



République Algérienne Démocratique et Populaire

N série:.....

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حماد لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية و الجزيئية

Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie

THEME

Etudes comparative de l'effet des certains extraits enzymatiques sur l'aptitude à la coagulation du lait camelin entre deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif) dans des conditions *In Vitro* et *In Silico*

Présentés Par :

M^{elle} DIAB Amel

M^{elle} Boudouda Wassila

Devant le jury composé de :

Président :

Examineur :

Promoteur: Mr. Medjour A .

M.A.A

Université d'EL Oued

Année universitaire 2019/2020

Dédicace

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, qui m'ont tant soutenu tout au long de mes études.

*A ma chère Mère **Mabrouka**, Mon âme, ma vie, ma copine, Je m'excuse beaucoup pour votre fatigue, votre souffrance pour moi et pour vos conseils et assistance. A Mon chère père **Mohamed Ounas**, l'impulsion de mon cœur, je vous remercie beaucoup pour votre tendresse et gentillesse. Mercie mes chères pour vos sacrifices, votre soutien moral et financier. Avec tout mon respect pour vous ni remerciement ne pourrait être suffisant pour vous. Que Dieu vous garde en bonne santé pour moi ...*

A tout mes amis qui tiennent à côté de moi et m'ont soutenu m'a encouragé tout au long de l'année

*Surtout **Horiya mia** .*

Amel



Remerciements

*Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens à fins de pouvoir accomplir ce modeste travail tout puissant qui nous guidés sur le droit chemin et nous a donné le courage et la volonté de continuer et de terminer nos études Nous remercions notre promotrice **Monsieur MADJOUR Abdalhak** maitre de conférences à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de l'Université EL-CHAHID HAMMA LAKHDAR - El oued, de nous avoir proposé ce thème, ainsi que pour son aide précieuse et ses considérables consiels qui nous ont faculté le travail. Nous remercions également les personnels d'abattoir d'El-Oued, pour leur patience, leur disponibilité et leur aide. Je remercie particulièrement maitre de conférences de l'Université El oued pour avoir accepté de présider le jury Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner ce travail. Tous nos enseignants trouvent ici l'expression de nos profonds respects. Un grand merci à tous les membres du laboratoire de biochimie qui nos ont soutenu, et grâce à leur disponibilité et à leur bonne humeur, les moments de travail étaient agréables. Enfin, je remercie, tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

Résumé

Le lait de chamelle, malgré sa richesse et sa production non négligeable demeure un produit relativement peu consommé et peu transformé, car insuffisamment étudié et mis en valeur. Cette présente étude tente de mieux connaître ce produit en prenant en charge différents volets. Nous sommes suggérons d'étudier relativement la capacité de coagulation du lait de chamelle. Entre deux méthodes de culture (à grande échelle et semi-intensive), utilisant des enzymes de la coagulation Extrait de chips de dromadaire et de bétail complémentaires d'investigations.

Les analyses préliminaires du lait collecté de la région d'EL-Oued à partir de ces modes d'élevage ont montré que ce lait ayant une bonne valeur nutritionnelle avec un pH moyen égale à 6,63, une acidité de 19°D et densité moyenne de 1,026 pour le système d'élevage extensif, alors que ces valeurs sont relativement plus élevées pour le système d'élevage semi-intensif où nous avons enregistré un pH de 6,74, acidité de 20,50°D et une densité égalé à 1,028. L'activité coagulante du lait camelin issu d'élevage semi-intensif en utilisant l'extrait enzymatique de caillette bovine et l'extrait enzymatique de caillette dromadaire a été plus élevée (1,632 et 0,472 respectivement) comparée à celle de lait provenant d'un système d'élevage extensif (0,685 et 0,268 respectivement). L'étude de l'activité de coagulation du lait de chamelle du désert a montré que la capacité de coagulation du lait obtenu à partir du système semi-intensif était comparée à celle obtenue à l'aide du système de sélection élargi. Ceci est dû à la proportion de caséine et le ratio de cette dernière est principalement associé à la qualité de la nutrition et basé sur l'étude *In silico* on peut dire que la κ caséine bovine et cameline ont chacune sa particularité envers les protéases de la présure (pepsine ou chymosine), lors de la coagulation fromagère et que chacune fonctionne mieux avec l'enzyme de son espèce.

Mots clés : lait camelin, extrait enzymatique, activité coagulante, activité protéolytique, extensif, semi-intensif.

Abstract

Camel milk, despite its richness and non-negligible production, remains a relatively little consumed and little processed product, as it has been insufficiently studied and developed. This study is trying to get to know this product better by taking care of different aspects. We suggest that we study the coagulation capacity of camel milk relatively. Between two cultivation methods (large-scale and semi-intensive), using coagulation enzymes Extract of dromedary crisps and investigative cattle.

Preliminary analyzes of milk collected from the EL-Oued region from these farming methods have shown that this milk has good nutritional value with an average pH equal to 6.63, an acidity of 19 ° D and density average of 1.026 for the extensive farming system, while these values are relatively higher for the semi-intensive farming system where we recorded a pH of 6.74, acidity of 20.50 ° D and an equal density The coagulating activity of camel milk from semi-intensive farming using the enzyme extract of bovine abomasum and the enzyme extract of dromedary abomasum was higher (1.632 and 0.472 respectively) compared to that of milk from of an extensive rearing system (0.685 and 0.268 respectively), The study of the coagulation activity of desert camel milk showed that the coagulation capacity of milk obtained from the semi-intensive system was compared to that obtained using the élar selection system expanded.

This is due to the proportion of casein and the ratio of the latter is mainly associated with the quality of nutrition and based on the In silico study, we can say that κ bovine casein and camelina each have their particularity towards rennet proteases (pepsin or chymosin), during cheese coagulation and that each works better with the enzyme of its species.

Key words: camel milk, enzymatic extract, coagulant activity, proteolytic activity, extensive, semi-intensive, abomasums .

الملخص

لبن الإبل ، على الرغم من ثرائه وإنتاجه الذي لا يُذكر ، يظل منتجًا قليل الاستهلاك نسبيًا وقليل المعالجة ، حيث لم يتم دراسته وتطويره بشكل كافٍ. تحاول هذه الدراسة التعرف على هذا المنتج بشكل أفضل من خلال الاهتمام بجوانب مختلفة ، نقترح أن ندرس قدرة تخثر لبن الإبل نسبيًا. بين طريقتين للثقافة (واسعة النطاق وشبه مكثفة) ، وذلك باستخدام الانزيمات المعدية المستخلصة من منفحة الجمل وكذلك البقر.

أظهرت التحليلات الأولية للحليب الذي تم جمعه من منطقة الوادي من طرق الزراعة هذه أن هذا الحليب له قيمة غذائية جيدة بمتوسط درجة حموضة تساوي 6.63 ، حموضة 19 ° D و كثافة متوسط 1.026 لنظام الزراعة المكثف ، في حين أن هذه القيم أعلى نسبيًا لنظام الزراعة شبه المكثف حيث سجلنا درجة حموضة 6.74 ، حموضة 20.50 درجة مئوية وكثافة متساوية كان نشاط التخثر في حليب الإبل من الزراعة شبه المكثفة باستخدام مستخلص إنزيم منفحة البقرة ومستخلص إنزيم منفحة الجمل أعلى (1.632 و 0.472 على التوالي) مقارنة مع الحليب من نظام التربية الشامل (0.685 و 0.268 على التوالي) ، أظهرت دراسة نشاط تخثر لبن الإبل الصحراوي أنه تم مقارنة قدرة التخثر للحليب الذي تم الحصول عليه من النظام شبه المكثف التي تم الحصول عليها باستخدام النظام موسع. ويرجع ذلك إلى نسبة الكازين وترتبط نسبة الأخير بشكل أساسي بجودة التغذية و استنادًا إلى دراسة الاحصائية ، يمكننا أن نقول أن الكابا الكازين البقري وكذلك الخاص بالجمال لكل منهما خصوصيته تجاه المنفحة البروتينية (الببسين أو الكيموسين) ، أثناء تخثر الجبن وأن كل منها يعمل بشكل أفضل مع إنزيم أنواعه.

الكلمات المفتاحية : حليب الإبل، استخلاص الانزيم، نشاط التخثري، نشاط التحليل البروتيني، نظام موسع ، شبه المكثف ، المنفحة .

<ul style="list-style-type: none"> ☉ Remerciments ☉ Dédicases ☉ Résumés ☉ Liste de figure ☉ Liste de tableau 	
	Page
Introduction	01
<i>PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
Chapitre I. GENERALITE SUR LE DROMADAIRE	
I. 1. Présentation du dromadaire	03
I.2. Historique et origine	03
I.3. Modes d'élevage	03
A. Elevage en extensive	04
B. Elevage en intensif	05
C. Elevage en semi-intensif	05
I.4. Races des dromadaires en Algérie	06
I.5. Facteurs influençant la production laitière	06
I.5.1. Race	06
I.5.2. Type d'alimentation	07
I.5.3. Rang et stade de lactation	07
I.5.4. Effet du statut sanitaire	07
I.5.5. Pratique de traite	07
Chapitre II. CARACTERISTIQUE DE LAIT DE CHAMELLE	
I.2.1. Généralités sur le lait	08
I.2.2. Caractéristiques du lait de chamelle	08
I.2.2.1. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques	08
I.2.2.2. Compositions chimiques et biochimiques	08
I.2.2.2.1. Eau	08
I.2.2.2.2. Minéraux et oligo-éléments	09
I.2.2.2.3. Vitamine	09
I.2.2.2.4. Matière grasse	09

I.2.2.2.5. Glucides	10
I.2.2.2.6. Protéines	10
I.2.2.2.6.1. Caséines	10
A. Caséine αS1	10
B. Caséine αS2	10
C. Caséine β	11
D. Caséine k	11
I.2.2.2.6.2. Protéines sériques	12
I.2.3. Utilisation médicinale et propriétés thérapeutiques	12
A. Propriétés anti-infectieuses	12
B. Cancer et maladies auto-immunes	12
C. Hormones	12
I.2.4. Aptitudes technologique du lait de chamelle	13
I.2.4.1. Coagulation du lait	13
I.2.4.1.1. Coagulation par voie enzymatique	13
I.2.4.1.1.1. Enzymes d'origine animale	13
I.2.4.1.1.2. Enzymes d'origine végétale	14
I.2.4.1.1.3. Enzymes d'origine microbienne	14
I.2.4.1.1.4. Particularités moléculaires et mécanisme d'action	15
I.2.4.1.2.1. Coagulation acide	16
I.2.4.1.2.2. Difficultés de coagulation du lait camelin	16

<i>PARTIE II. PARTIE EXPERIMENTALE</i>	
Chapitre I. MATERIELLE ET METHODE	
II. Matériel et méthodes	17
II.1. Matériel	17
II.1.1. Matériel biologique	17
II.1.1.1. Echantillons de lait	17
II.1.1.2. Caillettes	17
II.1.2. Matériel de laboratoire	18
II.1.3. Solvants et réactifs	19

II.2. Méthodes	19
II.2.1. Collecte du lait	19
II.2.2. Prélèvement de caillettes	19
II.2.3. Analyses physico-chimiques	19
II.2.3.1. Mesure du pH	19
II.2.3.2. Détermination de l'acidité Dornic	19
II.2.3.3. Détermination de la densité	20
II.2.3.4. Détermination des teneurs en extrait sec total (EST) et en extrait sec dégraissé (ESD)	20
II.2.3.5. Taux de cendres	20
II.2.3.6. Dosage des protéines	20
II.2.4. Extraction des enzymes coagulantes	21
II.2.4.1. Macération	21
II.2.4.2. Clarification	21
II.2.4.3. Concentration des extraits clarifiés	22
II.2.4.4. Ajustement de pH	22
II.2.4.5. Conservation et stockage des extraits gastriques	22
II.2.5. Caractérisation des extraits coagulants gastriques	23
II.2.5.1. Calcul du rendement des extractions	23
II.2.5.2. Activité coagulante	24
II.2.6. Rendement fromager « réel »	25
II.2.7. Analyses statistiques	25
II.2.8. Analyse bioinformatiques (<i>In silico</i>)	25

PARTIE III . RESULTAT ET DISCUSSION	
III.1. Paramètres physico-chimiques	26
III.1.1. pH	26
III.1.2. Acidité Dornic	27
III.1.3. Densité	27
III.1.4. Matière sèche totale	28
III.1.5. Cendres	29

III.1.6. Teneur en caséines	
III.1.7. Teneur en protéines lactoséiques	29
III.1.8. Teneur en protéines totales	30
III.2. Caractérisation des extraits coagulants	30
III.2.1. Rendement des extractions	30
III.2.2. Mesure du temps de flocculation	31
III.3. Rendement fromager	32
III.4. Analyses <i>In Silico</i>	33
III.4.1. Analyse et recherche d'identité	33
III.4.2. Recherche des signatures (patterns)	37
III.4.3. Analyse Physico-chimique (In Silico)	38
III.4.4. Digestion enzymatique <i>In Silico</i>	40
CONCLUSION	41
REFERANCE	43
ANNEXES	51

LISTE DES FIGURES

Nombre	Titre	Page
01Figure	Modèle de micelle de caséine avec submicelles.	15
02Figure	Anatomie de l'appareil digestif de l'estomac de ruminant (en haut) et de camelin (en bas) (BOUDJENAH-HAROUN, 2012).	25
03Figure	Photo de caillette utilisée pour en extraire les enzymes coagulantes (Photo originale).	25
04Figure	Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY <i>et al.</i> (1951). L'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine étalon. R= coefficient de corrélation.	30
05Figure	Protocole d'isolement des extraits enzymatiques à partir des caillettes (VALLES et FURET, 1977).	31
06Figure	Mesure du temps de floculation par la méthode de BERRIDGE (1945), modifiée par COLLIN <i>et al.</i> (1977).	34
07Figure	Fichier d'entrée pour la séquence de la κ caséine de l'espèce <i>Bos taurus</i> sur UniProt.	34
08Figure	Fichier d'entrée pour la séquence de la κ caséine de l'espèce <i>Camelus dromedarius</i> sur UniProt..	34
Figure 09	Format FASTA de la séquence de κ caséine de l'espèce <i>Bos taurus</i> sur UniProt.	34
Figure 10	Format FASTA de la séquence de κ caséine de l'espèce <i>Camelus dromedarius</i> sur UniProt.	35
Figure 11	Résultats de l'alignement des deux séquences de κ caséine (cameline et bovine) Via l'outil BLAST de la banque NCBI.	35
Figure 12	Résultats de l'alignement des deux séquences de κ caséine (cameline et bovine) Via l'outil BLAST de la banque NCBI (suite des résultats).	36

LISTE DES FIGURES		
Figure 13	Recherche des signatures sur la séquence de κ caséine bovine (<i>Bos taurus</i>) en utilisant l'outil Prosite de ExPASy.	37
Figure 14	Recherche des signatures sur la séquence de κ caséine cameline (<i>Bos taurus</i>) en utilisant l'outil Prosite de ExPASy.	38
Figure 15	Composition globale en acides aminés de la séquence de κ caséine cameline	39
Figure 16	Composition globale en acides aminés de la séquence de κ caséine bovine	39
Figure 17	Représentation graphique de l'hydrophobicité de la séquence de κ caséine cameline.	39
Figure 18	Représentation graphique de l'hydrophobicité de la séquence de κ caséine bovine.	40
Figure 20	Digestion par la pepsine à pH de 1,3 de la séquence de κ caséine cameline par l'outil PeptideCutter (ExPASy) avec les peptides générés.	43
Figure 21	Comparaison des régions sensible à l'hydrolyse de la chymosine sur les deux séquences, caméline et bovine, de la caséine κ . Les résidus conservés sont en gris (MEDJOUR, 2014).	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau I	Echantillons de laits de chamelles collectés.	24
Tableau II	Résultats des paramètres physico-chimiques des deux types de lait camelin étudiés (provenant d'élevage extensif et semi-intensif).	26
Tableau III	Certains paramètres relatifs aux caillettes cameline et bovine utilisées..	31
Tableau IV	Temps de floculation obtenu après l'utilisation des différentes pressures sur les deux échantillons prélevés du lait de chamelle.	32
Tableau V	Rendement fromager en fonction de type du lait (lait des chamelles issu d'un élevage extensif et lait des chamelles issu d'un élevage semi-intensif) et en fonction de type de caillette utilisée (ECD et ECB).	32

Introduction

Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale ressource alimentaire pour les peuples nomades qui le consomment habituellement à l'état cru ou fermenté. Il est considéré comme l'aliment de base pendant toute l'année, dans la plupart des zones pastorales sahariennes (SBOUI *et al.*, 2016).

Ce lait est, généralement, consommé frais car il possède des aptitudes faibles à la transformation au produit dérivées (fromage, yaourt, beurre...etc.), les difficultés sont reliées à plusieurs contraintes : diamètre réduit des globules gras, grand diamètre des micelles des caséines, taux faible en minéraux...etc. Cette caractéristique est considérée comme un facteur limitant de son développement technologique (KONUSPAYEVA *et al.*, 2008).

Pour cette raison de nombreuses recherches ont été effectuées sur la coagulation de lait, particulièrement exploré en testant différents types d'enzymes végétales, bactériennes et animales. D'après plusieurs travaux ultérieurs, la présure animale, particulièrement, celle de dromadaire donne des résultats les plus satisfaisant. (MAÂMRI et MEKHOULFI, 2013).

