REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE, DE LA VIE, DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures en Biologie

Option : Biochimie

THEME

Influence du pH, Température et concentration en sels du calcium sur la coagulation de lait de chamelle par les protéases gastriques de dromadaires sevrés et non sevrés

Présenté par :

- BELHOCINE Dalal

- LAIDI Meriem

Encadré par :

Mme BOUDJENAH S. (M.A.C.C) Kasdi Merbah (Univ. Ouargla)

Année universitaire 2008/2009

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chère parents qui m'ont beaucoup soutenu et encouragé jus qu'au bout et que dieu leur accorde une longue vie.

Mes grands parents ;

Mes frères et Mes sœurs :

TAREK LOTFI NESSER-EDDINE AÏDA CHAÏMA.

Mes ancles, mes tantes et leurs familles.

Mes amies : SANA, MERIEM, ZINEB, NAWAL, SARA, SALIMA, HADJER NADJAH, AÏCHA, GHANIA.

Je dédie aussi à ZAHIA, LATIFA, HADJER, AMEL, MANIAA, ZOHRA, KARIMA, WAFA, KHAOULA.

N'oublier pas de dédier à ma très chère amie MERIEM LAIDI que souhaite de bonheur succès à sa vie.

En fin je dédie tous ceux connu moi de prés ou de loin.

DALAL

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chère parents qui m'ont beaucoup soutenu et encouragé jus qu'au bout et que dieu leur accorde une longue vie.

Mes frères qui ont toujours à ma réussite : MESSAOUD et sa famille, MOHAMED, KHALIFA et DJABER.

Mes sœurs : HADA, FATNA, KHEIRA chaqu'une à sa famille et AÏCHA

Mes ancles, mes tantes et leurs familles.

Je dédie aussi à mes amies qui ont été à mes cotés.

Toutes les étudiantes de la promotion biochimie.

N'oublier pas de dédier à ma très chère amie BELHOCINE DALAL que souhaite de bonheur succès à sa vie.

En fin je dédie tous ceux connu moi de prés ou de loin.

MERIEM

REMERCIMENTS

Avant tout. Louange à DIEU le tout puissant, le miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser se travail dans de meilleurs conditions.

Nous tenons à remercier notre promotrice Mme BOUDJENAH Saliha, maitre assistante chargée de cours à la faculté des sciences de la nature, de la vie ,de la terre et de l'univers (F.S.N.V.T.U.)de l'université KASDI MERBAH d'Ouargla ,pour l'honneur qu'elle nous a fait en proposant et en dirigeant ce travail ,pour ses aides ,ses conseils tout an long de l'élaboration de ce modeste travail.

Nous remercions infiniment note co-promotrice Melle MAHBOBE NASSMA (magister en biochimie) et Melle TELLI ALIA (magister en biochimie) au nivaux de F.S.N.V.T.U de l'université KASDI MERBAH d'Ouargla, pour ses aides, ses conseils.

Nous remercierions également :

Le personnel des laboratoires pédagogiques à leur tète Mr LAICHE et de protection des écosystèmes dans les zones arides et semi-arides particulièrement SADDINE SALAH EDINE et aussi tous mes collègue de magister pour leur aides et leur conseils durant l'élaboration de l'expérimentation de ce travail.

Nous ne savons oublier le personnel de la bibliothèque pour leurs aides durant les quatre années passées.

En fin, nous remercions tous ceux de prés ou de loin qu'ont contribué à la réalisation de ce travail.

DALAL ET MERIEM

Résumé

Dans le but d'améliorer la coagulation enzymatique du lait camelin, nous nous sommes proposés d'utiliser des extraits coagulants issus de caillettes de dromadaires d'âges différents (7mois, 2 ans, 9 ans) vivant en élevage extensif dans la région de Ouargla, comme substitut de la présure commerciale bovine qui est habituellement utilisée en fromagerie.

Le lait utilisé présente une bonne qualité microbiologique, une acidité titrable et un pH respectivement égales à de 19°D et 6,5.

Les trois extraits coagulants bruts (ECD7, ECD2, ECD9) présentent des teneurs en protéines respectivement égales à 30µg/ml, 52µg/ml, 78µg/ml.

Les résultats obtenus d'après la caractérisation de ces extraits montrent que les activités coagulante et protéolytique de ces extraits sont influencées par l'âge des dromadaires dont ils sont issus donc par la nature de protéases gastriques coagulantes. Ainsi, l'activité coagulante de l'ECD9 exprimée en unité présure (UP) et leur force coagulante est respectivement égale à 0,689 et 153,11. Par contre, celles des ECD7 et 2 est faible.

L'activité protéolytique quant à elles, respectivement égalent à DO=0,882 ; DO=0,824 ; DO=0,487.

Par ailleurs, l'amélioration du temps de floculation du lait de chamelle par l'ECD9 est optimale lorsque le pH de l'emprésurage du lait est égale à 6, la température égale à 45°C avec une concentration en $CaCl_2$ égale à 0.03M.

Par conséquent, les extraits coagulants gastriques de dromadaires âgés de 9 ans semblent être les mieux adaptés pour la transformation du lait camelin en fromage.

Mots clés : Lait, dromadaire, protéases gastriques, caillettes, présure, coagulation, activité coagulante, activité protéolytique.

ملخص

يهدف تحسين التخثر الإنزيمي لحليب الإبل، اقترحنا استعمال المستخلصات المخثرة المأخوذة من إل Caillettes دليل بأعمار مختلفة (7 شهور، 2 و 9 سنوات) تعيش بشكل مكثف في بادية بورقلة كبديل للمنفحة البقرية التجارية المستعملة عادة في صناعة الجبن.

إن الحليب المستعمل ذو خاصية ميكروبيولوجية جيدة، بدرجة حموضة معادلة لـ 9 درجة دورنيك، مع أس هيدروجيني مساوي لـ 6.5

أما المستخلصات المعدية المخثرة الخام الثلاث (ECD9, ECD2, ECD7) فتركيز البروتينات فيها يعادل على التوالي 30 ميكروغرام/مل،52ميكروغرام/مل ،78ميكروغرام/مل.

النتائج المتحصل عليها من خاصية هذه المستخلصات تبين أن الفعاليات المخثرة والمحللة لهذه المستخلصات تتأثر بسن الإبل وهذا لتأثرها بطبيعة الإنزيمات البروتينية المعدية المخثرة وبذلك فإن الفعالية المخثرة لـ ECD9، المعبر عنها بوحدة المنفحة UP، وقوة التخثر هما على التوالي 0.689، 153.11 على عكس الخاصة بـ ECD2, ECD7 فهي ضعيفة أما نسبة الفعالية المحللة لتفكيك البروتينات الخاصة بهذه المستخلصات هي على التوالي 0.882 DO=0.487 ـ،DO= 0.842،DO=

إلى جانب ذلك فإن تحسين زمن بداية التخثر لحليب الإبل بالإنزيم ECD9 تكون مثالية في حالة أن الأس الهيدروجيني أثناء وضع الإنزيم في الحليب يساوي 6 ودرجة حرارة تعادل45 °م مع تركيز $CaCl_2$ يعادل 0.03 مول.

ونتيجة لهذا، فإن المستخلصات المعدية المخثرة للإبل في سن 9 سنوات تبدو أكثر ملائمة لتحويل حليب الإبل إلى جبن.

الكلمات المفتاح:

الحليب، الإبل، إنزيم بروتيني، Caillettes، منفحة، تخثر، فعالية المخثرة، الفعالية المحللة.

Abstract

With an aim of improving enzymatic coagulation of milk cameline, we are proposing to use hindstomach extracts resulting from abosoma of dromedaries of different ages (7) months, 2 and 9 years) alive in extensive breeding in the area from Ouargla, like substitute of commercial bovine rennet, which is usually used in cheese dairy.

Milk used presents a good microbiological quality, a titrable acidity and a pH respectively equal to 19 D° and 6,5.

The three hindstomach extracts brutes (DHE7, DHE2, DHE9) present contents of proteins respectively equal to30 µg/ml ,52 µg/ml ,78 µg/ml of DHE.

The results obtained according to the characterization of these extracts show that the clothing and proteolytic activities of these extracts are influenced by the age of the dromedaries from which they result, so by nature from gastric proteases coagulants. Thus, the clotting activity of the DHE9, which is expressed by the unit of the rennet (PU), and its clotting force are respectively equal to 0.689 and 153.11. On the contrary, those of the DHE7 and 2 are low .

The proteolytic activity as for them, respectively equal to DO=0.882, 0.824, D0= 0.487.

In addition, the improvement of the time of flocculation of the camel milk by the DHE9 is optimal when the pH of the empresurage milk is equal to 6 the temperature equal to 45°C with a concentration in CaCl2 equal to 0.03 M.

Consequently, the coagulating gastric extracts of dromedaries, of 9 years old, seem to be best adapted for the transformation of camel milk into cheese.

Key words: Milk, dromedary, proteases, abosoma, rennet, coagulation, clotting activity, proteolytic activity.

Abréviation

αs1-Cn	Caséine αs_1
αs2-Cn	Caséine αS_2
β-Cn	Caséine β
κ-Cn	Caséine κ
BSA	Sérum Albumine Bovine
[$CaCl_2$]	La concentration en $CaCl_2$
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (France)
°D	Degré DORNIC
Da	Dalton
DO	Densité optique
DSA	Direction de Services Agricoles
ECD7	Extrait Coagulant de Dromadaire âgé de 7 mois
ECD2	Extrait Coagulant de Dromadaire âgé de 2ans
ECD9	Extrait Coagulant de Dromadaire âgé de 9 ans
EMVT	Département d'élevage et de Médecine Vétérinaire du CIRAD.
FAO	Food and Agricultur Organisation of the United Nations
LAPEZ A	Laboratoire de Protection des Ecosystèmes dans les Zones Arides et semi-arides
MG	Matière Grasse
n	Nombre de répétition
NPN	Azote Non Protéique
P	Probabilité
SPD7	Solution Peptidique obtenue avec l'ECD7
SPD2	Solution peptidique obtenue avec l'ECD2
SPD9	Solution peptidique obtenue avec l'ECD9
T°	Température
Tf	Temps de floculation
V/V	Volume par volume
P/v	Poids par volume

Liste de tableau

N°	Titre de tableau	Page
01	Comparaison des laits de dromadaire et de vache (KAMOUN, 1995).	11
02	teneur en vitamines du lait de chamelle selon FARAH et COLL (1992) et SAWAYA et COLL (1984	13
03	principaux acides gras du lait de chamelle (% pondérale moyenne de 31 échantillons) (ELLOUZE; FOURATI, 1990).	14
04	Composition moyenne (%) de la caséine du lait de dromadaire (origines: Tunisie, France, Somalie, Arabie Saoudite, Niger) d'après JARDALT et RAMET, 1991 (RAMET, 1993).	16
05	La composition des protéinés du lait de différentes espèces d'barbai vor. (FAYE ,1997)	21
06	Grille d'appréciation de la qualité microbienne du lait (BEERENS et LUQUET, 1987).	31
07	Caractéristique physicochimique du lait de chamelle	44
08	Activité coagulante (UP) et la force coagulante (F) des trois préparations enzymatiques.	48

