Kaolin » est le meilleur nom suggéré à ce revêtement, il a été proposé la première fois par HOFMAN et PREGL (1907).

C'est le revêtement intérieur du gésier. Il est souvent vert, brun, ou jaune à cause de reflux des pigments biliaires de l'intestin grêle, et contient de nombreuses glandes tubulaires profondes qui produisent une sécrétion riche en protéines, celle-ci durcit dans des projections en forme de tiges (fig.05). La cuticule agit comme un meulage de surface et protège la muqueuse sous-jacente contre la digestion par l'acide et la pepsine sécrétés par le proventricule (KLASING et al., 2006). Cette membrane abrasive (la cuticule) subit l'usure de

façon continue à la surface dont elle est continuellement remplacée par la couche sous-jacente des glandes de sa base (AKESTER, 1985).

Chez la plupart des oiseaux, selon GABELLA (1985), la deuxième estomac (Ventricule ou gésier) ; sécrète la membrane dure et abrasive, Bien que celle-ci couvre la majorité de la surface interne du gésier, elle est épaissie en deux plaques, dont chacune d'elles est directement sous l'un des grands muscles. La contraction rythmique de ces muscles se produit deux ou trois fois par minute résultant à l'écrasement de la nourriture entre les plaques (DZUIK et DUKE, 1972).

2.4.2. Composition chimique de la membrane de Kaolin

La membrane de Kaolin ou « Koilin membrane » est un complexe polysaccharide-protéique (GRUJIC-LNJAC et al., 1977), qui est, selon LARBIER et LECLERCQ (1992), semblable à la kératine, et il est synthétisé par une couche glandulaire.

Ce complexe de carbohydate-protéine, sécrété par des glandes dans la muqueuse de ventricule, durcit en réponse à l'exposition à l'acide chlorhydrique produit par le proventricule (DE VOE et al., 2003).

La membrane de Kaolin est uniforme dans sa construction. Elle contient deux composants majeurs : un groupe de rodlets (bâtonnets ronds) et un matériel doux. La nature biochimique de la membrane de Kaolin est mal connue, et aucune tentative n'a été faite pour expliquer, au niveau moléculaire, la différence entre rodlet dur de Kaolin et Kaolin doux (crypte et surface) (AKESTER, 1985).

2.4.3. Structure de la membrane de Kaolin

La structure de la membrane de Kaolin est assez complexe. En général, elle se compose de bâtonnets ronds verticaux de Kaolin dur (rodlets) en grappes serrées (fig. 05), produites par les glandes tubulaires, générant de l'épithélium de surface. Les cellules épithéliales de surface et les bâtonnets verticaux de kaolin dur se composent de couches différentes de cellules plus douces et de kaolin desquamé (AKESTER, 1984).

Les études menées par AKESTER (1985) montrent que Les glandes forment une couche plus ou moins continue dans la muqueuse du gésier. La lumière du gésier est entièrement bordée par deux plaques de kaolin de chaque côté du gésier. Les lignes ventrales de plaque du plancher du gésier s'étendent autour de la partie caudale, alors que les lignes de la plaque dorsale couvrent le toit du gésier en formant un aspect de crâne dont elles entourent les orifices de duodénum et de proventricule. La membrane est plus épaisse où elle recouvre

la plus grande partie de glandes. Chaque glande se compose d'un tube de cellules épithéliales. Les glandes sont organisées en groupes liés les uns des autres par un tissu conjonctif. Il ont environ 500 µm de long, et 15 µm, de diamètre.

Les groupes de glandes tubulaires produisent les rodlets (bâtonnets ronds) de Kaolin (figure 05), qui semblent être filamenteux avec des débris cellulaires dispersés.

Chaque glande tubulaire secrète un rodlet de kaolin dur. Le produit de sécrétion de ces glandes serait emballé dans des vésicules sphériques denses terminées à leurs extrémités par des microfilaments. Les groupes de 5 à 6 rodlets passent à travers la crypte et deviennent ensuite une partie de la membrane de Kaolin, qui sera ainsi maintenue à la surface abrasive où elle sera usée par l'érosion progressive à son extrémité. La grappe de rodlets est l'unité qui a été décrite comme une « machine Koilin ».

En utilisant le microscope électronique à balayage, la partie supérieure (membrane) et le bas (crypte) de la CK avaient, à la fois, une « apparence vitreuse » (AKESTER, 1985).

2.4.4. Utilité médicinale de la membrane de Kaolin

La paroi interne du gésier de poule ou « Jineijin » a été utilisée pendant environ 2 000 ans en médecine traditionnelle chinoise comme un médicament. Elle a eu une réputation de favoriser la digestion ; elle a été également appliquée pour atténuer les nausées, les vomissements, la diarrhée, et pour soulager les troubles digestifs chroniques, telles que les ulcères d'estomac. Son activité de promotion de la digestion a été l'objet principal de son utilisation en médecine chinoise. « Jineijin » est efficace pour traiter la malnutrition infantile (SUBHUTI, 2005).

La membrane de Kaolin a des traces d'enzymes digestives, mais ceux-ci ne peuvent pas être une source majeure de l'action de la substance. Dans notre processus de digestion, il y a une libération de sucs digestifs avec des enzymes en quantités beaucoup plus élevées que l'on pourrait obtenir de la membrane de Kaolin (SUBHUTI, 2005).

Le même auteur ajoute que la composante active qui a été isolée de la muqueuse du gésier est appelé ventriculin, et qui a été utilisée dans la médecine moderne au cours de début du 20ème siècle. Ce médicament a été principalement prescrit comme traitement de l'anémie pernicieuse chez les adultes, et comme un stimulant de la sécrétion d'acide gastrique et des enzymes digestives, telles que la pepsine. Ventriculin a été remplacée plus tard par d'autres médicaments.

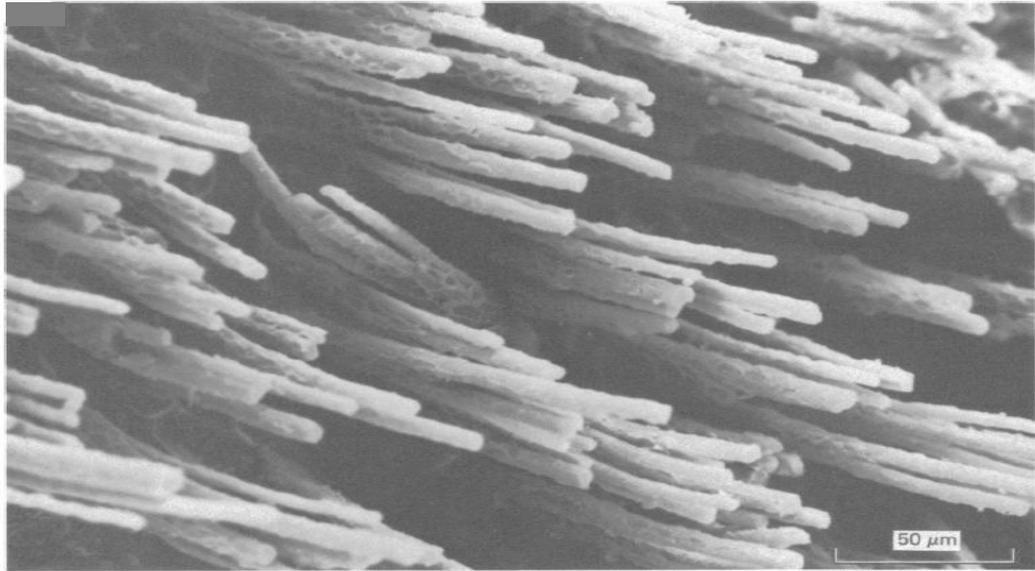


Figure 05 : Photomicrographie des bâtonnets (rodlets) formant la membrane de Kaolin

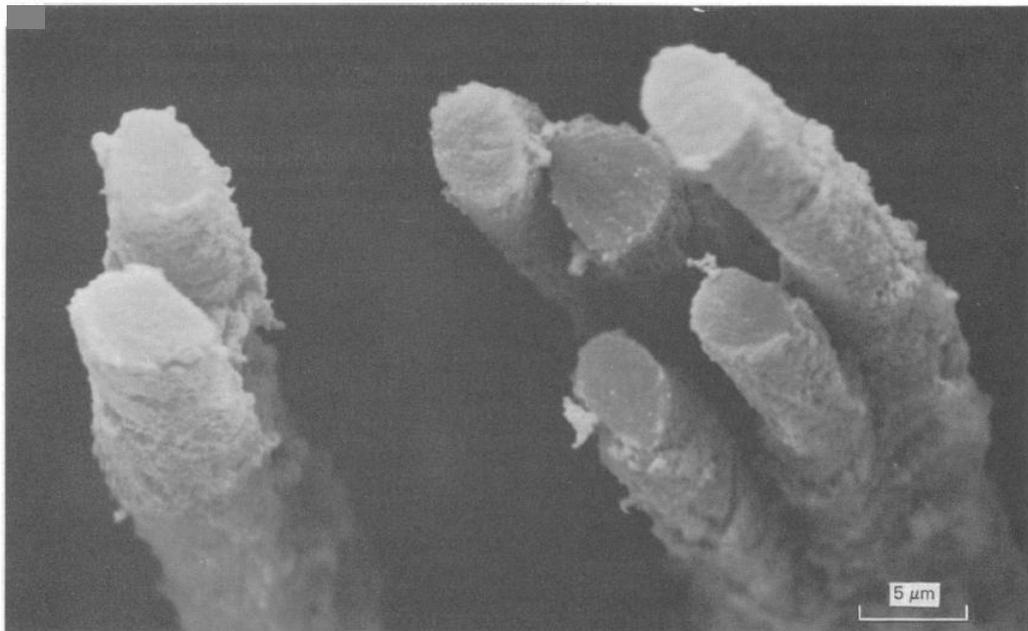


Figure 06 : Photomicrographie par microscope à balayage des bâtonnets (rodlets) de la membrane de Kaolin

Une forte dose de la membrane de Kaolin pourrait, même, influencer la digestion des personnes ayant une digestion normale. Chez des individus sains, 45 à 60 minutes après l'ingestion de poudre torréfiée de la membrane de Kaolin ; la sécrétion gastrique a été augmentée de 30-37% par rapport au groupe témoin, deux heures plus tard, l'état est redevenu normal (CHANG, 1986).

Pour les préparations pharmaceutiques, HERBASIN (2006), estime que la membrane de Kaolin est nettoyée, séchée au soleil, ensuite, elle est broyée en poudre pour donner un meilleur effet.

2.5. La lyophilisation

C'est une méthode de concentration et de conservation des produits par déshydratation qui met en œuvre une sublimation de la glace (AUDIGIÉ et al., 1995).

La lyophilisation (ou Freeze-drying) a été largement utilisée pour traiter la nourriture depuis la fin du XIXe siècle. Elle présente une méthode efficace pour prolonger la durée de vie moyenne de la nourriture, étant donné qu'elle empêche la détérioration due à la croissance microbienne ou à l'oxydations (BARBOSA et VEGA-MERCADO, 2000).

Elle est appliquée pour d'obtenir un produit hygiénique, éviter la chaîne du froid, réduire la taille des échantillons et prolonger la durée de vie des produits (JELENA et al., 2009).

La lyophilisation a lieu à basse température et le séchage est produit principalement par sublimation directe de la glace, en évitant la translocation de sels, de créer une texture en nid d'abeille et relativement peu de changements histologiques. Le processus se déroule en trois étapes distinctes: d'abord, la congélation puis la sublimation ou séchage primaire et la désorption ou séchage secondaire, dans lequel le séchage se poursuit jusqu'à ce que la teneur en humidité du produit souhaité est atteint (BAKER, 1997).

Les produits lyophilisés ne nécessitent pas une chaîne du froid, et ils ont seulement 10-15% de leur poids initial, ce qui rend leur stockage, distribution et commercialisation facile (JELENA et al., 2009). L'utilisation de la lyophilisation dans les industries alimentaires est alors limitée aux produits à forte valeur ajoutée tels que café, thé et infusions, et de plusieurs herbes aromatiques (ADAM, 2004).

Les produits lyophilisés de viande, qui ont été emballés de manière adéquate, peuvent être stockés pour une durée illimitée en conservant la majorité de leurs propriétés physiques, chimiques, biologiques et sensorielles comme à l'état frais (GIRARD et OMOLOSHO, 1983).

Partie II
Partie expérimentale
Chapitre III
Matériel et méthodes

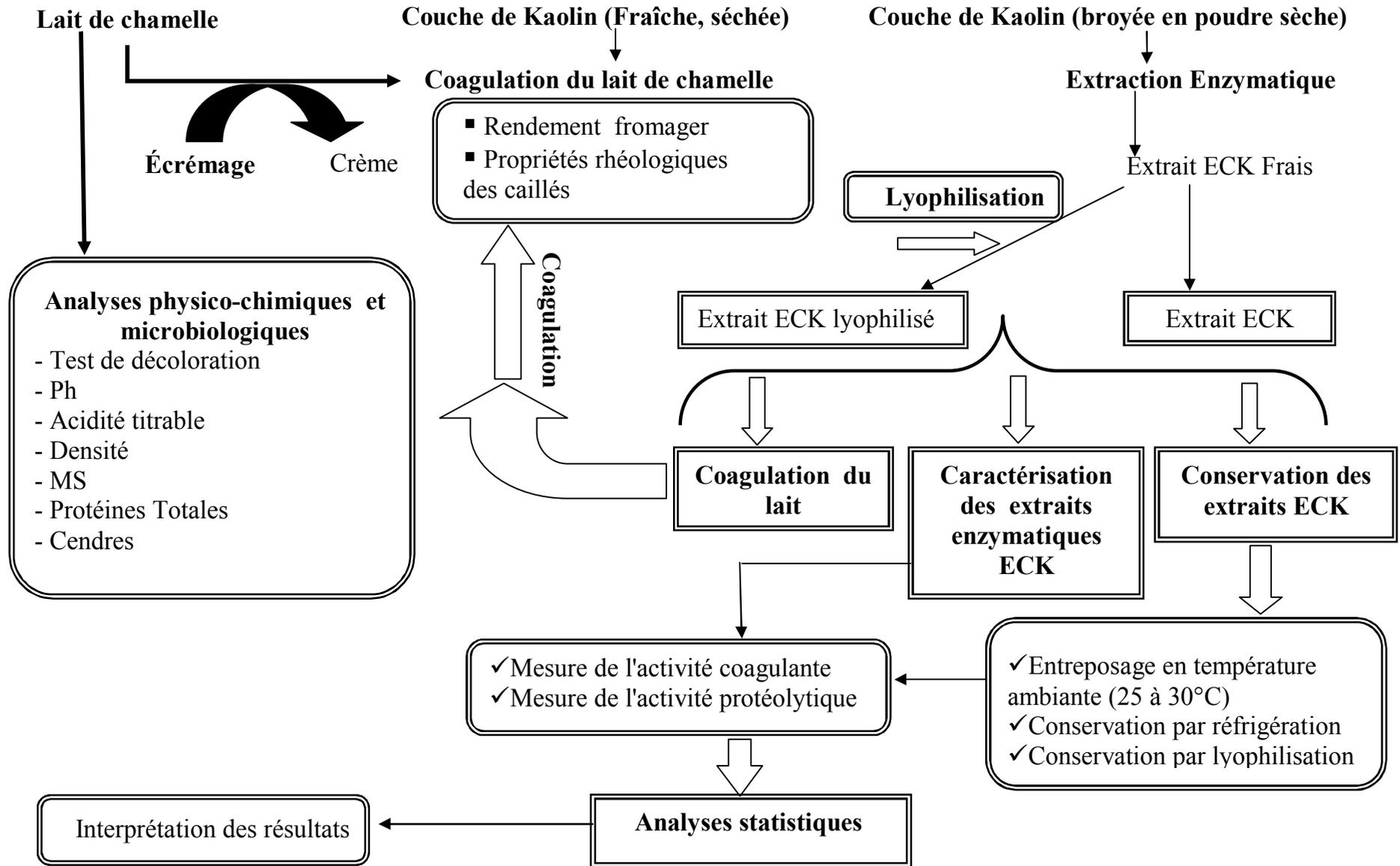


Figure ** : Schéma du protocole expérimental

Chapitre III : Matériel et méthodes

3.1. Matériel

Au cours de cette expérimentation les analyses physico-chimiques et microbiologiques sont effectuées au niveau des services de laboratoire de l'Université Ziane Achour à Djelfa. Alors que la lyophilisation des extraits enzymatiques de la CK est réalisée au laboratoire Agronomique de l' Université Kasdi Merbah à Ouargla.

3.1.1. Echantillons du lait

Le lait camelin utilisé est collecté à partir des chameles en bonne santé des populations "chameau de la steppe" vivant en élevage extensif non complémenté dans la région de Nthaïla située à 70 Km au sud de Djelfa.

Le lait de vache est fourni par l'ITMA ; institut situé à proximité de l'Université de Djelfa. Ces échantillons sont issus de la traite du matin des vaches conduites en stabulation. Dans la présente étude, le lait bovin est utilisé à titre comparatif comme lait de référence, et il n'a subi aucune analyse relative à sa composition physico-chimique.

3.1.2. La couche de Kaolin

Les couches de Kaolin qui ont fait l'objet du présent travail (revêtement intérieur de gésier de poule) sont issues de poules abattues au niveau d'un abattoir privé dans la wilaya de Djelfa.

3.1.3. Poudre de lait de vache

La poudre du lait bovin employée est de type "*low-heat*" qui est connue par sa bonne aptitude fromagère, et est utilisée comme substrat standard afin de palier une variabilité possible des résultats liés à une hétérogénéité de l'aptitude coagulante du lait frais (ECK et GILLIS, 1997). Cette poudre provient de la firme Sweet lait à Djelfa.

3.1.4. La présure

La présure bovine commerciale utilisée comporte 80% de chymosine et 20% de pepsine. Elle est fournie par l'unité de production de fromage de Bni-Tamou à Blida. Cette présure est solubilisée dans l'eau distillée à raison de 0.4% (p/v) (SIBOUKEUR, 2007). L'albumine bovine sérique (BSA) est utilisée comme protéine étalon.

3.1.5. Caséines camelines lyophilisées

Elles sont obtenues à partir des services de laboratoire de l'Université de Mouloud Mammri à Tizi Ouzou.