Depuis certain temps, les chameliers, à El-Oued, ont adopté un nouveau mode d'élevage camelin que l'on effectue en zones péri-urbain, il s'agit de mettre le troupeau en stabilité pendant une moitié de la journée en leurs fournissant de l'eau et d'une alimentation (nouvelle pour cette espèce « son, orge, blé... ») et pendant l'autre moitié de la journée, on laisse l'animal se promener dans le parcours saharien, accompagné avec un pasteur, afin qu'il puisse brouter des plantes spontanées de parcours (mode alimentaire habituel pour cet animal), ce nouveau système d'élevage est dite « semi-intensif ».

Ce nouveau mode d'élevage peut-il avoir un impact positif ou négatif sur l'aptitude à la coagulation du lait camelin ? Dans ce contexte, notre travail va contribuer à l'étude sur la coagulation du lait camelin et sa corrélation avec la transition dans le mode d'élevage, de l'élevage extensif « système d'élevage naturel » à l'élevage semi-intensif.

Une étude *In silico* est, également, entreprise, afin de pouvoir expliquer, au niveau macromoléculaire, la corrélation entre l'aptitude à la coagulation et la structure de la séquence protéique de la κ -caséine.

CHAPITRE I

Généralités sur les dromadaires

Chapitre I : Généralités sur les dromadaires

I. 1. Présentation du dromadaire

Le chameau est synonyme du nomadisme en milieu désertique (BOUDJENAH, 2012). Dans le climat chaud et aride, les dromadaires (*Camelus dromedarius*) sont des animaux polyvalents ; Ils sont la principale source d'alimentation humaine. Ils fournissent du lait, de la viande, des cheveux et des peaux, ainsi que pour d'autres usages tels que le transport sur de courtes distances pour les sociétés rurales et urbaines qui habitent dans les zones arides et semi-arides et utilisés pour le trait dans l'agriculture et pour les usages domestiques comme les transport de l'eau, des céréales, du bois, du sel... (HUSSEIN, 1989; RICHARD, 1989; KHAN *et al.*, 2003; EL-WAZIRY *et al.*, 2012; AL-JUBOORI *et al.*, 2013; JRAD *et al.*, 2013; ALOK *et al.*, 2015; NILUFAR *et al.*, 2016; SIDDIG *et al.*, 2016).

I.2. Historique et origine

Le nom « dromadaire » dérive du terme grecque « dromos » qui veut dire route ou chemin en grec (MEDJOUR, 2014). Le chameau appartient à la famille des camélidés. Dans cette dernière, le genre le plus répandu *Camelus* comporte deux espèces : *Camelus dromedarius*, le dromadaire à une bosse et *Camelus bactrianus*, le chameau à deux bosses (MAHBOUB, 2009; NAOUI, 2013; KANDIL SOLIMAN, 2015; PATEL *et al.*, 2016).

Le dromadaire ou "vaisseau du désert" vit dans les régions chaudes, arides et semiarides de la planète. Il serait originaire de l'Amérique du Nord où le plus ancien fossile de *Camelidae* a été trouvé et d'où il aurait rejoint l'Asie et l'Afrique, à la suite des glaciations qui sévirent dans pratiquement le quasi totalité de l'hémisphère nord de la planète durant l'ère tertiaire (MOSLAM et MEGDICHE, 1989; BOUALLALA *et al.*, 2011; BENNEDJMA et ROUIDJAA, 2015).

I.3. Modes d'élevage

En grand terme il existe deux modes d'élevage : l'élevage en extensif (communément suivi, pratiqué dans des parcours et des vastes superficies et qui se base sur la végétation naturelle) et l'élevage en intensif (en limitation et qui se base sur l'utilisation des complémentations alimentaires). A la limite de ces deux modes s'ajoute un autre système d'élevage, c'est le mode semi-intensif (MADJOUR, 2014).

A. Elevage en extensive

Les dromadaires sont libres de chercher leur nourriture en marchant des centaines de kilomètres dans le Sahara toute la journée, mais il est important de

rappeler qu'il fait un choix marqué par consommation d'une quantité bien déterminée de plantes (BEN AISA, 1989; DIALLO, 1989; KAMOUN, 2011). Les dromadaires sont élevés selon les systèmes d'élevage existants : Sédentaire, nomadisme, semi-nomadisme et transhumant.

➤ **Nomadisme** : Ce type a beaucoup régressé au cours des années. Il implique des déplacements plus ou moins réguliers liés à la variabilité des ressources végétales exploitées par les troupeaux et concerne l'ensemble des groupes qui se déplacent au sein d'un territoire plus ou moins exclusif d'autres humains. L'alimentation est assurée, pendant toute l'année, grâce aux mouvements continus et irrégulier des troupeaux à la recherche d'eau et d'herbe. Au centre de la vie des nomades, l'habitatmobile, la tente, est bien adaptée à ce système d'élevage (QARRO, 1997).

➤ **Semi-nomadisme** : l'alimentation est assurée, pendant une bonne partie de l'année, par des déplacements irréguliers à la recherche de pâturage et d'eau. A la différence de nomadisme, les éleveurs possédant un point d'attache "habitat fixe", où les troupeaux passent une partie de l'année (QARRO, 1997; RENAUDIN et RAILLON, 2011).

➤ **Sédentaire** : signifiant que les troupeaux se déplacent, mais ils reviennent chaque soir au village. Il est banal de rencontrer côte à côte dans un même village des éleveurs sédentaires (ALAIN, 2006; CHAKRAPANY, 2014). Ce type d'élevage basé sur l'alimentation sur les ressources situées à proximité de l'habitat fixe, et sur les produits de l'agriculture (QARRO, 1997; CHEHMA *et al.*, 2003; SOWOU et TAHIROU, 2013). Les animaux n'effectuent pas de grande migration (OULDTALEB, 1999).

➤ **Transhumance** : l'ambiguïté du terme de "transhumance" quand on tente de l'opposer à celui de "nomadisme" tient au fait qu'il peut rendre compte soit de la régularité des mouvements, la transhumance se manifeste par des déplacements réguliers entre deux pôles. La transhumance représente un mode de gestion de la mobilité pastorale, elle conduit des dromadaires sur des vastes étendues respectant un itinéraire et un calendrier prévisible et constant dans laquelle les dromadaires sont loin des services vétérinaires (ADAMOU et FAYE, 2007; RENAUDIN et RAILLON, 2011). Dans ce système les éleveurs migrent avec tout ou une partie des troupeaux en vue de profiter de meilleures conditions d'affouragement, tandis que quelques chamelles sont laissées à la famille restée au point d'attache pour

leur approvisionnement en lait. Les déplacements ne se font au hasard, mais sont basés sur une connaissance du milieu pastoral et agropastoral (SOWOU et TAHIROU, 2013).

B. Elevage en intensif

L'élevage intensif est pratiqué autour des grandes agglomérations et cités urbaines et dans ce qui est plus connu sous le vocable d'élevage périurbain (COULIBALY, 2002).

L'évolution d'un nouveau mode d'élevage ou plutôt d'exploitation des dromadaires. Il s'agit aussi de l'engraissement dans des parcours délimités en vue de l'abattage. Les « exploitants » s'organisent pour acquérir les dromadaires dans les zones de production et les transportent par camion vers des zones d'engraissement où ensuite ils sont abattus. Ce système semble se développer ces dernières années, suite à l'augmentation des prix des viandes rouges (BEN AISSA, 1989).

C. Elevage en semi-intensif

Durant toute la saison sèche, les troupeaux camelins, constitués uniquement de femelles laitières et qui reçoivent une ration le matin avant de partir à la recherche de pâturages dans les zones périphériques de la ville. Ils reviennent très tôt dans l'après-midi et reçoivent de l'eau et une complémentation alimentaire composée de tourteau d'arachide, de son, de riz, de blé etc. Pendant l'hivernage, l'alimentation est quasi-exclusivement basée sur les pâturages naturels (MEDJOUR, 2014). Ce système présente des inconvénients liés à une exploitation irrationnelle de cette espèce animale. En effet les propriétaires achètent des femelles en fin de gestation ou en début de lactation pour rentabiliser leur production. Lorsque ces dernières sont tarées, elles sont mises en vente avec les jeunes pour renouveler les troupeaux. Ce qui représente une perte potentielle pour le secteur d'élevage dans la mesure où ces femelles aptes à se reproduire finissent généralement en boucherie avant la fin de leur vie reproductive. Cela constitue un problème majeur quant à la reproduction et à la pérennité de l'espèce (CORRERA, 2006).

I.4. Races des dromadaires en Algérie

Les différentes races rencontrées en Algérie se retrouvent dans les trois pays d'Afrique du Nord ; ce sont des races de selle, de bât et de trait (figure 1). Il s'agit des races suivantes :

➤ **Le Chaambi** : Très bon pour le transport, moyen pour la selle. Sa répartition va du grand ERG Occidental au grand ERG Oriental. On le retrouve aussi dans le Metlili des Chaambas ;

➤ **L'Ouled Sidi Cheikh** : C'est un animal de selle. On le trouve dans les hauts plateaux du grand ERG Occidental ;

➤ **Le Saharaoui** : Est issu du croisement Chaambi et Ouled Sidi Cheikh. C'est un excellent méhari. Son territoire va du grand ERG Occidental au Centre du Sahara ;

➤ **L'Ait Khebbach** : Est un animal de bât. On le trouve dans l'aire Sud-Ouest ;

➤ **Le Chameau de la Steppe** : Il est utilisé pour le nomadisme rapproché. On le trouve aux limites Sud de la steppe ;

➤ **Le Targui ou race des Touaregs du Nord** : Excellent méhari, animal de selle d'excellence souvent recherché au Sahara comme reproducteur. Réparti dans le Hoggar et le Sahara Central ;

➤ **L'Ajjer** : Bon marcheur et porteur. Se trouve dans le Tassili n'Ajjer ;

➤ **Le Reguibi** : Très bon méhari. Il est réparti dans le Sahara Occidental, le Sud Oranais (Béchar, Tindouf). Son berceau : Oum El Assel (Reguibet) ;

➤ **Le Chameau de l'Aftouh** : Utilisé comme animal de trait et de bât. On le trouve aussi dans la région des Reguibet (Tindouf, Bechar) (BEN AISSA, 1989).

I.5. Facteurs influençant la production laitière

La variabilité des rendements laitiers est liée à divers facteurs dont:

I.5.1. Race

Il est rapporté une production annuelle moyenne 2,6 fois plus élevée chez les races asiatiques que chez celles provenant du continent africain (RAMET, 1993).

Parmi les races africaines, nous pouvons citer à titre d'exemple la race Hoor (somalienne) capable de produire en moyenne 8 litres par jour pour une lactation de 8 à 16 mois. Les races asiatiques, Malhah et Wadhah peuvent produire, respectivement jusqu'à 18.3 et 14 kg de lait par jour. 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).

I.5.2. Type d'alimentation

Comme pour le bovin, l'alimentation du dromadaire reste le facteur le plus déterminant (RAMET, 1993 ; MEHAIA *et al.*, 1995 ; WANGOH *et al.*, 1998a).

En effet, selon plusieurs auteurs (KNOESS *et al.*, 1986 ; RICHARD et GERARD, 1989) l'amélioration des conditions alimentaires (régimes riches en fourrages verts renfermant de la luzerne, du mélilot ou du chou) prolonge la période de lactation et augmente la quantité de lait produite jusqu'à atteindre parfois le double. Par ailleurs, la disponibilité ou non de l'eau n'influence presque pas cette production qui n'est que faiblement diminuée en période de sécheresse. Une privation d'eau de 7 jours reste sans effet sur le niveau de production du lait (YAGIL et ETZION, 1980 ; YAGIL, 1982 ; FARAH, 1993 ; YAGIL *et al.*, 1994).

I.5.3. Rang et stade de lactation

Le stade de lactation est aussi prépondérant. En effet, une fluctuation de la production laitière est observée entre le début et la fin de la lactation. La plus grande partie du lait est produite durant les sept premiers mois (ELLOUZE et KAMOUN, 1989 ; RICHARD et GERARD, 1989).

I.5.4. 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 chamelles de plus de 65% (SIMPKIN *et al.*, 1997).

I.5.5. Pratique de traite

Généralement, le chamelon est mis à téter pendant quelques minutes en début de traite pour favoriser la montée du lait, puis il est écarté pour la suite de la traite qui est faite manuellement. Une traite conduite sans stimulation mécanique préalable donne des rendements inférieurs en lait.

La traite doit être exécutée par une personne acceptée par le dromadaire, le changement du trayeur habituel entraîne très souvent une importante rétention lactée (RAMET, 1993). Enfin, il apparaît également que le nombre de traites influence la production laitière journalière. Généralement les animaux sont traités de deux à quatre fois par jour (HARTELY, 1980; RAMET, 1987; MARTINEZ, 1989), parfois jusqu'à six à sept fois (KNOESS, 1977).

Chapitre II

CARACTERISTIQUE DE LAIT DE CHAMELLE

Chapitre 2 : Lait de chamelle**I.2.1. Généralités sur le lait**

Le lait est un liquide opaque, de couleur blanche, sécrété par les glandes mammaires des femelles des mammifères. Le lait le plus couramment consommé par l'homme est le lait de vache, mais il consomme également, en répondant à certaines régions dans le monde, le lait de chèvre, de brebis, de bufflonne et de chamelle (BENSAID, 2010).

Le lait est un milieu de composition chimique et physique complexe qui permet au jeune chamelon et au consommateur de couvrir les besoins énergétiques et nutritionnels (ADAMOUE et FAYE, 2007; MAL et PATHAK, 2010; SBOUI *et al.*, 2015).

I.2.2. Caractéristiques du lait de chamelle**I.2.2.1. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques**

Le lait de chamelle a une couleur blanc-mat, conséquence de sa composition pauvre en matière grasse (YAGIL et ETZION, 1980 ; FARAH *et al.*, 1992 ; KAPPELER, 1998). Il est légèrement sucré avec un goût acide et même salé (YAGIL, 1982 ; ABDEL-RAHIM, 1987 ; FARAH, 1993). Ces aspects dépendent souvent de la physionomie des pâturages et de la disponibilité de l'eau (YAGIL et ETZION, 1980 ; WANGOH *et al.*, 1998)

La valeur de pH du lait de chamelle est entre 6,57 et 6,97 (KULA et DECHASA, 2016), Son acidité moyenne en degré Dornic est 14,5 °D (SIBOUKEUR, 2012), avec une densité de 1,025 à 1,032 avec une viscosité moyenne de 2,2 centipoises et un point de décongélation qui est avéré entre -0,57 °C et -0,61 °C (FARAH, 1993; KAPPELER, 1998; BENGUELLA, 2015)

I.2.2.2. Compositions chimiques et biochimiques**I.2.2.2.1. Eau**

La teneur en eau de lait de chamelle varie selon le degré de sécheresse de l'environnement extérieur (91% d'eau en saison sèche contre 86% en saison d'abondance alimentaire) Ces variations d'humidité du lait affectent de façon directe les teneurs de ses autres composés (FAO, 1995).

La teneur en eau du lait camelin, qui varie selon son apport dans l'alimentation, atteint son maximum pendant la période de sécheresse. En effet, il a été montré que la restriction en eau alimentaire des chameaux se traduit par une dilution du lait : un régime riche en eau donne un lait ayant un taux de 86% alors que dans un régime déficient, celui-ci s'élève à 91% (YAGIL, 1980 ; FAYE, 1991). Cette dilution pourrait être l'effet d'un mécanisme d'adaptation naturelle pourvoyant en eau les chameaux durant la période de sécheresse.

I.2.2.2.2. Minéraux et oligo-éléments

Le lait de dromadaire constitue une bonne source d'apport en minéraux (macro et oligoéléments) pour le chamelon et le consommateur humain (BENGOUMI et *al.*, 1994). FARAH (1996), a rapporté que la variation de la composition minérale du lait camelin (Tableau III) est influencée par la saison, l'état sanitaire de la mamelle et le stade de lactation.

Du point de vue quantitatif, si la composition en macro-éléments (Na, K, Ca, Mg...) est relativement similaire à celle du lait bovin, le lait camelin se caractérise néanmoins par des taux plus élevés en oligo-éléments (YAGIL et ETZION, 1980 ; SAWAYA et *al.*, 1984 ; ELAMIN et WILCOX, 1992 ; MEHAIA et *al.*, 1995 ; GORBAN et IZZELDIN, 1997 ; BENGOUMI et *al.*, 1994).

I.2.2.2.3. Vitamine

Le lait de chamelle se singularise par sa richesse relative en vitamines B3 (niacine) et en vitamine C. Même si des variations importantes (de 25 à 60 mg/l) de la teneur de cette dernière dans le lait camelin sont rapportés (FARAH, 1993). Les teneurs de vitamine C signalées pour le lait camelin sont en moyenne 3 fois plus élevées que celles présentes dans le lait bovin, qui ne dépassent pas 22 mg/l d'après MATHIEU (1998).

Cette caractéristique est particulièrement intéressante, car elle permet au lait de cette espèce, par son apport important en cette vitamine, de répondre aux besoins nutritionnels, aussi bien du jeune chamelon que des populations locales, qui vivent dans un environnement où l'apport en ce type de vitamine est particulièrement limité (SIBOUKEUR, 2007).

I.2.2.2.4. Matière grasse

La matière grasse laitière qui représente une source importante d'énergie, est constituée essentiellement de lipides et de substances lipoprotéiques. Le lait de chamelle a une teneur moyenne plus faible en matière grasse que le lait de vache. Cependant, les globules gras du lait de chamelle sont de très petite taille (1,2 à 4,2 μ de diamètre) et restent donc en suspension même après 24 heures de repos, contrairement au lait de vache dans lequel ces globules constituent une couche grasse en surface au bout de quelques heures.