Liste de figure

N°	Titre de figure	Page
01	Modèle d'organisation moléculaire de la micelle de caséine bovine selon SCHMIDT (1980).	15
02	Structure primaire de la caséine k.	19
03	Caillettes de dromadaires jeunes utilisés pour la préparation des extraits coagulants	29
04	Présentation de la méthodologie de travail.	30
05	Protocole d'isolement des extraits enzymatiques à partir des caillettes issues de dromadaires (VALLES et FURET, 1977)	34
06	Protocole d'isolement des protéines totales, caséines et protéines du lactosérum à partir du lait de chamelle (SCHAMET et *al*, 1992 cité par HESSAS, 2001)	38
07	pH du lait de chamelle et de vache	44
08	L'acidité titrable du lait de chamelle et de vache	45
09	Absorbance des solutions peptidiques issues de l'hydrolyse de caséines du lait de chamelle par différentes préparation coagulantes.	49
10	Variation des temps de floculation du lait de chamelle selon les extraits coagulantes de dromadaire (ECD 7, ECD2, ECD9), en fonction de PH de l'emprésurage.	51
11	Variation des tf du lait de chamelle selon les ECD, en fonction de la température de l'emprésurage.	52
12	Evolution des tf du lait de chamelle selon les ECD, en fonction de la concentration en $CaCl_2$ de 'emprésurage	53
13	Evolution du temps de floculation du lait de chamelle par les ECD, en fonction de pH de l'emprésurage.	54
14	Evolution de temps de floculation du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaires (ECD7, ECD2, ECD9), en fonction de température	55
15	Evolution de temps de floculation du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaires (ECD7, ECD2, ECD9), en fonction de la concentration en $CaCl_2$.	56

Liste des annexes

N°	Titre de figure
01	quelques plantes pâturées par le dromadaire : leur habitats et appétibilité par le dromadaire (CHEHMA et ROUABEN, 2002).
02	la composition chimique de quelques plantes consommés par la dromadaire en % de la matière sèche (LONGO et al, 1988 ; HOUARI , 2006).
03	la composition en sels minéraux des quelques plantes pâturées p l dromadaire (en % de la matière sèche) (HOUARI, 2006).
04	Dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al., (1951) (AIT OUEZGANE et ABERKANE, 1997)
05	Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY (1951), l'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine de référence
06	Analyses statistiques

Liste des annexes

N°	Titre de figure
01	quelques plantes pâturées par le dromadaire : leur habitats et appétibilité par le dromadaire (CHEHMA et ROUABEN, 2002).
02	la composition chimique de quelques plantes consommés par la dromadaire en % de la matière sèche (LONGO et al, 1988 ; HOUARI , 2006).
03	la composition en sels minéraux des quelques plantes pâturées p l dromadaire (en % de la matière sèche) (HOUARI, 2006).
04	Dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al., (1951) (AIT OUEZGANE et ABERKANE, 1997)
05	Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY (1951), l'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine de référence
06	Analyses statistiques

Table de matières

Introduction	1
Chapitre I Synthèse bibliographique	
1-1- Aperçue sur le dromadaire :	3
1-1-1- Prestation et répartition	3
1-1-2-Particularités automatiques et physiologiques :	3
1-1-2-1-Anatomie externe :	3
1-1-2-2-Anatomie interne:	4
1-1-2-3-physiologie générale:	4
1-1-3-Le dromadaire dans son milieu naturel :	6
1-2-L'alimentation :	7
1-2-1-Alimentation de dromadaire au pâturage :	7
1-2-2-Les aliments de complémentation :	7
1-2-3-L'abreuvement :	8
1-2-3-La composition chimique des plantes pâturées par le dromadaire :	8
1-2-3-1-La composition chimique des plantes pâturées par le dromadaire selon le type de plante :	8
1-2-3-2-La composition chimique des plantes pâturées par le dromadaire selon les différents parcours sahariens :	8
1-2-3-3-La composition minéral des plantes pâturées par le dromadaire :	9
1-3-Présentation du lait camelin :	9
1-3-1-Particularité :	9
1-3-2-Caractéristiques physicochimiques de lait de chamelle :	10
1-3-3-La composition chimique et biochimique du lait de chamelle :	10
1-3-3-1-Le colostrum :	11
1-3-3-2-L'eau :	12
1-3-3-3-Le lactose :	12
1-3-3-4-Les vitamines :	12
1-3-3-5-Oligoéléments:	13
1-3-3-6-la matière grasse :	13
1-3-3-7-Matières protéiques :	14
1-3-3-7-1-Caséines:	14
1-3-3-7-2-protéines du lactosérum :	20
1-3-3-8-Acides aminés:	21
1-3-4 Sélection d'un lait de bonne qualité :	22
1-3-5- les Facteurs de variation de la composition du lait :	22
1-3-5-1 L'apport hydrique	22
1-3-5-2 l'âge :	23
1-3-5-3 le stade de lactation :	23
1-3-5-4 l'alimentation :	23
1-3-5-5 le climat :	23
1-3-5-6 l'état sanitaire :	23
1 3-6 Aptitudes fromagères du lait du dromadaire :	24
1-3-6-1 aptitude à la coagulation :	24
1-3-6-1-1- Coagulation par voir enzymatique :	25

1-3-6-1-2- coagulation par voie acide	27
Chapitre II :Matériel et méthodes	
2-1-Matériel:	28
2-1-1-Caillettes de dromadaire:	28
2-1-2-Lait de chamelle:	28
2-1-3-Poudre du lait écrémé type "low heat":	28
2-1-4-Caséines camelines lyophilisées:	28
2-1-5-Appareillage:	28
2-1-6-Autre matériel:	28
2-1-7-Produits chimiques:	28
2-2-Méthodes:	31
2-2-1-Caractérisation du lait de dromadaire:	31
2-2-1-1-La qualité microbienne:	31
2-2-1-2-L'analyse physico-chimique et biochimique:	31
2-2-1-2-1-La mesure de pH	31
2-2-1-2-2-L'acidité titrable:	31
2-2-1-2-3-La densité:	32
2-2-2-1-Prélèvement des caillettes et extraction des enzymes gastriques:	32
2-2-2-1-1-Préparation des caillettes:	32
2-2-2-2-Macération et filtration:	32
2-2-2-3-Clarification	32
2-2-2-4-Concentration	32
2-2-2-5-Centrifugation	33
2-2-2-6-Ajustement de pH	33
2-2-2-7-Conservation des extraits coagulants	33
2-2-3-Détermination de la teneur en protéines des ECD	35
2-2-4-Caractérisation des extraits coagulants gastriques de dromadaire :	35
2-2-4-1-Activité coagulante :	35
2-2-4-2-Activité protéolytique :	36
2-2-4-2-1-Préparation du substrat caséique :	37
2-2-4-2-2La détermination de l’activité protéolytique des ECD brutes :	39
2-2-5-Coagulation du lait de chamelle par le CED brute :	39
2-2-5-1-Effet de la nature de protéases gastriques sur le temps de floculation :	39
2-2-5-2-Optimisation du temps de floculation par des ECD brutes	39
2.2.5.2.1 PH optimal	40
2.2.5.2.1.1 Démarche expérimentale	40
2.2.5.2.1.2 Dispositif expérimental	41
2.2.5.2.2.1 Température optimale	41
2.2.5.2.2.1 Démarche expérimentale	41
2.2.5.2.2.2 Dispositif expérimental.	42
2.2.5.2.3 Concentration en $Cacl_2$ optimal.	42
2.2.5.2.3.1 Démarche expérimentale.	42
2.2.5.2.3.2 Dispositif expérimental	43
2.2.6 Analyse statistique des résultats.	43
Chapitre III: Résultats et discussions	
3-1 Analyses physicochimiques du lait	44
3-1-1 PH	44
3.1.2 Acidité titrable	45

3.1.3 La densité	46
3.2 Qualité microbiologique du lait camelin :	46
3.3 Détermination de la teneur en protéines totale des trois Extrait coagulante de dromadaire de différents âges :	47
3.4 Caractérisation des ECD brutes :	47
3.4.1 Activité coagulante	47
3.4.2. Activité protéolytique :	48
3.5 Coagulation du lait de chamelle par les ECD brutes.	50
3.5.1 Effet de la nature de protéases gastriques sur le temps de floculation :	50
3.5.1.1 Influence du PH de l'emprésurage sur la coagulation ;	51
3.5.1.2. Influence de la température de l'emprésurage sur la coagulation.	51
3.5.1.3. In fluence de la concentration en $CaCL_2$ de l'emprésurage sur la coagulation.	52
3-5-2 détermination des conditions optimales de coagulation :	53
3.5.2.1. PH optimum	53
3.5.2.2. Température optimale	55
3.5.2.3. Concentration en $CaCl_2$ optimale	56
Conclusion	58
Références bibliographique	60

Introduction

Introduction :

Le lait est le produit de la sécrétion des glandes mammaires des mammifères, destiné à l'alimentation du nouveau né .il est très riche en nutriments de base (protéines, lipides et sucre), en vitamines et en minéraux (calcium).

La consommation de lait d'un algérien est estimée à 140L/année. Comme c'est l'un des produits de base, le marche algérien a besoin de 3 milliards de litres par an .or la production locale n'est que de milliards litres pare an, ce qui a conduit l'Algérie à importer l'équivalent de 654,66 millions dollars en 2006, d'après les statistiques fournies par les services des douanes algériennes **(HAFID, 2007 in EL-KHABAR MARS, 2007).**

Par ailleurs, l'Algérie possède d'autres sources de lait provenant d'espèces autres que l'espèce bovine. Il s'agit des ovins, caprins et camelins dont la particularité est leur adaptation aux rudes conditions agro-climatiques.

Le dromadaire (camelus dromedarius) est l'animal adapté par excellence aux parcours des zones arides qui ne cessent de s'élargir sous l'effet de l'avancement du désert **(HESSAS, 2001).**

Autre fois appelé vaisseau du désert, il serait aussi bien utile au transport des humains et des marchandises qu'à l'approvisionnement de population des régions arides en viande et en lait **(BENAMOR ,2007).**

De par ses productions telles que le lait et la viande, riches en protéines nobles. Le dromadaire constitue l'une des principales sources alimentaires pour l'homme qui vit dans les régions arides et semi-arides **(KOUNIBA, 2002).**

D'un autre coté, la qualité nutritionnelle du lait de dromadaire et les vertus thérapeutiques qu'on lui attribue, militent en faveur de développement de l'élevage camelin laitier **(KOUNIBA ,2002).**

La production journalière moyenne du lait camelin semble se situer au voisinage de 2 à 6 litres en élevage extensif traditionnel, contre 12 à 20 litres en élevage intensif **(RAMET ,1993).**

Parallèlement des études ont été réalisées sur les possibilités de conservation du lait camelin et donc sa transformation en produits dérivés (beure, fromage, crème glacée…). **(FARAH, 1989 ; ABULEHIA, 1989 ; KAMOUN et BERGAOUI, 1989 ; OUDJIDA et al, 1996 cité par ABASSI, SOUFI et SOUFI, 2006).**

La transformation du lait en fromage est une méthode de conservation du lait très largement utilisée dans le monde, au plant artisanal et industriel.

Dans le cas particulier du lait de dromadaire, cette opération est réputée délicate ou impossible en raison des difficultés rencontrées pour réaliser sa coagulation (**RAMET ,1998)** telle que se la teneur réduite en caséine kappa et son aptitude très limite à l'acidification et à la coagulation enzymatique.

Dans ce contexte, **WANGOH et al (1993)**, avaient recommandé l'utilisation des enzymes gastriques de dromadaires plutôt que ceux issus d'autres espèces (bovine, porcine…etc), dans le processus de coagulation du lait de chamelle.