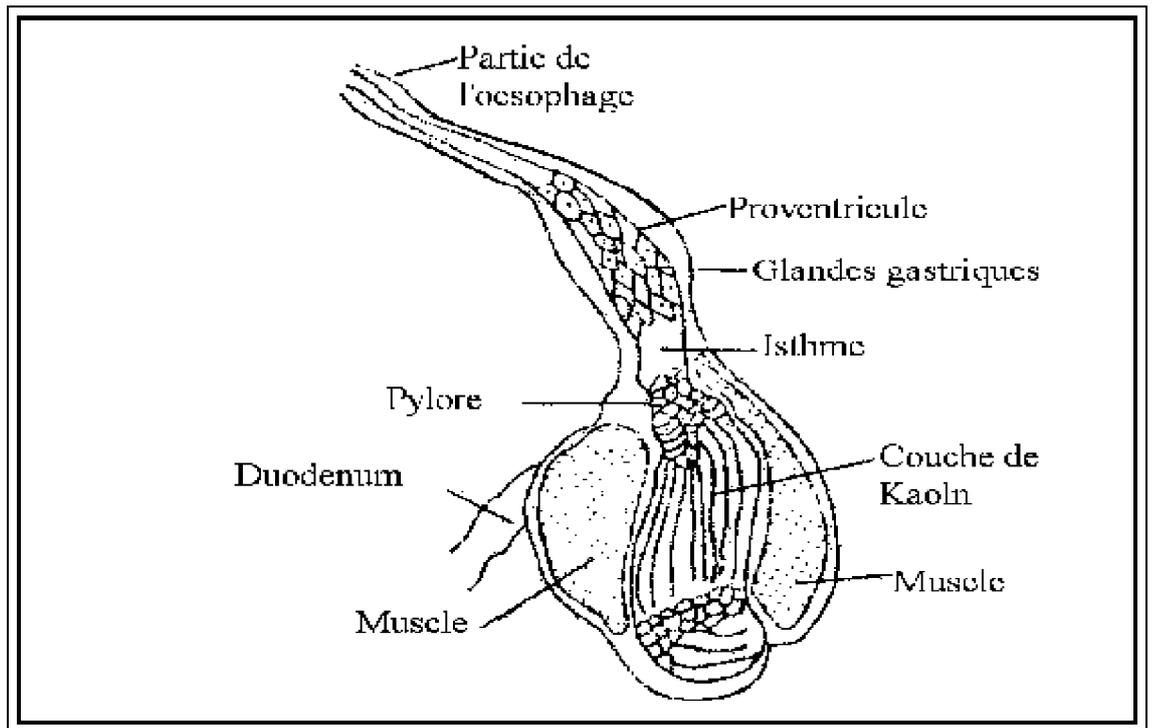


Figure 07 : Anatomie du complexe stomacal (proventricule et gésier)
(LARBIER et LECLERCQ, 1992).

3.1.6. Appareillage

Le matériel qui a servi à réaliser cette expérimentation est divers, il s'agit également de:

- balance électronique (max 220g, précision : 0.0001g) (KERNRG, Allemagne) ;
- bain-Marie (HEIDOLPH, Allemagne) ;
- agitateur magnétique chauffant (YELLOWLINE, Allemagne) ;
- étuve (MEMMERT, Allemagne) ;
- centrifugeuse (max 14000 x g), (NUVE, Turquie) ;
- lyophilisateur à plateau (CHRIST, alpha 1- 2 L D, Allemagne) ;
- pH-mètre (HANNA, Allemagne) ;
- spectrophotomètre UV- visible (UNICAM, Allemagne).

Ainsi qu'on a utilisé un ensemble de petits matériels courants de laboratoire : micropipettes, thermomètre, papiers filtres, gants stérilisés, verrerie de laboratoire (bêchers, fioles jaugées, pipettes graduées, erlens, tubes à essais en verre et en plastique,... etc.)

3.1.7. Principaux réactifs

Les principaux produits chimiques utilisés dans la présente étude sont:

- acide chlorhydrique concentré, acide trichloracétique, éthanol, hydroxyde de sodium,... ;
- sels et tampons: chlorure de sodium, chlorure de calcium, tartrate de sodium et de potassium, thymol, sulfate d'aluminium et sulfate de sodium, phosphate de sodium, carbonate de sodium anhydre, sulfate de cuivre anhydre ;
- réactifs spécifiques: Folin – Ciocalteu, ... ;
- indicateurs : phénolphtaléine, bleu de méthylène.

3.2. Méthodes d'étude

3.2.1. Collecte du lait

Les échantillons du lait camelin utilisés proviennent d'un lait de la traite du matin de petit mélange. Les prélèvements du lait de chamelle ont été effectués et acheminés au frais au laboratoire ; Ces échantillons ont été ensuite conservés au réfrigérateur à la température de 4 °C : le lait est mis dans des bouteilles stérilisées et transporté au laboratoire pour subir le contrôle microbiologique, les analyses physico-chimiques (détermination du pH, acidité titrable, densité,...), et les essais de coagulation. Une partie de ce lait est congelée à -18° C dans des flacons stérilisés pour son utilisation ultérieure.

3.2.2. La qualité microbiologique

La qualité microbiologique du lait de dromadaire est appréciée par le test de réductase décrit par BERRENS et LUQUET (1987), il s'agit de la mesure du temps de décoloration du lait additionné de bleu de méthylène et incubé au bain – Marie à 37°C.

La décoloration, qui est due au métabolisme bactérien, évolue à une vitesse proportionnelle au nombre de germes présents dans le lait. La grille d'appréciation de la qualité microbienne (annexe III) nous a permis de quantifier approximativement la population bactérienne du lait de dromadaire.

Mode opératoire

- Introduire aseptiquement dans un tube à essais stérile 10 ml de lait ;
- Ajouter à l'aide d'une pipette stérile 1ml de solution de bleu de méthylène à 0.5 % ;
- Porter le mélange au bain- Marie à 37 °C ;
- Noter l'heure et surveiller la coloration du lait dès l'addition de la solution du bleu de méthylène (après 15 min pour le lait cru) ;
- Puis noter toutes les heures.

3.2.3. Analyses physico-chimiques

3.2.3.1. pH

La mesure du pH du lait de dromadaire est effectuée par la méthode électrométrique décrite par AFNOR (1986), elle consiste à introduire l'électrode du pH-mètre (préalablement étalonné) dans un bêcher contenant 100 ml de lait frais à 25°C, et lire la valeur directement.

3.2.3.2. Acidité titrable

L'acidité titrable (encore appelée acidité dornic) où 1° dornic correspond à 0.1 gramme de l'acide lactique par litre du lait (MATHIEU, 1998). La mesure de l'acidité titrable du lait est décrite par AFNOR (1986) et qui consiste à évaluer le volume de la solution NaOH (0.1N) nécessaire à la titration de l'acidité du lait en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

Mode opératoire

- Introduire dans un bêcher 10 ml du lait de dromadaire et 2 à 3 gouttes de la solution de phénolphtaléine (solubilisé à 1% dans l'alcool éthylique 95%) ;
- Titrer par la solution sodique jusqu'à l'apparition du virage de couleur au rose dans l'échantillon.

La valeur de l'acidité du lait est déterminée par la formule :

$$A = 10 \frac{V}{V'} \quad \text{g/l.}$$

Où :

A: quantité d'acide lactique en g/l.

V: volume de la solution NaOH utilisée (ml).

V': volume de l'échantillon (ml).

Pour avoir l'acidité titrable en degrés DORNIC (°D), on multiplie la valeur de A par 10.

3.2.3.3. Densité

La densité est une grandeur sans dimension, sa valeur s'exprime sans unité de mesure. Elle est déterminée à l'aide d'un pycnomètre à une température de 20 à 25°C (AFNOR, 1986).

- Peser le pycnomètre vide;
- Peser le pycnomètre plein d'eau;
- Sécher le pycnomètre à l'alcool puis à l'éther ;
- Remplir le pycnomètre avec l'échantillon du lait et le peser.

La densité est obtenue par la formule :

$$D = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

Où :

D: densité.

P0: poids du pycnomètre vide (g).

P1: poids du pycnomètre rempli d'eau (g).

P2: poids du pycnomètre rempli de l'échantillon du lait.

3.2.3.4. Matière sèche

La teneur en matière sèche du lait de dromadaire est déterminée selon la méthode rapportée par AFNOR (1986). Elle consiste à peser dans une capsule préalablement séchée et tarée un échantillon du lait, puis la placer dans l'étuve à 103 ± 02 °C pendant 3 heures.

La matière sèche est donnée par la formule:

$$EST = (M_1 - M_0) \cdot \frac{1000}{V}$$

Où :

M_0 : masse de la capsule vide (g).

M_1 : masse de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissant.

V: volume de la prise d'essais (ml).

3.2.3.5. Cendres

La mesure de la teneur en cendres du lait de dromadaire est effectuée selon la méthode décrite par AFNOR (1986). Elle correspond à peser le résidu issu, de l'incinération à 525 ± 25 °C, pendant 3 heures, d'un échantillon du lait mis dans une capsule.

La teneur en cendres du lait est exprimée par:

$$\text{Taux de cendres} = \frac{M_1 - M_0}{P} \cdot 100$$

Où :

M_0 : masse de la capsule vide (g).

M_1 : masse de la capsule après l'incinération (g).

P: poids de la prise d'essais (g).

3.2.3.6. Les protéines totales

Le dosage de la teneur en protéines totales du lait camelin est fait selon la méthode de LOWRY et al, (1951) cité par (SIBOUKEUR, 2007).

Cette méthode est basée sur le dosage spectrophométrique des protéines à 750 nm en présence de réactif de Folin – Ciocalteu (acide phosphonolybdotungstique) qui est réduit en un complexe bleu de molybdène, cette réduction est due aux groupements oxydés des acides aminés constitutifs notamment des résidus tyrosine, tryptophane et cystéine de la protéine.

La teneur en protéines en g/l est déterminée grâce à une courbe étalon obtenue en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine étalon traitée dans les mêmes conditions expérimentales.

3.2.4. Ecrémage du lait

L'écémage du lait de dromadaire est une étape qui précède chaque analyse de coagulation pour enlever la matière grasse du lait. Elle consiste en une centrifugation du lait camelin à 3500 xg pendant 20 min. Après cette opération, la crème est écartée par une spatule, ainsi que le lait écrémé est récupéré et filtré à travers un entonnoir contenant la laine de verre. Le lait, pour avoir une meilleure dispersion des globules gras, est préalablement agité pendant quelques minutes à 30 °C.

Après la séparation, le lait écrémé est mis en réfrigérateur pour l'analyse suivante.

3.2.5. Les essais de coagulation

Parmi les solutions proposées pour contourner les difficultés rencontrées lors de la coagulation du lait de dromadaire en fromagerie, il y a le choix de l'enzyme coagulante à utiliser comme rapporte par ses travaux RAMET (1993 et 1994).

Les préparations coagulantes utilisées dans notre étude sont: la CK fraîche, la CK en poudre (séchée et broyée), l'extrait enzymatique coagulant (de la CK) frais et lyophilisé et la présure où elle est employée à titre comparatif comme une enzyme de référence.

L'expérimentation de coagulation du lait camelin, par les différentes préparations coagulantes, est conduite dans les mêmes conditions expérimentales de pH et de température.

Mode opératoire

Les essais de coagulation du lait ont passé par les étapes si- dessous répertoriées :

- Mettre dans un bêcher un volume du lait de dromadaire écrémé égale à 200 ml ;
- Ajouter la préparation coagulante (la CK ou l'ECK) ;
- Placer le mélange sur un agitateur magnétique chauffant qui doit être fixé à une température de 35 °C, en surveillant l'agitation ;

- Laisser le mélange reposer 4 à 5 heures ;
- Séparer le lactosérum par filtration simple ;
- Conserver les produits de la coagulation (coagulum et lactosérum) à basse température (4 °C) jusqu'à la manipulation d'analyses.

Remarque:

Le rendement fromager représente le nombre de Kg de fromage obtenu à partir de 100Kg de lait, il est déterminé par la pesée du poids de coagulum.

3.2.6. Extraction des extraits coagulants de la couche de Kaolin de gésier de poule

Différents auteurs ont signalé la difficulté de transformation du lait camelin en produits dérivés, qui se répercute négativement sur la valorisation du potentiel laitier existant (SIBOUKEUR, 2007). Pour cela on a opté à isoler une préparation enzymatique coagulante provenant de la CK du gésier de poule, afin de l'exploiter dans la coagulation du lait de dromadaire.

L'extraction de préparation enzymatique de CK est réalisée par une méthode appropriée à l'extraction d'une solution riche en pepsine, il s'agit de la méthode de VALLES et FURET (1977) en modifiant quelques étapes de son protocole expérimentale. En effet, cette protéase gastrique portant bénéfice pour son affinité vis-à-vis du lait de dromadaire (RAMET, 1994).

Pour atteindre cet objectif, nous avons réalisé les étapes expérimentales répertoriées si- après:

3.2.6.1. Préparation de la CK

Les échantillons de couches de Kaolin sont nettoyés de leur contenu, lavés à l'eau de robinet (fig.08), séchés à la température ambiante (fig.09), puis broyés finement pour avoir une poudre sèche de la CK prête à l'extraction (fig.10). En effet, selon ALAIS (1963), l'extraction d'enzyme est moins complète à partir du tissu frais, même après broyage, qu'à partir d'un tissu complètement séché.

3.2.6.2. Extraction enzymatique

Selon VALLES et FURET (1977) modifiée, les échantillons de poudre de la CK, d'un poids P (en g) chacun, sont mis en macération avec un volume d'Hcl ($V=1.25P$ d'Hcl 0.2M) et porté à 42°C pendant 90 min, en agitant le mélange de temps en temps.

3.2.6.3. Clarification

A la fin de la période d'incubation, les résidus de l'échantillon de CK sont séparés par filtration simple. La macération brute ainsi obtenue est clarifiée par l'ajout de 1% (V/V) d'une solution de sulfate d'aluminium (1M) et d'une solution de sulfate di-sodique (1M) à raison de



Figure 08 : Couche de Kaolin fraîche (nettoyé et lavée).



Figure 09 : Couche de Kaolin séchée (à la température ambiante).



Figure 10 : Couche de Kaolin séchée et broyée.

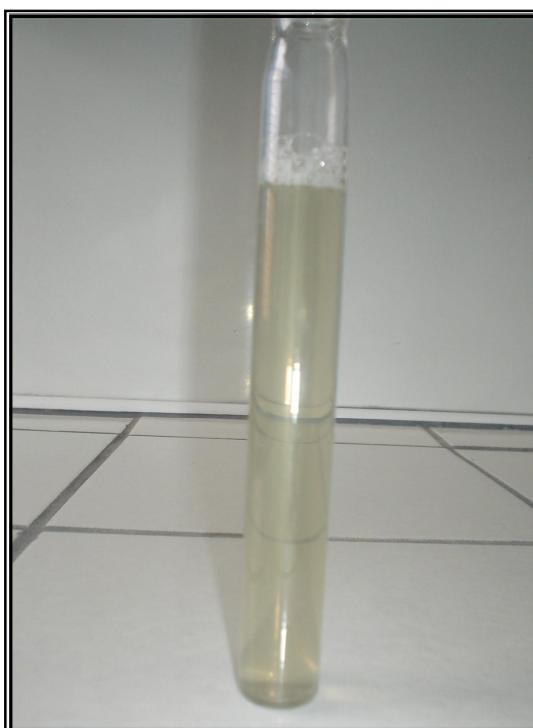


Figure 11 : Extrait clarifié de la Couche de Kaolin.

5% (V/V) chauffée à 42°C. Après agitation et quelques minutes de repos à 42°C, le mélange subit une deuxième filtration à travers un papier WATHMAN pour obtenir un extrait enzymatique clarifié de couleur vert limpide.

3.2.6.4. Concentration des extraits clarifiés

Dans les trois heures qui suivent la filtration, l'extrait clarifié est additionné de deux fois son poids d'une solution saturée de NaCl (contenant 1% V/V d'acide chlorhydrique concentré). Le mélange est agité, laissé en repos pendant 1 heure puis centrifugé à 2100 xg/20min. Le surnageant est rejeté et on note le poids du précipité humide au quel on ajoute un minimum d'eau distillée pour le dissoudre sous agitation. On ajuste, alors, Le pH jusqu'au point 5.50 avec une solution de phosphate di-sodique (1M) chauffée à 42°C.

3.2.6.5. Conservation et stockage

La conservation des extraits de CK est réalisée par l'ajout de quelques grains de thymol ainsi que le stockage est assuré par réfrigération à 4°C dans des bouteilles stérilisées.

3.2.7. Lyophilisation

C'est un passage direct de l'eau de l'état solide à l'état vapeur sans passer par l'état liquide (AUDIGIÉ et al., 1995).

Les ECK obtenus à partir d'extraction enzymatique sont versés en fines couches dans des coupelles en verre qui seront mises en congélation à -18°C, puis introduites dans le plateau de lyophilisateur pour aboutir à une poudre protéique d'ECK, cette dernière sera conservée sous cette forme au dessiccateur et sera utilisée au fur et à mesure selon les besoins analytiques.