Par ailleurs, la matière grasse du lait de chamelle apparaît liée aux protéines, tout ceci explique la difficulté à baratter le lait de chamelle pour en extraire le beurre. Comparée au lait de vache, la matière grasse du lait de chamelle contient moins d'acides gras à courtes chaînes (SIBOUKEUR, 2007). Cependant sa teneur en acide gras volatils et en acides gras non saturés est importante.

I.2.2.2.5. Glucides

Le lactose est le glucide majoritaire présent dans le lait camelin (MATI, 2012). C'est le constituant le plus rapidement attaqué par une action microbienne. Les bactériestransforment le lactose en acide lactique. Le lait contient près de 4,8% de lactose, sa teneur fluctue entre 2,5 et 5,6% dans le lait de camelin. Sa teneur varie légèrement avec la période de lactation (MATI, 2012).

I.2.2.2.6. Protéines

Le lait de chamelle est une source considérable de protéines et de peptides capables de moduler diverses fonctions physiologiques. Sur le plan nutritionnel, il est de bonne qualité puisqu'on retrouve tous les acides aminés indispensables (AZZA *et al.*, 2007). Il présente une teneur protéique de l'ordre de 30-35g/l avec quelques variations selon les auteurs.

I.2.2.2.6.1. Caséines

La fraction caséique est la fraction protéine caractéristique du lait et la principale composante du fromage (MEHAIA *et al.*, 1995). La fraction caséique, en réalité, un mélange hétérogène de protéines phosphorylées spécifiques du lait. C'est un complexe protéique acide et riche en ions phosphates (PIERRE, 2002). Le taux de caséine totale est un peu plus faible dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache; il représente 75 à 79 % de la matière protéique totale contre 77 à 82 % pour le lait de vache (JENNESS *et SLOAN*, 1969; MEHAIA, 1987 ; RAMET, 2001). La fraction caséique est formée de quatre fractions principales appelées : α S1-CN, α S2-CN, β -CN et κ -CN (CHEFTELE J.C *et* CHEFTELE H, 1984). WANGOH *et al.* (1998) ont rapporté que la fraction caséique cameline préférentiellement dans le pH 4,3.

D'après SCHMIDT (1982) les caséines présentent une structure lâche et peu ordonnée qui les rend accessibles aux enzymes protéolytiques.

A. Caséine α S1 (α S1-CN)

Dans le lait de chamelle, elle représente 22% des caséines totales et contient 215 acides aminés pour une masse moléculaire de 25,773KDa et un point isoélectrique de 4,4 (KAPPELER *et al.*, 1998).

B. Caséine α S2 (α S2-CN)

La caséine α S2 cameline est composée de 178 acides aminés pour une masse moléculaire de 21 266 Da. Son point isoélectrique est de 4,58 (FERRANTI *et al.*, 1995).

C. Caséine β (β -CN)

La caséine β cameline est composée de 217 acides aminés pour une masse moléculaire de 24 651 Da. Son pHi se situe à 4,76. Dans cette protéine, les sites de phosphorylation y sont présents en 4 positions (Ser 15, 17, 18, et 19) (KAPPELER et al, 1998).

D.Caséine κ (κ -CN)

Bien que non majoritaire dans la micelle (3,3 g/l de lait) (RIBADEAU-DUMAS et GRAPPIN, 1989), elle est une des protéines laitières les plus étudiées, car elle joue un rôle fondamental dans le phénomène de stabilisation/déstabilisation de la micelle, particulièrement en faisant l'objet d'une coupure spécifique par la chymosine, dont le coagulum formé est nécessaire pour la fabrication de fromage. La caséine κ cameline est composée d'une séquence de 162 acides aminés. Sa masse moléculaire est de 18 254 Da. Les sites de phosphorylation y sont présents en 2 positions (Ser 141 Ser 159).

Il se dégage des travaux de ATTIA *et al.*(2000) et de KHEROUATOU *et al.*(2003), qui ont considéré les facteurs liés à la répartition des constituants de la micelle, selon les phases solubles et micellaires, le niveau d'hydratation des micelles et leur voluminosité, que l'organisation de la micelle de caséine cameline (figure1) est compatible avec le modèle moléculaire proposé par SCHMIDT (1980).

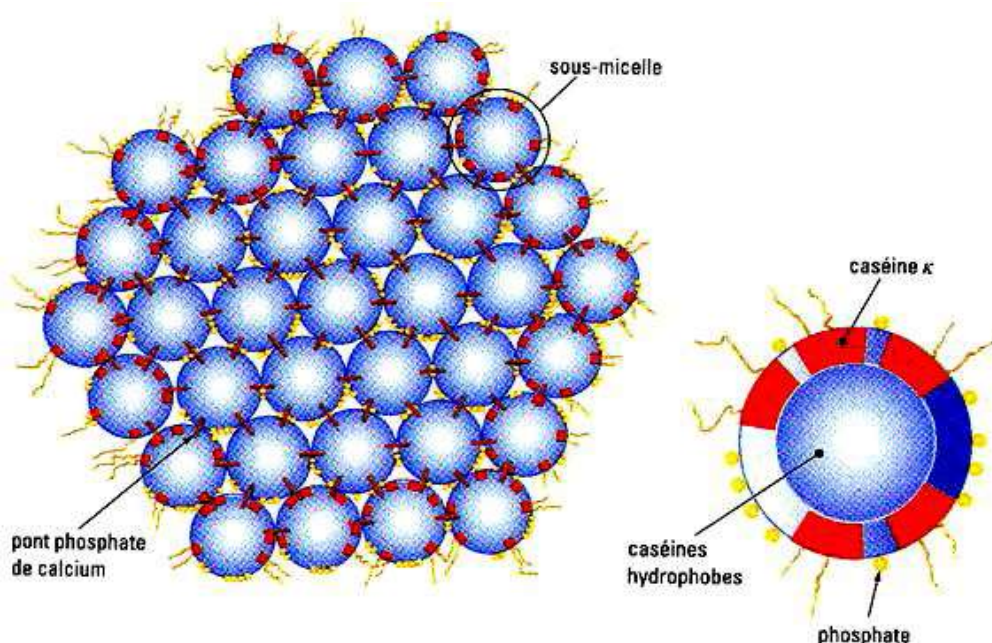


Figure 1: Modèle de SHMIDT, 1980 de micelle de caséine avec submicelles(HAMIDI, 2015).

I.2.2.2.6.2. Protéines sériques :

Les protéines lactosériques, possèdent une haute valeur nutritive et jouent un rôle important dans l'auto-épuration du lait puisqu'elles possèdent pour la plupart une activité protectrice contre les attaques extérieures (BARBOUR *et al.*, 1984 ; EL-SAYED *et al.*, 1992). Les protéines sérique ou protéines du lactosérum constituent la fraction soluble des protéines du lait. Leur concentration est de 20 à 28 % dans le lait camelin (MEHAIA *et al.*, 1995). Le lait camelin semble déficient en β -Lactoglobuline (β -Lg), quant aux principales protéines retrouvées dans le lait de chamelle sont communes aux autres espèces. On distingue l' α -Lactalbumine (α -La), l'albumine sérique, les Immunoglobulines (Ig), les protéose-peptones (PP), la Lactoferrine (LF), la Lactoperoxydase (LP) et le Lysozyme (LZ) (CONTI *et al.*, 1985 ; ELAGAMY *et al.*, 1992 et 1996 ; OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998 ; KAPPELER *et al.*, 1999).

I.2.3. Utilisation médicale et propriétés thérapeutiques

Le lait de dromadaire est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuses, anti-cancéreuse, antidiabétique et plus généralement comme reconstituante chez les malades convalescents. Ces allégations sont attestées par de nombreuses observations. Certaines études ont confirmé une partie de ses allégations (KAPPELER *et al.*, 2003).

A. Propriétés anti-infectieuses

Des auteurs affirment obtenir une amélioration marquée des malades tuberculeux et un rétablissement significatif des paramètres sanguins avec 2 litres par jour pendant 2 à 4 mois. Ces résultats sont confirmés en Inde sur des patients tuberculeux buvant un litre par jour (MAL *et al.*, 2000) et en Libye, avec une cure de 1,5 litres / jour, avec un effet observable dès la première semaine de traitement (ALWAN et TARHUNI, 2000).

B. Cancer et maladies auto-immunes

On reconnaît au lait de dromadaire des propriétés immunostimulantes ayant un rôle dans le contrôle des processus tumoraux, Au Kazakhstan il est utilisé comme adjuvant à la chimiothérapie de certains cancers, notamment ceux du tube digestif (YAGIL et VAN CREVELD, 2000).

C. Hormones

KONUSPAYEVA *et al.* (2004), ont conclu de leurs recherches 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).

I.2.4. Aptitudes technologique du lait de chamelle**I.2.4.1. Coagulation du lait**

La coagulation du lait est une étape importante dans la préparation du fromage. Il s'agit de la transformation du lait liquide en un gel, appelé aussi coagulum ou caillé. On distingue deux types de coagulation : la coagulation acide et la coagulation enzymatique. Cependant, en fromagerie, la coagulation du lait résulte le plus souvent de l'action combinée d'une enzyme et de l'acidification, seule varie l'importance relative de leur action coagulante respective (ISSELANE, 2014).

I.2.4.1.1. Coagulation par voie enzymatique

La coagulation du lait par des enzymes protéolytiques est une des plus anciennes opérations de transformation alimentaire (ISSELANE, 2014).

Dans le monde, l'enzyme protéolytique la plus utilisée pour permettre cette transformation, notamment en fromagerie (en dehors des fromages frais) est la présure. Elle est extraite de caillettes de jeunes veaux non sevrés et a une composition où prédomine la chymosine (80%) mais contenant aussi de la pepsine (20%). Toutefois et pour plusieurs raisons, particulièrement économiques, où la présure ne peut répondre à la demande sans cesse croissante dans le monde, l'utilisation de succédanés d'origine animale, végétale et microbiennes est développée (MAHAUT *et al.*, 2000; ABBAS, 2012).

I.2.4.1.1.1. Enzymes d'origine animale

Les enzymes coagulantes d'origine animale sont des protéases gastriques. Les plus utilisées en fromagerie sont la présure, constitué principalement de chymosine (E.C.3.4.23.4) et de pepsines (E.C. 3.4.23.1, 2,3), d'origine bovine ou porcine. Ces protéases sont formées à partir d'un précurseur inactif (zymogène), secrété par la muqueuse gastrique. Elles perdent dans le processus de leur activation un peptide N-terminal constitué d'une quarantaine d'acides aminés (variable selon la nature, l'origine et le variant de l'enzyme considérée). Ainsi, la pro-chymosine possède un segment riche en Glu, Lys, Leu et Ile alors que le pepsinogène possède un polypeptide riche en Lys, Pro, Ala et Leu. Ces segments occupent les sites actifs et réduisent, par empêchement stérique, le contact de l'enzyme avec son substrat (RICHTER *et al.*, 1998).

De ce fait, l'activation du pro-enzyme nécessite la libération du pro-segment et la dissociation de ce dernier du site actif (RICHTER *et al.*, 1998). Dans le cas de la chymosine, cette action est accompagnée d'une réduction du poids moléculaire qui passe de 36 000 (pro-chymosine) à 31 000 (chymosine), (FOLTMANN, 1971).

Cette activation a lieu à pH acide (inférieur à 5) où l'excès de charges positives diminue va induire un changement de conformation de la molécule par rupture des interactions électrostatiques qui ont lieu entre les résidus basiques du pro-segment et les résidus acides de la portion correspondante à l'enzyme active (SANNY *et al.*, 1975 ; RICHTER *et al.*, 1998).

Il a été constaté que dès qu'une très faible quantité d'enzyme est libérée du précurseur à la faveur de l'acidité stomacale, la réaction devient auto-catalytique. L'enzyme produite provoque l'activation du zymogène par libération du pro-segment. Cette opération est réalisée soit par clivage d'une seule liaison peptidique (voie directe) ou de plusieurs liaisons (de façon séquentielle) (HORBOE *et al.*, 1974 ; KAYAGEMA et TAKAHASHI, 1976 ; KOGA et HAYASHI, 1976 ; RICHTER *et al.*, 1998).

En considérant la structure primaire des substrats hydrolysés, la chymosine a une action similaire à celle de la chymotrypsine dans le sens où elle coupe préférentiellement les liaisons peptidiques situés notamment à droite des acides aminés aromatiques (Phe, Tyr, Trp) alors que la pepsine coupe plutôt la liaison peptidique située à gauche de ces acides aminés (DELVIN, 2006).

I.2.4.1.1.2. Enzymes d'origine végétale

Les protéases d'origine végétale sont diverses mais parmi celles qui sont les plus utilisées en technologie laitière, on retrouve la papaïne, la broméline et la ficine :

- la papaïne extraite d'une plante équatoriale et tropicale (*Carioca papaya*). Elle est caractérisée par une activité coagulante assez forte mais également un fort pouvoir protéolytique (CUVELIER, 1993);
- la broméline, qui est extraite de l'ananas (*Ananas comosus*). Elle a été considérée comme substituant possible de la chymosine. Des travaux de MURACHI (1970) ont prouvé qu'elle a un pouvoir protéolytique défavorable au rendement et à la qualité organoleptique dans l'industrie fromagère ;
- enfin, la ficine issue de la figue (*Ficus glabrata*) (CUVELLIER, 1993). Comme la papaïne, elle a un pouvoir coagulant important mais son utilisation est limitée par son fort pouvoir protéolytique important.

I.2.4.1.1.3. Enzymes d'origine microbienne

L'industrie de fermentation s'est intéressée à la production de protéases susceptibles de remplacer efficacement et à moindre coût la présure, à partir de la culture de microorganismes.

Dans ce but, de multiples espèces de bactéries et de champignons inférieurs ont été étudiées afin de pallier à la pénurie mondiale en présure. De plus et à l'inverse des protéases gastriques qui sont synthétisées sous forme de zymogènes inactifs, les protéases microbiennes sont produites sous une forme active (DALGLEISH, 1997).

Ainsi, plusieurs bactéries ont été testées dans ce but, entre autre : *Streptococcus liquefaciens*, *Micrococcus caseolyticus*, *Bacillus subtilis*...etc. Ces protéases, malgré un rendement intéressant, n'ont pas toujours donné des résultats concluants au vu de la non-spécificité de l'hydrolyse et la protéolyse excessive enregistrée qui ont pour conséquence une modification substantielle des caractéristiques organoleptiques des fromages (apparition d'amertume, gout acide ...etc), (ERNSTROM, 1983).

De récents travaux de génie génétique ont permis de préparer une présure formée de chymosine pure, par clonage de gène sur *Escherichia coli* (ROSS *et al.*, 2000). Par ailleurs, les travaux réalisés sur différents types de levures et moisissures, ont permis de sélectionner trois types de moisissures dont les propriétés coagulantes et protéolytiques de leurs enzymes se rapprochent le plus de celles de la présure. Ces moisissures sont : *Endothia parasitica*, *Mucor miehei* et *Mucor pusillus* (GOURSAUD, 1999, TUBESHA et AL-DELAIMY, 2003; NOUANI, 2011). Les enzymes produites à partir de ces micro-organismes ont donné de grandes similarités dans le mécanisme de la coagulation du lait, comparativement à l'action de la présure traditionnelle. Toutefois, malgré des essais concluants obtenus, les industriels craignent l'utilisation de cette flore qui se répand très rapidement dans un milieu où l'humidité relative et la température sont appropriées, ce qui se transforme en contamination gênante pour la suite de la fabrication.

I.2.4.1.1.4. Particularités moléculaires et mécanisme d'action

Les enzymes coagulantes du lait citées plus haut, à l'exception des protéases de plantes tropicales, appartiennent toutes au groupe des protéases acides. Quoiqu'elles dérivent d'espèces différentes, ce sont des endopeptidases qui semblent partager entre-elles plusieurs caractéristiques communes liées à la nature de leur structure, à leurs caractéristiques physicochimiques et enfin à leur activité catalytique (RAO *et al.*, 1998 ; ERSKINE *et al.*, 2003).

Sur le lait, leur activité augmente lorsque le pH est abaissé au-dessous de 6,6. Le pH optimum acide est dû à la présence dans leur structure de deux résidus catalytiques : Asp32 et Asp215 (séquence dans la pepsine porcine) (SEPULVEDA *et al.*, 1975). L'un d'eux est protoné et l'autre est ionisé (ANDREEVA et RUMSH, 2001 ; ERSKINE *et al.*, 2003). Ce

sont donc des aspartyl protéases, compte tenu du rôle essentiel tenu par ces deux résidus aspartyls dans leur mécanisme catalytique.

Les mécanismes d'action de présure et de l'acide lactique) au niveau de la micelle sont très différents. Bien qu'ils conduisent tous deux à la formation d'un réseau protéique appelé coagulum (gel ou caillé), les propriétés rhéologiques de ce dernier restent caractéristiques du mode de coagulation (HAMRANI, 2008).

I.2.4.1.2. Coagulation acide

L'acidification du lait peut conduire suivant les conditions, soit à un précipité de caséine, soit à la formation d'un gel.

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique (pHi de 4,6 pour le lait bovin et 4,3 pour le lait camelin) par acidification biologique à l'aide des ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique ou par acidification chimique (injection de CO₂, addition de glucono- δ -lactone ou ajout de protéines sériques à pH acide). La voie chimique (acide organique) est uniquement utilisée en France pour la standardisation du pH du lait avant emprésurage. L'addition d'acide minéral n'est quant à elle pas autorisée (MAHAUT *et al.*, 2005 ; ABI AZAR, 2007)

Une acidification progressive obtenue par fermentation lactique, conduit à la formation d'un gel lisse homogène qui occupe entièrement le volume initial du lait (ECK et GILLIS, 1997). Ce type de gel de par la solubilisation du phosphate de calcium colloïdal au cours de l'acidification présente une bonne perméabilité mais une friabilité élevée ; le manque de structuration du réseau (liaisons de faibles énergies de type hydrophobe) a pour conséquences une élasticité et une plasticité pratiquement nulles et une faible résistance aux traitements mécaniques (MAHAUT *et al.*, 2003).