Plus récemment, **HESSAS (2001),** a pu montrer que les préparation enzymatiques gastriques brutes issues de dromadaires âgés donnent de meilleurs résultats que celle issues de jeunes dromadaires .en d'autres termes, les protéase gastriques à dominances pepsine coagulent mieux le lait camelin que les protéases gastriques camelines à dominances chymosine.

Dans ce contexte, nous nous sommes proposés d'étudier l'action des extraits coagulants gastriques dromadaires d'âges différents (7 mois ; 2 ans ,9 ans) sur la coagulation du lait camelin afin d'étudier l'effet de la nature des enzymes gastriques de dromadaires sur la coagulation de lait de chamelle.

Le présent travail comporte 5 étapes essentielles ;

-extraction des trois extraits coagulants gastriques des dromadaires d'âges différents (7 mois ,2 ans, 9 ans) ;

-détermination de la teneure en protéines pour chaque ECD ;

-détermination des activités coagulante et protéolytiques de chaque ECD ;

-la coagulation du lait chamelle par les trois extraits enzymatiques ;

-optimisation des conditions de coagulation du lait camelin (PH, température, concentration en $CaCL_2$).

Chapitre I
Synthèse bibliographique

1-1- Aperçu sur le dromadaire :

1-1-1- Présentation et répartition

Le dromadaire est un mammifère domestique de la famille des camelidés et des genres camulus. Sa taille peut atteindre jusqu'à 225 centimètres, de poids entre 450 et 900 kilogrammes et une durée de vie de 5 ans environ **(ACSAD, 1999).**

La grande majorité de population cameline (84%) sont des camelus dromadaires qui vivent dans les régions arides du nord et Nord est de l'Afrique, le moyen orient de l'Asie, les restes sont des camelus bactrianus qui sont des chameaux à deux bosses peuplant les régions froides de l'Asie **(SIBOUKEUR, 2007).**

L'effectif camelin Algérien est estimé à 268 000 têtes en 2005 et repartie sur 17 Wilayets avec 75% de cheptel dans huit wilayets sahariennes : Ouargla, Ghardaia, El-Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf, Becher et 25% du cheptel dans neuf wilayets steppiques : Biskra, Tébessa, Khenchela, Batna, Djelfa, El-bAYEd, Naâma, Laghouat et M'sila **(ANONYME-1 2006 ; in SIBOUKEUR, 2007)**.

1-1-2-Particularités automatiques et physiologiques :

Le dromadaire se distingue des autres mammifères par des caractères spécifiques adaptés à son environnement. Quelques particularités on étés citées par **FAYE (1999).** Il s'agit de:

1-1-2-1-Anatomie externe :

La dentition : comme la plus part des mammifères le dromadaires a une denture temporaire (dents de lait) et une denture permanente. La formule dentaire de la première comprend 22 dents. Chez l'animal adulte, la formule dentaire permanente comprend 34 dents au total et s'enrichit de la présence de molaires. C'est le moyen d'observation qu'ont les nomades pour déterminer l'âge de l'animal.

La peau: contrairement aux autres herbivores, est peu mobile ce qui désavantage considérablement l'espèce dan les zones à fortes densités d'insectes piqueuses ou simplement volants, d'autant plus que l'animal est muni d'une queue courte, inefficace pour chasser les importuns. Au demeurant, la peau est épaisse surtout sur le dos, et donc moins susceptible d'être l'esée par des haranais où une végétation agressive. Aux zones de contact avec le sol au moment où l'animal se met en position baraquée, elle est recouverte d'un tissu cutané corné épais, de couleur sombre.

La bosse: la bosse du dromadaire, contrairement à une légende tenace chez les néophytes n'est pas une réserve d'eau, mais d'énergie. La bosse est amas de graisse blanchâtre qui peut dépasser les 100 kg pour un animal en pleine forme et bien nourri, c'est un tissu

adipeux (réserve de graisse), blanc et de consistance douce, susceptible de varier en volume en vertu de l'état nutritionnel de l'animal: quand le chameau mange, les bosses sont droits mais quand il n'a pas mangé durant plusieurs jours ses bosses retombent.

1-1-2-2-Anatomie interne:

L'appareil digestif: le système digestif du dromadaire bien polygastrique se distingue par quelques caractéristiques:

-la lèvre inférieure du dromadaire est très mobile et a une activité préhensile importante lors de la prise de nourriture.

-du fait de la longueur de cou, le tube oesophagien est long et présente des glandes sécrétoires en grande quantité, ce qui conduit à hameceter en permanence la ration alimentaire souvent sèche de l'animal, facilitant ainsi le transit dans les vois supérieurs de tube digestif.

-le rumen à la particularité de posséder sacs aquifères, diverticules contenant des millions de cellules glandulaires jouant un rôle important dans la potentialisation de l'action salivaire et la production d'une partie liquide abondante, caractéristique du contenu stomacal des dromadaires, par ailleurs, le débouclé de l'œsophage, placé entre le rumen et le réticulum chez les ruminants, se situe directement sur le rumen chez le dromadaire.

-le réticulum qui fait suite au rumen montre une structure comparable a celle des sacs aquifères et possède des papilles disposées en alvéoles d'abeilles extérieurement, il n'est pas possible pratiquement de distinguer la partie omasum de la partie abomasum, ce qui conduit plusieurs auteurs à considérer que les camélidés ne disposent que de 3 estomacs au bien de 4 chez les autres ruminants.

Le système respiratoire: se distingue par la présence d'une cavité nasale ample et de sinus subdivisée en de nombreuse circonvolution. Le dromadaire présente en particulier un sac sinusal aveugle latéral qui n'est observé chez aucune autre espèce. Une telle anatomie permet au dromadaire de récupérer une part importante de l'eau au moment de l'expiration par les voies nasales.

1-1-2-3-physiologie générale:

La plus part des mammifères vivant dans les zones désertiques s'astreignent de l'effet de chaleur et de la sécheresse en s'enfouissant dans le sol pendant les heures chaudes.

Le dromadaire est un animal qui s'adapte mieux que n'importe quel autre animal d'élevage aux conditions désertiques, sa morphologie et son comportement particuliers lui permettent de conserver son énergie **(RICHARD, 1948)**. Le dromadaire a-t-il développé d’autres arguments pour s’adapter aux conditions qui sont les siennes.

Adaptation à la chaleur :

La présence de la bosse sur le dos de dromadaire lui autre un rôle dans la thermorégulation. L'animal se refroidit mieux car il est moins gras. Il est le seul animal à pouvoir transformer la graisse en eau par des réactions physiologiques d'oxydation (jusqu'à 40 litres pour un animal en bonne forme). En effet, la concentration des réserves adipeuses limite leur répartition sous la peau et donc facilite la dissipation cutanée de la chaleur. Le dromadaire a la capacité de faire varier sa température interne en fonction de la chaleur externe, lorsque la température ambiante décroît, notamment pendant la nuit, la température interne du dromadaire peut descendre à 34°C. Durant les heures les plus chaudes, la température rectale peut atteindre 42°C sans que l'on puise parler de fièvre. De tels écarts de température corporelle sont mortels pour la plus part des mammifères. Après une longue période de privation de dromadaire est capable d'ingurgiter 200 litres d'eau en 3 minutes. C'est le seul mammifère capable de boire autant d'eau en si peu de temps. En effet, chez les autres animaux, l'absorption d'une trop grande quantité d'eau entraîne l'éclatement des globules rouges, donc la mort **(FAYE, 1999)**.

Adaptation à la sécheresse :

Les mécanismes d'adaptations à la chaleur mettaient en œuvre un ensemble de procédures physiologiques qui contribuent à économiser l'eau. Mais c'est dans les situations extrêmes, notamment lors de déshydratation poussée que le dromadaire montre ses exceptionnelles qualités. L'animal est alors capable d'économiser l'eau corporelle par des mécanismes de réduction des pertes hydriques (diminution de la diurèse, arrêt de la sudation, diminution du métabolisme de base, variation de la température corporelle) tout en maintenant une homéostasie vitale pour sa survie, à la fois en limitant la variation de la concentration des paramètres vitaux et en assurant une excrétion maximale des déchets métaboliques. Celle-ci est permise par l'émission d'une urine très concentrée. Toutes fois, l'excrétion des éléments dont l'élimination nécessite des grandes quantités d'eau (glucose, urée notamment est contrôlée de façon rigoureuse). Ces mécanismes d'adaptations qui font la réputation du dromadaire expliquent également qu'il s'agit d'une des rares espèces domestiques qui n'ait pas quitté son aire d'origine **(FAYE, 1990)**.

Adaptation à la sous-alimentation :

Le milieu désertique se caractérise aussi par la réduction des ressources alimentaires, par leur grande dispersion et par une forte variabilité temporelle. Le dromadaire présente une meilleure capacité à digérer les fourrages pauvres que les ruminants domestiques. Cette supériorité s'explique par un temps de contact plus long des aliments avec les

microorganismes qui les digèrent. Il supporte très mal l'excès de nourriture et 4 à 5 kg d'acacia par jour lui suffisent en période de disette.

Chez toutes les espèces de mammifères, les lipides de réserve constituent la forme la plus concentrée du stockage d'énergie dans l'organisme concentré chez le dromadaire dans la bosse. Contrairement aux autres ruminants qui assurent l'essentiel de leurs besoins énergétiques à partir de la production d'acides gras volatils et génèrent ainsi une faible quantité de glucose, le dromadaire présente une glycémie comparable à celle de l'home. Il présente une néoglucogenèse très active tant au niveau du foie que du rein, ce qui lui permet de maintenir une glycémie presque normale en cas de privation de nourriture, sans cétogenèse. Son économie d'eau se fait également lors de son excrétion. L'animal perd environ 7 fois moins d'eau que la vache. Toute fois c'est surtout qu'en situation de déshydratation, l'urine du dromadaire est 2 fois plus concentrée que l'eau de mer, ce qui lui permet de récupérer un maximum d'eau. Le foie est aussi un organe qui diminue les rejets liquides en recyclant son urine soit en protéines soit en eau. Lorsque le dromadaire dispose d'une ration déficitaire en protéine, la quantité d'urée excrétée devient très faible. En situation de déficit protéique, il excrète 1% seulement de son urée, contre 23% chez le mouton.

Sur le plan des minéraux, tout se passe chez le dromadaire comme si son métabolisme était tourné vers une anticipation des périodes de sous-nutrition minérale. Il signe son adaptation à ces périodes de restriction alimentaire par divers mécanismes :

-augmentation de capacités d'absorption en cas de pénurie,

-plus grande capacité de stockage de certains éléments minéraux,

-plus grande tolérance à certains électrolytes,

-maintien des activités enzymatiques de base en dépit des situations déficitaires **(FAYE, 1999).**

1-1-3-Le dromadaire dans son milieu naturel :

La présence du dromadaire dans les zones arides et semis arides joue un rôle capital, vu sa grande capacité de transformer des ressources alimentaires et souvent inexploitables par d'autre espèce animales (notamment les plantes halophytes et épineuses) en matières consommables (lait et viande). Il y a des possibilités d'exploitation des poils et de la peau pour la confection de tissus, de tentes et d'autres articles utiles par ailleurs, le dromadaire peut être utilisé comme animal de selle , bat de trait ou de course, son rotin peut servir comme combustible **(KOUNIBA, 2002)**.