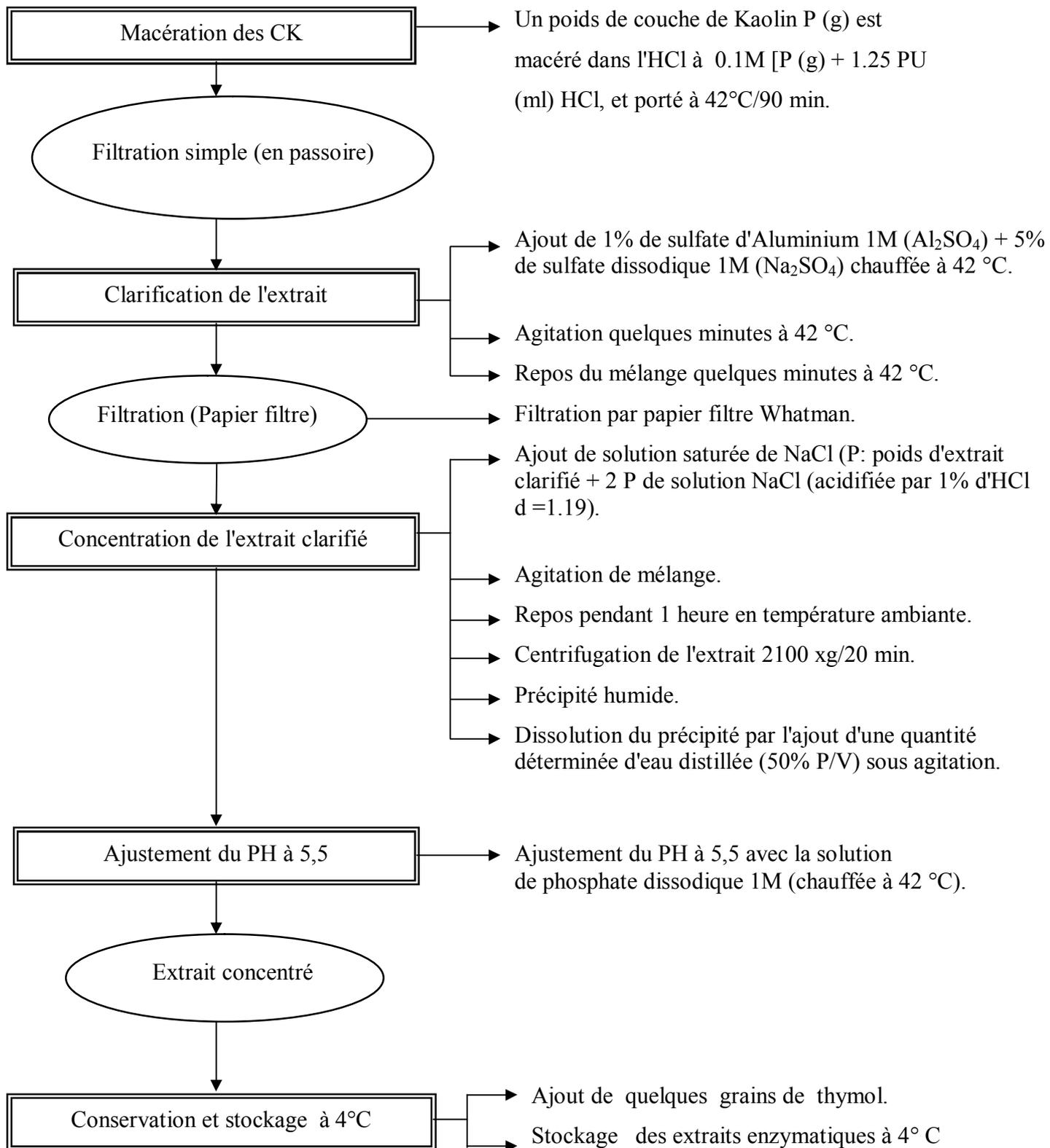


Figure 12: Isolement des extraits enzymatiques à partir de la couche de Kaolin par la méthode de VALLES et FURET (1977) modifiée.

3.2.8. Caractérisation des extraits coagulants

3.2.8.1. Activité coagulante

Afin de déterminer l'activité coagulante nous avons suivi la méthode de BERRIDGE (1945) modifiée par COLLIN et al., (1977), (fig. 12).

La mesure de l'activité coagulante est réalisée sur un substrat reconstitué à partir de la poudre de lait type "low heat". La méthode consiste à ajouter 1 ml d'extrait coagulant de la CK (pour la détermination de l'activité coagulante et selon chaque mode de conservation) à 10 ml de substrat, puis à noter le temps de coagulation à 30°C. (fig. 12).

Une unité d'activité enzymatique ou unité présure (UP) correspond, selon la formule de BERRIDGE (1945), au nombre d'unités de poids ou de volume de lait qui peuvent être coagulées par 1 ml de préparation coagulante en 100 secondes et à 30°C (BENGANA, 2001).

$$UP = \frac{10 \times V}{T_c \times Q}$$

UP : unité présure

V : volume de substrat standard utilisé

Q : volume d'extrait coagulant

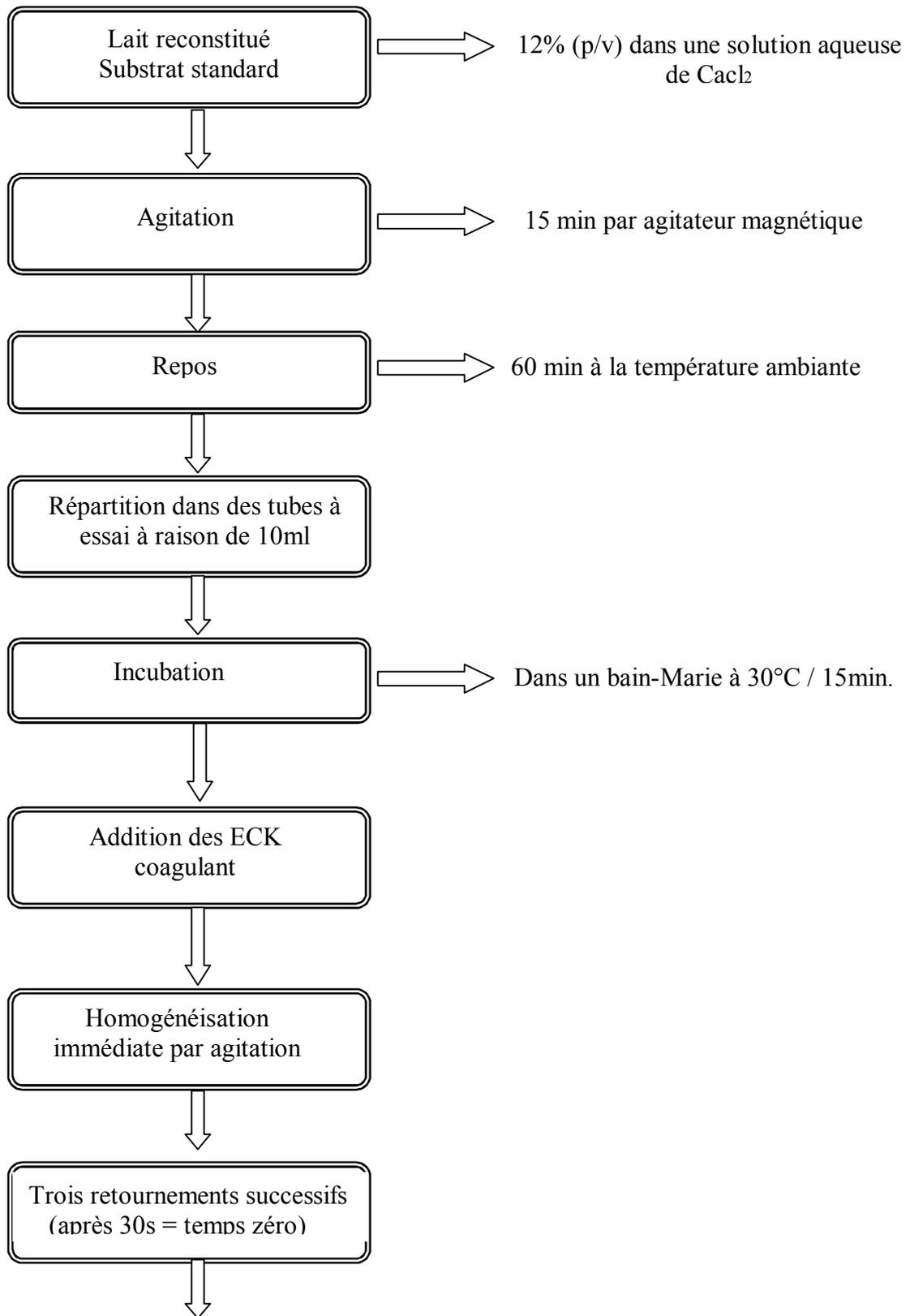
T_c : temps de coagulation.

L'activité coagulante des ECK, peut être également exprimée en "force coagulante de SOXHLET" (F), selon la relation suivante : $F = UP/0.0045$ (BOUDIER et LUQUET, 1981).

3.2.8.2. Activité protéolytique

La détermination de l'activité protéolytique des ECK est basée sur l'évaluation de la protéolyse développée sous l'action des extraits enzymatiques de CK sur les caséines camelines en solution. L'hydrolyse enzymatique des caséines aboutit à la libération des peptides à faible poids moléculaire qui sont séparés des protéines non hydrolysées par l'ajout de l'acide trichloracétique (TCA) à 12%. Le TCA permet la précipitation de tous les peptides en ne laissant en solution que ceux à faible poids moléculaire (BERGERE et LENOIR, 1997). Ces derniers, qui restent solubles, sont dosés par la mesure de leur absorbance à 280 nm. La richesse en peptide du filtrat obtenu est proportionnelle à l'activité protéolytique (SIBOUKEUR, 2007).

La mesure de l'activité protéolytique passe par les étapes suivantes:



Observation des premiers flocons correspondant
au temps de coagulation

Figure 13: Mesure du temps de coagulation du lait camelin par la méthode de BERRIDGE (1945), modifiée par COLLIN et al; (1977), en utilisant l'ECK.

3.2.8.2.1. Préparation de substrat

Les caséines camelines lyophilisées sont solubilisées à raison de 2 % (p/v) dans l'eau distillée.

3.2.8.2.2. Ajustement de l'activité coagulante

Cette étape est réalisée par l'ajustement de l'activité coagulante des ECK avec le lait de chamelle pour atteindre un temps de coagulation proche de 15 min.

3.2.8.2.3. Hydrolyse enzymatique

L'hydrolyse est effectuée par l'incubation de 1ml de substrat caséique additionné de 1ml d'extrait coagulant de CK. Le mélange est porté au bain-Marie à 35°C pendant 60 min.

3.2.8.2.4. Blocage de la réaction enzymatique

L'hydrolyse enzymatique est arrêtée par l'ajout de 5ml de TCA à 12% (p/v).

3.2.8.2.5. Mesure de la protéolyse

Après un repos de 15 min à la température ambiante, le mélange obtenu est filtré à travers un papier filtre WATHMAN n°40, il ne reste en solution que les peptides de faible poids moléculaire, la densité optique de la solution est appréciée à 280 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV- visible.

Pour pouvoir comparer nos résultats, l'hydrolyse des caséines camelines par la présure bovine commerciale (PBC) est réalisée dans les mêmes conditions expérimentales.

3.2.9. Essais de conservation des extraits coagulants enzymatiques de CK

A fin de vérifier l'effet de la lyophilisation des ECK et pour évaluer l'effet de la conservation sur le pouvoir coagulant et la protéolyse, ces extraits enzymatiques sont traités par les différents modes de conservation donnés en tableau 12.

Tableau 12: Lots de conservation des extraits de la CK.

N° de lot	Type de ECK	Traitement de conservation
1	ECK frais	entreposage à la température ambiante
2	ECK frais	Réfrigération
3	ECK lyophilisé	lyophilisation

3.2.10. Analyse statistique

Les analyses expérimentales sont faites à raison de trois répétitions pour chaque essai. Afin de pouvoir interpréter les résultats trouvés, nous avons utilisé l'EXCEL pour le calcul des moyennes, ainsi que l'expérimentation de conservation des ECK a nécessité le traitement des données, en faisant appel à l'ANOVA en randomisation totale, par le logiciel STATISTICA.

Chapitre IV
Résultats et discussion

IV Résultats et discussion

4.1. Qualité physico-chimique et microbiologique du lait camelin

4.1.1. Qualité microbiologique

Le lait d'une manière générale constitue un milieu nutritif idéal pour la prolifération des micro-organismes (LARPENT, 1997). Il renferme toujours (à l'état cru), une population de micro-organisme dont l'importance et la variété dépendent principalement de l'état sanitaire de l'animal, des conditions hygiéniques observées lors de la traite, de la collecte du lait, de la durée et de la température de conservation. L'origine de ces germes peut être endogène dans le cas où ces derniers sont présents dans le lait avant de sa sortie de la mamelle ou exogène, dans le cas contraire (RICHARD et DESMAZEAUD, 1997).

En effet, il est à relever que les déplacements permanents des élevages de dromadaires dans les régions désertiques, la rareté de l'eau ainsi que l'exposition direct du lait au milieu environnant (air, sable...), ne sont pas de nature à permettre l'obtention du lait exempt de cette flore de contamination (SIBOUKEUR, 2007). Par ailleurs, certaines souches pathogènes peuvent également contaminer le lait et provoquer ainsi des troubles d'intoxication chez l'homme (RICHARD et DESMAZEAUD, 1997). Ainsi que certains de ces germes peuvent provoquer un défaut d'aspect et de goût dans les fromages issus de ce lait (RAMET, 1994).

L'évaluation de la qualité microbiologique du lait camelin collecté au cours de la présente étude a montré que la réduction du bleu de méthylène a lieu à une durée (en moyenne) supérieure à 5 heures.

Par conséquent, la qualité hygiénique des échantillons du lait prélevé, en se référant au tableau 13, est considérée comme bonne. Selon le barème proposé par BERRENS et LUQUET (1987), (annexe III), sa charge bactérienne peut être estimée entre 100 000 et 200 000 germes/ml.

La décoloration du bleu de méthylène, donc, sa réduction provient du métabolisme bactérien, (LARPENT, 1997). Cependant le colorant peut être réduit par les cellules somatiques de l'animal qui peuvent se retrouver dans le lait (GUIRAUD, 1998).

Le résultat trouvé de la décoloration du bleu de méthylène par le lait camelin peut être justifié par la forte teneur du lait de chamelle en lysozyme, qui lui offre une activité antibactérienne efficace et plus élevée que celle du lait de vache (GNAN et al., 1994).

De même KNOESS (1979), BARBOUR et al. (1984), EL-AGAMY et al. (1992), FARAH et al., (1990) et RAMET (1987), confirment que la forte teneur du lait de chamelle en lysozyme, en vitamine C et en lactoperoxydase ainsi que son pouvoir tampon plus élevé

que celui du lait de vache, lui offre une activité antibactérienne plus élevée que celle du lait de vache. Il en résulte, que le lait camelin présente une résistance à l'acidification lactique donc une difficulté à la coagulation acide (RAMET, 1994 ; 2003).

4.1.2. Qualité physico-chimique

Les résultats relatifs aux différentes analyses physico-chimiques et microbiologique effectuées sur le lait frais de chamelle prélevé dans la présente étude sont consignés dans le (tableau 14) et les valeurs enregistrées représentent la moyenne de trois répétitions.

Tableau 13 : Analyses physico- chimiques du lait camelin étudié.

Paramètre	Lait de chamelle
Qualité microbiologique	bonne
Paramètre physique	
pH (20°C)	6.54
Acidité Dornic (°D)	19.00
Densité	1.0290
paramètre chimique	
Extrait sec total (g/l)	110.55
Protéines totales (g/l)	29.70
Cendres (g/l)	8.22

4.1.2.1. pH

La valeur du pH du lait camelin mesurée est égale à 6.54. Ce résultat indique que le lait camelin est légèrement plus acide que le lait bovin qui a un pH de 6.65 (KAMOUN, 1990).

Cette valeur de pH est proche de celles rapportées par différents auteurs dans d'autres pays tels que : KAMOUN (1990), en Tunisie (PH=6.52), ABU-LEHIA (1998), en Arabie Saoudite (PH=6.55). D'autres auteurs estiment des valeurs plus élevées comme MEHAIA (1993) en Arabie Saoudite (pH= 6.61).

Ces études s'accordent sur l'acidité relative du lait de chamelle. Cette acidité, selon YAGIL (1985) peut être attribuée à la forte concentration en acides gras volatils.

MATHIEU (1998), estime que le pH du lait est dépendant de sa richesse en phosphates, citrate, et caséines ainsi que de l'état sanitaire de la mamelle.

4.1.2.2. Acidité titrable

L'acidité titrable évaluée est de (19°D), elle est proche de celle estimée par SIBOUKEUR (2007), à Ouargla (18.2°D). Elle est nettement supérieure aux valeurs rapportées par EL-AMIN et WILCOX (1992) en Arabie Saoudite (15°D), KAMOUN (1990) en Tunisie (15.6 °D). Notons que l'acidité titrable du lait de chamelle étudié est supérieure à celle du lait de vache mentionnée par KAMOUN (1990) qui est de l'ordre de 16°D.

L'acidité titrable est inversement proportionnelle au pH du lait (MATHIEU, 1998). De plus, différents auteurs s'accordent sur l'importance du pouvoir tampon du lait camelin, ce qui peut expliquer, la faible diminution de la valeur du pH malgré l'importance de l'acidité (RAMET, 1994 ; FARAH, 1993).

4.1.2.3. Densité

La valeur de la densité du lait camelin est estimée à 1.0290, elle est similaire à celles mesurées par : FARAH (1993) qui limite une fourchette de 1.0250–1.0320 avec une moyenne de 1.0290, KAMOUN (1990), avec une valeur de 1.0280 et YAGIL (1982), avec 1.0300.

La densité dépend directement de la teneur en matière sèche, et liée fortement à la fréquence d'abreuvement. Ce qui explique la variabilité des valeurs entre les différents échantillons de laits analysés et entre celles citées dans la littérature (SIBOUKEUR, 2007).

4.1.2.4. Matière sèche

Le lait camelin analysé présente une teneur en matière sèche de l'ordre de 110.55g/l, celle-ci, en comparaison avec le lait de vache (128 g/l selon ALAIS ; 1984), est plus faible.

Ce résultat est comparable à ceux rapportés par les travaux menés sur le lait camelin à travers le monde à savoir : 113.11 g/l selon SIBOUKEUR (2007), 109 g/l selon EL-AMIN et WILCOX (1992) en Arabie Saoudite, 114 g/l selon KAMOUN (1990) et MEHAIA et al., (1995) avec 116 g/l. Elle est nettement supérieure à celles consignées par BENGOUMI et al., (1994) au Maroc avec 69.5 g/l et GNAN et al (1994), en Libye avec 95.6 g/l.

L'une des principales caractéristiques du lait camelin est sa teneur en matière sèche réduite (RAMET, 1994 ; 2003).

En effet, YAGIL et ETZION (1980) montrent que le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau entraîne une chute de la teneur en matière sèche totale de 14.3 à 8.8% et

qu'en cas de privation d'eau ou d'abreuvement insuffisant, la teneur en eau du lait camelin augmente et passe de 87 à 91%. De plus, BENGOUMI et al., (1994) estiment que la matière sèche varie également en fonction du stade de lactation.

4.1.2.5. Protéines totales

La teneur en protéines totales du lait de chamelle prélevé est de l'ordre de 29.70 g/l, elle est inférieure de celle du lait bovin (35g/l) trouvée par VALERIE (2007).

Cette valeur de protéines, que nous avons enregistrée, se situe dans la fourchette des travaux menés par la littérature consignée par divers auteurs ; allons de 46 g/l trouvé par MOHAMED et al., (1989) et 21.5 g/l estimé par GNAN et al, (1994).

Elle est proche de celle montré par LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994), avec 30 g/l, et EL-AMIN et WILICOX (1992) avec 28.1 g/l.

La teneur protéique du lait camelin varie, selon KAMOUN (1994), en fonction de stades de lactation. L'auteur estime que les deux premiers mois de lactation se caractérisent par une diminution des taux protéiniques et butyreux du lait camelin. Ces derniers atteignent une valeur minimale coïncidant avec le pic de lactation, puis retrouvent, en fin de lactation, un niveau comparable à celui de départ. De plus le facteur saisonnier constituerait la cause la plus importante de la variation de la composition du lait en dehors du stade de lactation. En effet, en été on observe une chute de l'extrait sec total résultant de la diminution du taux butyreux, des protéines et plus particulièrement de la caséine.