I.2.4.1.2. Difficultés de coagulation du lait camelin

Le lait de dromadaire est réputé pour son inaptitude à la coagulation. Il répond à des particularités qui limitent sa valorisation et sa conservation pour la transformation en fromage et beurre et produits acidifiés, toutefois, moyennant des adaptations technologiques ce lait devient transformable avec des rendements et des qualités organoleptiques satisfaisants (KAMOUN, 1995; MAHBOUB *et al.*, 2010).

Il existe très peu d'informations disponibles sur la capacité du lait de chamelle à subir une coagulation enzymatique et les rares données disponibles sont souvent contradictoires. La fabrication de fromage est uniquement possible en mélangeant le lait de chamelle à des laits d'autres espèces (chèvre, brebis, etc.) ou en employant la présure à une

concentration très élevée (environ quatre fois la concentration en enzyme habituelle). L'ajout d'un apport d'un sel de calcium est aussi indispensable (FARAH, 1993; ABI AZAR, 2007).

Par ailleurs, la faible aptitude à la coagulation enzymatique aboutit à une affinité limitée pour la présure et à une structuration limitée des gels formés. Les origines de cette aptitude limitée sont la teneur réduite en matière sèche totale et caséine, notamment en saison chaude, le diamètre élevé des micelles de caséine, et la teneur réduite en caséine kappa (RAMET, 2003; BOUGHELLOUT, 2007). Dans le cas de la coagulation acide du lait de dromadaire, la formation du caillé est assez lente, car l'acidification est limitée par le système antimicrobien du lait, ce qui retarde autant le phénomène de coagulation (EL-AGAMY, 2000).

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel biologique

II.1.1.1. Echantillons de lait

Il s'agit des échantillons du lait collecté à partir de troupeaux de dromadaire (*camelus dromedarius*) de la population sahraoui, élevée selon deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif) localisée dans la wilaya d'El-Oued (tableau I).

Les échantillons de lait prélevés, appartenant au même rang de lactation.

Tableau I : Echantillons de lait de chamelle collectés.

N° de l'échantillon	Nombre des chammelles	Période de collecte	Région	Mode d'élevage	Nutrition
E 1	4	Mars 2019	El-Oued	Semi-intensif	Son + fourrage naturel.
E 2	4	Mars 2019	El-Oued	extensif	Fourrage naturel

II.1.1.2. Caillettes

Les caillettes des dromadaires utilisées (figure 3) ont été prises après l'abattage au niveau de l'abattoir communal de El-Oued.

L'estomac du dromadaire (figure 2) diffère de celui des ruminants où le troisième compartiment, qui n'a pas d'équivalent chez ces derniers, est assez variable. Dans cette poche, la caillette proprement dite correspond au dernier tiers du troisième compartiment (MAHBOUB, 2009).

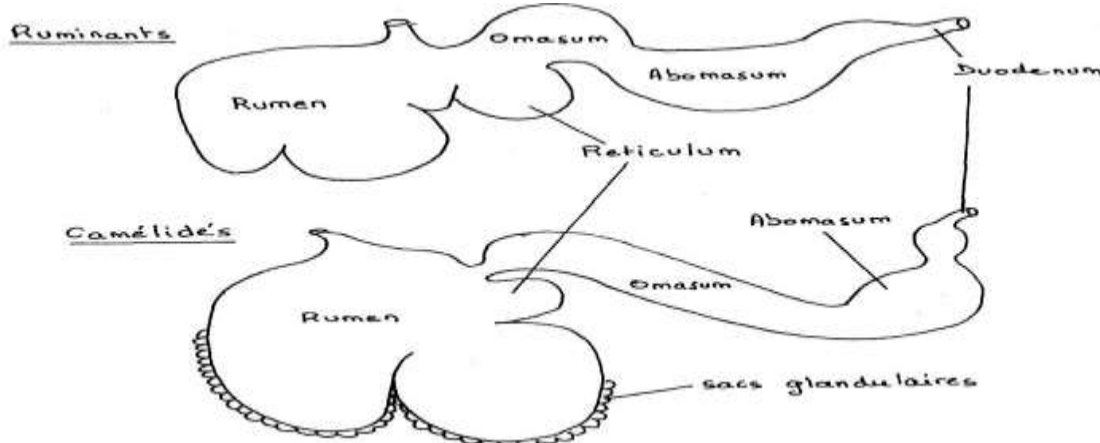


Figure 2 : Anatomie de l'appareil digestif de l'estomac de ruminant (en haut) et de camelin (en bas) (BOUDJENAH-HAROUN, 2012).



Figures 3 : Photo de caillette utilisée pour en extraire les enzymes coagulantes (Photo originale).

II.1.2. Matériel de laboratoire

- Agitateur magnétique (Hotplate Stirrer , Made in Korea) ;
- Bain-marie (Memmert , Made in Germany);
- Balance analytique (Radwag Wagi , Made in Poland) ;
- Centrifugeuse (SIGMA, Made in Germany) ;
- Etuve UN 110 (Memmert , Made in Germany);
- Lactodensimètre (FUNKE GERBER, Made in Germany), avec thermometer Incorporé;
- pH- mètre (modèle Zubharbax pH WTW®, made in Germany) ;
- Réfrigérateur
- Spectrophotomètre UV-visible (SCHIMADZU, Japon) ;

Un certain nombre d'accessoires et petit matériel spécifique est utilisé dans le cadre de cette étude : Micropipettes, gants et masques pour l'usage de produits dangereux, différents types de verrerie (bêchers, fioles jaugées, fiole à vide, pipettes graduées, tubes à essais, burette, éprouvettes, entonnoirs, entonnoir Büchner, spatules...etc.) papiers filtre.

II.1.3. Solvants et réactifs

- Solvants (acide chlorhydrique, acide trichloracétique, hydroxyde de sodium...);

- Sels et tampons (sulfate d'aluminium, phosphate et sulfate di-sodique, chlorure de sodium) ;
- Colorants et réactifs spécifiques (bleu de méthylène, phénolphtaléine, thymol).

II.2. Méthodes

II.2.1. Collecte du lait

Le lait est traité à partir de chamelles en bon état de santé. Il est recueilli proprement dans des bouteilles, en plastique, neuves et propres. Ces dernières étaient placées immédiatement dans une glacière contenant des blocs de glace et transportés vers le laboratoire de l'université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued où les trois tests (pH, acidité Dornic et densité) ont été réalisés sur chaque échantillon.

Le restant du lait est reparti en petites fractions (60 ml, chacun) et congelé pour en servir d'analyses ultérieures.

II.2.2. Prélèvement de caillettes

Les caillettes cameline et bovine ont été prélevées au niveau de l'abattoir communal d'EL-Oued (les animaux âgés de presque 2 ans chacun, fraîchement abattus) et transportées dans des bonnes conditions de conservation au laboratoire de l'université Echahid Hamma Lakhdar, El-Oued, où elles sont traitées d'après le protocole de VALLES et FURET (1977) pour en extraire les enzymes coagulantes de dromadaire et de bovin sont abrégées respectivement (ECD et ECB).

II.2.3. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons de lait des chamelles appartenant aux deux modes d'élevage camelin (extensif et semi-intensif).

Les analyses physico-chimiques comportent :

II.2.3.1. Mesure du pH

La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'elle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (MATHIEU, 1998). Le pH du lait de dromadaire est mesuré à l'aide d'un pH-mètre selon la méthode potentiométrique décrite par AFNOR, 1980.

II.2.3.2. Détermination de l'acidité Dornic

L'acidité du lait, exprimée en degré Dornic (D°), est le nombre de ml d'hydroxyde de sodium 0,11N nécessaire pour neutraliser 10 ml de lait en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (1 $^\circ D$ correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait). L'acidité

Dornic témoigne de l'état de fraîcheur du lait et de sa richesse relative en caséines, en phosphates, en citrate, en hydrogéo-carbonate et en lactates (SIBOUKEUR,2011).

II.2.3.3. Détermination de la densité

La densité nous renseigne sur le taux de matière sèche et sur la viscosité de lait. Elle est déterminée à l'aide d'un densimètre, sur le lait maintenu au repos. Le principe consiste à plonger un lactodensimètre dans une éprouvette de 100 ml rempli du lait à analyser (température du lait est de 20 °C), Lorsqu'il se stabilise, la valeur de la densité correspondante est appréciée par lecture directe sur l'échelle du lactodensimètre.

II.2.3.4. Détermination des teneurs en extrait sec total (EST) et en extrait sec dégraissé (ESD)

Le principe de la méthode utilisée consiste en une dessiccation par évaporation à l'étuve ($103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 3h ou jusqu'au poids constant) du lait entier (pour déterminer l'EST) ou écrémé (pour déterminer l'ESD) (MEDJOUR, 2014), suivie d'une pesée du résidu sec total après refroidissement dans un dessiccateur (Annexe 7). Après pesée, les valeurs obtenues correspondent aux taux de l'EST ou l'ESD.

II.2.3.5. Taux de cendres

Les cendres du lait sont les produits résultants de l'incinération de la matière sèche du lait dans un four à moufle à une température égale à $550 \pm 20^\circ\text{C}$, durant 6 heures (AFNOR, 1980). Les résultats obtenus correspondent à la teneur du lait en cendres exprimés en g/l (Annexe 6).

II.2.3.6. Dosage des protéines

La détermination de la teneur en protéines de lait de chamelle est effectuée par la méthode de LOWRY *et al.* (1951).

Le principe repose sur le développement d'une coloration bleu foncée suite à l'addition à la solution protéique d'un sel de cuivre en milieu alcalin, puis du réactif de Folin Ciocalteu. La coloration résulte de la réaction du cuivre avec les liaisons peptidiques et la réduction de l'acide phospho-tungstomolybdique par la tyrosine, le tryptophane et la cystéine. Les espèces réduites absorbent la lumière à 750 nm.

La concentration en protéines de l'échantillon analysé est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie en employant de l'albumine sérique bovine (BSA) (GUILLOU *et al.*, 1986).

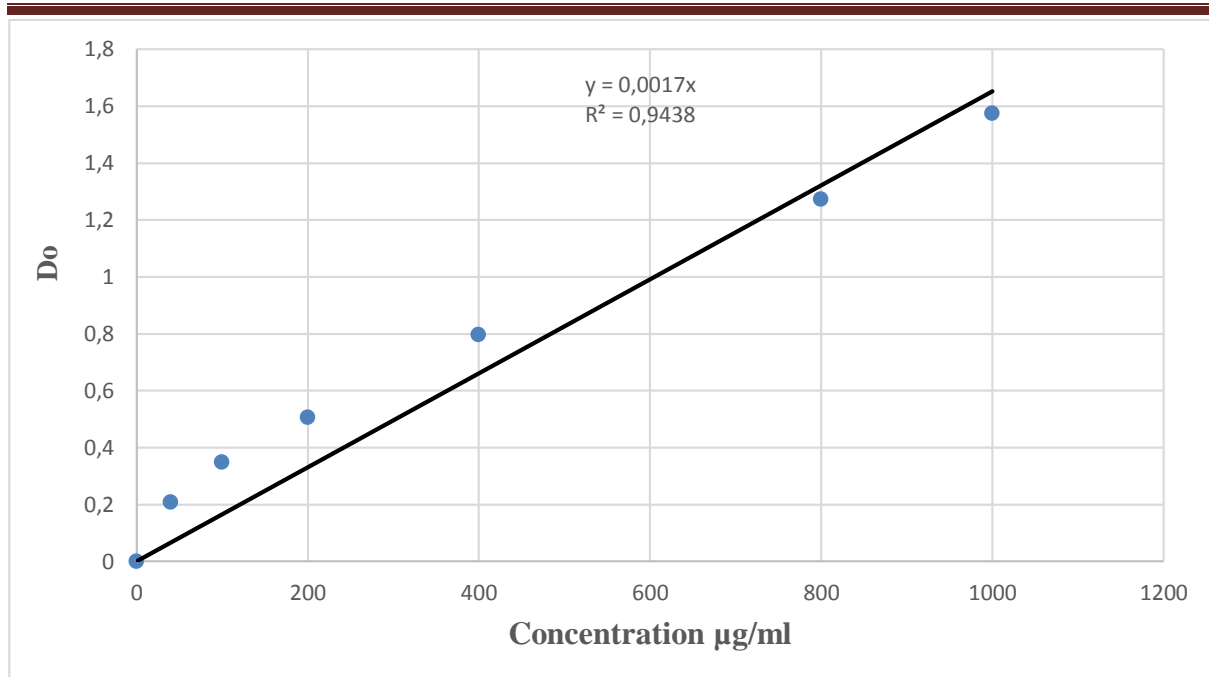


Figure 04 : Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY *et al.* (1951).

L'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine étalon.

R= coefficient de corrélation.

II.2.4. Extraction des enzymes coagulantes

L'extraction des enzymes (EC) est réalisée selon le protocole préconisé par la méthode de VALLES et FURET (1977) est basée sur plusieurs étapes qui sont : la préparation des caillettes, macération, clarification, concentration, ajustement de pH et en enfin la conservation et le stockage de ces extraits coagulants.

II.2.4.1. Macération

Des échantillons des caillettes des poids P (en g), provenant d'un dromadaire et d'un veau.

A un poids de caillette P (g) on ajoutait un volume égal à 1,25 P (ml) d'une solution de HCl 0,2 M. Le mélange était porté à 42° C et maintenu à cette température pendant 45 mn à 60 mn en agitant de temps en temps (VALLES et FURET, 1977).

II.2.4.2. Clarification

Après l'étape de macération, chaque extrait brut total subit une clarification par addition de 1% (V/V) d'une solution de sulfate d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3$), 1M et de 5 % (V/V) d'une solution de sulfate di-sodique (Na_2SO_4), 1M, chauffée à environ 42°C. Après agitation et quelques minutes de repos à 42° C, chaque mélange est ensuite filtré à travers un papier Whatman. Après cette filtration, nous obtenons des extraits jaunes plus ou moins limpides des poids Pm (g) résultant, correspondra une activité coagulante (UP/g).

Ces extraits bruts sont des extraits clarifiés. Le rendement d'extraction Rt est défini comme le nombre d'unités coagulantes contenues dans l'extrait clarifié provenant de 1 g de caillette (ou de muqueuse) mis en œuvre. (VALLES et FURET, 1977).

II.2.4.3. Concentration des extraits clarifiés

Dans les 3 h qui suivaient la filtration, on prenait un poids donné de macération clarifiée auquel on ajoutait deux fois son poids d'une solution saturée de NaCl qui contenait 1 p. 100 (p/p) d'acide chlorhydrique concentré $d = 1,19$. Le mélange était agité et laissé en repos pendant 1 h. On centrifugeait alors à 2100 g pendant 20 mn. Le précipité humide qui en résulte est pesé puis resolubilisé sous agitation dans un volume désiré d'eau distillée (selon l'activité enzymatique désirée de l'extrait concentré), on fait par exemple, une concentration de l'ordre de 10%, P/V) (VALLES et FURET, 1977).

II.2.4.4. Ajustement de pH

On ajustait alors le pH à 5,50 avec une solution de phosphate disodique Na_2HPO_4 (1M) (chauffée vers 42° C). Les extraits obtenus ont été dénommés ECD 1 (extrait coagulant issus de dromadaire), ECB (extrait coagulant issus de bovin) (VALLES et FURET, 1977).

II.2.4.5. Conservation et stockage des extraits gastriques

La conservation des extraits gastriques coagulants est réalisée par l'ajout d'une solution de NaCl saturée à raison de 10% (V/V) et de quelques grains de thymol, pour leur conservation.

Enfin, le stockage des enzymes coagulantes se fait à +4°C dans des flacons stérilisés prêtes à l'emploi (MABOUB, 2009).