1-2-L'alimentation :

L'alimentation du dromadaire est composée essentiellement d'arbustes (50%), de fragments d'arbres (30%) et de plantes herbacées (20%) avec une ration alimentaire d'une pourcentage totale de fourrage ligneuses de 90% en saison sèche et 50% environ en saison de pluie **(FAYE et TISSERAND, 1988).**

Selon **GAUTHIER-PITERS (1977),** le dromadaire mange des plantes très épineuses non seulement par nécessite mais aussi par leur goût amer **(cité par BENGESSO et BOUHAMED, 2006)** et manifeste une préférence notable pour les fourrages hautement salés comme les halophytes qui sont bien adapté au zones arides **(FAYE, 1999). FARID et al (1979)** montrent que le dromadaire nécessite moins d'eau par unité de matière sèche ingérée et digèrent plus les parois végétales et moins la matière azotée alimentaire que les ovins **(cité par BENGESSOUM et BOUHMED, 2006).**

1-2-1-Alimentation de dromadaire au pâturage :

Le dromadaire se nourrit de la végétation du lieu ou il pâture, il s'ensuit une très grande variabilité dans la nature du pâturage. L'annexe 01 présente quelques plantes du Sahara septentrional, pâturées par le dromadaire.

1-2-2-Les aliments de complémentation :

Les grains :

*L'orge: c'est l'aliment concentré le plus employé en station. Aliment complémentaire classique utilisé en Algérie. Sa richesse en hydrates de carbone en fait un aliment énergétique particulièrement désigné pour l'alimentation de dromadaire. Elle doit être broyée avant de la donner. Le dromadaire très avide d'orge, l'avale avec précipitation ce qui pose petit problème de digestion car l'orge non broyée est difficilement attaquée par les sucs digestifs.

*Dourah: c'est le millet soudanais qui remplace l'orge.

*Mais: quand il est disponible remplace l'orge et le millet.

*Avoine: souvent comme produit de substitution.

*Graines de légumineuses : fèves, féveroles, pois chiches, lettilles, haricots…….etc **(LASNAMI, 1986)**.

Les fruits :

Les dates de qualité inférieure ou parfois des régimes entiers verts que l'on enlève pour soulager les palmiers. Pour le gavage de certains dromadaires on utilise une variété (l'ablouh) de dattes, non encore mures que l'on écrase. Cette variété passe pour être un excellent reconstituent **(LASNAMI, 1986)**.

Les fourrages :

*Fanes de pois, haricots, lentilles des luzernes (fessa) etc.

*des pailles.

*de l'arachide : excellent reconstituent pour les animaux épuisés **(LASNAMI, 1986)**.

1-2-3-L'abreuvement :

Quand il y a de l'eau, le dromadaire boit une fois voir deux par jour 30 litres si son alimentation est faite de paille sèche. Il se contente de beaucoup moins si le pâturage est très aqueux ;

Après plusieurs jours sans boire, on en a vu absorber 130 litres d'eau en une seul prise, ils doivent alors rester couchés un long moment avant de pouvoir faire un effort. Comme pour le jeune. le rationnement en eau d'abreuvement ne va pas sans risque : une erreur d'itinéraire. Le tarissement imprévu d'un point d'eau, peut lui être fatal.

1-2-3-La composition chimique des plantes pâturées par le dromadaire :

1-2-3-1-La composition chimique des plantes pâturées par le dromadaire selon le type de plante :

L'alimentation du dromadaire, comme on l'a déjà souligné, est basée essentiellement sur la végétation des parcours naturels désertiques dans les quelles on distingue deux types de plantes (annexe 02).

a- plantes vivaces : ce sont des plantes ligneuses sous forme d'arbustes.

b- plantes annuelles : ce sont des plantes herbacées qui apparaissent après les pluies on les appelle «Acheb » **(HOUARI, 2006)**

D'une façon générale, on observe une grande variabilité des compositions entre les différentes espèces.

En effet, la matière organique (MO) et la composante la plus forte avec des valeurs entre 87.54 à 91.46 % de MS dans les plantes annuelles (Acheb) et de 64.43 à 94.95% de MS. Suivie par les matières minérales (MM) qui enregistrent des valeurs entre 8.27 et 29.44 pour les Acheb et des valeurs situées entre 35.57 et 03.45 % de MS dans le cas des plantes vivaces et en dernier lieu les valeurs de matière azotée totale (MAT) qui sont les plus faibles avec une fourchette de 6.54 à 11.63 % pour les plantes vivaces.

1-2-3-2-La composition chimique des plantes pâturées par le dromadaire selon les différents parcours sahariens :

on observe que lits d'Oued, les regs et les hamadas représentent des valeurs plus élevées en matière organique (MO)qui sont respectivement : 83.58 – 89.12 % de MS par apport à des valeurs plus basses pour les sols sableux avec 77.87 % et les sebkhas avec 57.05 % de MS.

Les teneurs moyennes en matière minérale (MM) pour les lits d'Oued, dépression et les sols sableux se rapprochent avec 10.04 et 10.86 % respectivement puis viennent les hamadas et les Regs avec des moyennes respectives de 14.46 et 22.61 % et enfin les sebkhas qui enregistrent le taux le plus élevé avec 42.94 % ce qui est relié directement à ce milieu salé riche en sels minéraux **(BRAHIM ERRAHMANI et CHOUCHA, 2002)**.

La nature des plantes dans ces parcours est présentée à titre d'exemple dans l'annexe N° 01

1-2-3-3-La composition minéral des plantes pâturées par le dromadaire :

La composition minérale de quelques plantes consommées par le dromadaire dans la région d'Ouargla est présentée dans l'annexe 03.

1-3-Présentation du lait camelin :

1-3-1-Particularité :

Le lait de chamelle est l'une des plus précieuses ressources du Sahara et représente l'aliment complet de population autochtones du désert **(ACSAD, 1999)**, dont on peut se contenter pendant des semaines **(FAO, 2006)**.

En plus de la valeur nutritionnelle indéniable du lait frais (source d'énergie des protéines et des vitamines), n'oublions pas la propriété nutritionnelle et surtout thérapeutique de lait à l'état fermenté qui est la forme du lait de chamelle la plus consommé par les nomades, en raison du manque du moyenne permettant de le transformer en un produit laitier qui puise se conserver.

En plus de l'apport alimentaire, le lait de chamelle semble présenter des vertus thérapeutiques intéressantes, dont en Russie, au Kaza khistan et en Inde les médecins le prescrivent souvent aux patients convalescents, tandis qu'en Afrique, il serait conseillé aux personnes atteintes du Sida. L'institut de recherche médicale du Kenya (KEMRI) vient d'entreprendre des recherches sur le prétendu rôle de la réduction et des maladies coronariennes **(FAO, 2006)**.

Comparé au lait de vache le lait de chamelle comporte en effet une résistance particulièrement élevée à la prolifération bactérienne, dans les premières heures de son existence et même après sa thermisation **(KAMOUN, 1994)**.

Selon les différents auteurs, les teneurs élevées en facteurs antibactérienne (lactoferrine, lactopéroxydase et lysozyme) sont des facteurs qui confèrent au lait de chamelle une capacité particulière à se conserver plus longtemps (quelques jours), en plus à des températures ambiantes relativement plus élevées.

1-3-2-Caractéristiques physicochimiques de lait de chamelle :

Le lait de dromadaire, à l'observation visuelle, est d'une couleur blanc mat, à la traite et lors des transvasements il forme une mousse abondante. Sa viscosité est plus faible que celle du lait de vache.

Différents analyses ont montré que le lait de dromadaire est plus acide et moins dense que le lait de vache.

1-pH :

Le pH de lait de chamelle est proche de celui de vache **(MEHAIA et al, 1995 ; cité par SMAIL R, 2002)**, qui se situe entre pH 6.5 et 6.75 **(KAPPELER, 1998)**, alors que **SOOD** et **SIDHU (1979)** ont signalé que les valeurs de pH sont très élevés, avec une moyenne égale à 6.88.

2- l'acidité titrable (DORNIC) :

Le lait de dromadaire présente une acidité au moyenne inférieure par rapport au celle du lait de vache **(MEHAIA et al, 1995 cité par SMAIL R, 2002)**.

3-Viscisité :

Le lait est plus visqueux qu l'eau. Cette viscosité est due à la présence de la matière grasse en émulsion et aux colloïdes, notamment les protéines. Le lait de dromadaire a une viscosité très élevée par rapport à celle de lait de vache qui est respectivement de 22 mpa et 1.8mpa **(HASSEN et al, 1987)**.

4-Densité :

La densité du lait est un paramètre qui varie selon l'espèce **(ALAIS, 1984), PERISI (1994**) a donné la valeur de lait de brebis et qui sont respectivement de 1.0347 et 1.0384. Par ailleurs, **KAMOUN (1990), WANGON et al (1998)** ont mesuré la densité de lait de dromadaire qui varie entre 1.028 et 1.033.

Cette densité est liée à la richesse en matière sèche du lait, elle diminue avec l'augmentation de la teneur en matière grasse.

5-Point de congélation :

Le lait de chamelle a un point de congélation qui varie de -0.57 à -0.61 °C **(WANGON, 1997)**, qui est inférieur à celui de lait de vache (-0.51 à -0.56°C). Selon **KAPPELER (1998),** cette variation est due aux teneurs différents des composants du lait.

1-3-3-La composition chimique et biochimique du lait de chamelle :

Le lait est un produit très complexe. Une connaissance a profond de sa composition, de sa structure et ses propriétés physico-chimiques et indispensable à la compréhension des

transformations du lait et des produits obtenus des différents traitements industriels **(CAROLE, 2002)**.

Le lait occupe une place importante dans l'alimentation quotidienne de l'homme en raison de sa composition équilibrée en nutriments de base tels que les glucides, les lipides, les protéines, les vitamines et les éléments minéraux. Le lait camelin, en particulier, représente la seule source de protéines alimentaires régulières, pour les populations nomades et sédentarisés pratiquant l'élevage camelin **(MATI, 1999)**.

L'analyse a montré que le lait de dromadaire et plus acide et moins dense que le lait de vache (tableau 01) et que dans sa composition, le lait de dromadaire est pauvre en matière sèche totale, en matière protéique et surtout en caséines. Sa composition minérale diffère peu de celle du lait de vache **(ELLOZE-FOURATI et KAMOUN, 1989)**.

Tableau (01) : comparaison des laits de dromadaire et de vache **(KAMOUN, 1995)**.

	Dromadaire		**Vache**	
	Moyennes	**E. type**	**Moyennes**	**E. type**
Constantes physiques				
pH (à 20 °C)	6.51	0.12	6.65	0.02
Acidité titrable	15.6	1.4	16	1
Densité (à 20°C)	1.028	0.002	1.032	0.001
Composition minérale (g/l)				
Ca	1.16	0.10	1.23	0.13
P	0.88	0.01	0.95	0.11
Na	0.39	0.14	0.50	0.10
K	1.76	0.20	1.41	0.15
Cl	1.99	0.53	1.09	0.26

Dans l'ensemble, la variation de la composition du lait de dromadaire semble être affectée par des facteurs génétiques de type d'élevage de stade de lactation et enfin des facteurs environnementaux **(FARAH, 1993; RAMET, 1993 ; KAPPELER, 1998).**

1-3-3-1-Le colostrum :

Le colostrum est de couleur crème translucide, épais, collant, acide, très dense et riche en extrait sec (181 g/l) : 57% de cet extrait sec sont protéines solubles. Le taux de matière grasse est très faible, 2 à 3 g par litre **(KAMOUN, 1995)**.