Notons aussi que, YAGIL et ETZION (1980), rapportent que cette teneur est maximale juste après le part et arrive à atteindre 11.6 %, puis elle diminue et atteint des valeurs comprises entre 4.6 et 5.7 % en régime hydraté et entre 2.5 et 3.3 % en régime peu hydraté.

4.1.2.6. Cendres

La teneur en cendres du lait camelin collecté est de l'ordre de 8.22 g/l. elle semble plus faible que celle du lait bovin (9 g/l selon ALAIS, 1984)

Ce résultat est compris dans la fourchette des valeurs enregistrées par la littérature menée sur le lait camelin à savoir : LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994) avec 6 g/l et KARUE (1994) avec 8.6 g/l.

Ce résultat est similaire à celui mesuré par KAMOUN (1994), avec 8.10 g/l, cependant il est supérieur à celui trouvé par SIBOUKEUR (2007), avec 7.28 g/l à Ouergla.

La teneur en cendre du lait camelin, selon FARAH (1993), est influencée par le stade de lactation. YAGIL (1985) estime que les laits issus d'animaux déshydratés sont les plus pauvres en cendres.

4.2. La coagulation du lait de chamelle par d'utilisation de la couche de Kaolin (CK) du gésier de poule

Des essais de coagulation par la CK ont été réalisés afin d'analyser la possibilité de fabriquer un fromage à partir du lait de chamelle en utilisant, comme agent coagulant, la préparation de la CK à l'état frais et la CK sous forme d'une poudre séchée (tableau 14). Afin de déterminer le poids des caillés obtenus, une séparation du coagulum et lactosérum par égouttage puis un pesage des caillés ont été effectués. Dans le but d'exploiter ces résultats, le lait de chamelle a été comparé par le lait de référence (lait bovin).

Tableau 14 : Rendements fromagers des deux types de lait coagulé par CK (Kg/100l).

Echantillon du lait	CK fraîche	CK en poudre
Lait vache	7.0 ± 0.01	10.5 ± 01
Lait chamelle	6.5 ± 0.001	12 ± 0.02

D'après les résultats du tableau si dessus, on constate qu'il est possible de coaguler le lait (camelin ou bovin) en utilisant la couche de Kaolin. Le poids des caillés chez les deux types de lait était supérieur en utilisant la CK à l'état sec.

L'emploi de la CK à l'état sec en poudre a donné un rendement avec le lait camelin plus élevé que celui donné par la CK à l'état frais. Ces rendements sont plus importants que celui obtenu par RAMET (1993), qui a utilisé la présure pour coaguler le lait de dromadaire en résultant à un rendement de 6 – 7Kg/100l.

4.3. Amélioration de l'aptitude fromagère du lait de dromadaire par l'utilisation des ECK

4.3.1. Caractérisation des extraits enzymatiques coagulants de la CK

La détermination du rendement d'extraction enzymatique nous fallait de limiter le poids de chaque échantillon utilisé pour chaque essais à 30g de poudre sèche de la CK (la CK est séchée à la température ambiante puis broyée).

Le précipité humide de l'extraction est estimé à 1.95g, dont le rendement de chaque échantillon d'extraction est évalué à 6.5% (tableau 15).

Tableau 15 : Rendement de l'extraction enzymatique de la CK de poule.

Paramètre	Couche de Kaolin
Poids de CK (g)	30
Poids de précipité humide (g)	1.95
Rendement (%)	6.5

4.3.2. Activité coagulante

La variation entre les préparations coagulantes (tableau 16) indique que le nombre d'unités présure contenues dans un même volume de ces préparations diffère selon l'origine de celle-ci (extrait enzymatique des CK et PBC) ainsi que selon l'état physique de l'extrait enzymatique ; notamment extrait de la CK à l'état frais et extrait de la CK lyophilisé. L'extrait coagulant frais provenant de la CK a le plus grand nombre d'unités présure suivi de celui de l'extrait coagulant de CK à l'état lyophilisé. La PBC présente, à la concentration adoptée, le nombre le plus faible d'unités présure.

De ce fait, on peut conclure que l'activité, et donc la force coagulante, de l'extrait enzymatique frais de la CK sont relativement plus élevées que celles de l'extrait enzymatique lyophilisé. La PBC a l'activité coagulante la plus faible, elle est environ 2 fois plus faible que celle de ECK. En effet, l'activité coagulante est fonction de la richesse en enzyme des caillettes ainsi que de poids des caillettes utilisées pour chaque macération (VALLES et FURET, 1977).

Tableau 16 : Activité coagulante (UP) et force coagulante des différentes préparations coagulantes.

Préparation enzymatique	Activité coagulante (UP)	Force coagulante (F)
ECK frais	0.315	68.889
ECK lyophilisé	0.308	68.444
PBC	0.147	32.667



Figure 14 : Poudre de l'extrait enzymatique lyophilisé de la Couche de Kaolin (ECK lyophilisé).



Figure 15 : Extrait enzymatique frais de la Couche de Kaolin.



Figure 16 : ECK lyophilisé et préparé.

La différence relative de résultats d'activité coagulante entre ECK frais et ECK lyophilisé peut être expliquée par une faible incidence du traitement physique de congélation, puis sublimation du liquide de l'extrait enzymatique lors de la lyophilisation sur le pouvoir coagulant des ECK.

Par ailleurs SIBOUKEUR et al. (2005), ont trouvé une activité coagulante et une force coagulante d'extrait coagulant de dromadaire estimés à 0.174 UP et 38.66 respectivement. Il apparaît également que l'ECK frais et lyophilisé ont donné une activité coagulante et une force coagulante plus élevées que celles trouvées par SIBOUKEUR et al. (2005).

4.3.3. Activité protéolytique

La mesure de l'absorbance à 280 nm des solutions peptidiques issues de l'hydrolyse des caséines du lait de dromadaire, par les trois préparations coagulantes, est montrée dans la figure 17.

Il en ressort que l'absorbance à 280 nm, autrement dit, l'activité protéolytique des trois préparations coagulantes est variable selon la préparation coagulante utilisée.

La figure 17 fait apparaître que : l'extrait coagulant lyophilisé de la CK présente l'activité protéolytique la plus élevée, suivi de l'extrait coagulant frais de la CK. La plus faible valeur de cette activité est attribuée à la présure.

Il est important de rappeler que la chymosine qui caractérise les présures issues d'animaux non sevrés présente une activité protéolytique plus faible que la pepsine en ce qui concerne la coagulation du lait bovin (ECK et GILLIS, 1997).

En hydrolysant les caséines du lait camelin, il s'avère que l'ECK à l'état lyophilisé libère plus de peptides que l'ECK à l'état frais. De ce fait la conservation par lyophilisation donc la transformation de l'extrait par congélation, puis sublimation de l'eau a une influence sur le pouvoir de protéolyse en affectant plus de peptides dans le substrat.

En industrie fromagère, on recherche toujours à ce que les enzymes coagulantes utilisées aient une activité coagulante élevée et une activité protéolytique faible (RAMET, 1997).

L'analyse de ces données nous permet de conclure que l'ECK frais a le pouvoir de protéolyse le plus faible, sur le lait camelin, par rapport à l'ECK lyophilisé.

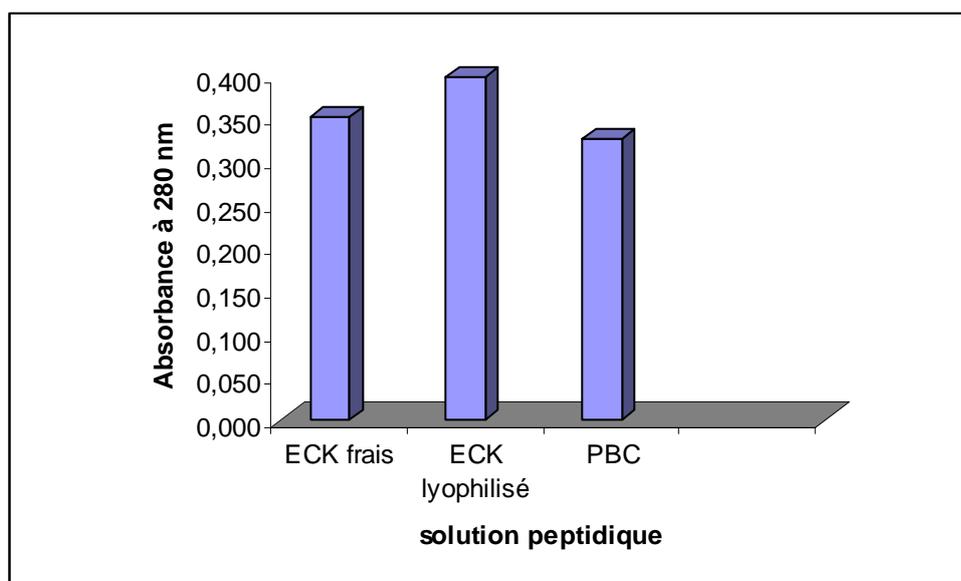


Figure 17 : Absorbance des solutions peptidiques issues de l'hydrolyse des caséines camelines par les préparations coagulantes.

4.3.4. Amélioration du temps de floculation du lait camelin

Les résultats obtenus de l'étude comparative entre les temps de floculation du lait de chamelle et celui de vache par l'extrait coagulant de la couche de kaolin (frais et lyophilisé), et par la présure bovine commerciale sont illustrés dans la figure 18.

La figure 18 montre que pour la même dose d'extrait enzymatique de la CK (frais et lyophilisé), les temps de floculation sont plus faibles pour le lait camelin que pour le lait bovin. La vitesse de floculation du lait de chamelle est, donc, plus élevée que celle du lait de vache lorsque on utilise l'ECK comme préparation coagulante. Notons que l'ECK frais aboutit à un temps de floculation du lait camelin relativement plus faible que celui obtenu avec l'ECK lyophilisé. Cela peut être due à la transformation de l'état liquide au cours de la lyophilisation dans le cas de l'ECK lyophilisé. Par conséquent, on peut conclure que l'ECK frais permet d'obtenir un temps de floculation du lait camelin 3 fois plus faible que celui marqué pour le lait bovin.

En revanche, pour la même dose de présure bovine commerciale, ces résultats sont inversés ; pour cette préparation coagulante, le temps de floculation le plus court, est celui enregistré pour le lait de vache, ce dernier est 5 fois plus faibles que celui trouvé avec le lait camelin.

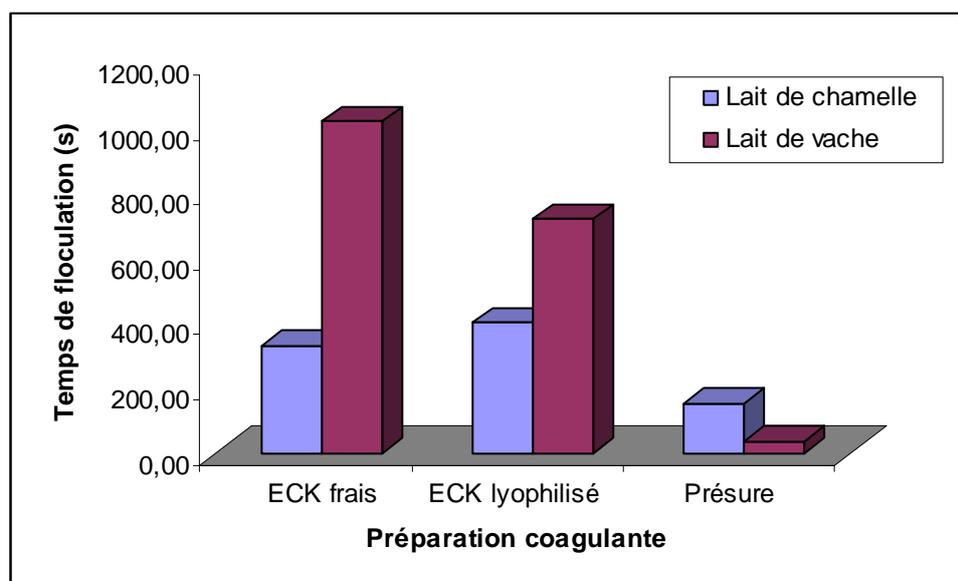


Figure 18 : Mesure du temps de floculation des laits camelin et bovin en fonction de la préparation coagulante utilisée (ECK ou PBC).
Conditions d'utilisation : n=3 ; température=30°C ; pH=6 ;
(dose des ECK : 50 %).

Si sur le lait bovin, la chymosine possède l'activité coagulante la plus appropriée pour la transformation du lait en fromage ; sur le lait camelin, la pepsine a montré les aptitudes les plus intéressantes (WANGOH et al., 1993). Etant donnée que la méthode d'extraction adoptée de notre étude est celle de VALLES et FURET (1977), et qui est destinée à obtenir un extrait enzymatique riche en pepsine. On peut présumer que les temps de floculation du lait de chamelle les plus faibles sont favorisés par la pepsine contenue à forte dose dans l'extrait gastrique coagulant de la CK (à l'état frais et lyophilisé). En effet, selon RAMET (1994) l'utilisation de la pepsine aboutit à des temps de floculation plus faibles du lait de chamelle en comparaison avec le lait de vache.

Ces résultats s'accordent avec ceux trouvés par SIBOUKEUR (2007), qui a montré l'efficacité d'utiliser des extraits coagulants gastriques issus de dromadaire adulte pour coaguler le lait de chamelle au lieu d'utiliser la présure dans la fromagerie du lait camelin.

4.3.5. Les essais de coagulation du lait de chamelle par la CK de gésier de poule

La possibilité d'utiliser l'extrait enzymatique de la CK de gésier de poule (Extrait brut frais et lyophilisé) dans le but de coaguler le lait de chamelle a été vérifiée. Par ailleurs, la coagulation du lait de chamelle et celui de vache, dans les mêmes conditions expérimentales en

utilisant la CK en poudre, les ECK et la présure comme agents coagulants, fournit (pour chaque essais) un coagulum et un lactosérum.

En effet, on a pu obtenir (en utilisant les ECK), un coagulum qui donne naissance, après égouttage, à un caillé consistant (fig. 21), dont on a déterminé le rendement fromager, et les propriétés rhéologiques de chaque caillé.

4.3.5.1. Rendement fromager des caillés formés

Les résultats de la (fig. 19) montrent, que le rendement fromager est variable selon l'origine de la préparation coagulante (présure, CK) et selon l'état de la préparation enzymatique considérée (poudre et enzyme).

Ces résultats révèlent qu'en cas des caillés issus de la coagulation par la CK en poudre et la présure, les rendements sont toujours plus élevés pour le lait de vache que pour le lait de chamelle.

Les caillés issus de la coagulation par l'ECK montrent un rendement plus bas que celui de la coagulation par la CK en poudre (dans les deux types de lait). Le rendement le plus faible est attribué à la coagulation du lait camelin par la présure.

Cela peut être expliqué du fait qu'on a utilisé des concentrations différentes des préparations coagulantes entre l'état poudre de la CK et l'état "extrait enzymatique" (voir annexe IV). Cette différence entre rendements fromagers peut être aussi expliquée par la présence d'enzymes coagulantes autres que la pepsine dans le cas de la coagulation par la CK en poudre.

En effet SUBHUTI (2005), rapporte que le ventriculin est une enzyme qui stimule la sécrétion d'acide gastrique et d'autres enzymes digestives telle que la pepsine, où le ventriculin est contenu dans la CK à l'état poudre.

La présure a donné le rendement le plus faible avec le lait de chamelle par rapport à celui de vache ; un résultat qui est confirmé par divers auteurs (RAMET, 1993 ; LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1994) qui ont montré la difficulté de coaguler le lait de dromadaire par la présure.

On peut conclure, par conséquent, que la CK à l'état poudre et sous forme d'extrait enzymatique ont abouti, avec le lait de chamelle, à des rendements fromagers plus importants que ceux montrés par RAMET (1993), et LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994), qui ont estimé un rendement de 6 et 7kg/100L de lait respectivement.

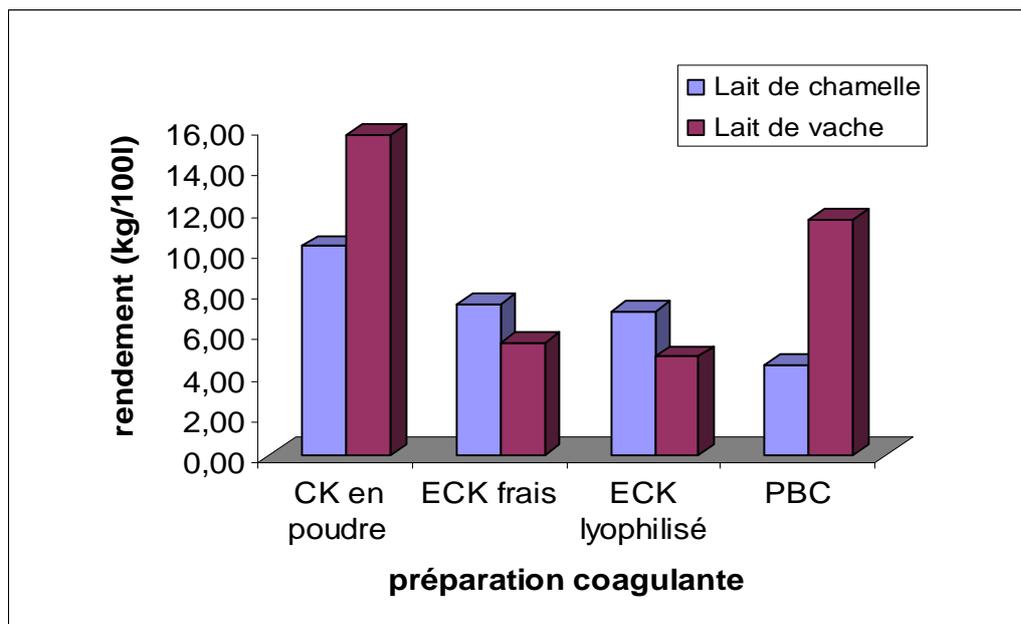


Figure 19 : Rendement fromager de coagulation des laits camelin et bovin par les différentes préparations coagulantes.
Conditions d'utilisation : n=3 ; température=35°C ; pH=6.3 ;
(dose des ECK : 50 %).