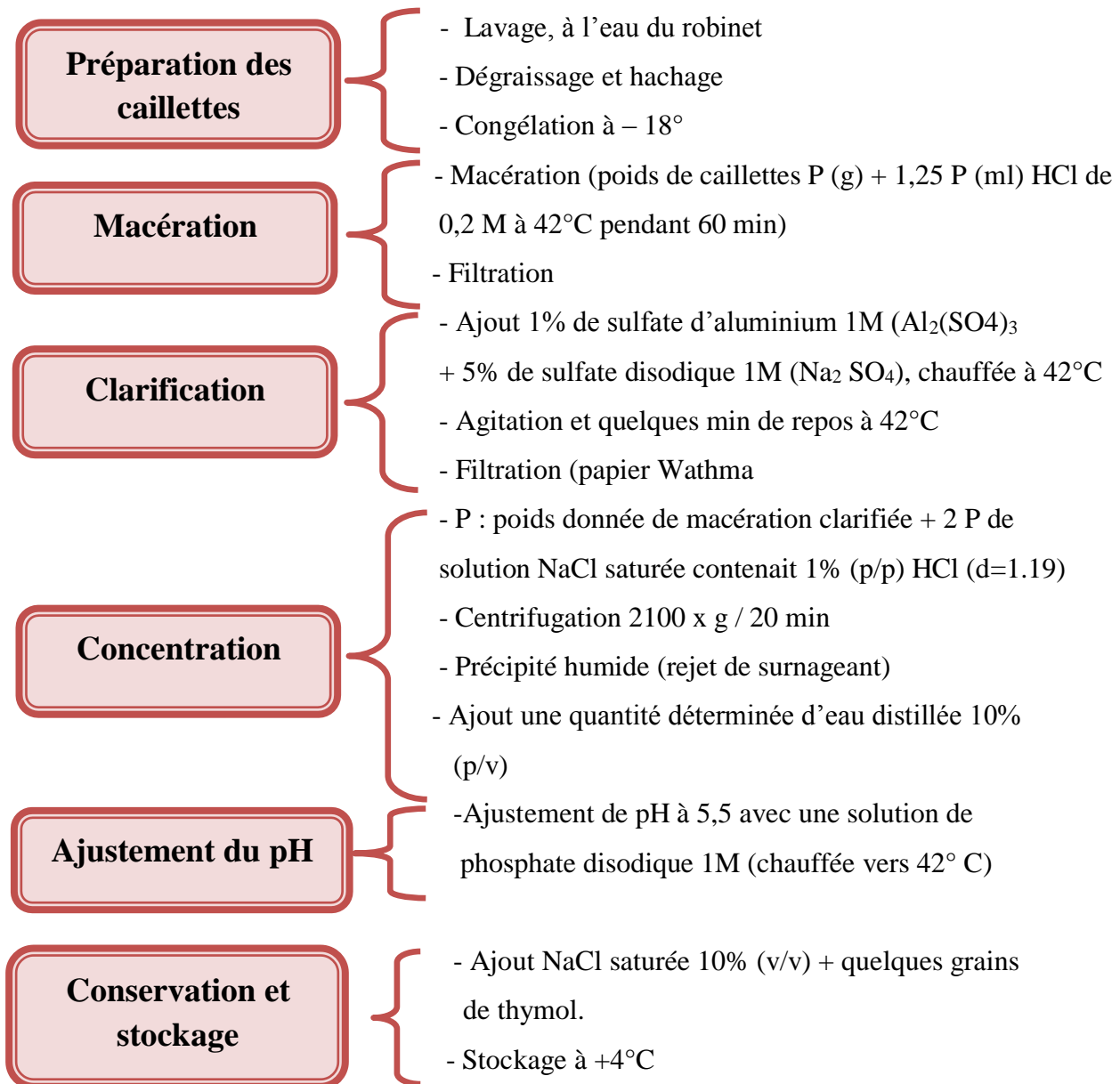


Figure 05 : Protocole d'isolement des extraits enzymatiques à partir des caillettes (VALLES et FURET, 1977).

II.2.5. Caractérisation des extraits coagulants gastriques

II.2.5.1. Calcul du rendement des extractions

Le rendement des extractions dans chaque condition est déterminé selon la relation suivante : $R_t = UP/P$.

Où R_t est le rendement de l'extraction, UP est l'unité de présure et P est le poids de macération (BOUDJENAH, 2012).

II.2.5.2. Activité coagulante

L'activité coagulante (Ac) s'exprime par le temps avec laquelle l'apparition de la floculation de coagulation sur la paroi interne de tube à essai, après l'addition de l'enzyme coagulante au lait. Le lait est reparti dans des tubes à essais, à raison de 10 ml/tube, suivi d'une incubation dans un bain marie à 30°C pendant 15 min. l'addition de l'extrait coagulant est réalisée à raison de 1ml/10ml du lait. Une homogénéisation immédiate et rapide est nécessaire.

Dans le bain marie, les trois retournements successifs du mélange après 30 secondes correspondent au temps zéro (figure 05).

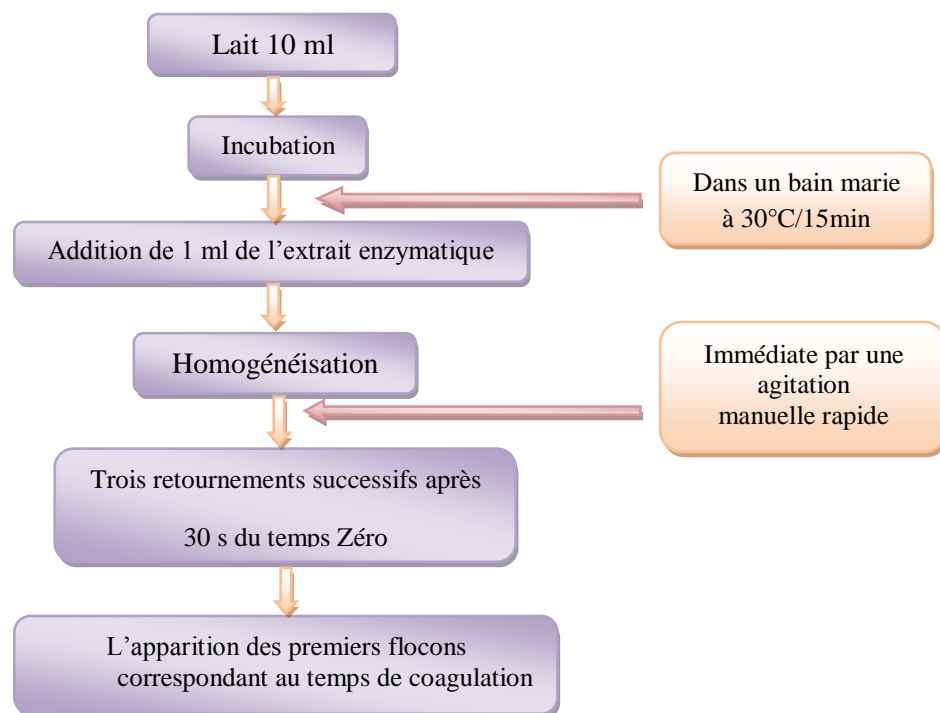


Figure 06 : Mesure du temps de floculation par la méthode de BERRIDGE (1945), modifiée par COLLIN *et al.* (1977).

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 (BOUDJENAH, 2012).

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

Où :

UP : Unité d'Activité Coagulante.

V : Volume de lait utilisé.

Q : Volume d'extrait coagulant.

Tc : Temps de coagulation.

L'activité coagulante est peut-être également exprimée en (force coagulante de SOXHLET « F »), selon la relation suivante : $F=UP/0,0045$ (BOUDJENAH, 2012).

II.2.6. Rendement fromager « réel »

La méthode courante du calcul du rendement en fromagerie, elle est bien simple et ne nécessite évidemment pas d'analyses ni de calculs compliqués.

Le rendement égale au nombre de Kg de fromage obtenu à partir de 100 Kg du lait (VAILLANT, 1936).

II.2.7. Analyses statistiques

Les analyses statistiques sont réalisées par le logiciel SAS (SAS Institute, 2008) et qui ont menés par le programme GLM (general linear model ou multivariate regression model) et qui exécute une chaine de tests : test de Fisher (F théorique = 5%), la variance et des matrices de corrélation.

II.2.8. Analyse bioinformatiques (*In silico*)

Les analyses *In Silico* sont réalisées par les biais des plusieurs outils bioinformatiques : Recherche des séquences protéiques sur la banque Uniprot, Analyses d'identité en utilisant BLAST, la prédiction des sites de clivage protéolytiques des chaine protéiques en utilisant PeptideCutter (sur la banque ExPASy) et en utilisant ulisant également l'outil GPMAW pour manipuler les séquences protéiques et extraire des informations relatives...etc.

III.1. Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques testés sont rapportés dans le tableau suivant.

Tableau II : Résultats des paramètres physico-chimiques des deux types de lait camelin étudiés (provenant d'élevage extensif et semi-intensif).

Paramètres physico- chimiques	Lait issu des chamelles en élevage extensif		Lait issu des chamelles en élevage semi-intensif		Valeur de <i>P</i>
	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	
	pH (à 20°)	6,59	0,011	6,76	
Acidité Dornic (°D)	14,66	0,33	20,66	0,33	0,0002*
Densité	1,027	0,00033	1,030	0,00033	0,0031*
Matière sèche totale (g/l)	114,19	6,14	67,63	4,39	0,0035*
Cendres (g/l)	Indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé	indéterminé
Caséines (g/l)	14,44	1,10	29,11	0,36	0,0002*
Protéines de lactosérum (g/l)	13,66	1,34	20,03	0,84	0,0158*
Protéines totales (g/l)	28,11	0,55	49,15	0,58	0.0001*

* : Différence significative $P < 0,05$.

III.1.1. pH

Le pH de l'échantillon du lait provenant des chamelles élevées en extensif est plus bas que celui issu des chamelles élevées en semi-intensif, la différence enregistrée est significative (Tableau II).

Le pH du lait camelin sont selon le cas égal à 6,59 pour le lait des chamelles en élevage extensif et à 6,76 pour le lait issu d'un élevage semi-intensif.

La première valeur de pH (6,59) est supérieure au pH signalé par FAYE *et al.* (2008) au Kazakhstan (6,46), SBOUI *et al.* (2009) en Tunisie (6,41), 6,57 (OMER, 2009) et MEDJOUR (2014) avec des pH de 6,39 et 6,40 à El-Oued et Biskra respectivement pour un élevage en extensif, alors qu'il est apparemment inférieur aux valeurs de pH rapportés par certains auteurs pour le même système d'élevage comme : KHASKHELI en 2005 au Pakistan (6,77).

D'autre part et pour le système d'élevage semi-intensif, le pH moyen de 6,76 que nous avons relevé dans cette étude est supérieur à celui rapporté par (BORNAZ, 2009) soit un pH de 6,51, par MEDJOUR en 2014 à EL-Oued qui est de 6,46 et 6,53.

GORBAN et IZZELDIN (1997) signalent que le pH et le goût du lait peuvent dépendre

de la nature des fourrages, la disponibilité de l'eau, l'état sanitaire de la mamelle et le stade de lactation.

Le pH bas du lait camelin est dû à la fois à sa composition et sa forte concentration en acide gras volatiles, à sa richesse en acides organiques divers (acide citrique, acide orotique, acide butyrique et sa teneur relativement élevée en vitamine C (SIBOUKEUR, 2007 ; LABIOUI *et al.*, 2009 ; BOUBEZARI, 2010 ; SOUID, 2011 ; SIBOUKEUR et SIBOUKEUR, 2012 ; BENGUETTAIA et LEMLEM, 2013; MAÂMRI et MEKHLOUFI, 2013;).

III.1.2. Acidité Dornic

Les échantillons de lait camelin analysés (Tableau II), présentent une acidité titrable de l'ordre de (14,66 °D) pour l'échantillon issu de l'élevage extensif.

L'échantillon provenant de l'élevage semi-intensif enregistre une acidité dornic égale à (20,66°D).

La valeur de l'acidité Dornic obtenue pour le lait issu d'élevage extensif se situe en bas de la fourchette des travaux rapportés par certains auteurs pour le même système d'élevage soit 18.2°D (SIBOUKEUR, 2007); 21.3 °D (MAHBOUB, 2009); 18°D (CHETHOUNA, 2011); 19,50 °D (BENGUETTAIA et LEMLEM, 2013); 18°D (JRAD et al., 2013); 18.30 °D (EL-HATMI et al., 2015) en Tunisie et 20.66°D (BADIDJA et DJELLABI, 2014) en Algérie. BOUDJENAH, 2012 (17°D); SIBOUKEUR et SIBOUKEUR (2012) (14 ,6°D) et BENNEDJMA et ROUIDJAA, 2015 (17°D) à Ouargla, KAMOUN, 1995 (15.6 °D); SBOUI et *al.* 2009 (17,2°D) .

Le résultat que nous avons enregistré pour le lait issu d'élevage semi-intensif est proche de celui rapporté par MEDJOUR, 2014 à BISKRA qui est de l'ordre de (20,17). Par contre il est plus élevé que celui mentionné par BOUZID et LABIDI, 2016 à EL-Oued (15,30) pour le même mode d'élevage.

Les variations dans la valeur de l'acidité sont généralement dues à la variation de l'alimentation des animaux, aux conditions environnementales ainsi qu'à la période de lactation, aux conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique (TAYBI, 2014; BACHTARZI *et al.*, 2015), elles pourraient également être expliquées par une grande richesse en vitamine C du lait camelin .

III.1.3. Densité

La densité du lait issu des chamelles en élevage extensif est de l'ordre de (1,027) est moins importante que celle issue des chamelles en élevage semi-intensif (1,030) avec une différence significative.

Pour le lait issu des chamelles en élevage extensif, le résultat que nous avons enregistré

est généralement supérieur de celui rapporté par certains auteurs dans d'autres régions pour le même système d'élevage tels que SIBOUKEUR, 2007 (1,0230); CHETHOUNA, 2011 (1,022); SIBOUKEUR et SIBOUKEUR, 2012 (1,023) à Ouargla,(AL-JUBOORI *et al.*, 2013), RAHLI, 2015 à Oran (1,0310). De même qu'elle se rapproche des valeurs signalées par (MAHBOUB *et al.*, 2010) (1,027); BOUDJENAH, 2012 (1,028); BENGUETTAIA et LEMLEM, 2013 (1,025) ; MAÂMRI et MEKHLouFI, 2013 (1,025); BADIDJA et DJELLABI, 2014 (1,025) et BENNEDJMA et ROUIDJAA, 2015 (1,028) en Ouargla, HAMIDI, 2015 à BISKRA (1,0272); KAMOUN, 1995 (1,028±0,002) et SBOUI *et al.* 2015 (1,027) en Tunisie.

Par contre pour le lait issu des chamelles en élevage semi-intensif, le résultat est supérieur à celui cité par BOUZID et LABIDI, 2016 à EL-Oued (1,024).

La densité dépend directement de la teneur en matière sèche et liée fortement à la fréquence d'abreuvement (SIBOUKEUR, 2007 ; KAMOUN, 2011; BACHTARZI *et al.*, 2015). Ce qui explique la variabilité des valeurs entre les différents échantillons de laits analysés et entre celles citées dans la littérature.

III.1.4. Matière sèche totale

La teneur en matière sèche totale des échantillons de lait camelin analysés (tableau II) pour les deux échantillons est distinct la valeur de *P* enregistrée est <0,05.

Les résultats obtenus sont proches des ceux rapportés par HADDADIN *et al.* (2008) en Jordanie avec 123 g/l pour un système d'élevage extensif et des ceux rapportés par BORNAZ *et al.* (2009) pour un système d'élevage intensif.

Plusieurs auteurs ont montré que la variation de la teneur en extrait sec total était dû à divers facteurs tels que la qualité de l'eau et sa quantité disponible pour les animaux (KHASKHELI *et al.*, 2005). En été, la teneur en eau du lait augmente et donc sa matière sèche diminue davantage sous l'effet de stress hydrique. HADDADIN *et al.* (2008) ont trouvé que le taux de matière sèche totale atteignait son maximum en mi- hiver et son minimum en été. De même, YAGIL et ETZION (1980) avaient montré bien avant que le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau faisait chuter très sensiblement le taux de matière sèche totale de 14,3 à 8,8 %. Ce phénomène est naturel, car il permet d'assurer la survie du chamelon et de lui fournir un produit de valeur nutritive suffisante et une quantité importante d'eau en période de sécheresse. La teneur en matière sèche du lait varie également en fonction du stade de lactation (BENGOUMI *et al.*, 1994 ; KHASKHELI *et al.*, 2005), des facteurs saisonniers, de l'environnement, du rang de lactation, du nombre de vêlages (YAGIL, 1982 ; KHASKHELI *et al.*, 2005). Des variabilités génétiques (EREIFEJ *et al.*, 2011) et l'effet de l'origine

géographique sur la composition du lait de chamelle (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009) ont été également rapportés.

III.1.5. Cendres

A causes des fautes techniques de manipulation nous n'avons pas parvenu à déterminer le taux des cendres des deux échantillons.

D'après la littérature, on note que la teneur en cendres (minéraux) du lait camelin diminue en cas de privation d'eau (YAGIL, 1985). Elle varie également en fonction du stade de lactation (SIBOUKEUR, 2007).

III.1.6. Teneur en caséines

La teneur en caséines du lait camelin égal à 14,44 g/l pour le lait camelin en élevage extensif, cette valeur est plus faible que celle enregistrée pour le lait camelin en élevage semi-intensif (29,11 g/l). La différence est significative entre les deux valeurs ($P < 0,05$) (tableau II).

Des teneurs comparables à celle enregistrée pour le lait camelin provenant des chammelles en élevage extensif, ont été évoquées par KAMOUN, (1995) 19,7 g/l , 19,8 g/l (HADDADIN *et al.*, 2007).

Pour le lait camelin issu des chammelles en élevage semi-intensif, la valeur enregistrée est nettement inférieure à celle rapportée par MEDJOUR (2014) à El-Oued avec 37,47 et 32,12 g/l pour un système d'élevage semi-intensif.

Il est admis que, comparativement au lait bovin, le lait de dromadaire est pauvre en caséines, protéines responsables de la consistance du lait coagulé et son équilibre minéral, ce qui amplifie son inaptitude à la coagulation (KAMOUN, 1995).

La différence entre les teneurs en caséines rapportées par ces auteurs revient probablement à la saison de la récolte de lait où les teneurs les plus faibles sont enregistrées en période estivale (KAMOUN, 1998).

III.1.7. Teneur en protéines lactoséiques

La teneur en protéines sériques du lait camelin égal à 13,66 g/l pour lait issu des chammelles conduites selon le système d'élevage extensif, cette même valeur semble bien inférieure à celle obtenue pour lait camelin provenant de l'élevage en semi-intensif (20,03 g/l). La différence enregistrée entre les deux valeurs est significative (tableau II).