1-3-3-2-L'eau :

L'eau est un facteur important qui affecte la composition du lait de chamelle. Sa teneur varie selon son apport dans l'alimentation. La teneur moyenne en eau donnée par **ELAMIN et WILCOX (1992)** est de 88,33 %. En effet, cette teneur s'élève pour atteindre son maximum, pendant la période de sécheresse 91%. Ce ci peut être une adaptation naturelle dans le but le fournir non seulement des nutriments mais aussi une quantité d'eau nécessaire la réhydratation du chamelon **(YAGIL, 1982 ; FARAH, 1993)**.

1-3-3-3-Le lactose :

Le lactose est le principal constituant du lactosérum de fromagerie. C'est le carbohydrate majeur dans le lait de la plupart des mammifères. Peu de choses sont connues concernant les propriétés chimiques du lactose du lait de chamelle **(BAGUI.K et BEN ABDERAHMMANE.F, 2008)**.

Sa teneur varie de 3.4 à 5.6 %. Elle est légèrement supérieure à celle du lait de vache **(HASSEN et al, 1987)**. Par contre **MEHAIA et al (1995)** estiment que la teneur, le chargement de concentration du lactose est à l'origine de la variation de la saveur du lait **(FARAH, 1993)**. Du point de vue pondéral, il est le constituant majeur de la matière sèche du lait **(DILMI-BOURAS, 1998 cité par BADAOUI, 2000)**.

1-3-3-4-Les vitamines :

La composition en vitamines diffère de celle du lait de vache par une teneur plus faible en vitamine A, Thiamine, riboflavine, acide folique et acide pantothénique et une teneur plus élevée dans le cas de la vitamine C et de la niacine **(BAGUI.K et BENABDERAHMANE.B, 2008).**

Le taux particulièrement élevé dans le cas de la vitamine C (dont la quantité se trouvant dans un litre de lait couvre 40% des besoins) **(MATI, 1999)**. Contribue à la bonne conservation de ce produit dans les conditions de température ambiante **(FAYE, 1997)**.

Selon **MEHAIA (1994),** 1 kg de lait de chamelle fournit environs 42 % de vitamine Cet 32 % de riboflavine. Une thermo sensibilité plus élevée que dans le cas du lait de vache; pour un barème de traitement thermique de 100°C/30min, la perte en vitamine C est de 67% contre 48% pour le lait de vache. Il en est de même pour le taux de la riboflavine qui sous l'influence d'un traitement thermique subit une dénaturation ne dépassant pas 7% **(MEHAIA, 1993)**.

Tableau 02: teneur en vitamines du lait de chamelle selon **FARAH et COLL (1992) et SAWAYA et COLL (1984)**

Vitamines	Lait de chamelle	
	FARAH et COLL (1992) (mg/kg)	SAWAYA et COLL (1984) (mg/kg)
Vitamine A	0.10	0.15
Riboflavine	0.57	0.42
Vitamine E	0.56	-
Vitamine C	37.40	24
Thiamine	-	0.33
Pyridoxine	-	0.52
Vitamine B12	-	0.002
Acide folique	-	0.004
Niacine	-	4.6

- : non déterminée.

1-3-3-5-Oligoéléments:

Les constituants minéraux du lait sont le calcium (120 à 150 mg/100 ml de lait), le phosphore (80 à 100 mg/100 ml), le sodium (90 à 100 mg/100ml), le potassium (200 à 230 mg/100ml), le magnésium (10 à 20 mg/100ml) et le fer (0.3 à 0.50 mg/100ml). Il existe peu de références disponibles concernant les éléments-traces: cuivre, zinc, manganèse et iode sont les plus couramment recherchés. Cependant en cas d'intoxication des éléments traces tels que le plomb, le nickel ou le chrome peuvent être retrouvés dans le lait.

Globalement, la composition minérale du lait de chamelle est fort variable et dépend de l'alimentation et de l'état de déshydratations. Les teneurs en sodium et en potassium en particulier augmentant dans le lait de la chamelle déshydratée.

Tout comme le colostrum, le lait de chamelle contient également des facteurs antimicrobiens tels que la lactoferrine et le lysozyme. L'activité antimicrobienne du lait de chamelle est en moyenne supérieure à celle du lait de vache**(Faye,1997).**

1-3-3-6-la matière grasse :

La matière grasse du lait de chamelle est difficile à séparer par écrémage. Ceci est du à la faible taille des globules gras et à leur composition particulière (tableau 03). En effet, le lait de chamelle se caractérise par sa richesse en acides gras insaturés (40.1 %) et plus particulièrement en acide palmitoleïque. Aussi, le point de fusion de la matière grasse du lait de chamelle serait relativement bas.

Tableau (03): principaux acides gras du lait de chamelle (% pondérale moyenne de 31 échantillons) **(ELLOUZE; FOURATI, 1990).**

Acides gras	% Pondérale	Acide gras	% Pondérale
Acides gras C_8 à C_{13}	1.8 ± 0.4	Margarique C_{17}, $C_{17:1}$	1.3 ± 0.2 0.9 ± 0.1
Myristique C_{14}	13.1 ± 0.9	Stéanirique C_{18}	12.3 ± 1.7
Myrestoleïque $C_{14:1}$	2.9 ± 0.2	Oleïque $C_{18:1}$	21.3 ± 1.7
Pentadodeconoïque C_{15} $C_{15:1}$	18.8 ± 0.2 0.8 ± 0.0	Linolénique $C_{18:2}$	2.7 ± 0.3
Palmitique C_{16}	28.7 ± 0.9	Linolénique $C_{18:3}$	1.2 ± 0.3
Palmitoleïque $C_{16:1}$	10.3 ± 0.7	Les acides > C_{18}	0.7 ± 0.1

1-3-3-7-Matières protéiques :

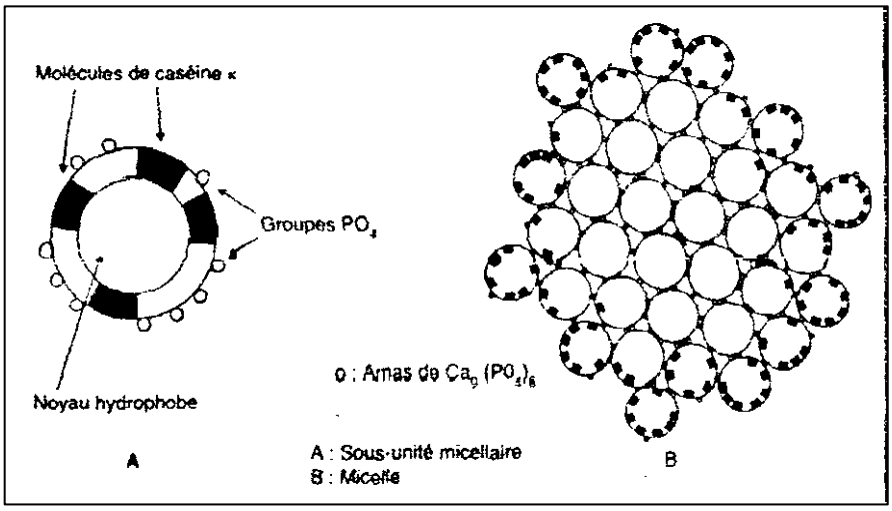
1-3-3-7-1-Caséines:

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 contre 77 à 82 % pour le lait de vache **(JENNESS et SLOAN, 1969; MEHAIA, 1987 cité par RAMET, 1993)**, De plus l'équilibre entre les différentes fractions caséiniques est très différent (tableau4) et se caractérise par une proportion limitée à 5 % de caséine Kappa (K) alors qu'elle est de 13,6 % dans le lait de vache (**JARDALI, 1988; JARDALÏ et RÂMET, 1991 cité par RAMET, 1993).**

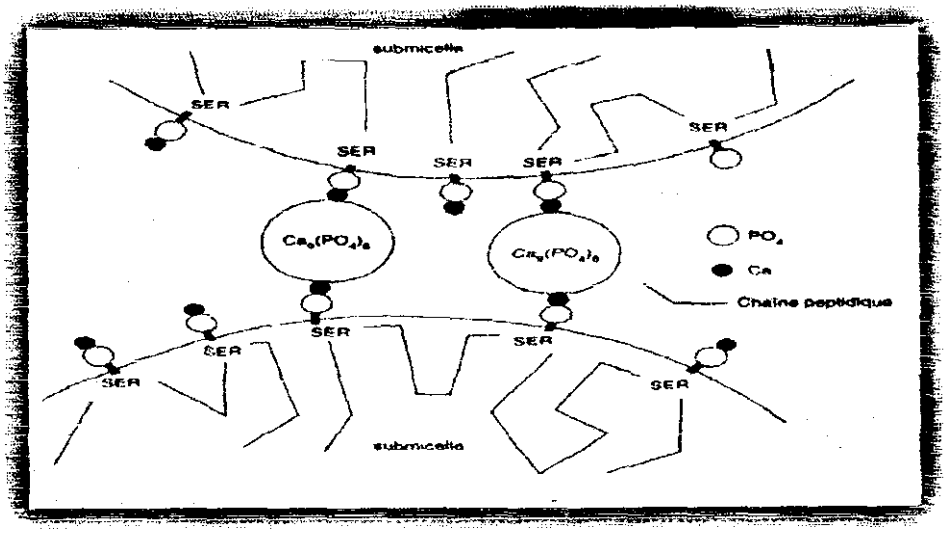
La composition en acides aminés de ces fractions caséiniques n'est pas non plus la même que pour le lait de vache **(SAWAYA, 1984; LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1986; FARAH et RUEGG, 1989; MOHAMED, 1990 cité par RAMET, 1993).**

Une autre particularité de la caséine du lait de dromadaire est qu'elle est distribuée sous forme de micelles ayant un diamètre double de celui du lait de vache **(FARAH et BACHMANN, 1987; JARDALÏ, 1988; FARAH et RUEGG, 1989; JARDALÏ et**

RAMET, 1991 cité par RAMET, 1993). Ces effets sont confortés par différents modèles moléculaires dont notamment celui proposé par **SCHMIDT, 1980**. (figure1).



A



B

A: Structure de la micelle et de la submicelle.

B: Schéma de pontage de deux submicelles par le phosphate de calcium.

Figure1: Modèle d'organisation moléculaire de la micelle de caséine bovine selon SCHMIDT (1980).

Dans le lait de chamelle, des protéines homologues aux caséines αs1, αs2, β, et κ bovines, ont été isolées et **identifiées (LARSSON-RAZUŒWICZ et MOHAMED, 1986 ; OCHIRKIÏUYAG et *al.*, 1997 ; KAPPELER et *al.*, 1998 citée par SMAIL, 2002)**.Leur composition en acides aminés a été déterminée **(LARSSON-RAZiKEWICZ et MOHAMED, 1986 ; OCHIRKHLÏYAG et *al.*, 1997 citée par SMA1L, 2002**), ainsi que leur séquence primaire **(KAPPELER et *al.*, 1998 citée par SMAIL, 2002).**

Tableau (04): Composition moyenne (%) de la caséine du lait de dromadaire (origines: Tunisie, France, Somalie, Arabie Saoudite, Niger) d'après **JARDALT et RAMET, 1991 (RAMET, 1993).**

Fraction de caséine	α	β	K	T
Lait dromadaire	63	28	5	2
Lait vache	46	34	13	4

Comme il existe une relation étroite entre la structure et les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des protéines, il est utile de voir dans quelle mesure ces singularismes structuraux se traduisent-ils par des différences de comportements susceptibles déjouer un rôle, soit dans la valeur nutritionnelle du produit soit dans celle de sa préservation ou de sa transformation en divers dérivés.