4.3.5.2. Propriétés rhéologiques des caillés formés

En ce qui concerne les propriétés rhéologiques des caillés obtenus à partir du lait de chamelle et celui de vache, on constate que ces derniers présentent des propriétés qui diffèrent selon l'origine du lait dont ils sont issus, ainsi que selon la préparation coagulante utilisée dans la coagulation (tableau 17).

Tableau 17 : Propriétés rhéologiques des gels obtenus en utilisant la CK et la présure.

Essais	CK en poudre	ECK frais	ECK lyophilisé	Présure
Lait de chamelle	Blanc, aspect homogène	Blanc poreux et consistant	Blanc poreux et consistant	Blanc, peu friable et homogène
Lait de vache	Jaune claire et peu friable	Blanc à jaunâtre et homogène	Blanc à jaunâtre et homogène	Blanc et homogène

Il convient de souligner que les caillés issus de la coagulation du lait de chamelle par la CK (en poudre et ECK) sont des caillés blancs, poreux, fermes et de bonne consistance, ainsi qu'ils présentent un moindre degré de friabilité que ceux formés en utilisant la présure.

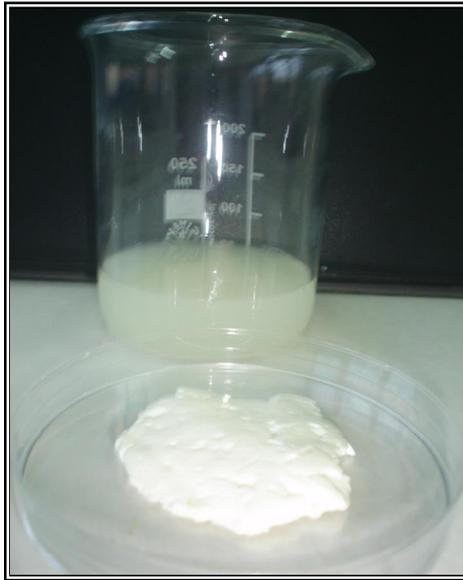


Figure 20 : Coagulum issu de coagulation du lait de dromadaire par la présure.

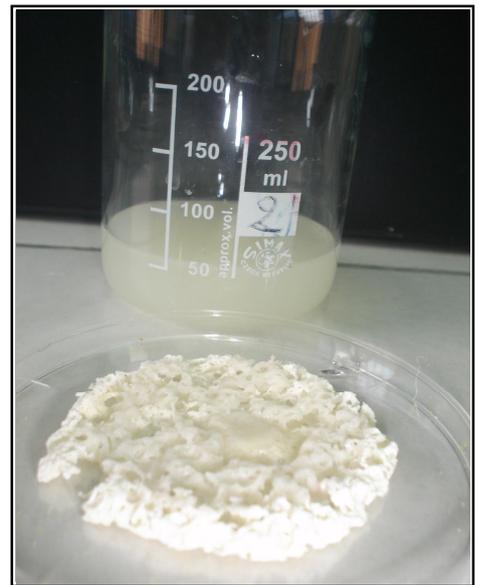


Figure 21 : coagulum issu de coagulation du lait de dromadaire par ECK.

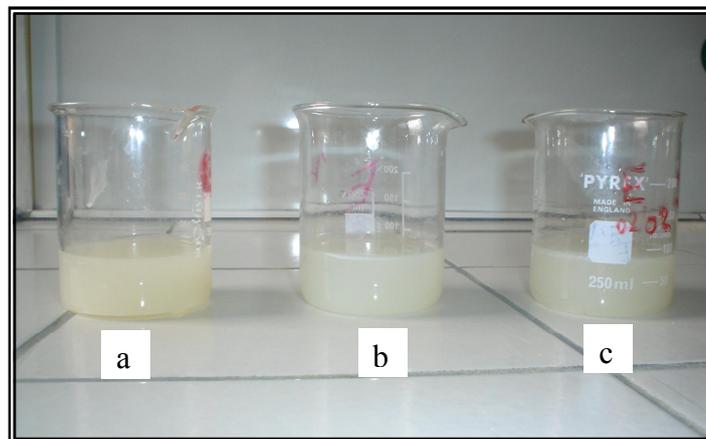


Figure 22 : Lactosérum obtenu de coagulation des laits :

- a) Lait de vache traité par ECK frais.
- b) Lait de dromadaire traité par ECK frais ;
- c) Lait de dromadaire traité par ECK lyophilisé.

Par ailleurs, un comportement rhéologique particulier du coagulum du lait de dromadaire a été constaté par RAMET (1991) qui estime qu'en cas d'acidification du milieu, la friabilité du gel devient extrême. FAO (1998) rapporte que la friabilité dépend des modes de coagulation : elle est forte pour une coagulation acide, et faible pour une coagulation enzymatique. On en déduit que la coagulation qui a été évoqué par la CK peut être à un caractère enzymatique.

En ce qui concerne la couleur blanchâtre des caillés, SAWAYA et al., (1984) concluent que le lait de dromadaire est d'une couleur blanchâtre, en raison, notamment, de la structure et la composition de la matière grasse, relativement pauvre en B- carotène.

Le lactosérum recueilli est généralement de couleur blanchâtre (fig. 22). En effet, EL-ZUBEIR et JABREEL (2008), rapportent que le lactosérum libéré du lait camelin après coagulation a une couleur blanche. Ce qui est, selon RAMET (1993), probablement du à la charge plus élevée en constituants biochimiques non retenus dans le caillé. De plus, la faible teneur du lactosérum du lait camelin en riboflavine, et sa richesse plus élevée en globules gras et en agrégats micellaires, lui confèrent une coloration blanchâtre. De même, MEHAIA (1994) estime que plus de la moitié de la matière sèche du lait camelin est perdue dans le lactosérum lors de la fabrication de fromage.

4.3.6. Essais de conservation des ECK

4.3.6.1. Evolution d'activité coagulante et activité protéolytique des ECK

Les résultats enregistrés pour l'activité coagulante des trois modes de conservation des ECK (température ambiante, réfrigération et lyophilisation) ont donné initialement pour :

la température ambiante et la réfrigération $AC = 0.315 \pm 0.004UP$.

et pour la lyophilisation $AC = 0.308 \pm 0.002 UP$.

Ces résultats ont montré que la variation de l'activité coagulante entre état frais et état lyophilisé des ECK était faible. En effet, le traitement de lyophilisation (congélation puis sublimation) n'a pas d'incidence remarquable sur les propriétés de l'ECK et sur son pouvoir coagulant en particulier.

Dans le but d'apprécier les tendances marquées des différentes activités (activité coagulante et activité protéolytique) au cours du temps de conservation (voir tableaux en annexe V et VI), nous avons subdivisé ce dernier, pour l'activité coagulante, en deux périodes distinctes :

La première période s'étale de S_0 à S_5

La deuxième période était de S_6 à S_{16}

L'activité protéolytique est évaluée à :

AP = 0.350 ± 0.006 pour les ECK entreposés en température ambiante et en réfrigération.

AP = 0.397 ± 0.001 pour les ECK conservés par lyophilisation.

On déduit que la lyophilisation a abouti à une augmentation relative de l'activité protéolytique des ECK.

L'évolution de l'activité protéolytique au cours du temps de conservation peut être subdivisée en deux périodes à savoir: la première période était de S₀ à S₂

La deuxième période était de S₃ à S₁₆

4.3.6.2. Effet d'entreposage à la température ambiante

4.3.6.2.1. Evolution de l'activité coagulante

Les valeurs d'activité coagulante illustrées dans la fig. 23 montrent que la première période de conservation est caractérisée par une activité coagulante généralement élevée. La variation de cette activité en fonction du temps de conservation indique que celle-ci est optimale au cours de la première période (la première semaine avec 0.221 ± 0.002 UP). Notons que la valeur la plus faible est marquée pendant la dernière semaine (AC = $0,042 \pm 0,002$ UP).

Ces résultats soulignent également que l'activité coagulante persiste (même à des niveaux faibles) tout au long de la conservation (4mois) à la température ambiante.

En effet VALLES et FURET (1977) ont constaté la stabilité des extraits enzymatiques de pepsine bovine à la température de 30 °C pendant 3 mois.

4.3.6.2.2. Evolution de l'activité protéolytique

Les résultats de la fig. 24 indiquent les niveaux d'activité protéolytique mesurés en température ambiante (25 à 30°C), qui sont plus élevés au cours de la deuxième période que ceux marqués dans la première période. Néanmoins, l'activité protéolytique la plus faible est enregistrée au niveau de la 10^{ème} semaine avec 0.406 ± 0.004 .

A partir de ces données, on estime que la conservation en température ambiante des ECK influence leur protéolyse.

4.3.6.3. Effet de la réfrigération

4.3.6.3.1. Evolution de l'activité coagulante

Les résultats de l'activité coagulante prélevés au cours de la réfrigération (fig. 25) soulignent que cette activité était optimale dans la première période (entre la première et

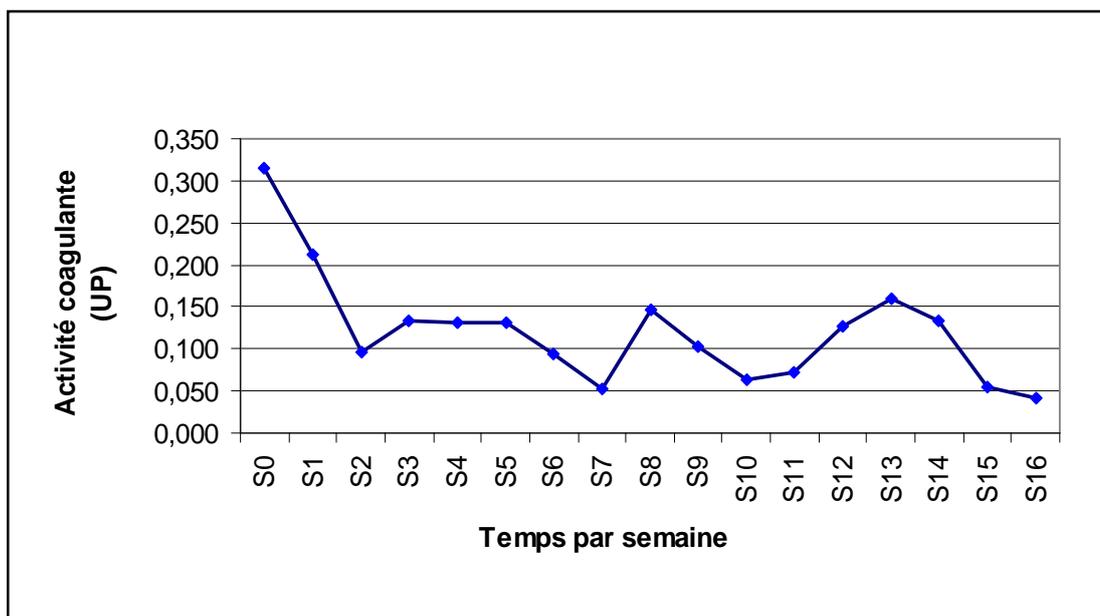


Figure 23 : Evolution de l'activité coagulante (UP) des ECK au cours de l'entreposage à la température ambiante.

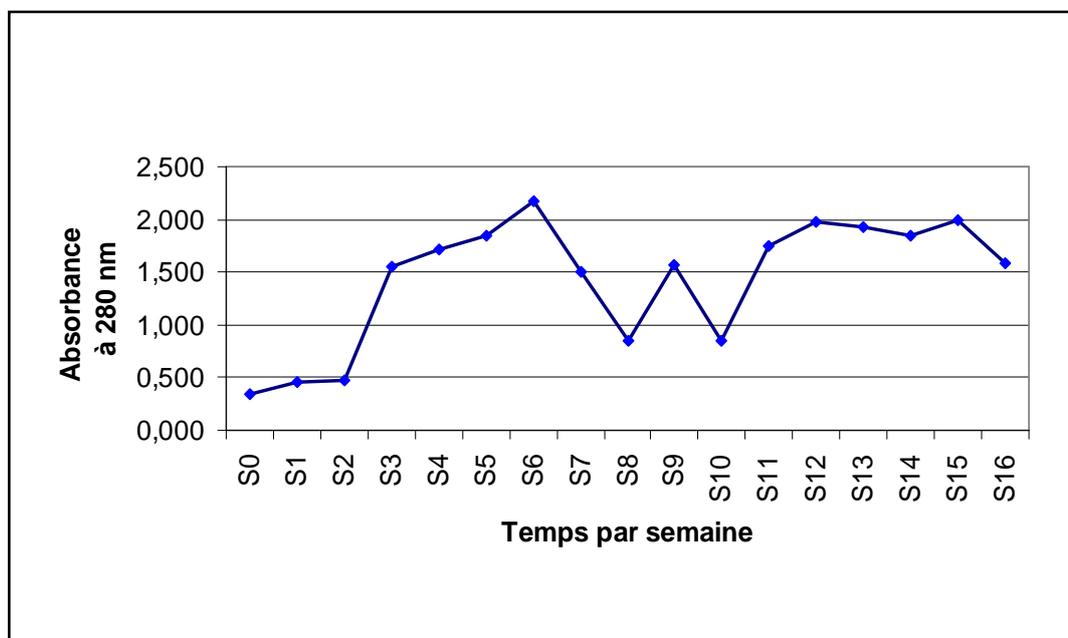


Figure 24 : Evolution de l'activité protéolytique (AP) des ECK au cours de l'entreposage à la température ambiante.

la cinquième semaine) où elle atteint une valeur maximale de 0.222 ± 0.003 UP à S₅, puis elle diminue progressivement jusqu'à la dernière semaine où elle donne une valeur minimale de 0.051 ± 0.001 UP à S₁₆.

On constate, par ailleurs, que les ECK réfrigérés gardent leur activité coagulante même au bout de la dernière semaine de conservation.

4.3.6.3.2. Evolution de l'activité protéolytique

Pour l'activité protéolytique des ECK réfrigérés, d'après la fig.26, nous remarquons que la première période est caractérisée par une activité protéolytique faible. Cependant les niveaux les plus intenses de celle-ci sont enregistrés dans la deuxième période (entre la troisième et la seizième semaine). L'activité la plus basse était celle mesurée au niveau de la première semaine (0.331 ± 0.004).

On déduit donc, que dans les deux modes de conservations (entreposage en température ambiante et en réfrigération), les ECK ne perdent plus leurs activités, même après 4 mois de conservation, aussi bien dans la température ambiante ou pendant la réfrigération.

Ces résultats sont déjà confirmés par VALLES et FURET (1977), qui ont observé que les extraits concentrés, de pepsine bovine ajustés à pH 5.5 et additionnés de thymol, ont été conservés pendant 90 jours à 5°C, 20°C et 30°C sans perte de leur activité coagulante.

4.3.6.4. Effet de la lyophilisation

4.3.6.4.1. Evolution de l'activité coagulante

Les résultats de l'activité coagulante évoluées dans la fig. 27 nous ont conduits à observer que celle-ci présente une fluctuation remarquable durant la période de conservation. D'abord, la première période est caractérisée par une activité coagulante optimale dont elle a atteint une valeur maximale de 0.260 ± 0.004 UP à S₂, puis pendant la deuxième période, elle fluctue, au fur et à mesure du temps de conservation, en illustrant des niveaux d'activité coagulante des ECK importants (supérieur à 0.170 UP) durant les trois dernières semaines.

La lyophilisation des ECK, par conséquent, semble être la méthode la plus appropriée pour préserver et garder l'action particulière conjuguée par le pouvoir coagulant des extraits enzymatiques de CK. Ce procédé technologique, qui est préconisé pour limiter l'altération des produits biologiques induite par l'attaque des microorganismes contaminants, a permis de préserver les propriétés des ECK pendant un temps relativement long.

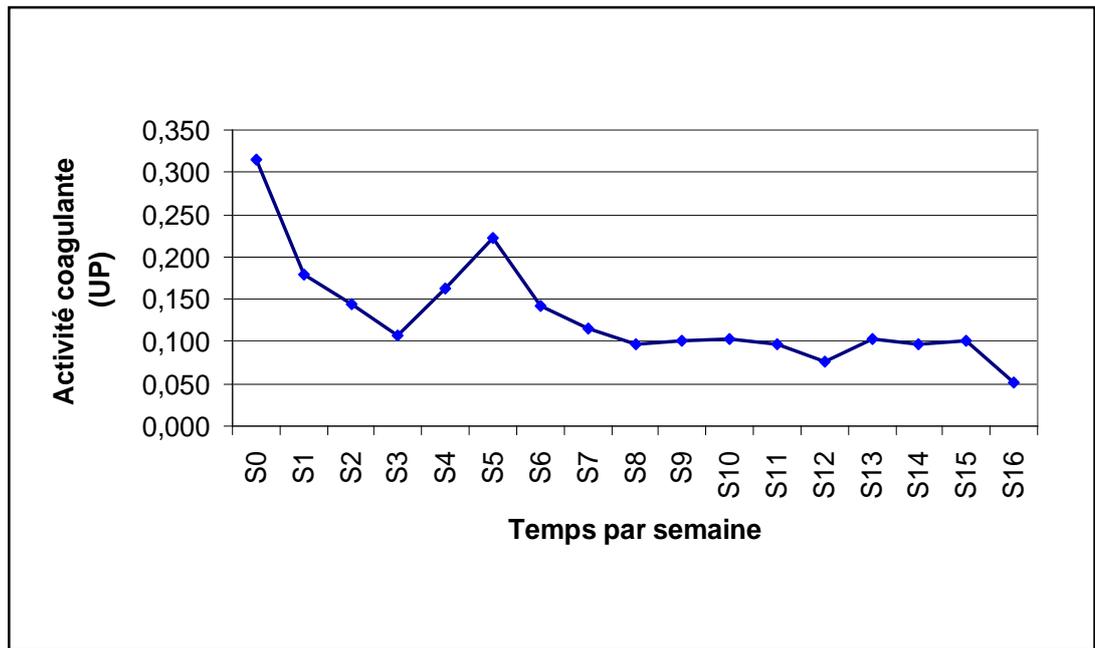


Figure 25 : Evolution de l'activité coagulante (UP) des ECK au cours de la réfrigération.