Ces taux paraissent supérieurs à ceux rapportés par KIHAL *et al.* (1999) (8,59 g/l) et FARAH (1993) (7 g/l) ; ATTIA *et al.* (2001) (7,55 g/l) ; SIBOUKEUR (2005) (7,5 g/l) ; 9 g/l selon ABU-LEHIA (1987) et 10 g/l selon BAYOUMI (1990) et ABU-LEHIA (1994) pour la race Majaheem (11,2 g/l) et MEDJOUR (2014) à Biskra avec 11,26 g/l pour un système d'élevage extensif et à El-Oued avec 11,64 et 10,98 g/l pour un système d'élevage semi intensif.

Ce taux important en protéines sériques du lait camelin est d'un grand intérêt du fait que c'est dans cette fraction qu'on retrouve des facteurs antibactériens particulièrement puissants (lysozyme, lactoferrine et immunoglobulines...) (ELAGAMY, 2000).

III.1.8. Teneur en protéines totales

La teneur en protéines totales du lait camelin égal à 28,11 g/l pour lait des chamelles conduites selon le système extensif, cette valeur est nettement plus faible que celle du lait camelin en élevage semi-intensif (49,15 g/l). La différence enregistrée entre les deux valeurs est significative ($P < 0,05$) d'après le tableau II. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par SBOUI *et al.* (2009), 34,15 g/l ; KAMOUN (1994), 34.3 g/l ; 30,72 g/l (ATTIA *et al.*, 2001) ; 30,8 et 33,1 g/l (WANGO, 1997) ; 33 g/l (KAMAL *et al.*, 2007) ; 34,6 g/l (SHAMSIA, 2009) et 35,6 g/l (SIBOUKEUR, 2005) sur de lait des chamelles élevées en extensif. Par ailleurs, des résultats obtenus pour les chamelles élevées en semi-intensif (41 g/l - 49 g/l) ont été rapportés par MEHAIA (1995) sur la race Majaheim en Arabie saoudite conduite en élevage intensif.

De nombreux auteurs montrent qu'un régime alimentaire basé sur l'herbe entraîne la baisse des taux de protéines et de matière grasse du lait. DELABY et PEYRAUD (1994), montrent qu'un régime à base de blé a induit un accroissement modéré du taux protéique du lait de vache par rapport à un régime à base d'herbe conservée ou pâturée. Il précise que le taux butyreux est amélioré lors d'apport de concentrés en quantités plus importantes. WOLTER (1997), montre que l'élevage par ensilage de maïs, betteraves et concentrés entraîne une augmentation de taux de protéines, alors que l'élevage par l'herbe ou un ensilage médiocre, entraîne un abaissement de taux de protéines.

Enfin, les races et les conditions saisonnières en particulier influenceraient également la teneur en protéines du lait de chamelle (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

III.2. Caractérisation des extraits coagulants

III.2.1. Rendement des extractions

L'extraction a été menée en utilisant le protocole proposé par VALLES et FURET (1977). Deux extraits (ECD et ECB) issus respectivement de dromadaire (âgé 2 ans) et bovin (âge 1 ans et quelque mois).

Afin de déterminer le rendement d'extraction de chaque caillette (tableau III), il fallait connaître les poids de ces dernières utilisées pour chaque expérimentation.

Le poids mesuré de caillette de dromadaire (caillette A), est de 50 g ; la caillette bovine (caillette B), a donné un poids de 50 g.

Les précipités humides ont été évalués respectivement à 0,61 g et 0,48 g. De ce fait, Les rendements d'extractions des enzymes coagulants ont été estimés à 5,2 % pour la caillette A et 5,01% pour la caillette B.

Tableau III : Certains paramètres relatifs aux caillettes cameline et bovine utilisées.

Type de caillette	Caillette A (caillette cameline)	Caillette B (caillette bovine)
Poids de caillette (g)	50	50
Poids de précipité humide (g)	0,6118	0,48
Rendement (%)	5,2	5,01

Ces valeurs de rendement sont plus importantes des celles rapportées par MAHBOUB (2009) qui a obtenu les rendements d'extractions de 1,8% pour la caillette A (sans muqueuse) et 3 % pour la caillette B (avec muqueuse) issue de dromadaire.

D'autres auteurs avancent des rendements plus élevées, tels que BOUDJENAH, (2012) qui a obtenu un rendement d'extraction égal à 22% en travaillant sur la caillette de dromadaire, HAMIDI, (2015) qui a obtenu un rendement d'extraction égal à 16,21% en travaillant sur la poudre de la couche de kaolin. Cette différence est due à la nature des tissus animaux utilisés, l'âge des animaux et aux conditions d'extraction lors de la macération.

III.2.2. Mesure du temps de flocculation

Les temps de flocculation (tf) mesurés, en fonction de la nature de l'enzyme et de la nature du substrat dans une température de 30 °C, est illustré (tableau IV), il ressort de ces résultats que le temps nécessaire pour la flocculation varie selon la provenance du lait de chamelle, donc selon le mode d'élevage (extensif ou semi-intensif) qui entre autre influencé par la composition chimique du lait et d'autre part suivant la nature de l'extrait enzymatique utilisé.

Tableau IV : Temps de floculation obtenu après l’utilisation des différentes présures sur les deux échantillons prélevés du lait de chamelle.

Préparation enzymatique	lait issu des chammelles en élevage extensif	lait issu des chammelles en élevage semi-intensif
	ECD	331.9 ±61.3
ECB	150±30.8	41.14±20.01

D’après SIBOUKEUR *et al.* (2005); MAHBOUB (2009); ISSELNANE (2014) plusieurs facteurs peuvent influencer le temps de floculation du lait tels que : le pH, la température, la quantité de l’enzyme, le stade de lactation et surtout l’alimentation.

III.3. Rendement fromager

Le rendement fromager réelle obtenu en utilisant la caillette cameline est légèrement différent entre les deux types du lait (lait des chammelles issu d’un élevage extensif et lait des chammelles issu d’un élevage semi-intensif) (tableau V). Malgré cela la différence enregistré n’est pas significative.

Pour la caillette bovine le rendement demeure indéterminé.

Tableau V : Rendement fromager en fonction de type du lait (lait des chammelles issu d’un élevage extensif et lait des chammelles issu d’un élevage semi-intensif) et en fonction de type de caillette utilisée (ECD et ECB).

Type du lait Caillette utilisée	lait des chammelles issu d’un élevage extensif		lait des chammelles issu d’un élevage semi-intensif		P
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
ECD	0,7888	0,11576	1,097	0,3148	0,39 ^{NS}
ECB	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	Indéterminé	/

NS : Non significative

Les rendements fromagers sont faibles comparativement à ceux observés habituellement avec du lait de vache ou de chèvre. Le faible niveau des rendements s'explique par la moindre teneur en matière sèche des laits de dromadaire utilisés, mais également par l'importance des pertes en matière sèche dans le lactosérum. Ainsi, bien que les extraits secs du lait de dromadaire

utilisé soient d'environ 30 pour cent inférieurs à ceux du lait de vache, les extraits secs moyens mesurés dans les lactosérums sont du même ordre que ceux obtenus lors de la transformation du lait de vache (RAMET, 1987).

On retiendra aussi que dans sa composition ce lait est pauvre en matière sèche totale, matière grasse, matière protéique, le diamètre élevé des micelles de caséine, et la teneur réduite en caséine kappa. Sa composition minérale diffère peu de celle du lait de vache ; il y a toutefois un peu moins de calcium, de phosphore, de sodium et plus de chlore et de potassium (MEDJOUR, 2014) ;

III.4. Analyses *In Silico*

Les caséines sont organisées sous forme d'entités stables dispersées dans le liquide du lait, qui s'appellent les micelles et qui est former des quatre types des caséines, à savoir : α_1 , α_2 , β et κ caséines. Les trois premières caséines, α_1 , α_2 , β caséines, ont toute une nature hydrophobe, quant à la caséine κ est la seule de nature hydrophile. Ainsi, les micelles des caséines sont entourées de l'extérieur et protégés contre l'environnement aqueux par la caséine κ (MEDJOUR, 2014). De ce fait, la caséine κ est très sensible à l'attaque des protéases, en l'occurrence, la chymosine et la pepsine qui représentent la présure de suc gastrique.

Après une recherche faite sur UniProt et NCBI on a pu recensé une seule entrée qui correspond à la caséine κ de dromadaire (*Camelus dromedarius*) qui a été documenté par KAPPELER et *al.* en 1998 sur des dromadaires somaliens sans précision de mode d'élevage et qui porte le numéro d'accèsion (P79139) Sur la banque protéique UniProt. Ce pour cette raison que nous avons réajusté notre plan d'analyses *In Silico* et au lieu de comparer entre deux séquences de caséine kappa camelin (appartenant aux deux modes d'élevage extensif et semi-intensif), qui est impossible dans la situation actuelle, on va plutôt consacrer cette analyse en comparant entre la caséine kappa cameline et bovine.

III.4.1. Analyse et recherche d'identité

Les séquences de κ caséine (bovine et cameline) (figure 9 et 10) à analyser ont été retrouver sur la banque des données protéiques UniProt, elles portent les numéros d'accèsion suivant :

- P02668 pour pour l'entrée de κ caséine de l'espèce *Bos taurus* (figure 7).
- P02668 pour pour l'entrée de κ caséine de l'espèce *Camelus dromedarius* (figure 8).

Figure 07: Fichier d'entrée pour la séquence de la κ caséine de l'espèce *Bos taurus* sur UniProt.

Figure 08 : Fichier d'entrée pour la séquence de la κ caséine de l'espèce *Camelus dromedarius* sur UniProt.

```
>sp|P02668|CASK_BOVIN Kappa-casein OS=Bos taurus OX=9913 GN=CSN3 PE=1 SV=1
MMKSFFLVVITILALTLPFLGAQEQNQEQPIRCEKDERFFSDKIAKYIPIQYVLSRYPSTY
LNYQQKPVALLINQFLPYPYAKPAAVRSQAQILQWQVLSNTVPAKSCQAQPTTMRHP
HPHLSFMAIPPKKNQDKTEIPTINTIASGEPTSTPTTEAVESTVATLEDSPEVIESPPEI
NTVQVTSTAV
```

Figure 09: Format FASTA de la séquence de κ caséine de l'espèce *Bos taurus* sur UniProt.

```
>sp|P79139|CASK_CAMDR Kappa-casein OS=Camelus dromedarius OX=9838 GN=CSN3 PE=1 SV=1
MKSFFLVVITLALTLPLFLGAEVQNQEPTCFEKVERLLNEKTVKYFPIQFVQSRYPYGI
NYYQHRLAVPINNQFIPYPNYAKPVAIRLHAQIPQCQALPNIDPPTVERRPRPRPSFIAI
PPKKTQDKTVNPAINTVATVEPPVIPTAEPVNTVVIAEASSEFITTSTPETTTVQITST
EI
```

Figure 10 : Format FASTA de la séquence de κ caséine de l'espèce *Camelus dromedarius* sur UniProt.

Afin de préparer les deux séquences pour l'analyse d'identité, les fichiers de format FASTA des deux séquences (κ caséine cameline et bovine) sont traités par l'outil GPMW de lighthouse et ainsi les séquences signales sont enlevées.

Ensuite, l'analyse d'identité a été réalisée par alignement entre les deux séquences des caséines κ cameline et bovine en utilisant toujours leur format FASTA (sans séquence signale) (figure 9 et 10), via l'outil BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) de la banque NCBI le résultat de l'alignement se trouve sur les figures 11 et 12.

The screenshot shows the BLAST results interface. At the top, it indicates the search was for 'BOVIN Kappa-casein' with RID 'E6S2C6BR114'. The 'Filter Results' section allows filtering by Percent Identity, E value, and Query Coverage. Below this, there are tabs for 'Descriptions', 'Graphic Summary', 'Alignments', and 'Dot Plot'. The 'Sequences producing significant alignments' section is active, showing a table with the following data:

Description	Max Score	Total Score	Query Cover	Per. Ident	Accession
Camelus dromedarius Kappa-casein	148	148	98%	54.17%	Query_36243

Figure 11 : Résultats de l'alignement des deux séquences de κ caséine (cameline et bovine) Via l'outil BLAST de la banque NCBI.

D'après les résultats de l'alignement entre les deux séquences de kappa caséine, bovine et cameline, par BLAST (figure 11), on constate que sur un taux de couverture de 98% à travers les deux séquences, on a obtenu un pourcentage d'identité de plus de 54%, c'est-à-dire que les

coenzyme, résidus acides aminés modifiés (glycosylés, phosphorylés, sulfatés, méthylé...)...etc.

La recherche des signatures (patterns) sur les deux séquences (de κ caséine bovine et cameline) a été réalisés par l’outil Prosite de ExPASy (serveur de l’institut suisse de bioinformatique), les résultats apparaissent dans les figures (13 et 14).

D’après les deux figures 13 et 14, on constate que les deux séquences (de κ caséine bovine et cameline) sont caractérisées par la présences des résidus sérines et thréonines modifiés (phosphorylés) avec comme différence, la présence phosphothréonine dans la séquence cameline à la place de phosphosérine (au début de la séquence) et un résidu de phosphothréonine supplémentaire occupant la position 22 sur la séquence de la κ caséine cameline. Alors, les deux séquences ont des phosphorylations, comme des modifications post traductionnelles, sur certains de leurs résidus. Ce qui suggère qu’elles sont proches sur le plan fonctionnel avec tout fois une particularité pour le cas de la séquence de κ caséine cameline.

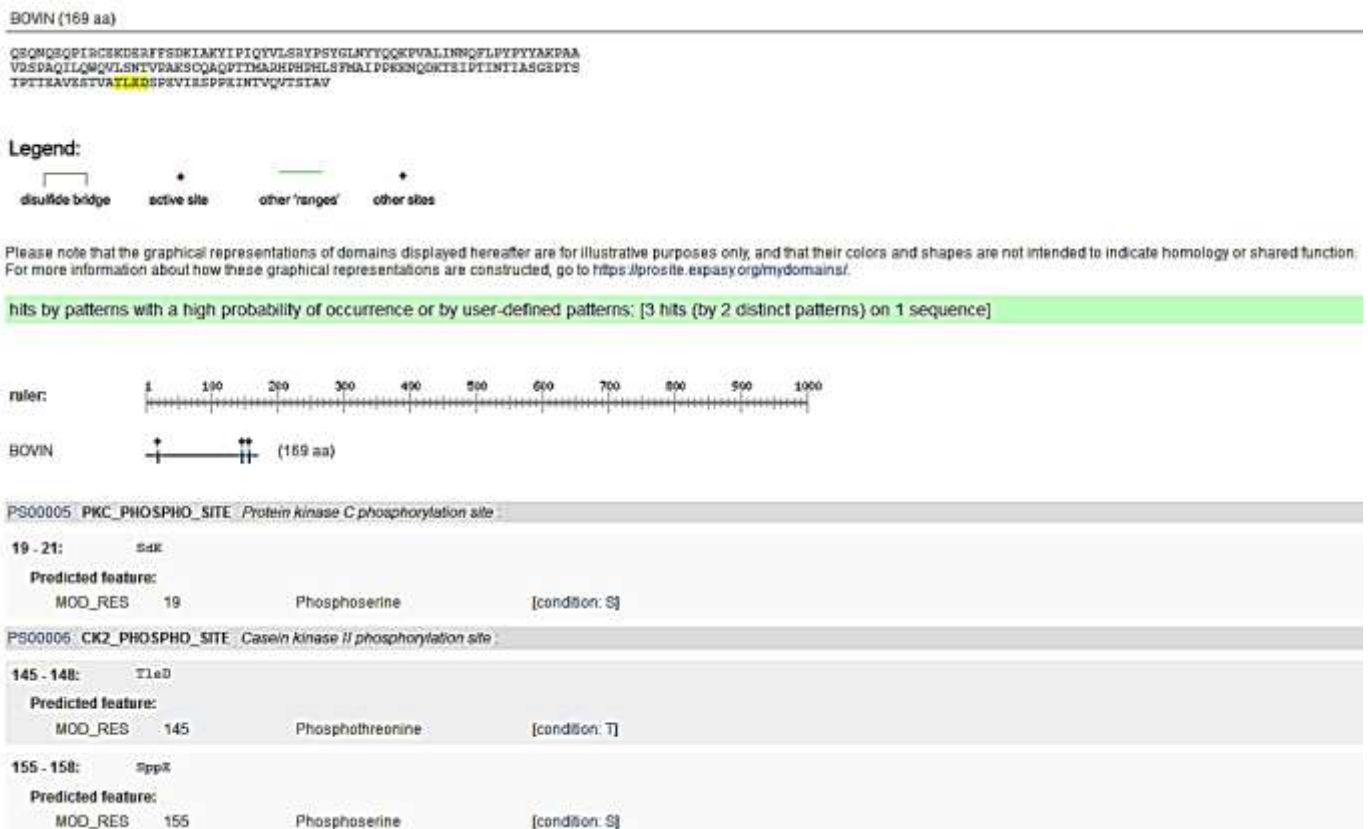
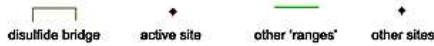


Figure 13 : Recherche des signatures sur la séquence de κ caséine bovine (*Bos taurus*) en utilisant l’outil Prosite de ExPASy.