La caséine αs1(ou αs1-CN):

Les caséines αs se caractérisent par une mobilité électrophorétique élevée et une sensibilité accrue à l'action de Ca++.

La caséine αs1 se trouve dans le lait bovin à une teneur de 360g/kg de caséine entière. Elle est composée de 199 acides aminés (pour un PM de 23600 Daltons) comportant 8 à 9 résidus phosphoryles **(ALAIS et LINDEN, 1997 citée par SMAIL, 2002).**

Dans le lait camelin, cette protéine se trouve à une teneur allant de 220 à 380 g/kg **(OCHRKHUYAG et *al.*, 1997; KAPPELER et al., 1998 citée par SMAIL, 2002)**. Elle a une dimension plus grande car elle est composée de 207 acides aminés et 6 résidus phosphoryles **(KAPPELER et *al.*, 1998 citée par SMAIL, 2002).**

Selon **KAPPELER et *al.*, (1998)**, la caséine αs_1 cameline est présente dans le lait sous forme de deux variantes génétiques A et B de PM respectifs de 24755 et 25293 Da. **(SMAÏL, 2002).** La structure primaire du variant B présente un faible pourcentage d'homologie (39%) avec celle du lait de vache **((KAPPELER et *al.*, 1998 citée par (SMAIL, 2002)**

Enfin, la présence de la caséine αs_1 confère une structure plus ferme à la pâte fromagerie, donc elle joue un rôle important en fromagerie.

La caséine αs_2(ou αs_2-CN):

II existe dans le lait de chamelle la caséine αs2 à une teneur parfois similaire (95g/kg selon **KAPPELER et al, 1998 citée par SMAÎL, 2002)** ou à des taux beaucoup plus élevés (210g/kg selon **OCHRKHUYAG et o/, 1997 citée par SMAIL, 2002)**. Par contre, dans le lait de référence la teneur de cette caséine est moyenne estimée à 100g/kg de caséines totales.

La caséine αs2 est plus hydrophile de toutes les caséines même a des teneurs faibles en résidus Pro et élevée en résidus phosphoséryls. Elle possède 207 acides aminés et 13 résidus phosphorylés **(ALAÏS et LÎNDEN 1997 citée par SMAIL, 2002).**

La caséine αs_2 d'origine cameline est composée de 178 acides aminés comprenant 9 résidus phosphorylés **(KAPPELER et al, 1998 citée par SMAÏL, 2002).** Elle à la mobilité électrophorétique la plus élevée et est éluée en chromatographie sur DEAE cellulose à 0,23 M en NaCl **(LARSSON-RAZIKEWICZ et MOHAMED, 1986 citée par SMAÏL, 2002).**

*** La caséine β (β-CN) :**

La caséine β possède une extrémité (N-terminal) hydrophile et une autre (C-terminal) hydrophobe **(VUTLEMARD et al, 1989 citée par SMAIL, 2002)**.elle peu quitter la micelle à basse température et prendre une forme soluble.

Dans le lait de chamelle, la caséine β est présente à des taux très variables. 280g/kg, selon **JARDALI et RAMET (1991) cité par RAMET (1993)**, 361 g/kg, selon **OCHRKHUYAG et *al.*, (1997) citée par SMAIL (2002)** et 650g/kg> selon **KAPPELER et al, (1998) citée par SMAIL, (2002).** Elle est constituée de 217 acides aminés et 3 résidus phosphorylés **(KAPPELER et *al.*, 1998 citée par SMAIL, 2002).**

Pare contre, elle se trouve dans le lait de référence à des taux moyen de 340 g/kg de caséine entière. C'est une molécule comprenant 209 acides aminés (24000Da) et 5 résidus phosphorylés **(LENOÏR ,1985 citée par SMAIL, 2002).**

Cette protéine a une mobilité électrophorétique inférieure dans le lait camelin que celle de son homologue bovin et atteint un niveau de migration analogue à celui de la caséine γ bovine (**FARAH et FARAH-RIESEN, 1985 ; LARSSON-RAZÏKEWICZ et MOHAMED, 1986 ; OCHRKHUYAG et *al.*, 1997 citée par SMAIL 2002).**

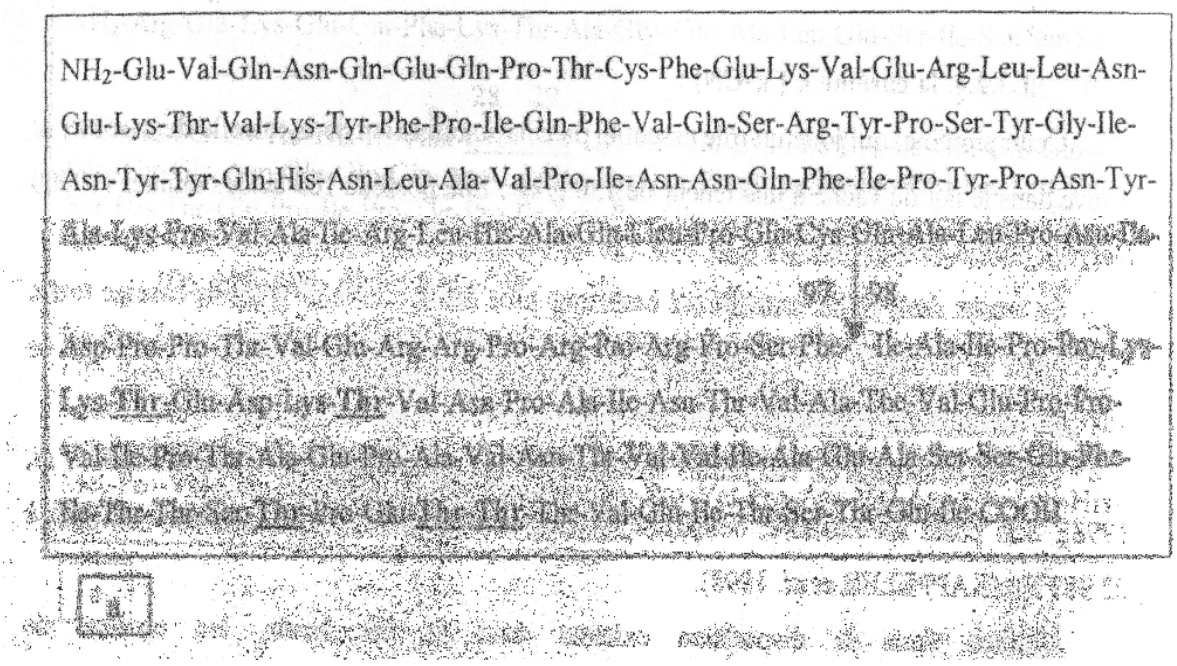
En chromatographie sur DEAE cellulose, elle est éluée à un seuil de 0,01M en NaCl, proche de celui rapporté pour la β-CN bovine (0,13) **(LARSSON-RAZÏKEWICZ et MOHAMED, 1986 citée par SMAIL 2002)**, (Figure1A).

***La caséine K (K-CN) :**

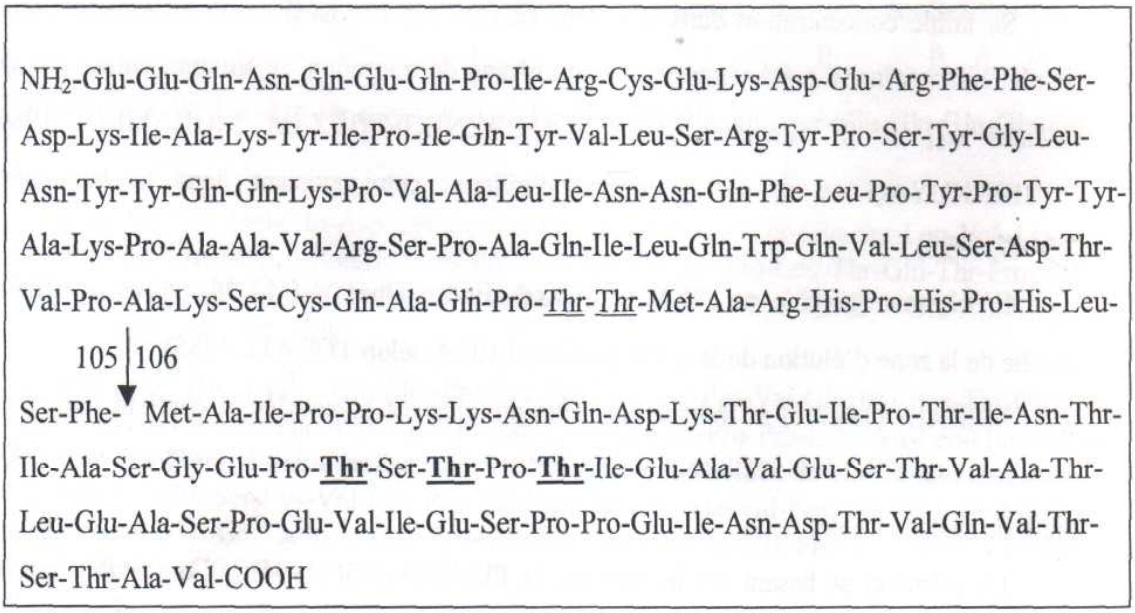
La caséine k joue un rôle essentiel dans la stabilisation des micelles des caséines. Sa teneur dans le lait de chamelle est beaucoup plus faible : 35 à 50 g/kg de caséine totale **(JARDAL1 et RAMET 1991 ; KAPPELER et *al.*, 1998 ; OCHRKHUYAG et *al.*, 1997 citée par SMA1L, 2002)**, cela ne permet pas sa visualisation en électrophorèse simple. Elle est constituée de 162 acides aminés et un résidu phosphorylé (**KAPPELER et *al.*, 1998 citée par SMAIL, 2002)**. (Figure2B)

MEHA1A (1995) a montré que cette protéine est glycosylée et contient une teneur deux fois plus élevée en acide sialique dans le lait camélien que celle existant dans le lait bovin (7,35 contre 3,02 mg/g de caséine totale).

En chromatographie sur DEAE cellulose, elle est éluée à 0,13 M de NaCl, qui est une limite proche de la zone d'élution de la K-CN bovine (0,10 M), selon **TOUATI, 1988 cité par SMAIL, 2002)**



a



b

Figure 2: Structure primaire de la caséine κ.

a: Caséine k cameline selon KAPPELER et al (1998).
b: Caséine K-B bovine d'après MERCIER et al (1973) cité par PELISSIER (1984).
La flèche indique le site de coupure par la chymosine. Le gras et souligné indiquent les sites possibles de glycosylation.