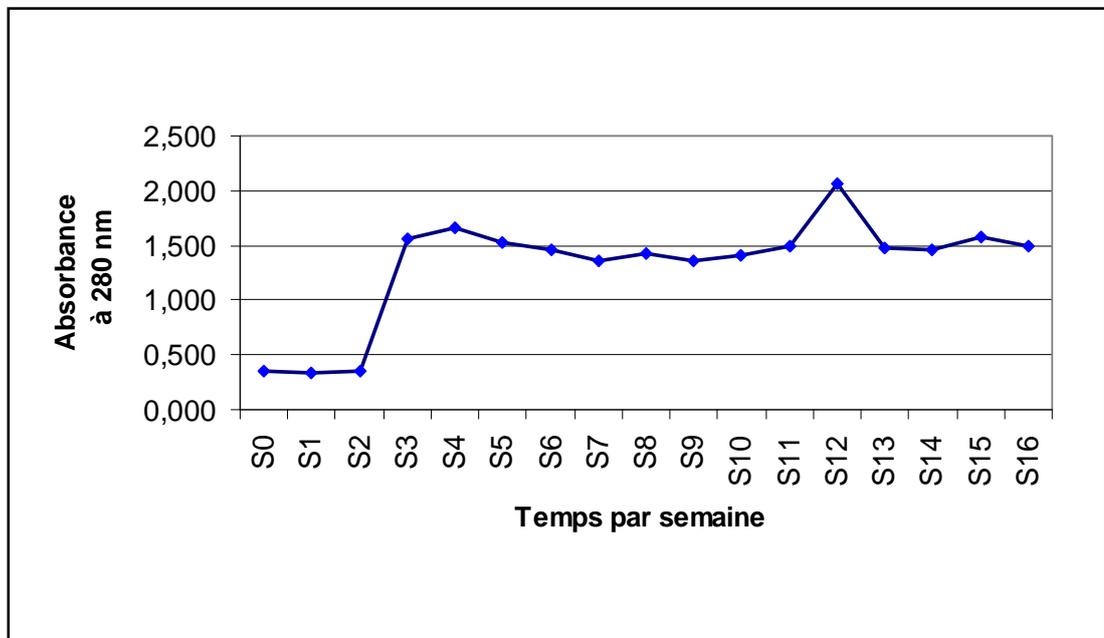


Figure 26 : Evolution de l'activité protéolytique (AP) des ECK au cours de la réfrigération.

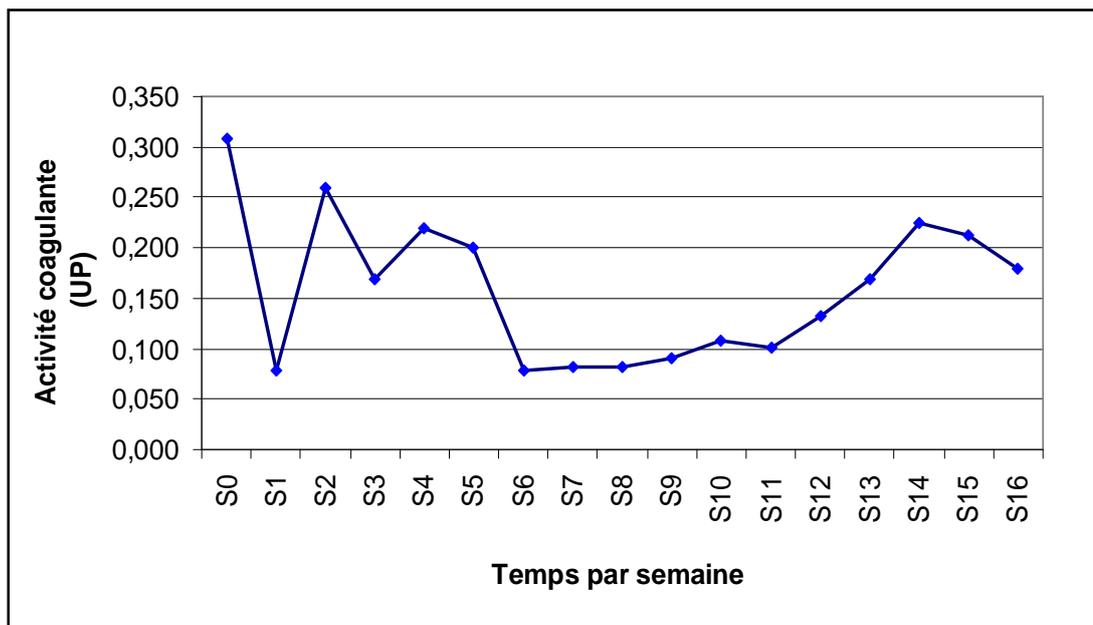


Figure 27 : Evolution de l'activité coagulante (UP) des ECK au cours de la lyophilisation.

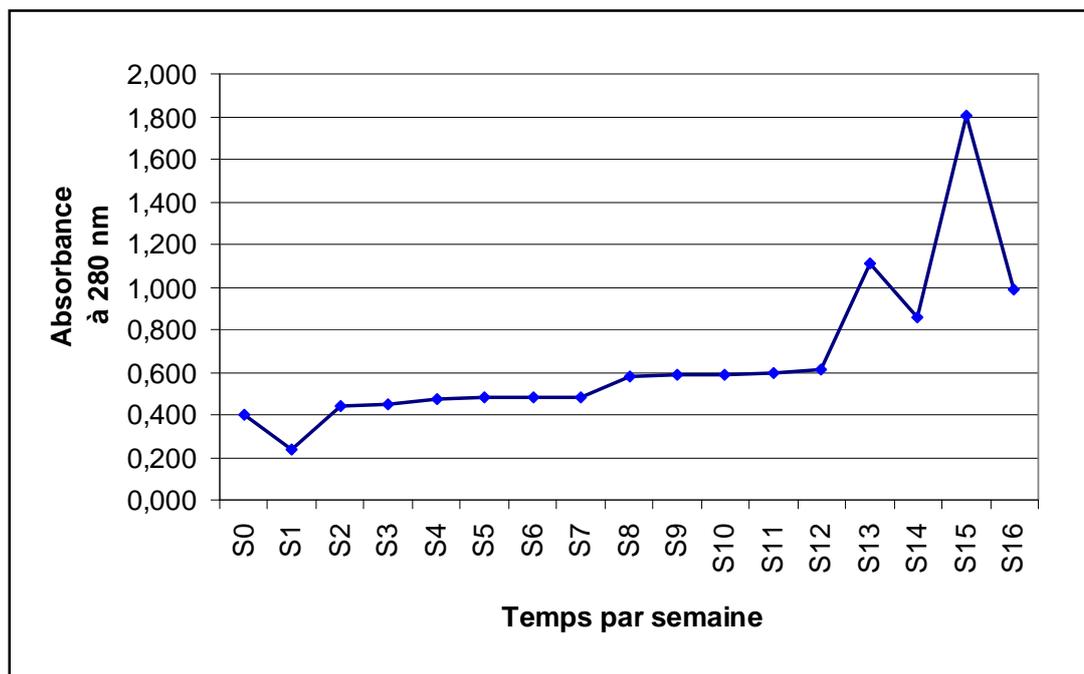


Figure 28 : Evolution de l'activité protéolytique (AP) des ECK au cours de la lyophilisation.

4.3.6.4.2. Evolution de l'activité protéolytique

La fig. 28 est caractérisée par une évolution d'activité protéolytique bien particulière. Elle présente un comportement différent de celui de la conservation par la température ambiante et celui de la réfrigération.

En effet, cette activité est réduite par rapport à celles mesurées dans les deux autres modes de conservation des ECK, plus particulièrement pendant les 7 premières semaines, où elle présente les niveaux les plus faibles ; le niveau le plus bas est marqué par $0,241 \pm 0.005$ à S₂ (donc les plus recherchés en industrie fromagère). Puis, Cette faible activité protéolytique persiste, mais augmente lentement au fil du temps jusqu'à la 12^{ème} semaine.

Les quatre dernières semaines sont caractérisées par les niveaux d'activité protéolytique les plus intenses de toute la durée de conservation.

4.3.6.5. Analyse des variances

Afin de mieux interpréter les résultats qu'on possède sur les différents modes de conservation appliqués sur les ECK, on a procédé à une analyse de variance autant pour l'activité coagulante que pour le pouvoir de protéolyse des ECK.

4.3.6.5.1. Activité coagulante

D'après le tableau 18, on peut déduire que le mode de conservation influe de façon significative sur l'activité coagulante.

En effet, il convient de souligner que la plus grande valeur de l'activité coagulante est enregistrée chez les ECK lyophilisé au bout de la deuxième semaine où elle a marqué 0.260 ± 0.04 UP, alors que le maximum de cette activité pour les deux autres modes de conservation (réfrigération et entreposage en température ambiante) ne dépassaient les 0.221 ± 0.002 UP et 0.222 ± 0.003 UP respectivement. Sachons que les trois modes de conservation forment deux groupes homogènes différents dont la réfrigération des ECK constitue l'élément commun des deux groupes (annexe VII). Il est à noter que les ECK ont gardé leur activité coagulante, même à des niveaux très faibles tout au long de la conservation.

Tableau 18 : Analyse de variance pour l'activité coagulante.

	Probabilité	DDL K ₁	Variable résiduel K ₂	F _{observé}	F _{théorique}	Signification
Mode de conservation	0.0401	2	14	3.79	3.74	S

4.3.6.5.2. Activité protéolytique

L'analyse de variance sur l'activité protéolytique montre que le mode de conservation a une influence très hautement significative sur la protéolyse des ECK (tableau 19).

Si sur le plan de la comparaison des moyennes, les niveaux d'activité protéolytique des ECK entreposés à la température ambiante se singularisent par un groupe seul et différent des deux autres modes de conservation (réfrigération et lyophilisation), ces deux autres modes appartiennent à un deuxième groupe (voir annexe VIII). Ce résultat est confirmé par l'évolution d'activité protéolytique dont on a constaté que la conservation des ECK en température ambiante a abouti à des niveaux plus élevés de celle-ci. Alors que la réfrigération et la lyophilisation ont gardé des niveaux relativement moyenne, (les premières semaines).

Néanmoins la lyophilisation est marquée par les valeurs les plus faibles et relativement stables d'activité protéolytique, notamment la première période de conservation ; où on a enregistré les niveaux les plus bas (donc les plus recherchés en industrie fromagère) parmi tous les modes de conservation.

A cet effet, nous pouvons conclure que les modes de conservation les mieux indiqués pour les ECK et qui ont gardé leur activité coagulante à des niveaux élevés et leur protéolyse à une valeur acceptable sont la réfrigération et la lyophilisation des ECK.

Tableau 19 : Analyse de variance pour l'activité protéolytique.

	Probabilité	DDL K₁	Variable résiduel K₂	F_{observé}	F_{théorique}	Signification
Mode de conservation	0.0000	2	14	22,69	3.74	THS

Enfin, on en conclue que la conservation par lyophilisation et par réfrigération des ECK est celles qui ont fournit les meilleurs résultats pour l'activité coagulante, alors que la lyophilisation est la mieux indiquée pour l'activité protéolytique.

Conclusion générale

Conclusion

Le lait de dromadaire, qui a contribué depuis longtemps à la survie des populations des régions désertiques et steppiques, est appelé à confronter aux procédés technologiques fromagères en dépassant ses difficultés de transformation. Cette adaptation doit constituer une voie intéressante pour prolonger sa durée de conservation et permettre une diversification de ses formes de consommation visant à une meilleure exploitation et valorisation du potentiel laitier du cheptel camelin.

La présente étude vise en premier lieu à avoir une meilleure connaissance du lait de dromadaire de la steppe en caractérisant sa qualité microbiologique et sa composition physico-chimique. L'analyse microbiologique de ce lait montre qu'il a une bonne qualité microbienne, ce-ci témoigne des conditions hygiéniques acceptables de la traite et de stockage, ce résultat est renforcé par l'existence d'une activité antimicrobienne naturelle intense et particulière du lait camelin qui peut être destiné à la consommation ou à la transformation.

L'étude de la composition physico-chimique confirme que le lait camelin est comparable au lait bovin. En effet, il est caractérisé par un pH plus acide (6.54), une acidité titrable de 19°D, une densité plus faible (1.0290), un niveau moyen de matière sèche (110.55g/l), et des teneurs en protéines totales et en cendres relativement faibles : (29.70g/l et 8.22g/l) respectivement par rapport au lait de référence.

Dans le sens des travaux menés pour contourner les difficultés rencontrées lors de la transformation du lait de dromadaire, nous avons essayé, dans ce modeste travail, d'améliorer l'aptitude limitée à la coagulation du lait de camelin en utilisant un nouvel agent coagulant qui est la couche de Kaolin de gésier de poule comme un substituant de la présure pour la transformation du lait en fromage.

De plus les résultats importants obtenus, des essais de coagulation du lait camelin par la CK (rendement fromager de l'ordre de 12.00kg/100L. et un caillé consistant), nous ont amenés à penser à l'utilisation de l'extrait enzymatique de la CK dans la coagulation de ce lait.

Pour atteindre cet objectif, on a adopté pour l'isolement de l'extrait enzymatique coagulant de la CK le protocole proposé par VALLES et FURET (1977), qui a abouti à une extraction enzymatique ayant un poids de précipité humide de 1.95g et un rendement de 6.5%.

L'ECK obtenu est caractérisé par une activité coagulante plus élevée (égale à 0.315UP) et un pouvoir protéolytique relativement faible (0.350) par rapport à la présure bovine commerciale. L'étude du temps de fluctuation a permis d'enregistrer des temps de

fluctuation du lait camelin plus courts par les ECK frais et lyophilisé par rapport à ceux évalués avec le lait bovin traité par les mêmes extraits enzymatiques.

Le traitement par lyophilisation des ECK n'affecte plus leurs activités. On a également enregistré pour l'activité coagulante et protéolytique : 0.308 UP et 0.397 respectivement.

Les essais de coagulation du lait camelin par les ECK ont donné des caillés consistants avec un rendement de 7 à 7.35 Kg/100l de lait pour les ECK frais et lyophilisé respectivement.

Une expérimentation de conservation de ces extraits (ECK) a été réalisée pour préserver le pouvoir coagulant dont on a conservé les ECK en température ambiante, en réfrigération, ainsi qu'on a lyophilisé ces derniers.

L'évolution des activités coagulante et protéolytique au cours du temps, sous les différentes formes de conservation, a montré qu'avec l'entreposage des ECK en température ambiante : on a marqué une fluctuation importante d'activité coagulante et des valeurs d'activité protéolytique élevées.

Alors que ces activités restent relativement acceptables au cours de la réfrigération et la lyophilisation des ECK.

Les ECK, à l'état lyophilisé, ont donné des niveaux élevés d'activité coagulante, ainsi que des valeurs stables et faibles d'activité protéolytique (donc les plus recherchés), surtout durant la première période de conservation, notamment les premières semaines, où on a estimé l'activité coagulante la plus importante (0.260 ± 0.004 UP) à S_2 , et l'activité protéolytique la plus faible qui est évaluée à (0.241 ± 0.005) à S_2 de tous les modes de conservation.

De l'analyse de variance, nous pouvons déduire que le mode de conservation influe de façon significative sur l'activité coagulante, alors qu'il a une influence très hautement significative sur l'activité protéolytique (THS).

Par conséquent, à partir des résultats qu'on a obtenu, et parmi les différents modes de conservation testés, on peut dire que la réfrigération et la lyophilisation sont les modes de conservation les mieux indiqués pour d'activité coagulante et la lyophilisation pour l'activité protéolytique en transformation fromagère du lait camelin au niveau industriel, plus particulièrement la conservation par lyophilisation.

Malgré les résultats probant de l'utilisation des ECK et de la conservation par lyophilisation de ces derniers, pour améliorer l'aptitude limitée du lait camelin à la coagulation, des investigations complémentaires sont nécessaires à proposer pour mieux

valoriser et exploiter le potentiel laitier de dromadaire qui mérite d'être étudié davantage, il s'agit notamment de :

- 1- L'amélioration de la fromageabilité du lait camelin par l'utilisation des ECK en pratiquant d'autres techniques d'ajustement (mélange avec les laits d'autres espèces, rajout de sels, de matière sèche,...).
- 2- L'utilisation des extraits purifiés d'ECK parallèlement aux effets des extraits bruts.
- 3- L'optimisation des conditions expérimentales de coagulation du lait camelin en utilisant les ECK (pH, température,...) pour améliorer le rendement fromager de celui-ci et les propriétés rhéologique des caillés obtenus.
- 4- L'optimisation des conditions d'extraction des ECK en vue de leur utilisation à l'échelle industrielle.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- ABDELGADIR, W. S., AHMED, T. K., & DIRAR, H. A. (1998).** The traditional fermented milk products of the Sudan. *Internat. J. Food Microbiol.*, **44**, 1-13.
- ABOU-SOLIMAN N. H. (2005).** Studies on goat milk proteins: molecular and immunological characterization with respect to human health and nutrition. These de Doctorat, Alexandria University, Egypt, 103p.
- ABU-LEHIA I.H. (1998).** Recombined camel's milk powder. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie, 181-184.
- ABU-LEHIA I.H., AL-MOHIZEA I.S. and EL-BEHERI M. (1989).** Studies on the production of ice cream from camel milk products. *Aust. J. Dairy Techn.*, **44**, 31-34.
- ABU-TARBOUSH H. M., AL-DAGAL M.M. and AL-ROYLI M.A. (1998).** Growth, viability and proteolytic activity of *Bifidobacteria* in whole camel milk. *J. Dairy Sci.*, **81**, 354-361.
- ADAM C. (2004).** Cité par **JELENA et al., (2009).**
- AFNOR (1986).** (Association Française de Normalisation). Recueil des normes françaises, laits et produits laitiers, méthodes d'analyse, 286p.
- AGRAWAL R. P., SWAMI S. C., BENIWAL R., KOCHAR D. K., SAHANI M. S. and TUTEJA F. C. (2003).** Effect of camel milk on glycemic control, lipid profile and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled cross over study. *Indian J. Animal Sci.*, **73**, 1105-1110.
- AKESTER A. R. (1985).** Structure of the glandular layer and Koilin membrane in the gizzard of the adult domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). Université de Cambridge, Grande Bretagne, 1-25.
- AKESTER A. R. (1984).** Cité par AKESTER, (1985).
- ALAIS C. (1963).** Etude de la sécrétion d'enzyme coagulant dans la caillette de l'agneau. *Annales de biologie animale*, 65-70.
- ALAIS C. (1984)** Science du Lait ; Principe des Techniques Laitières. SEPAIC, Paris.
- ALAIS C. et LINDEN G. (1997).** Abrégé de Biochimie Alimentaire. Masson, 3^{ème} Ed., Paris.
- ALHADRAMI G. A. (2004).** Dairy animals (Camel). *Encyclopedia of Dairy Sci.*, 616-623.
- AL-HAJ O.A. and AL-KANHAL H.A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of Dromedary camel milk - a review. *Int. Dairy J.*, **10**,53p.
- AL-MOHIZEA I.S., ABU-LEHIA I.H. and EL-BEHERI M. (1994).** Bacterial growth pattern in pasteurized camel's milk. *Egypt. J. Dairy Sci.*, **22**, 243-252.
- ANONYME(2000).**Séparation des principaux constituants du lait. *Lait « Olympiades de la chimie »*, 8p.
- ANONYME-1 (2006).** Evolution des effectifs du cheptel de 1990 à 2005. Direction des statistiques Agricoles, Ministère de l'Agriculture, Algérie.
- ATTIA H., KHEROUATOU N., NASRI M. and KHORCHANI T. (2000).** Characterization of the dromadary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *Lait., ed. INRA*, **80**, 503-515.
- AUDIGIÉ C.L DUPONT G. et ZONSHAIN F. (1995).** Principes des méthodes d'analyses biochimiques. Doin Editeurs, 2^{ème} Ed., Paris.
- BAKER F. J (1997)** Cité par **JELENA et al., (2009).**
- BALASSE M. (2003).** Keeping the young alive to stimulate milk production? Differences between cattle and small stock. *Anthropozoologica*, **37**, 3-10.
- BARBOSA J. et MERCADO J.V. (2000).** Cités par **JELENA et al., (2009).**
- BARBOUR E.K., NABBUT N.H., FRERICHS W.N. and AL NAKHLI H.M. (1984).** Inhibition of pathogenic bacteria by camel's milk ; relation to whey lysozyme and stage of lactation. *J. Food Protect.*, **47**, 838-840.
- BAYOUMI S. (1990).** Cité par **SIBOUKEUR (2007).**
- BEN-AISSA R. (1989).** Le dromadaire en Algérie. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (**02**), 19-28.
- BENGANA M. (2001).** Caractérisation des enzymes protéolytiques (pepsine/chymosine) isolées de caillettes de bovins adultes. Mémoire de Magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger, 106p.
- BENGOUMI M., FAYE B. et TRESSOL J-C. (1994).** Composition minérale du lait de chamelle du sud marocain. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26- Octobre,

Nouakchott, Mauritanie, 145-149.