KCN (162 aa)

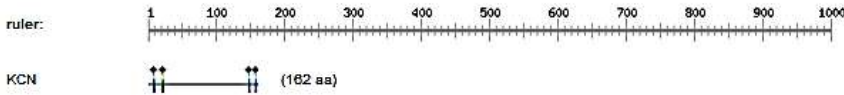
EVQKQEQPTCFEKVERLLNEKLVKYPFIQFVQSRYPSTYGINYYQRLAVPINNQFIYFPNYAKFVA
 IRLHAQIFQCQALFNIDPFTVERRRFRFRSFIAPFKKIQDKTVNPAINTVATVEFPVITAEFAV
 NTVVIAEASSEFIITSTFETTVQITSTEI

Legend:



Please note that the graphical representations of domains displayed hereafter are for illustrative purposes only, and that their colors and shapes are not intended to indicate homology or shared function. For more information about how these graphical representations are constructed, go to <https://prosite.expasy.org/mydomains/>.

hits by patterns with a high probability of occurrence or by user-defined patterns: [4 hits (by 2 distinct patterns) on 1 sequence]



PS00006 CK2_PHOSPHO_SITE Casein kinase II phosphorylation site :

9 - 12: TcEE
 Predicted feature:
 MOD_RES 9 Phosphothreonine [condition: T]

148 - 151: StpE
 Predicted feature:
 MOD_RES 148 Phosphoserine [condition: S]

158 - 161: TstE
 Predicted feature:
 MOD_RES 158 Phosphothreonine [condition: T]

PS00005 PKC_PHOSPHO_SITE Protein kinase C phosphorylation site :

22 - 24: TrK
 Predicted feature:
 MOD_RES 22 Phosphothreonine [condition: T]

Figure 14 : Recherche des signatures sur la séquence de κ caséine cameline (*Bos taurus*) en utilisant l’outil Prosite de ExpASy.

III.4.3. Analyse Physico-chimique (In Silico)

L’utilisation de l’outil GPMaw a permis de déterminer certains paramètre physico-chimiques (théorique) pour les deux séquences (κ caséine bovine et cameline). Ainsi on a pu déterminer les deux séquences : le pH isoélectrique, la composition globale en acides aminés, les valeurs de l’hydrophobicité selon GRAVY...etc.

Les pourcentages de la composition globale en acides aminés des deux séquences (figures15 et 16) sont très proches.

Par ailleurs, il semble et d’après les figures 17 et 18 décrivant l’hydrophobicité (selon GRAVY) des deux séquences, que la quasi-totalité des deux séquences est située sur l’intervalle négative de l’hydrophobicité (donc, elles sont de nature hydrophile). Ces deux séquences ont un même comportement d’hydrophile, avec des valeurs d’hydrophobicité de : -650 et -942 respectivement pour la κ caséine cameline et la κ caséine bovine

Sequence information - sp|P79139|CASK_CAMDR Kappa-casein OS=Camelus dromedari...

Sequence info								
Composition			Mass values			Calculations		
Res	#	%	Res	#	%	Res	#	%
Xxx	0	0,00	Pro	22	13,58	Leu	5	3,09
Asp	2	1,23	Gly	1	0,62	Tyr	7	4,32
Asn	10	6,17	Ala	12	7,41	Phe	6	3,70
Thr	17	10,49	Val	15	9,26	Lys	7	4,32
Ser	7	4,32	Cys	2	1,23	His	2	1,23
Glu	12	7,41	Met	0	0,00	Trp	0	0,00
Gln	12	7,41	Ile	15	9,26	Arg	8	4,94

Figure 15 : Composition globale en acides aminés de la séquence de κ caséine cameline

Sequence information - sp|P02668|CASK_BOVIN Kappa-casein OS=Bos taurus OX=9913 ...

Sequence info								
Composition			Mass values			Calculations		
Res	#	%	Res	#	%	Res	#	%
Xxx	0	0,00	Pro	20	11,83	Leu	8	4,73
Asp	4	2,37	Gly	2	1,18	Tyr	9	5,33
Asn	8	4,73	Ala	14	8,28	Phe	4	2,37
Thr	15	8,88	Val	11	6,51	Lys	9	5,33
Ser	13	7,69	Cys	2	1,18	His	3	1,78
Glu	12	7,10	Met	2	1,18	Trp	1	0,59
Gln	15	8,88	Ile	12	7,10	Arg	5	2,96

Figure 16 : Composition globale en acides aminés de la séquence de κ caséine bovine

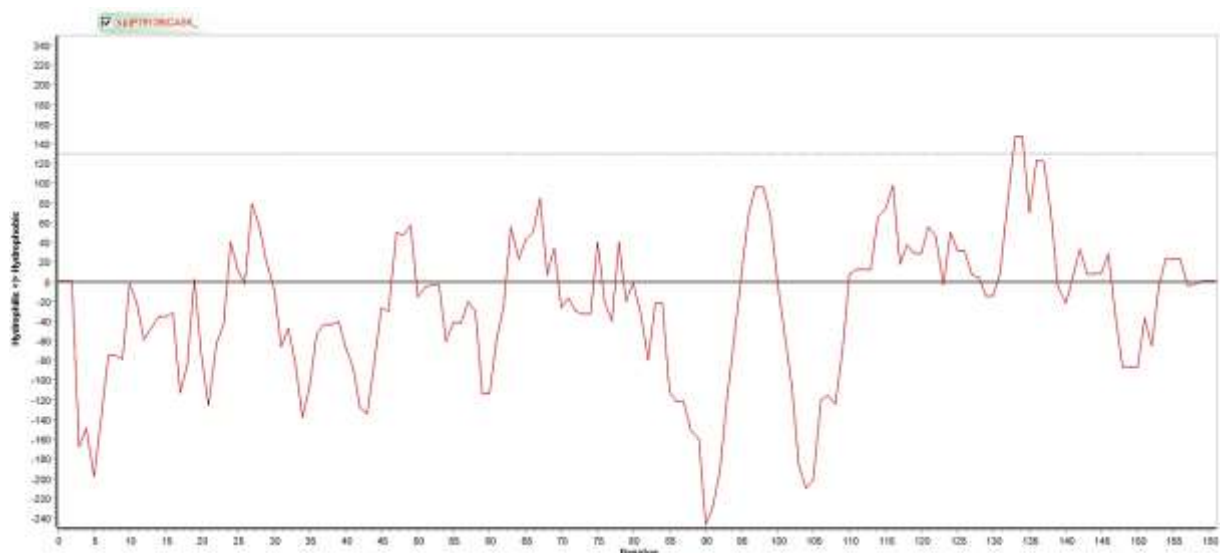


Figure 17 : Représentation graphique de l'hydrophobicité de la séquence de κ caséine cameline.

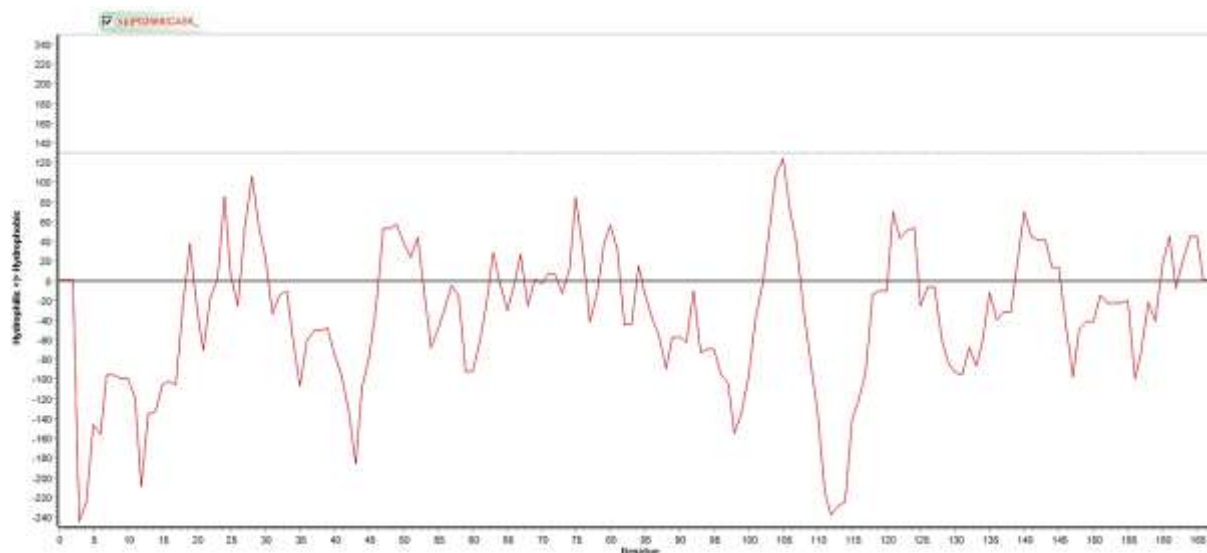


Figure 18 : Représentation graphique de l'hydrophobicité de la séquence de κ caséine bovine.

D'autre part, le comportement isoélectrique théorique des deux séquences est différent avec un pHi légèrement acide (6,08) pour la κ caséine bovine et un pHi légèrement basique (8,58) pour la κ caséine cameline.

Les séquences de caséine bovine et cameline ont des comportent physico-chimiques très proches, avec certaine particularité pour chacune exprimée par leur pH isoélectrique.

III.4.4. Digestion enzymatique *In Silico*

Afin de d'effectuer la digestion enzymatique *In Silico* des deux séquences (κ caséine bovine et cameline), nous nous sommes servi de l'outil en ligne PeptideCutter (ExPASy).

Ici on va assimile l'action de la pepsine qui existe normalement dans la caillette. La chymosine, qui se trouve à coté de pepsine dans la caillette des jeunes animaux nourrissant du lait, n'existe pas, malheureusement, sur la base des données de l'outil PeptideCutter.

D'après les résultats (figures 19 et 20), la κ caséine bovine est plus sensible à l'action de la pepsine que la κ caséine cameline, dans le pH de 1,3 (pH optimal pour cette enzyme). On peut avoir alors 17 sites de coupure, avec la κ caséine bovine, donnant ainsi, 12 différents peptides, le plus grand d'entre eux fut 40 acides aminés (d'une nature hydrophile). Pour le cas de la κ caséine cameline, on dénombre seulement 11 sites probables à l'attaque par la pepsine, produisant alors 9 différents peptides, le plus grand d'entre eux fut 46 acides aminés est d'une nature hydrophobe.

Toutes les études ont révélé que la coagulation avec de la présure (chymosine et pepsine) du lait de chamelle suit un mécanisme similaire à celui du lait de vache. Cependant, l'action de

la présure sur le lait de chamelle conduit à une coagulation sous forme de floccs sans coagulum ferme. Ce comportement est attribué à :

- Dans la plupart des études, la chymosine bovine a été utilisée pour coaguler le lait de chamelle ; cependant, l'enzyme de coagulation d'une espèce particulière est plus efficace avec du lait de la même espèce. Cela a été confirmé pour les agneaux, les porcs et les chammelles (YOUNG *et al.*, 2017).
- La fermeté du caillé dépend du rapport de la κ -CN à la caséine entière, qui dans le lait de chamelle est de 3,5%, tandis que celui de la β -CN est de 65%, contre 13% pour la κ -CN et 39% pour la β -CN le dans le lait bovin (KAPPLER, 1998). Dans les laits avec des quantités plus élevées de κ -CN que dans le lait de vache, par exemple, le lait de bufflonne avec 130–200 g de κ -CN / kg de caséine totale, la fermeté du caillé était plus élevée que dans le lait de vache (YOUNG *et al.*, 2017).
- L'échec de la formation du coagulum est dû à une interaction non spécifique de la protéase avec la κ -CN de dromadaire. La κ -CN de dromadaire contient un site de clivage nettement différent pour les protéases aspartiques par rapport au κ -CN bovin (KAPPELER, 1998 ; KAPPLER *et al.*, 1998) (figure 21).

These enzymes cleave the sequence:

Name of enzyme	No. of cleavages	Positions of cleavage sites
Pepsin (pH1.3)	11	10 11 17 29 30 54 69 79 97 143 144

These are the cleavage sites of the chosen enzymes and chemicals mapped onto the entered protein sequence:

- You have chosen a block size of **60** for the map.
- Please note that the cleavage occurs at the **right side** (C-terminal direction) of the marked amino acid.
- You have the possibility to display the results of a single enzyme by **mouseclicking** on the respective enzyme name in the map.



At these positions the following enzymes cleave:

- Please note that the size of the peptides are calculated as if **all chosen enzymes were present** during digestion. If you want to obtain the size of the peptides resulting from the cleavage of only one enzyme, please, **deselect** the others.
- Please be aware of the fact that the present version of the PeptideCutter program does not take into consideration any kind of **modification** neither of the protein sequence nor of modifications evoked by the cleavage. Mass computations are based on average masses of the occurring amino acid residues, and giving peptide masses as [M]. If you want to select different parameters, we recommend to use PeptideMass.

Position of cleavage site	Name of cleaving enzyme(s)	Resulting peptide sequence (see explanations)	Peptide length [aa]	Peptide mass [Da]
10	Pepsin (pH1.3)	EVQNQEQTCT	10	1175.235
11	Pepsin (pH1.3)	F	1	165.192
17	Pepsin (pH1.3)	EKVERL	6	772.900
29	Pepsin (pH1.3)	LNKIVKYFPIQ	12	1479.739
30	Pepsin (pH1.3)	F	1	165.192
54	Pepsin (pH1.3)	VQSRYPSTYGINYYQHLAVPINNQ	24	2681.203
69	Pepsin (pH1.3)	FIFPRYAKFVAIRL	15	1762.128
79	Pepsin (pH1.3)	HAQIPQCGAL	10	1108.280
97	Pepsin (pH1.3)	PHIDPPTVERRPRPRPSF	18	2131.425
143	Pepsin (pH1.3)	IAIPPKKTQDKTVNPAINTVATVEPPVIPTAEPVNTVVIAEASSE	46	4722.411
144	Pepsin (pH1.3)	F	1	165.192
162	end of sequence	ITISTREITTVQITSTEI	18	1923.102

Figure 20 : Digestion par la pepsine à pH de 1,3 de la séquence de κ caséine cameline par l’outil PeptideCutter (ExPASy) avec les peptides générés.

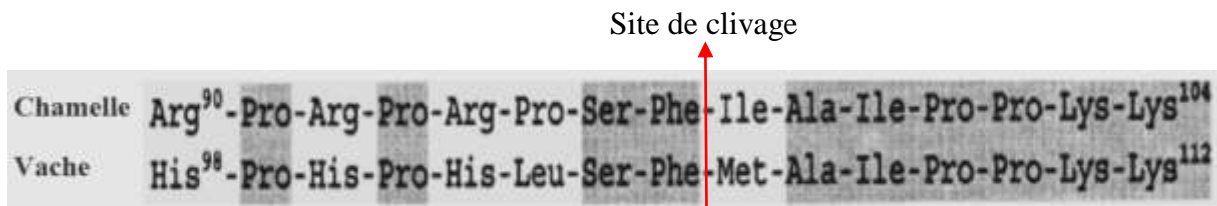


Figure 21 : Comparaison des régions sensible à l'hydrolyse de la chymosine sur les deux séquences, caméline et bovine, de la caséine κ . Les résidus conservés sont en gris (MEDJOUR, 2014).

A tous ce qui précèdent, on peut dire que la κ caséine bovine et cameline ont chacune sa particularité envers les protéases de la présure (pepsine ou chymosine), lors de la coagulation fromagère et que chacune fonctionne mieux avec l'enzyme de son espèce.

Conclusion

Conclusion

Le lait de dromadaire constitue une ressource alimentaire inestimable pour les populations des régions arides et semi arides de notre pays ; car c'est un produit relativement riche en éléments nutritifs et qui présente en plus une disposition naturelle à la conservation supérieure à celle de tous les laits des autres espèces. Pour lequel les éleveurs s'empressent à l'affubler d'un certain nombre de vertus thérapeutique. Malgré cet atout, ce lait présente des aptitudes limitées à la transformation en produits dérivés, particulièrement en fromage, en raison de ses caractéristiques physico-chimiques particulières.

Selon notre présente étude, le passage du système d'élevage camelin traditionnel au système semi-intensif par certains éleveurs de la région avait pour conséquences un changement dans l'aspect physico-chimiques de ce lait ainsi :

- Le lait provenant du système semi-intensif devient plus acide ;
- Sa densité devient plus importante ;
- Sa teneur en matière sèche s'est affaibli ;
- Devient plus riche en protéines en particuliers les caséines.

D'autre part on observe d'après l'étude de la coagulation réalisée que l'aptitude à la coagulation du lait camelin est légèrement amélioré en répondant à la transition dans le système d'élevage camelin, ainsi le rendement fromager est devient légèrement plus important pour le lait camelin issu du système d'élevage semi-intensif (malgré qu'il n'y a pas de différence significative enregistrée).

On parallèle et pour expliquer la différence qualitative de coagulation entre les deux types du lait camelin, nous avons réalisé une analyse *In Silico* sur la séquence de la κ caséine (la protéine qui protège et stabilise les micelles des caséines, sa destruction mène à la formation de coagulum de fromage). Vu l'inexistence d'une séquence de κ caséine cameline dont on peut distinguer le système d'élevage, on a donc suivi un plan de comparaison entre la κ caséine cameline et bovine.

Cette analyse a montré que la κ caséine cameline et bovine sont similaire à 62% (leur structure est très proche). Ce qui suggère qu'elles peuvent avoir :

- Des sensibilités très proches par les mêmes protéases ;
- Une modification post traductionnelle similaire et qui est nécessaire à leur fonction ultérieure ;
- Mêmes caractéristiques physicochimiques.

Par ailleurs, la recherche des patterns a montré que ces deux séquences ont toutes les deux des résidus sérines et thréonines modifiés (phosphosérines et phosphothréonine), avec certaines particularités pour la κ caséine cameline comme un résidu de phosphothréonine supplémentaire occupant la position 22 sur sa séquence. Ce qui suggère qu'elles sont proches sur le plan fonctionnel.