1-3-3-7-2-protéines du lactosérum :

La composition du lactosérum du lait de dromadaire se caractérise par une teneur en matière sèche totale en général un peu plus élevée que celle du lait de vache, soit 7% et 6,5% respectivement, alors qu'à l'inverse les extraits secs des laits sont souvent plus faibles pour le lait de dromadaire que pour le lait de vache (**RAMET, 1987; RAMET et KAMOUN, 1989; KAMOIJN et BERGAOUI, 1989)**. II y a lieu de remarquer que le taux de matière grasse est particulièrement important et se situe à une valeur 3 à 4 fois supérieure à celle mesurée dans le lactosérum de fromages homologues fabriqués au lait de vache, soit 0,3 et 1,3 % respectivement; il correspond à plus de 60 % de la quantité de matière grasse présente dans le lait **(RAMET, 1989; MOHAMED, 1990),** La faible dimension des globules gras du lait de dromadaire et leur étroite liaison au réseau protéique très friable constituant le coagulum, expliquent les fortes pertes observées **(RAO et *al.*, 1970).**

L'aspect du lactosérum provenant du lait de dromadaire est de couleur blanche très marquée contrairement au sérum de lait de vache qui possède un aspect verdâtre **(RAMET, 1989; RAMET et KAMOUN, 1989; MOHAMED et *al.*, 1990)**. II est vraisemblable que cette caractéristique soit consécutive à la charge importante du lactosérum en particules (agrégats protéiques et globules gras); celles-ci provoquent des phénomènes complexes de diffraction et réflexion de la lumière qui sont à l'origine de la couleur blanche de lait.

II se pourrait également que la teneur en riboflavine, qui est responsable de la couleur verte caractéristique du lactosérum **(WEBB et *al.*, 1974),** et qui est plus faiblement représentée dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache, intervienne de manière déterminante. Deux types d'α-lactalbumine **(CONTI et *al.*, 1985 cité par RAMET, 1993)** et une protéine originale **(BEG et *al.*, 1987 cité par RAMET, 1993)** y ont été décelées; de plus la présence de β-lactoglobuline est controversée.

*** La α-Iactalbumine :**

L'α-lactalbumine est une métalloprotéine dont le rôle physiologique essentiel est de permettre la synthèse du lactose en activant la galactosyl transférase (qui unit l'UDP-galactose au glucose). En absence de l'α- La, l'enzyme transfère le galactose sur un glucosamine **(LUQUET et *al.*, 1985 citée par SMAIL, 2002).**

Cette protéine est identifiée dans le lait camelin **(BEG et *al.*, 1985; CONTI et *al.*, 1985; FARAH, 1986 ; OCHIRKHUYAG et *al.*, 1998 ; GiRARDET et *al.*, 2000 ; MERIN et *al.*, 2000 cité par SMAÏL, 2002).**

Elle présente une structure moléculaire voisine de celle du lysozyme **(ALAÏS et LINDEN, 1997 cité par SMAIL, 2002)**. L'α-La du lait de chamelle comporte 123 résidus

d'acides aminés (nombre identique à celui rapporté pour l'α-La bovine) dont 39 seulement sont différents entre les deux séquences peptidiques.

***La β-lactoglobuline :**

La β-Iactoglobuline est majoritaire dans le lait bovin et représente environ 50% des protéines totales, mais elle semble absente ou très peu présente dans le lait de femme et de chamelle **(LÏBERATORJ et *al.*, 1979 ; OCHIRKHUYAG et *al.*, 1998 citée par SMAIL, 2002).**

Elle se présente en une chaîne polypeptidique de 162 acides aminés (18400Da) contenant deux ponts disulfures et un groupement SH libre. Prés d'une dizaine de variants génétiques ont été mis en évidence. Les plus fréquemment rencontrés sont les variants A et B qui différent seulement par la nature de deux acides aminés **(RIBADEAU-DUMAS et GRAPPIN, 1989; MOULTI-MAT1, 1992 cité par SMAIL, 2002).**

1-3-3-8-Acides aminés:

Divers auteurs se sont intéressés à la composition en acides aminés de protéines du lait comparé au lait de vache ou au lait de chèvre, le lait de chamelle apparaît plus riche en leucine et isoleucine, en thiréonine et en proline. En revanche, il est plus pauvre en glucine et histidine **(FAYE, 1997).**

Tableau (5): La composition en protéines du lait de différentes espèces d'herbivores. **(FAYE ,1997)**

Acides aminés	Composition des protéines (en g par 16 gN)		
	Chèvre	**Vache**	**Chamelle**
Alumine	2,8 – 3,4	3,5 – 4,8	3,6
Arginine	3,2 – 4,6	2,9 – 4,2	2 ,1
AC. Aspartique	6,2 – 7,7	6,2 – 7,8	7,4
AC. Glutamique	15,4 – 23,9	15,8 -23,2	20 ,3
Glycine	0,6 – 1,7	0,8 – 2,1	2,1
Histidine	2,5	3,0	5,0
Isoleucine leucine	15,8 – 21,0	8,1 – 17,4	14,4
Lysine	7,0 – 7,6	8,1	8,2
Méthionine	2,5 – 3,5	3,2	3,5
Proline	11,1 – 13,3	10,1 – 11,8	14,6
Thréonine	6,3	4,3	5,7

1-3-4 Sélection d'un lait de bonne qualité :

Pour réaliser la fabrication fromagère dans de bonnes conditions, le lait doit répond à un certain nombre de critères de qualités physico-chimiques et microbiennes :

- Le lait doit être obtenu uniquement à partir d'animaux sains;
- Eviter d'utiliser les laits claustraux secrétés en début de l'action car ils possèdent une composition spécifique (pauvreté en caséine et teneur élevée en minéraux) que les rend impropres à la transformation en fromage ;
- Eviter d'utiliser les laits de dromadaire provenant d'animaux subissant un stress hydrique important ;
- Le lait doit être de bonne qualité microbienne et doit être collecté proprement et transformé rapidement après la traite.

1-3-5- les Facteurs de variation de la composition du lait :

Selon **KOUNIBA, (2002)** les facteurs principaux qui influencent la composition du lait sont les suivants :

1-3-5-1 L'apport hydrique

La caractéristique essentielle du lait de dramaclaire réside dans la variabilité de sa teneur en eau qui dépend de la fréquence d'abreuvement. **YAGIL et ETZION (1980, IN KOUNIBA, 2002) et SALEY (1993 ; IN KOUNIBA, 2002)** trouvent qu'en cas d'abreuvement insuffisant, voir privation en eau, la teneur du lait en eau augment.

Elle passe de 87% à 91% permettant la suivie de chamelon et des populations vivantes en milieu aride. Il en résulte une variation de la teneur des composants de la matière sèche : au bout de 7 jours de des hydratations le lait devient plus dilue (teneur en eau supérieure à 90%). la teneur en matière grsse chute à 1%, celle en chlorues passe de 10 à 23 MEQ/ L et celle de vitamine augmente pour atteindre MEQ/ L **(YAGIL ET AL 1994 ; IN KOUNIBA, 2002).** Dans le même sens, **BENGOUMI et al (1994)** ont trouvé une teneur en matière sèche de 6,95% dans le lait de dromadaire provenant d'un élevage extensif au Sahara marocain. Cette teneur très faible ne s'explique qu'à travers l'effet du phénomène de déshychatation .l'explication de cas modification est basée sur des mécanismes hormonaux **(yagil, 1988 ; in KOUNIBA, 2002)** : la déshydratation augmente la sécrétion d'aldostérone et de la vason pressing qui règlent le métabolisme de l'eau et des sels. Selon **LASNAMI (1986)**, le dromadaire accepte bien l'eau salée 2 ‰ favorable a son appétit et a sa digestion ainsi qu'a l'assimilation de ses aliments, certains nomades rajoutent du sel dans l'eau d'abreuvement.

Ce qui peut avoir un effet sur la composition minéral du lait.

1-3-5-2 l'âge :

D'une façon générale, la teneur des différents constituants du lait diminue avec l'âge **(KOUNIBA, 2002).**

1-3-5-3 le stade de lactation :

Il est généralement rapporté que la teneur du lait en matière sèche diminue au cours de lactation : deux jours après le vêlage. Elle passe d'une teneur moyenne de 30,4 a 18,4 % cette diminution est liée a une chute de la teneur en protéine et en éléments minéraux. En revanche, celle de lactose reste constant et celle de la matière grasse augment de 0,2 a 5,8 % **(YAGIL 1982 ; in KOUNIBA, 2002).**

1-3-5-4 l'alimentation :

L'alimentation et l'apport hydrique restent les facteurs les plus importants qui affectent la composition du lait de dromadaire **(KOUNIBA 2002).**

1-3-5-5 le climat :

Le dromadaire s'adapte bien aux conditions de sécheresse et la composition de son lait reflète la condition de sa vie **(FAO 1995).**

Selon **KNOESS et al (1986 ; in KOUNIBA 2002)**, le taux butyreux de ce lait ne dépond pas du niveau de lactation. Mais probablement de climat, notamment la température de l'air, par ailleurs, la composition chimique du lait de dromadaire est influencée par la saison qui sous-entend les effets combinés de l'alimentation, des conditions climatique et du stade de lactation. En été, **KAMOUN(1994)** relève une chute de l'extrait sec total suite à une diminution du taux des matières azotés et plus particulièrement les caséines.

1-3-5-6 l'état sanitaire :

ABOURAHMAN, (1994 in KOUNIBA, 2002) trouve que les mammites chez le dromadaire engendrent des modifications de la composition du lait, et plus particulièrement sa fraction minérale.

La matière vivante animale comporte des nombreux éléments engagés dans les combinaisons variées, leur importance pondérale est très inégale **(RICHET ,1972).**

Les éléments minéraux sont présents en quantités variables dans d'organisme vivant ou ils interviennent dans divers processus métaboliques **(BENGOUMI et *al.*, 1994).**

Selon **PILARDEAU(1995),** ces éléments sont habituellement classés en trois groupes :

∗ Les éléments de base : présentent à des concentrations de plusieurs grammes par kilogrammes : carbone, hydrogène, soufre, oxygène, et azote.

∗ Les macros – minéraux : dont leurs concentration sont de l'ordre de g/kg : magnésium (Mg), potassium (K), sodium (Na), clore (Cl), phosphore (P) et calcium (Ca).

∗ Les éléments traces ou les oligo-éléments : leur teneur sont de l'ordre du mg ou µg/kg : fer (Fe), cuivre (Cu) , zinc (Zn) , fluore (f) , iode (I) , nickel (Ni) , manganèse (Mn) , arsenic (As) , chrome (Cr) , cobalt (Co)….Ets.

La macro éléments (éléments majeurs) :

Ce sont des éléments dans la teneure est de l'ordre du : g/kg sont localisés des tissus déterminée ou ils jouent des rôles variés d'importance vitale, ces éléments représentent en vairon 3,75% du poids totale de la matière vivante **(RICHET 1972).**

1 3-6 Aptitudes fromagères du lait du dromadaire :

Dans les traditions pastorales, le lait du dromadaire est principalement réservé a l'alimentation du jeune dromadaire et à celle de l'homme **(RAMET, 1987. 1989 cité par RAMET, 1993).**

Le plus souvent, le lait destiné a l'alimentation humaine est bu immédiatement après la traite ; il peut être également consommé sous forme de lait fermenté obtenu par acidification lactique naturelle pendant quelques heures dans des récipients, en peau ou en terre cuite **(YAGIL, 1982 cité par RAMET, 1993).**

La transe formation du lait du dromadaire en produits dérivés de type fromage est réputée très difficile, voire impossible **(DECKSON, 1951 ; GAST et al. 1969 ; YAGIL, 1982 ; WELSON, 1984 cité par REMET, 1993).**

Du point de vue technologique, le lait du dromadaire est plus difficile à transformer que le lait des autres espèces animales domestiques. Les études bibliographiques indiquent que seuls quelque rare fromagés sont fabriqués en hangar et dans la péninsule du Sinaï, par séparation des protéines du lait préalablement insolubilisées par acidification **(GAST et al, 1969, YAGIL, 1982 cité par RAMET, 1993)** ; le fromage obtenus se présente sous forme d'un pote humide présentant les caractéristiques des fromages frais, il s'agite d'un produit altérable en raison de sa forte teneur en eau.