BENKERROUM N., MEKKAOUI M., BENNANI N., & KAMAL H. (2004). Antimicrobial activity of camel's milk against pathogenic strains of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogene*. *Internat. J. Dairy Techn.*, **57**, 39-43.

BERRIDGE (1945). Cité par **COLLIN et al., (1977).**

BISMUTH D. (2006). Dynamique de croissance des organes chez le poulet de chair.

Mémoire de Magister, Université El-Hadj Lakhdar, Batna.

BONFOH B., SCHELING E., VIAS G.F., KAMIL H., FAYE B., FARAH Z., ZINSSTAG J. (2003). Les facteurs de valorisation du lait de chamelle dans les pays du Sahel. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger, 173-183.

BOUDIER J.F. et LUQUET F.M. (1981). Dictionnaire Laitier. Tec. & Doc. Lavoisier, Paris, 220p.

BRULÉ G., LENOIR J. et REMEUF F., (1981). La micelle de caséine et la coagulation du lait. Dans : Le fromage, Eck A. et Gillis J.-C. *Ed. Tech. & Doc.*, Lavoisier, Paris, 891p.

CANTERI G. (1997). Les levains lactiques. Dans : Le fromage, Eck A. et Gillis J.-C. *Ed. Tech. & Doc.*, Lavoisier, Paris, 891p.

CARDELLINO R., ROSATI A. & MOSCOM C. (2004). Current status of genetic resources, recording and production systems in Africa, Asia and America camelids. In FAO-ICAR seminar on camelids. Sousse, Tunisia: *Food and Agriculture Organization of the United Nations and International committee for animal recording.*

CHANG H.M. and BUT P.H. (1986). pharmacology and Applications of Chinese Materia Medica, *World Scientific*, Singapore.

CHEHMA A. (2003). Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger, 43-51.

CHEHMA A. (2005). Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien: cas des régions de Ouargla et Ghardaïa. Thèse de Doctorat en Biologie Appliquée, Université B. Mokhtar- Annaba, 148p.

CHILLIARD Y. (1989). Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (**02**), 101-110.

COLLIN J. C. GRAPPIN R. et LEGRAET Y. (1977). Étude de la méthode de mesure, selon Berridge, du temps de coagulation du lait additionné d'une solution enzymatique. *Rev. Lait. Franç.*, **355**, 389- 394.

CREVIEU I.G. (1999). Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. *INRA Prod. Anim.*, **12**, 147-161.

CRISTIANE M.G. and BEATRIZ M.A. (2002). Bioactive amines in chicken breast and thigh after slaughter and during storage at 4±1 °C and in chicken-based meat products. *J. Dairy. Res.*, **78**, 241-248.

DAVIES D. T. and LAW A. J. R. (1980). Content and composition of protein in creamy milk in South-West Scotland. *J. Dairy Res.*, **47**, 83-90.

DEREJE M. AND UDÉN P. (2005). The browsing dromedary camel : II. Effect of protein and energy supplementation on milk yield. *J. Anim. Feed Sci. Technol.*, **121**, 309-317.

DE VOE R., DEGERNES L., DIPL A. and KARLI K. (2003). Dysplastic Koilin causing proventricular obstruction in an *Electus* parrot (*Electus roratus*). North Carolina State University, USA.

DILANYAN S. H. (1959). Cité par **AL-HAJ et AL-KANHAL (2010).**

DZUIK H.E. and DUKE G. E. (1972). Cineradiographic studies of gastric motility in turkeys. *American J. Phys.*, **222**, 159-166.

ECK A. et GILLIS J. C. (1997). Le fromage, *Ed. Tech & Doc.*, Lavoisier, Paris.

EL-AGAMY E. I. (2000). Cité par **KONUSPAYEVA et al., (2004).**

EL-AGAMY E. I. (2009). Bioactive components in camel milk and Dairy products. Library of congress cataloging-*in*-publication Data, 159-194.

EL-AGAMY E. I., NAWAR M., SHAMSIA S. M., AWAD S., and HAENLEIN G. F. W. (2009). Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children. *Small Rum. Res.*, **82**, 1-6.

EL-AGAMY E.I., RUPPANNER R., ISMAIL A., CHAMPAGNE C.P. and ASSAF R. (1992). Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective protein. *J. Dairy Res.*, **59**, 169-175.

- EL-AMIN F. M. and WILCOX J. (1992).** Composition of Majaheim camels. *J. Dairy Sci.*, **75**, 3155-3157.
- ELLOUZE S. et KAMOUN M. (1989).** Evolution de la composition du lait de dromadaire en fonction du stade de lactation. *Options Médit.*, **6**, 307-311.
- EL-ZUBEIR I. E. M., and JABREEL M. S. O. (2008).** Fresh cheese from camel milk coagulated with Camifloc. *Internat. J. Dairy Techn.*, **61**, 90-95.
- ENOKI Y. and MORIMOTO T. (2000).** Gizzard myoglobin contents and feeding habits in avian species. *Elsevier Sci.*, **125**, 33-43.
- FAO (1993).** La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). FAO Animal Production and Health Paper, vol. 113.
- FAO (1998).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO (1998), Alimentation et nutrition N° 28, catalogue avant publication de la bibliothèque, Rome, Italie.
- FAO (2004).** FAOSTAT DATA, Statistical Databases on the Internet address: <http://earthtrends.wri.org/text/agriculture-food/html>.
- FAO (2006).** *The next thing: camel milk.* Retrieved from <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2006>.
- FAO (2008).** *Camel milk.* Retrieved from <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/dairy/camel.html>
- FAO (2009).** *Broiler chicken.* Retrieved from <http://www.fao.org/text/agriculture-food/html>.
- FARAG S. I., and KABARY K. M. (1992).** Chemical composition and physical properties of camel's milk and milk fat, *Proc. 5th Egyptian Conf. Dairy Sci. Technol. Publ.* Egyptian Society of dairy Sciences, Cairo, Egypt.
- FARAH Z. (1993).** Composition and Characteristics of Camel Milk ; review *J. Dairy Res.*, **60**, 603-626.
- FARAH Z. et BACHMAN M.R. (1987).** Rennet coagulation properties of camel milk. *Milchwissenschaft*, **42**, 689-692.
- FARAH Z. and FARAH-RIESEN M. (1985).** Cités par **SIBOUKEUR (2007).**
- FARAH, Z. MOLLET M., YOUNAN M., and DAHIR R. (2007).** Camel dairy in Somalia: Limiting factors and development potential. *J. Livestock Sci.*, **110**, 187-191.
- FARAH Z., RETTENMAIER R. et ATKINS D. (1992).** Vitamin content of camel milk. *Internat. J. Vitam. Nutr. Res.*, **62**, 30-33.
- FARAH Z. et RÜEGG M.W. (1989).** The size distribution of casein micelles in camel milk. *J. Food Microstruct.*, **8**, 211-116.
- FARAH Z. et RÜEGG M.W. (1991).** The creaming properties and size distribution of Fat globules in camel milk. *J. Dairy Sci.*, **74**, 2901-2904.
- FARAH, Z., STREIFF, T. and BACHMANN, M. R. (1989).** Manufacture and characterization of camel milk butter. *Milchwissenschaft*, **44**, 412-414.
- FARAH Z., STREIFF T. and BACHMAN M.R. (1990).** Preparation and consumer acceptability tests of fermented camel milk in Kenya. *J. Dairy Res.*, **57**, 281-283.
- FAYE B. (1997).** Guide de L'élevage du dromadaire. Montpellier, 1^{re} éd., SANOFI, 126p.
- FAYE B. (1999).** Mission d'appui au projet institutionnel au développement de la filière caméline au Niger. Rapport de mission, *CIRAD-EMVT*, Montpellier, France, 37 p.
- FAYE B. (2003).** Performances et productivité laitière de la chamelle : les données de la littérature. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger, 7-14.
- FAYE B. (2005).** Productivity potential of camels. In: B. Faye and P. Esenov, *Intern. Workshop, Desertification Combat and Food Safety: the Added Value of Camel Producers*, *Sci. Series, Life and Behav. Sci.*, **362**, 127-134.
- FRANCK S.G. VIAS B., BONFOH M., GARBA I., ILOU H., KAMIL B. et FAYE B. (2003).** Valorisation du lait de chamelle au Sahel: opération «fromages camélins» au Niger et au Mali. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger, 157-166.
- GAST M., MAUBOIS J.L. et ADDA J. (1969).** Cités par **YAGIL (1982).**
- GABELLA G. (1985).** Cité par **AKESTER (1985).**
- GIRARD D. et OMOLOSHO C. (1983).** Cités par **JELENA et al., (2009).**
- GNAN S.O. and SHEREHA A. M. (1986).** Cités par **SIBOUKEUR (2007).**

- GNAN S.O., MOHAMED M.O., SHEREHA A.M. et IWEGBE A.O. (1994b)** Fermentation ability of camel's milk. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26- octobre, Nouakchott, Mauritanie, 173-176.
- GORBAN A.M.S. and IZZELDIN O.M. (1999).** Cités par **SIBOUKEUR (2007).**
- GORBAN A.M.S. and IZZELDIN O.M. (2001).** Cités par **SIBOUKEUR (2007).**
- GRUJIC-INJAC B., DIMITRIEVIIH M., LAJSIE S., STEFANOVIE D. and MICOVIE I. (1977).** The structure of a new phospholipid from the koilin-glandular layer of chicken gizzard. Hoppe-Seyler's Zeitschrift for physiology Chemise. **358**, 499-504.
- GUIRAUD J.P. (1998).** Microbiologie Alimentaire, Techniques de Laboratoire. *Ed. Dunod.*, Paris, 652p.
- HADDADIN, M. S. Y., GAMMOH, S. I., & ROBINSON, R. K. (2008).** Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *J. Dairy Res.*, **75**, 8 -12.
- HASHIM, I. B., KHALIL, A. H. and HABIB, H. (2008).** Quality and acceptability of a setyoghurt made from camel milk. *J. Dairy Sci.*, **92**, 857- 862 .
- HERBASIN (2006).** Chicken's Gizzard-membrane characteristics - Herbasin Chinese herb database, Herbasin Shenyang Company, China. <http://www.herbasin.com>
- HOFMAN K B. and PREGL F. (1907).** Cités par **AKESTER, (1985).**
- JARDALI Z. (1988).** Contribution à l'étude de la composition du lait de dromadaire. Mémoire de DEA présenté à l' ENSAIA (*Ecole Nat. Sup. Agr. Indust. Alim.*), Nancy, France, 88p.
- JARDALI Z. et RAMET J.P. (1991),** cités par **RAMET (1993).**
- JARDALI-MAATOUK Z. (1994).** Comparaison de la composition en caséines et de l'aptitude fromagère du lait de vache et du lait de dromadaire. Thèse de Doctorat de l'INPL de Nancy, France, 140p.
- JELENA B., MARIA J. C. and CRISTINA A. (2009).** The effects of freeze-drying process parameters on Broiler chicken breast meat. *J. Food and Sci. Tech.*, **42**, 1325-1334.
- KAMOUN M. (1990).** La production de fromage à partir du lait de dromadaire. *Option médit.*, série **A**, (12), 119-124.
- KAMOUN M. (1991).** Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. *Options Médi. CIHEAM* ; N° **12**, 81-103.
- KAMOUN M. (1994).** Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation : conséquences technologiques. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie, 167-171.
- KAMOUN M. et RAMET J.P., (1989).** Conservation et transformation du lait de dromadaire. *Option Médit.*, Série Séminaire **6**, 229-231.
- KAMOUN M. et RAMET J.P., (1988).** Cités par **KAMOUN et RAMET (1989).**
- KAPPELER S. (1998).** Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. *Diss. ETH*, **12947**, Zurich, Suisse.
- KAPPELER S., FARAH Z. and PUHAN Z. (1998).** Sequence Analysis of *Camelus dromedaries* milk caseins. *J. Dairy Res.*, **65**, 209-222.
- KAPPELER S., FARAH Z. and PUHAN Z. (2003).** Flanking regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. *J. Dairy Sci.*, **86**, 498-508.
- KAPPELER S., MANFRED A., FARAH Z. and PUHAN Z. (1999).** Sequence Analysis of camel milk (*Camelus dromedarius*) lactoferrin. *Int. Dairy J.*, **9**, 481-486.
- KARAM H. Z. et KARAM N.E. (2005).** Bactéries lactiques du lait de chamelle. Université d'Oran-Sénia, *Renc. Rech. Ruminants*, 11-12.
- KARRAY N., LOPEZ C., OLLIVON M. and H. ATTIA (2005).** La matière grasse du lait de dromadaire: composition, microstructure et polymorphisme. *Rev. OCL.*, **12**, 439-446.
- KARUE C.N. (1994).** The Dairy Characteristics of Kenyan Camel. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie, 55-60.
- KHANNA, N.D., SAHANI, M.S., RAI, A.K. (1998).** cités par **FAYE (2003).**
- KHASKHELI M., ARAIN M. A., CHAUDHRY S., SOOMRO A. H. and QURESHI T. A. (2005).** Physico-chemical quality of camel milk. *J. Agric. Social Sci.*, **2**, 164-166.
- KHERASKOV S. G. (1953).** Cité par **AL-HAJ et AL-KANHAL (2010).**
- KHEROUATOU N. et ATTIA H. (2008).** Etude comparative des caséines camelines (*Camelus dromedarius*) et bovines. *J. Sci. & Techn.*, **28**, 73 -79.

- KHEROUATOU N., NASRI M. and ATTIA H. (2003a).** A study of the dromadary milk casein micelle and its changes during acidification. *Brazilian J. Food Techn.*, **2**, 304-318.
- KLASING C.K., Ph.D., BS. and MS. (2006).** Avian gastrointestinal anatomy and physiology. Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine, University of California, Elsevier Inc, **8**, 42-50.
- KNOESS K.H. (1979).** Cité par **RAMET (1994).**
- KNOESS K.H., MAKJDUN A.J., RAFIG M. and HAFEEZ M. (1986).** Milk Production Potential of the Dromadary with special reference to the province of Penjab. *World Anim. Rev.*, **57**, 11 -21.
- KONUSPAYEVA G. (2007).** Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* et hybrides) au Kazakhstan. Thèse de Doctorat en Sciences des Aliments, Université Montpellier II, 255p.
- KONUSPAYEVA G., FAYE B. and LOISEAU G. (2009).** The composition of camel milk: A meta-analysis of the literature data. *J. Food Comp. Analysis*, **22**, 95-101.
- KONUSPAYEVA G., FAYE B., LOISEAU G. and LEVIEUX D. (2007).** Lactoferrin and immunoglobulin contents in camel's milk (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius*, and hybrids) from Kazakhstan. *J. Dairy Sci.*, **90**, 38-46.
- KONUSPAYEVA G., FAYE B. et SERIKBAEVA A., (2003).** Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie centrale. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger, 71 - 82.
- KONUSPAYEVA G., LOISEAU G. et FAYE B., 2004.** - La plus-value "santé" du lait de chamelle cru et fermenté : l'expérience du Kazakhstan. *Renc. Rech. Ruminants*, **11**, 47-50.
- LAMBER J. C. (1994).** La transformation laitière et le nomadisme : exemple du Niger. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie, 263-266.
- LARBIER M. et LECLERCQ B. (1992).** Nutrition et alimentation des volailles. *Ed.*, INRA, Paris, 349p.
- LARPENT J.P., COPIN M.P., GERMONVILLE A., JACQUET M. et THETAS J.L. (1997).** Microbiologie du lait et des produits laitiers ; in : « Microbiologie alimentaire ». Tec & Doc., 1ère Ed., Lavoisier, Paris.
- LARPENT J.P. (1997).** Analyse des croûtes de fromage. Dans : « Microbiologie Alimentaire ». Tec. & Doc., 1ère Ed., Lavoisier, Paris.
- LARSSON-RAZNIKIEWICZ M. and MOHAMED M.A. (1986).** Analysis of the Casein in Camel (*Camelus dromedaries*) milk . *J. Agric. Res.*, **16**, 13-18.
- LARSSON-RAZNIKIEWICZ M. and MOHAMED M.A. (1994).** Camel's (*Camelus dromedarius*) Milk : properties important for processing procedures and nutritional value. Actes du Colloque : « Dromadaires et chameaux animaux laitiers », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie, 189-196.
- LASNAMI K. (1986).** Cité par **CHEHMA (2003).**
- LEVIEUX D., LEVIEUX A., EL-HATMI H. AND RIDAUDIÈRE J. P. (2006).** Immunochemical quantification of heat denaturation of camel (*Camelus dromedarius*) whey proteins, *J. Dairy Res.*, **73**, 1-9 p.
- LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L. and RANDALL R.J. (1951).** Cités par **SIBOUKEUR O. (2007).**
- LENOIR J., REMEUF F. et SCHNEID N. (1997).** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. Dans : Le fromage, Eck A. et Gillis J.-C. *Ed. Tech. & Doc.*, Lavoisier, Paris, 891p.
- LUQUET F.M. (1985).** Lait et Produits Laitiers ; Vache, Brebis, Chèvre. Tec. & Doc., 2ème Ed., Lavoisier, Paris, 603p.
- MAGJEED N.A. (2005).** Corrective effect of milk camel on some cancer biomarkers in blood of rats intoxicated with aflatoxin B1. *J. Saudi Chem. society.*, **9**, 253-263.
- MATHIEU J. (1998).** Initiation à la Physico-Chimie du Lait. Tec. Doc., 1ère Ed., Lavoisier, Paris.
- MATI A., GIRARDET J.M., XENAKIS D. et LINDEN G. (1991).** Isolement et caractérisation de la fraction hydrophobe des protéose-peptones du lait bovin, ovin et caprin. *Lait*, **71**, 259-273.
- MEHAIA M.A. (1993).** Fresh soft white cheese (Domiaty type) from camel milk ; composition, yield and sensory evaluation. *J. Dairy Sci.*, **76**, 2845-2855.
- MEHAIA M. A. (2006).** Manufacture of fresh soft white cheese (Domiaty-type) from dromedary camels milk using ultrafiltration process. *J. Food Techn.*, **4**, 206-212.