D'autre part l'analyse des comportements physico-chimiques de ces deux séquences a montré que :

- Les deux séquences ont la même nature hydrophile ;
- Qu'elles ont de composition physicochimique très proches ;
- Mais un pHi différent.

Ces deux séquences ont, alors, des comportements physico-chimique proches.

En plus, c'est qu'à travers la discussion des résultats de digestion enzymatique *In Silico* qu'on peut dire que la κ caséine bovine et cameline ont chacune sa particularité envers les protéases de la présure (pepsine ou chymosine), lors de la coagulation fromagère et que chacune fonctionne mieux avec l'enzyme de son espèce.

Références bibliographiques

-A-

- ABBAS, K. (2012).** Effet de traitements thermiques sur les propriétés fonctionnelles de fromages traditionnels : Le cas des pâtes persillées. Thèse de Doctorat en sciences des sciences de la vie, sante, agronomie, environnement, Université Blaise Pascal.
- ABI AZAR, R. (2007).** Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de doctorat en Agro Paris Tech, Agroparistech Ecole Doctorale Abies.
- ADAMOU, A., & FAYE, B. (2007).** L'élevage camelin en Algérie : contraintes et perspectives de développement. Cahiers du CREAD n°79-80, pages 77-97.
- ADAMOU, A., & FAYE, B. (2007).** L'élevage camelin en Algérie : contraintes et perspectives de développement. Cahiers du CREAD n°79-80, pages 77-97.
- AL-JUBOORI, A.T., MOHAMMED, M., RASHID, J., KURIAN, J., & ELREFAEY, S. (2013).** Nutritional and medicinal value of camel (*Camelus dromedarius*) milk. WIT Transactions on Ecology and The Environment, vol 170, 212-232.
- ALOK, K.Y., KUMAR, R., PRIYADARSHINI, L., & SINGH, J. (2015).** Composition and medicinal properties of camel milk: A Review. Asian J. Dairy & Food Res, vol 34(2), 83-91.
- ATTIA H., KHEROUATOU N., NASRI M. et KHORCHANI T. (2000).** Characterization of the dromadary milk casein micelle and study of its changes during acidification. Lait, 80, p. 503-515.
- AZZA M.K., SALAMA O.A. and EL-SAIED K.M. (2007).** Changes in amino acids profile of camel milk protein during the early lactation. International Journal of Dairy Science, 2 (3), p. 226-234.

-B-

- BACHTARZI, N., AMOURCHE, L., & DEHKAL, G. (2015).** Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). International Journal of Innovation and Scientific Research, vol 17 no. 1, 34-42.

Références bibliographique

- BADIDJA, S., & DJELLABI, F.Z. (2014).** Etude comparative de la composition physicochimique de lait camelin et humain. Mémoire de master en sciences biologiques, Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.
- BEN AISSA, R. (1989).** Le dromadaire en Algérie. CIHEAM-IAMZ, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens n° 2, 19-28.
- BENNEDJMA, I., & ROUIDJAA, S. (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique et biochimique et suivie de l'activité protéolytique du lait camelin (collecté localement) durant sa transformation en fromage. Mémoire de master en sciences biologiques, Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.
- BOUALLALA, M., CHEHMA, A., & BENSETTI, M. (2001).** Variation de la composition chimique de principales plantes broutées par le dromadaire du Sud-Ouest Algérien. *Livestock Research for Rural Development*, vol 23(5).
- BOUDJENAH, H.S. (2012).** Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : Effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires. Thèse de doctorat en sciences biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (Algérie).
- BOUGHELLOUT, H. (2007).** Coagulation du lait par la pepsine de poulet. Mémoire de Magister en sciences alimentaires, Université Mentouri de Constantine, Algérie.

-C-

- CHEHMA, A., LONGO, H.F., & BELBEY, A. (2003).** Utilisation digestive de régimes à base de rebuts de dattes chez le dromadaire et le mouton. *Courrier du Savoir – N°03*, 17-21.
- CORRERA, A. (2006).** Dynamique de l'utilisation des ressources fourragères par les dromadaires des pasteurs nomades du parc national du banc d'arguin (Mauritanie). Thèse de doctorat en sciences Ecologie et gestion de la biodiversité, Muséum National d'histoire Naturelle de Paris.

-D-

- DIALLO, B.C. (1989).** L'élevage du dromadaire en Mauritanie. CIHEAM, Options Méditerranéennes, 29-31. En ligne <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI000423>.
- Dromedary camel milk proteins, a source of peptides having biological activities, A review, *International Dairy Journal*, doi: 10.1016/j.idairyj.2016.12.001.

-E-

EL-AGAMY, E.I. (2000). Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors : a comparison with cow's and buffalo. Food Chem.,vol 68, 227-232.

En ligne <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI000425>.

-F-

FARAH, Z. (1993). Composition and characteristics of camel milk. Journal of Dairy Research, vol 60, 603-626 .

-G-

Gerard D. (2018). Professeur au Lycée Faidherbe de Lille, fiche de titre : Alcènes et autres composés éthyléniques, en avril 2015 ; Dernière mise à jour : juillet 2018 site

-H-

HUSSEIN, M.A. (1989). Husbandry and management of camels in Somalia, Ethiopia, Kenya and Djibouti. . CIHEAM, Options Méditerranéennes, 37-44.

-I-

ISSELNANE, S. (2014). Caractérisation chromatographique et électrophorétique de l'extrait coagulant issu de caillettes de dromadaires adultes. Mémoire de magister en science biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.

-J-

JRAD, Z., EL-HATMI, H., FGHIRI, I., ARROUM, S., ASSADI, M., & KHORCHANI, T. (2013). Antibacterial activity of Lactic acid bacteria isolated from Tunisian camel milk. African Journal of Microbiology Research, vol 7(12), 10021008.

-K-

KAMOUN, M. (2011). Détermination des paramètres productifs des camélidés Engraissés en Tunisie. L'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur (ESAM), Tunisie.

KHAN, B.B., IQBAL, A., & RIAZ, M. (2003). Production and management of camels. University of Agriculture, Faisalabad.

KNOESS K.H. (1977).The camel as a meat and milk animal. World Anim. Rev. 22. P. 3-8.

Références bibliographique

Koji A., and Toshio N. (2013). Impaired Glutathione Synthesis in Neurodegeneration. *International Journal of Molecular Sciences.* 14, 21021-21044.

KONUSPAYEVA G., LOISEAU G. et FAYE B. (2004). La plus-value « santé » du lait de chamelle cru et fermenté : l'expérience du Kazakhstan. *Rencontre Recherche Ruminants,* 11, p. 47-50.

-L-

LABORATOIRE MAT INC.5(2014). FICHE SIGNALÉTIQUE, *Centre Anti-Poison pour le Québec:* (800) 463-5060, 610, rue Adanac, Québec (Québec) G1C 7B7, page 02, dernière mise à jour: 28-11-2014

Labrot F., Ribera D., Saint-Denis M., and Narbonne J. F. (1996). In vitro and in vivo studies of potential biomarkers of lead and uranium contamination: lipid peroxydation, acetylcholinesterase and glutathione peroxydase activities in three non-mammalian species. *Biomarkers,* 1: 21-28.

Lan Q., Zhang L., Li G., Vermeulen R., Weinberg RS., Dosemeci M., et al. (2004). Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. *Science.* 306:1774–6.

Li P., Hu X., Gan Y., Gao Y., Liang W., Chen J.(2011). Mechanistic insight into DNA damage and repair in ischemic stroke: exploiting the base excision repair pathway as a model of neuroprotection. *Antioxidants & Redox Signaling.* 14(10), 1905–1918.

Liguori I., Russo G., Curcio F., Bulli G., Aran L., Della-Morte D., Gargiulo G., Testa G., Cacciatore F., Bonaduce D., and Abete P.(2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical interventions in Aging.* 13, 757–772.

Livingstone D. R., 1993. Biotechnology and pollution monitoring: use of molecular biomarker in the aquatic environment. *J. Chem. Technol. Biotechnol.,* 57: 195-211.

Lobo V., Patil A., Phatak A., Chandra N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: *Impact on human health.* *Pharm. Rev.* 4, 118–126.

-M-

MAHBOUB, N. (2009). Contribution à l'amélioration de la fromageabilité du lait camelin : Etude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines (type présure). Thèse de Magister en sciences Biologiques. Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.

- MAHBOUB, N., TELLI, A., SIBOUKEUR, O., BOUDJENAH, S., SLIMANI, N., & MATI, A. (2010).** Contribution à l'amélioration de l'aptitude fromagère du lait camelin : étude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines : Annales des Sciences et Technologie, vol 2, N° 1, 71-79.
- Mal G. et Pathak K.M.L. (2010).** Camel milk and milk products. Milk & milk products. SMVS' Dairy Year Book, p. 97-103.
- MARTINEZ, D. (1989).** Note sur la production de lait de dromadaire en secteur périurbain en Mauritanie. Revue Élev. Méd. vét. Pays trop., vol 42 (1), 115-116.
- MEDJOUR, A. (2014).** Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir de chamelles (*Camelus dromedarius*) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif). Mémoire de magister en biologie, Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie.
- MEHAIA M. A., HABLAS M. A., ABDEL-RAHMAN K. M. et EL-MOUGY S. A. (1995).** Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. Food Chemistry, 52, p. 115-122.
- MEHAIA M.A. (1995).** The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. Milchwissenschaft, 50, p. 260-263.
- MEHAIA M.A., HABLAS M.A., ABDEL-RAHIM K.M. & MOUGY S.A. (1995).** Milk composition, Wada and Hamra camels in Saudi Arabia. Food chemistry, vol 52, 115-122
- MOSLAM, M., MEGDICHE, F. (1989).** L'élevage camelin en Tunisie. CIHEAM, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 2, 33-36.

-N-

- NAOUI, N. (2013).** Caractérisation microbiologique et moléculaire des bactéries lactiques isolées du lait cru de chamelle. Mémoire de magister en microbiologie fondamentale et appliquée, Université d'Oran, Algérie.

-P-

- PATEL, A.S., PATEL, S. J., PATEL N. R. & CHAUDHARY G.V. (2016).** Importance of camel milk - An alternative dairy food, Journal of Livestock Science, vol 7,19-25.

-R-

- RAMET, J.P. (1985).** Study of enzymatic coagulation of camel milk in Saudia Arabia. Mission Report, FAO, 1-73.
- RAMET, J.P. (1993).** La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). Etude FAO, production et santé animale, vol 113, Rome.

RENAUDIN, B., & RAILLON, C. (2011). La résilience des pasteurs aux sécheresses, entre traditions et bouleversement. Urgence réhabilitation développement (URD).

RICHARD, D. & GERALD, D. (1989) Cite par SIBOUKEUR, O. (2007).

RICHARD, D. (1989). Connaissances actuelles sur les besoins et recommandations nutritionnelles pour les dromadaires. CIHEAM, Options Méditerranéennes, 181-184. En ligne <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI000445>

ROSS, R.P., STANTON, C., HILL, C., FITZGERALD, G.F., & COFFEY, A. (2000). Novel cultures for cheese improvement. Trends in Food Science & Technologie, vol 11, 96-104.

-S-

SANNY, C.G., HARTSUCK, J.A., & TANG, G. (1975). Conversion of pepsinogen to pepsin. The journal of Biological Chemistry, vol 250(7), 2635-2639.

SAWAYA, W.N., KHALIL, J.K., AL-SHALHAT, A., & AL-MOHAMMAD, H. (1984). Chemical Composition and Nutritional Quality of Camel Milk. Journal of food science, vol 49, 744-747.

SBOUI, A., ARROUM, S., HAYEK, N., MEKRASI, H., & KHORCHANI, T. (2015). Etude comparative de l'effet de la pasteurisation et de l'ébullition sur la composition physicochimique des laits camelin et bovin. Journal of new science, volume JS INAT.

SIBOUKEUR O. (2007). Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctoraten Sciences Agronomiques. Institut national agronomique ELHarrach-Alger (Algérie).

SIBOUKEUR, A., & SIBOUKEUR, O. (2012). Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin. AST Annales des Sciences et Technologie, vol 4, n°2.

SIDDIG, S.M., SULIEMAN, A.E., SALIH, Z.A., & ABDELMUHSIN, A.A. (2016). Quality Characteristics of White Cheese (Jibna-beida) Produced Using Camel Milk and Mixture of Camel Milk and Cow Milk. International Journal of Food Science and Nutrition Engineering, vol 6(3), 49-54. Doi : 10.5923/j.food.20160603.01

SOWOU, M., & TAHIROU, D.B. (2013). Etude du marché du lait de chamelle. SNV, version finale.

-T-

Références bibliographique

TUBESHA, Z.A., & AL-DELAIMY, K.S. (2003). Rennin-like milk coagulant enzyme produced by a local isolated of *Mucor*. *International Journal of Dairy Technology*, vol 56(4), 237-241.

-U-

Udonwa NE., Uko EK., Ikpeme BM., Ibanga IA., Okon BO .(2009). Exposure of petrol station attendants and auto mechanics to premium motor spirit fumes in Calabar, Nigeria. *J Environ Public Health*. 2009: 281876.

Ursini F., Maiorino M., Brigelius-Flohe R., Aurnann K.D., Rovcri A., Schomburg D., Flohe L. (1995). Diversity of glutathione peroxidases. *Methods Enzymol*. 252, 38-53.

-V-

VALLES, E., & FURET, J. P. (1977). Étude des caillettes des bovins à l'état ruminant pour l'obtention d'extraits coagulants à base de pepsine bovine. Méthode d'extraction. *Lait*, vol 61, 601-617.

VOISIN, A. (2010). Influence du type d'alimentation sur texture et la saveur du fromage. Thèse de doctorat en médecine vétérinaire, école national vétérinaire, Toulouse, France

-Y-

YAGIL, R. (1982). Camels and camel milk. FAO, 218p.

YAGIL, R. (1982). Camels and Camel Milk. FAO, Animal Production and Health, N° 26, 169.

YAGIL, R., ZAGORSKI, O., & VAN CREVELD, C. (1994). Science and Camel's Milk Production. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

YAGIL, R., ZAGORSKI, O., VAN CREVELD, C. & SARAN, A. (1994). Science and camel's milk production : Chameux et dromedaries, animaux laitiers. Paris : Ed. Saint Marin, G. Expansion Scientifique Française, Paris, 75-89.

YAGIL, R., ZAGORSKI, O., VAN CREVELD, C. & SARAN, A. (1994). Science and camel's milk production : Chameux et dromedaries, animaux laitiers. Paris : Ed. Saint Marin, G. Expansion Scientifique Française, Paris, 75-89.

-Z-

Zelko I.N., Marian T.J., Folz R.J. (2002). Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the CuZn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2), and EC-SOD (SOD3) gene structures, évolution, and expression. *Free Rad Biol Med* .33 (3), 337-349.

Références bibliographique

Zhang W., Xiao S., Ahn D.U. (2013). Protein oxidation: basic principles and implications for meat quality. *Crit Rev Food SciNutr*, 53(11). 1191-201.

Annexes

Annexe I: Détermination de pH

1-Appareillage et réactifs

- 100 ml de lait de chamelle cru.
- bêcher de 150 m.
- PH- mètre.

2-Mode opératoire

- Introduction de l'électrode du pH-mètre préalablement étalonné dans un bêcher contenant 100 ml de lait de chamelle à 20°C.
- La valeur affichée sur l'écran de l'appareil correspond au PH.



Annexe II. Détermination de la densité

1-Matériels

- Un densimètre.
- Une éprouvette ou un bêcher allonger 250 ml.

2-Mode opératoire

- Prolonger le densimètre dans le lait, puis est versé dans éprouvette.

-Attendre 01 min avant d'effectuer la lecture qui doit être fait à la partie supérieure du ménisque.

3-Expression des résultats

La densité est lue directement sur le densimètre



Annexe III. Détermination de l'acidité Dornic

1-Réactifs

- 10 ml de lait de chamelle cru.
- 2 à 3 gouttes de phénophtaléine à 1%.
- solution de (NaOH, N/9).

2-Appareillage : -Pépettes de 10 ml et de 1 ml.

-Bécher de 50 ml. 3

2-Mode opératoire

- -Dans un bécher de 50 ml, introduire.
- 10 ml de lait.
- y ajouter 2 à 3 gouttes de phénophtaléine à 1%.
- titrer avec une solution sodique (NaOH, N/9) à l'aide d'une burette jusqu'au virage au rose pâle.

- lire le volume sur la burette (en millilitre de NaOH titré).

La valeur en acidité titrable exprimée en degré Dornic (°D), est donnée par l'expression suivante :

$$1^{\circ}\text{D} = 0,1 \text{ ml de NaOH à N/9}$$



Annexe III. Acidité dornic (bécher A : lait témoin, bécher B : Après titrage « virage au rose »)

Annexe IV. Différents appareil utilisée dans cette étude.



Bain mari



Balance électronique



Centrifugeuse



Etuve



pH- mètre



Lactodensimètre

Annexe V. extraits enzymatiques



1 : extrait enzymatique de caillettes de dromadaire .

2 : extrait enzymatique de caillettes de bovine.

Annexe VI. Différents étapes pour l'extraction des enzymes utilisée dans cette étude



Dégraisses



Hachage

Annexe VII. Coagulation du lait par différentes préparations enzymatique



Filtration

Annexe VIII. Coagulation du lait par différentes préparations enzymatique



Coagulation du lait par le ECD (A: lait issu d'élevage extensif, B: lait issu d'élevage semi-intensif)

Coagulation du lait par le ECB (A: lait issu d'élevage extensif, B: lait issu d'élevage



Semi-intensif)