- MEHAIA M. A., ABOU EL-KHEIR A. M., HABLAS M. A. (1988).** Cités par **KONUSPAYEVA et al., (2009).**
- MEHAIA M.A. and ALKANHAL M.A. (1992).** Taurine and free amino acids in milk camel, goat, cow and man. *Milchwissenschaft*, **47**, 351-353.
- MEHAIA M.A., HABLAS M.A., ABDEL-RAHMAN K.M. and EL-MOUGY S.A. (1995).** Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. *Food Chem.*, **52**, 115-122.
- MIETTON B., DESMAZEAUD M., DE ROISSARD H. et WEBER F. (1994).**
Cités par **SIBOUKEUR (2007).**
- MOHAMED M.A. et LARSSON-RAZNIKIEWICZ M. (1990).** Hard cheese from camel milk. *Milchwissenschaft*, **45**, 716-718.
- MOHAMED M.A., MURSAL A.I. et LARSSON-RAZNIKIEWICZ M. (1989).** Separation of camel milk casein fraction and its relation to the coagulation properties of fresh milk. *Milchwissenschaft*, **44 (5)**, 278-280.
- MORRISON W.R. (1968).** Cité par **SIBOUKEUR (2007).**
- MOSLAH M. (1994).** La production laitière du dromadaire en Tunisie. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie, 61-65.
- NARJISSE H. (1989).** Nutrition et production laitière chez le dromadaire. *Options Médi., CIHEAM*, Série Séminaires N°2, 163-166.
- OCHIRKHUYAG B., CHOBERT J.M., DAGALARRONDO M., CHOISSET Y. and HAERTLE T. (1997).** Cités par **SIBOUKEUR (2007).**
- OMORE A., STAAL S.J., OSAFO E.L.K., KURWIJILLA L., BARTON D., MDOE N., NURAH G. and ANING G. (2004).** Market Mechanisms, Efficiency, Processing and Public Health Risks in Peri-Urban Dairy Product Markets: Synthesis of Findings from Ghana and Tanzania, *Livestock Res. Inst.*, 131 p.
- OULDELELIA M. et RAMET J.P. (1994).** Amélioration de l'aptitude à la coagulation des laits de dromadaire, chèvre et vache par supplémentation en lait de brebis. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie, 237-240.
- PASCAL D.P. (1968).** Comment élever les poules. *Ed. CLE YAOUNDE*, Montpellier.
- QUAN S., TSUDA H. and MIYAMOTO T. (2008).** Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides in skim milk fermented with *Lactobacillus helveticus* 130B4 from camel milk in Inner Mongolia, China. *J. Sci, Food and Agriculture*, **88**, 2688-2692.
- RAMET J. P. (1985).** **RAMET J. P. (1987).** Cités par **RAMET (1994).**
- RAMET J.P. (1991).** La transformation en fromage du lait de dromadaire. *Rev. Mond. Zootech.*, **67**, 21-28.
- RAMET J.P. (1993).** La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). Etude F.A.O., Production et santé animales, **113**, Rome, Italie, 118p.
- RAMET J.P. (1994).** Les aspects scientifiques et technologiques particuliers de la fabrication de fromage au lait de dromadaire. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie, 241-255.
- RAMET J.P. (1997).** Les agents de la transformation du lait ; la présure et les enzymes coagulantes. Dans : Le fromage, Eck A. et Gillis J.-C. *Ed. Tech. & Doc.*, Lavoisier, Paris, 891p.
- RAMET J. P. (2003).** Aptitude à la conservation et à la transformation fromagère du lait de chamelle. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger, 93-99.
- RAMET J. P. et KAMOUN M. (1988).** Conservation et transformation du lait de dromadaire. Centre international des hautes études agronomiques méditerranéennes (*CIHEAM*), **2**, 229, Montpellier.
- RAO M. B., GUPTA R. C., & DASTOUR N. N. (1970).** Camel milk and milk products. *J. Dairy Sci.*, **23**, 71-78.
- RICHARD , (1985).** Le dromadaire et son élevage. *Maison Alfort*, **12**, (Etudes de l'IEMTV Intst. Elv. Médc. Vét. des pays Trop.), France, 168p.
- RICHARD J. et DESMAZEAUD M. (1997).** Le lait de fromagerie. Dans : "Le fromage" éd. Eck et Gillis. *Tec. & Doc., 3ème Ed.*, Lavoisier, Paris.
- RICHARD D. et GERARD, D. 1985.** cités par **FAYE (2003).**
- RÜEGG M.W. and FARAH Z. (1991).** Melting Curves of camel milk fat. *Milchwissenschaft*, **46**, 361 362.

- SARDINAS J. L. (1969).** Cité par **RAMET J.P. (1997).**
- SAWAYA W. N., KHALIL J.K., AL-SHALHAT A. et AL-MOHAMMAD H. (1984).** Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *J. Food Sci.*, **49**, 744-747
- SCHER J. (1988).** Cité par **RAMET (1993).**
- SCHMIDT D. G. (1982).** Association of caseins and casein micelle structure. In: Developments in dairy chemistry-1. *Ed.*, Fox P. F., *Applied science publisher*, London, 61-86.
- SHABO Y., BARZEL R., MARGOULIS M. AND YAGIL R. (2005)** Camel milk for food allergies in children, *J.Immunology and Allergies* **7**, 796–798.
- SHALASH M. R. (1979).** Utilization of camel meat and milk in human nourishment. *Workshop on camels*, Khartoum, Sudan. *Internat.Found. Sci.*, **6**, 85-306. Stockholm, Sweden.
- SHARMANOV T. S., KADEROVA R.K., SHLIGINA O.E., ZHAKSYLYKOVA R. D. (1978).** Cités par **YAGIL (1982).**
- SIBOUKEUR O. (2007).** Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique, El-Harrach-Alger, 135p.
- SIBOUKEUR O., MATI A. et HESSAS B. (2005).** Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait cameline (*Camelus dromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers Agricultures*, vol.14, n° 5, 473-478.
- SIMPKIN S.P. (1985).** The Importance of Camels To Subsistence Pastoralists in Kenya: Camel Disease and Productivity in the Arid Lands of Northern Kenya, (Integrated Project In Arid Land IPAL), **7**, Germany, 163–192.
- SIMPKIN S.P., ROWLINSON P., TULLU D. et LESOROGOL, P. (1997).** Cités par **FAYE (2003).**
- SMAIL R. (2002).** Isolement et caractérisation des protéines majeurs du lait de chamelle collectés dans les régions de Ouargla et de Tamanrasset. Mémoire de Magister, Université de Bejaia, 75p.
- SUBHUTI D. (2005).** "Jineijin" and Digestive Enzymes. How to best promote digestion? Institute for Traditional Medicine, Portland, Oregon (2005).
- TAHA N.M. and KIELWEIN G. (1990).** Cités par **SIBOUKEUR (2007).**
- VALERIE E. (2007).** Hygienic status of camel milk in Dubai (United Arab Emirates) under two different milking management systems. Thèse de Doctorat en médecine vétérinaire, Université de München, 101p.
- VALLES E. et FURET J.P. (1977).** Etude des caillettes des bovins à l'état ruminant pour l'obtention d'extraits coagulants à base de pepsine bovine ; méthodes d'extraction. *Lait*, **61**, 601-617.
- VERINGA H. A. (1960).** Cité par **RAMET J.P. (1997).**
- WANGO J., FARAH Z. et PUHAN Z. (1993).** Extraction of rennet and its comparison with calf rennet extract. *Milchwissenschaft*, **48**, 322-325.
- WANGO J., FARAH Z. and PUHAN Z. (1998).** Composition of Milk from 3 Camels (*Camelus dromedarius*) Breeds in Kenya during Lactation. *Milchwissenschaft*, **53**, 136-139.
- WILSON R. T. (1998).** Camels., *Educational Press Ltd.*, CTA series, London, 120-124.
- XAVIER P., GILLES V., BERNARD F. et OLIVIER F. (2000).** Elevage camelin au Niger, *réf. Zootech.*, Projet de renforcement institutionnel et technique de la filière cameline, *1ère Ed.*, 93 p.
- YAGIL R. (1982).** Camels and Camel Milk. FAO, Animal Production and Health Paper N° **26**, 1-69. FAO, Rome, Italy.
- YAGIL R. (1985).** The Desert camel, comparative physiological adaptation. *Ed KARGER*, 109-120.
- YAGIL R. and ETZION Z. (1980).** Effect of drought conditions on the quality of camel milk. *J. Dairy. Res.*, **47**, 159-166.
- ZEUNER F.E. (1963).** A History of Domesticated Animals. Hutchinson Ed., London.

Annexe

Annexe I : Tableau de composition du lait de chamelle en fonction de l'origine géographique (KONUSPAYEVA, 2007).

Origine	Matière grasse	Protéines totales	Matière sèche	Lactose	Cendres
Asie	5.07 ± 0.21	4.02 ± 0.47	13.86 ± 1.97	5.33 ± 0.42	0.79 ± 0.10
Afrique de l'Est	4.14 ± 0.80	3.33 ± 0.52	12.69 ± 1.11	4.18 ± 0.72	0.76 ± 0.09
Afrique du Nord	3.50 ± 1.01	3.21 ± 0.60	12.53 ± 1.22	4.65 ± 0.67	0.84 ± 0.08
Sous-continent Indien	3.49 ± 0.85	3.36 ± 0.64	12.05 ± 1.61	4.45 ± 0.74	0.78 ± 0.07
L'Asie occidentale	3.31 ± 1.03	3.10 ± 0.62	11.62 ± 1.29	4.45 ± 0.40	0.78 ± 0.05
Indéterminé	3.62 ± 0.81	3.34 ± 0.53	12.22 ± 1.22	4.49 ± 0.77	0.72 ± 0.07

Annexe III : Grille d'appréciation de la qualité microbienne du lai (BEERENS et LUQUET, 1987).

Durée de décoloration (heures)	Nombre de germes (germes/ml)	Qualité microbienne du lait
Supérieure à 5 heures	100 000 à 200 000	Bonne
De 2 à 4 heures	200 000 à 2 millions	Bonne à passable
Inférieure à 2 heures	2 à 10 millions	insuffisante

Glu-	Val-	Gln-	Asn-	Gln-	Glu-	Gln-	Pro-	Thr-	10	Phe-	Glu-	Lys-	Val-	Glu-	Arg-	Leu-	Leu-	Asn-	20
Lys-	Thr-	Val-	Lys-	Tyr-	Phe-	Pro-	Ile-	Gln-	30	Val-	Gln-	Ser-	Arg-	Tyr-	Pro-	Ser-	Tyr-	Gly-	40
Asn-	Tyr-	Tyr-	Gln-	His-	Asn-	Leu-	Ala-	Val-	50	Ile-	Asn-	Asn-	Gln-	Phe-	Ile-	Pro-	Tyr-	Pro-	60
Tyr-	Ala-	Lys-	Pro-	Val-	Ala-	Ile-	Arg-	Leu-	70	Ala-	Gln-	Leu-	Pro-	Gln-	Cys-	Gln-	Ala-	Leu-	80
Asn-	Ile-	Asp-	Pro-	Pro-	Thr-	Val-	Glu-	Arg-	90	Pro-	Arg-	Pro-	Arg-	Pro-	Ser-	Phe-	Ile-	Ala-	100
Pro-	Pro-	Lys-	Lys-	<u>Thr-</u>	Gln-	Asp-	Lys-	<u>Thr-</u>	110	Asn-	Pro-	Ala-	Ile-	Asn-	Thr-	Val-	Ala-	Thr	120
Glu-	Pro-	Pro-	Val-	Ile-	Pro-	Thr-	Ala-	Glu-	130	Ala-	Val-	Asn-	Thr-	Val-	Val-	Ile-	Ala-	Glu-	140
Ser-P	Ser-	Glu-	Phe-	Ile-	Thr-	Thr-	Ser-	<u>Thr-</u>	150	Glu-	<u>Thr-</u>	<u>Thr-</u>	Thr-	Val-	Gln-	Ile-	Thr-	Ser-	160
Glu-	Ile																		

Figure I : Séquence primaire de la caséine κ -cameline
(d'après KAPPELLER *et al*, 1998 cité par SIBOUKEUR, 2007)

 : sites possibles de glycosylation.  : site d'attaque par la chymosine

									10										20
HGlu-	Glu-	Gln-	Asn-	Gln-	Glu-	Gln-	Pro-	Ile-	Arg-	Cys-	Glu-	Lys-	Asp-	Glu-	Arg-	Phe-	Phe-	Ser	Asp-
					26				30										40
Lys-	Ile-	Ala-	Lys-	Tyr-	Ile-	Pro-	Ile-	Gln-	Tyr-	Val-	Leu-	Ser-	Arg-	Tyr-	Pro-	Ser-	Tyr-	Gly-	Leu-
									50										60
Asn-	Tyr-	Tyr-	Gln-	Gln-	Lys-	Pro-	Val-	Ala-	Leu-	Ile-	Asn-	Asn-	Gln-	Phe-	Leu-	Pro-	Tyr-	Pro-	Tyr
									70										80
Tyr-	Ala-	Lys-	Pro-	Ala-	Ala-	Val-	Arg-	Ser	Pro-	Ala-	Gln-	Ile-	Leu-	Gln-	Trp-	Gln-	Val-	Leu-	Ser-
									90										100
Asp-	Thr-	Val-	Pro-	Ala-	Lys-	Ser-	Cys-	Gln-	Ala	Gln-	Pro-	Thr-	Thr-	Met-	Ala-	Arg-	His-	Pro	His-
				105	106				110										120
Pro-	His-	Leu-	Ser-	Phe-	Met-	Ala-	Ile-	Pro-	Pro-	Lys-	Lys-	Asn-	Gln-	Asp-	Lys-	Thr-	Gln-	Ile-	Pro-
									130						136				140
Thr-	Ile-	Asn-	Thr-	Ile-	Ala-	Ser-	Gly-	Glu-	Pro-	<u>Thr-</u>	Ser-	<u>Thr-</u>	Pro-	<u>Thr-</u>	<u>Ile-</u>	Glu-	Ala-	Glu-	Ala-
															Thr				
									148						(v. A)				160
Ser-	Thr-	Val-	Ala-	Thr-	Leu-	Glu-	<u>Ala-</u>	Ser-	Pro-	Glu-	Val-	Ile-	Glu-	Ser-	Pro-	Glu-	Ile-	Asn-	
							<u>Asp</u>		150										160
							(v.A)		169										
Thr-	Val-	Gln-	Val-	Thr-	Ser-	Thr-	Ala-	Val											
								OH											

Figure II : Séquence primaire de la caséine κ -B bovine
(d'après MERCIER *et al*, 1973 ; cités par EIGEL *et al*, 1984)

 : sites possibles de glycosylation  : site d'attaque par la chymosine

Annexe IV : Tableau de rendement fromager du lait de chamelle et celui du lait de vache en utilisant les différentes préparations coagulantes.

Préparation coagulante Type de lait	CK en poudre	ECK frais	ECK lyophilisé	Présure
Lait de chamelle	10.20	7.35	7.00	4.40
Lait de vache	15.65	5.51	4.83	11.5
Dose utilisée/100 ml de lait	0.5g	0.5 ml	0.5 ml	0.5 ml

Annexe V : Variation de l'activité coagulante (UP) des ECK conservés en température ambiante.

Semaine de conservation	Activité coagulante (UP)
S0	0,3151 ± 0,0044
S1	0,2216 ± 0,0020
S2	0,0949 ± 0,0070
S3	0,1324 ± 0,0008
S4	0,1304 ± 0,0013
S5	0,1303 ± 0,0012
S6	0,0942 ± 0,0010
S7	0,0526 ± 0,0026
S8	0,1466 ± 0,0082
S9	0,0984 ± 0,0023
S10	0,0625 ± 0,0021
S11	0,0712 ± 0,0027
S12	0,1183 ± 0,0099
S13	0,1567 ± 0,0058
S14	0,1323 ± 0,0091
S15	0,0535 ± 0,0016
S16	0,0425 ± 0,0022

Annexe VI : Variation de l'activité protéolytique des ECK conservés en température ambiante.

Semaine de conservation	Activité protéolytique
S0	0,350 ± 0,0064
S1	0,454 ± 0,0010
S2	0,472 ± 0,0066
S3	1,553 ± 0,0082
S4	1,715 ± 0,0057
S5	1,848 ± 0,0054
S6	2,174 ± 0,0027
S7	1,503 ± 0,0073
S8	0,854 ± 0,0015
S9	1,564 ± 0,0031
S10	0,406 ± 0,0046
S11	1,753 ± 0,0085
S12	1,971 ± 0,0081
S13	1,929 ± 0,0042
S14	1,853 ± 0,0045
S15	1,997 ± 0,0018
S16	1,577 ± 0,0014

Annexe VII : Groupes homogènes sur le plan Activité coagulante (UP) des ECK en fonction du mode de conservation, alpha = 0,050.

Mode de conservation	Moyennes	Groupes homogènes	
Température Amb	0,1208	A	
Réfrigération	0,1471	A	B
Lyophilisation	0,1561		B

Annexe VIII : Groupes homogènes sur le plan Activité protéolytique des ECK en fonction du mode de conservation, alpha = 0,050.

Mode de conservation	Moyennes	Groupes homogènes	
Température Amb	0,6244		A
Réfrigération	1,2580	B	
Lyophilisation	1,4106	B	