Ces fromages frais, éventuellement séchés, ne correspondent pas a la définition vraie du fromage qui fait intervenir, des le début de la fabrication lors de la coagulation, une action plus ou moins importante d'une enzyme coagulante conjointement à l'acidification par voie fermentaire **(RAMET, 1985 cité par RAMET, 1993).**

1-3-6-1 aptitude à la coagulation :

La coagulation du lait correspond a une déstabilisation de l'état micellaire originel de la cosmico du lait. Dans la pratique, cette déstabilisation est réalisée de deux manières :

- Par voie enzymatique : a l'aide d'enzyme coagulante, en particulier la priseur.

- Par voie fermentaire : a l'aide de bactérie productrices d'acide lactique se trouvent naturellement dans le lait et ou apportées sous forme de ferments. Les mécanismes d'action de ces deux agents coagulants au niveau de la micelle sont très différents. bien qu'ils conduisent tous deux à la formation d'un coagulum (gel ou caillé), les propriétés rhéologiques de ce dernier restent caractéristiques des modes de coagulation.

Dans les techniques fromagères classique, les deux modes de coagulation ne sont jamais utilisés séparément, seul varie l'importance relative de leur action coagulante respective. Cette distinction permet de classer les fromages, en trois (3) catégories :

- Les pates fraiches qui résultent d'une coagulation à caractère lactique prédominant ;
- Les pates pressées et les potes durs qui résultent d'une coagulation à caractère présure prédominant ;
- les pates molles qui résultent d'une coagulation à caractère mixte.

1-3-6-1-1- Coagulation par voir enzymatique :

Diverses enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait en fromagerie les enzymes utilisées sont la présure, la pepsine et celle d'origine fongique. La plus ancienne et toujours très employée est la présure constituée d'un mélange de chymosine (80%) et de pepsine (20%) ; elle est sécrétée dans la caillette des jeunes ruminants nourris au lait. Outre son activité coagulant, spécifique sur la caséine, la chymosine a une activité de protéolyse généralement pouvant se manifester sur toutes les protéines. La coagulation du lait par la présure comprend deux phases : une phase enzymatique, au cours de la quelle la chymosine dégrade la caséine K de façon spécifique, et agrégation des micelles modifiées.

-Réactivité du lait de dromadaire à l'action des enzymes coagulantes

La plupart des tentatives faites pour fabriquer des fromages à partir du lait de dromadaire font état de difficultés majeures rencontrées pour réalise la coagulation.

Plusieurs observation **(RAMET, 1985, 1990 cité par RAMET, 1993)** ont montré que la pepsine bovine présente la meilleure affinité pour coaguler le lait de dromadaire ; la présure de veau et la protéase coagulante de mucor meihie présentent une affinité analogue , mois plus faible que celle de la pepsine bovine ; la chymosine et la protéase coagulante d'endothia parasitica ont l'affinité la plus faible.

De nos jours, il ya des études et des essais concernant l'extraction encore des enzymes coagulantes à partir des caillettes de dromadaires jeunes encore nourris au lait et adultes avec un optimum du rendement d'extraction, en suit de les pratiquer sur le lait camelin et d'observer dans quelles condition de PH, température, et concernant en $Ca\ Cl_2$ peut on obtenir les meilleurs résultats concernant le gel suite à la coagulation **(RAKET ,1993).**

-Formation et propriétés rhéologique des gels obtenus

La texture du gel se caractérise par une très faibles élasticité et une grande friabilité, cette fragilité du gel est encore accrue lorsqu'il ya développement simultané de l'acidification par voir fermentaire **(RAMET, 1987 cité par RAKET, 1993).**

-Relation entre la composition du lait et son aptitude a la coagulation :

L'aptitude limitée du lait du dromadaire à la coagulation par voie enzymatique a vraisemblablement pour origine principale la composition particulière des micelles de caséine. Plusieurs travaux récents ont, en effet, montré que la caséine kappa, qui constitue la fraction de la micelle sensible à l'action des protéases coagulantes, possède une charge électrique différent de la caséine kappa du lait de vache, ce qui entraine une mobilité électro phorétique plus faible **(FARAH et FARAH – RIESEN, 1985 ; JARDALI, 1988 ; MOHAMED et al cité par RAMET ,1993).**

Cette originalité de comportement est le reflet d'une composition très spécifique de la caséine qui a été mise en évidence dans les laits du dromadaire d'origine géographique variée. L'équilibre des fractions de caséine est très différent de celui du lait de vache. On note en particulier que la proportion de caséine kappa est limitée à 5% de la caséine totale à lors quelle est de 13,6% pour le lait de vache (**JARDLI et RAMET, 1991 cité par RAMET, 1993).**

Une seconde caractéristique originale de la caséine du lait de dromadaire est qu'elle se trouve sous forme de micelles de grande taille dont le diamètre moyen est environ le double (300µm) de celui du lait de vache (160µm) **(FARAH et BACHMAN, 1987 ; JARDALI, 1988 ; FARAH et RUEGG, 1989 ; JARDALI et RAMAT, 1991 cité par RAMET, 1993).**

L'ajout de la présure au lait du dromadaire entraine une réaction de protéolyse de la caséine dont l'évolution peut être suivie par mesure du taux d'azote non protéique libéré **(FARAH et BACHMANN , 1987 ; MEHAIA , 1987 cité par RAMET ,1993)** .Il semble par contre que la réaction secondaire , qui correspond à l'agrégation des micelles de caséine préalablement hydro lysée , se déroule d'une manière particulières dans le lait du dromadaire ; l'association de micelles de caséine est plus tardive et le réseau formé est plus lâche et moins compact **(FARAH et BACHMANN , 1987 cité par RAMET , 1993) .**

Il est vraisemblable que cette aptitude réduite à la polymérisation des micelles de caséine du lait du dromadaire résulte d'une faible potentialité du substrat à l'établissement de pont calcique entre les micelles. On sait en effet, d'une manière générale, que les grosses micelles sont moins minéralisée que le petites **(SCHER, 1988 cité par RAMET, 1993).**

On sait également que les propriétés rhéologique du coagulum sont étroitement dépendantes de la tenues en matière sèche du lait ; plus celle-ci est élevée, plus grande est la fermeté. Tous les composants de la matière sèche ne participent pas de la même manière à la formation du gel, le taux de caséine a le rôle majeur : plus il est importantes, plus la trame du réseau micellaire constitué lors de la coagulation est dense, et plus les propriétés rhéologiques sont améliorée .

1-3-6-1-2- coagulation par voie acide

-Composition du lait et aptitude à l'acidification par voie fermentaire

La coagulation par voie acide du lait du dromadaire est conditionnée par son aptitude à l'acidification par voie fermentaire à l'aide des bactéries lactiques présentes naturellement dans le lait et/ou de celle inoculée de manière dirigée sous forme de cultures encore appelées ferments Lactiques **(RAMET, 1985 cité par RAMET 1993).**

Le lait, grâce à sa teneur élevée en eau à la variété des substances nutritives qu'il contient et à son PH initial proche de la neutralité ; constitue généralement un milieu favorable à la multiplication des micro-organismes Y compris à celles des bactéries lactique.

Il ressort par contre de l'étude bibliographique que le lait cru de dromadaire possède différents systèmes antimicrobiens susceptibles de limiter la prolifération microbienne plus fortement que les laits d'autres espèces domestiques : ces systèmes sont probablement à l'origine des propriétés réputées fortifiantes et thérapeutiques du lait du dromadaire et largement admises par les nomades **(YAGIL, 1982 ; RAMET, 1987 cité par RAMET, 1993).** En particulier, des teneurs élevée en lysozyme (**BARBOUR et *al.*, 1984 cité par RAMET , 1993)** et en vitamine **(CKON, 1972; KNOESS, 1979; YAGIL, 1982; YAGIL et *al.*, 1984 cité par RAMET , 1993)**ont été mesurées.

Une autre caractéristique originale du lait du dromadaire est son pouvoir tampon qui apparait un pue plus important que le lait de vache celui-ci pourrait également contribuer à expliquer la relative teneur de l'acidification observée en présence de plusieurs souches de bactéries lactiques homo - et hétéro fermentaire **(RAO et al ,1970 ; RAMET, 1985 ; 1987 ; FARAH et al ,1990 cité par RAMET, 1993).**

-Formation et propriétés rhéologiques des gels lactiques :

Dans le lait de dromadaire soumis à acidification, il n'est pas possible de mettre en évidence avec une précision un point de début de coagulation acide ; il n'y a pas non plus formation d'un coagulum véritable. Le milieu reste de structure floconneuse et s'apparente plus à un précipité ; celui-ci tend à décanter lentement avec séparation surnageant très blanc constitue par le lactosérum **(RAMET, 1985; 1987; FARAH et *al.*, 1990 cité par RAMET, 1993).**

Chapitre II
Matériels et méthodes

2-1-Matériel:

2-1-1-Caillettes de dromadaire:

Des caillettes issues de dromadaire d'ages différents (7 mois; 2 ans;9 ans) ont été prélevés au niveau de la battoire communal de Ouargla, puis transportées au laboratoire où elles ont été lavées à l'eau du robinet, dégraissées, découpées en lanières puis conservées à -18 °C **(SIBOUKEUR et al, 2005).Figure 03.**

2-1-2-Lait de chamelle:

Le lait de mélange, collecté tôt le matin, à partir de chamelle de la population sahraoui, localisées principalement dans la région de GHARDAIA, en bon état de santé, vivant en élevage extensif.

2-1-3-Poudre du lait écrémé type "low heat":

Le lait reconstitué à partir d'une poudre de lait type low heat reconnue de bonne qualité fromagère est utilisée comme substrat standard afin de pallier une variabilité possible des résultats liés à une hétérogénéité de l'aptitude coagulante des laits frais **(RAMET J.P, 1997 cité par SIBOUKEUR, 2005).**

2-1-4-Caséines camelines lyophilisées:

Des caséines ont été isolées à partir du lait frais, conformément à la procédure décrite par Shamet et al, 1992 **(BENGANA, 2001).**

2-1-5-Appareillage:

-centrifugeuse;

-lyophilisateur à plateau;

-spectrophotomètre U.V visible;

-agitateur magnétique non chauffant de paillasse;

-pH-mètre, densimètre;

-bain marie;

-balance électronique.

2-1-6-Autre matériel:

Micropipettes, membrane de dialyse, papier filtre, différents types de verrerie (béchers, fioles jaugée, pipetes graduées, tube à essais, burette, entonnoirs, verre à montre…).

2-1-7-Produits chimiques:

-Acide chlorhydrique, acide trichloracétique, hydroxyde de sodium, acide lactique….

-Sels et tampons (chlorure de sodium, sulfates d'aluminium, sulfate de cuivre, tartrate de sodium et potassium, sulfate di-sodique).

-Colorants et réactifs spécifiques (bleu de méthylène, phénolphtaléine, réactif de Folin-ciocalteu "acide de phosphomolybdique et phosphotungstique"), BSA (Albumine Sérique Bovine).

Figure 03: Caillettes de dromadaires jeunes utilisés pour la préparation des extraits coagulants

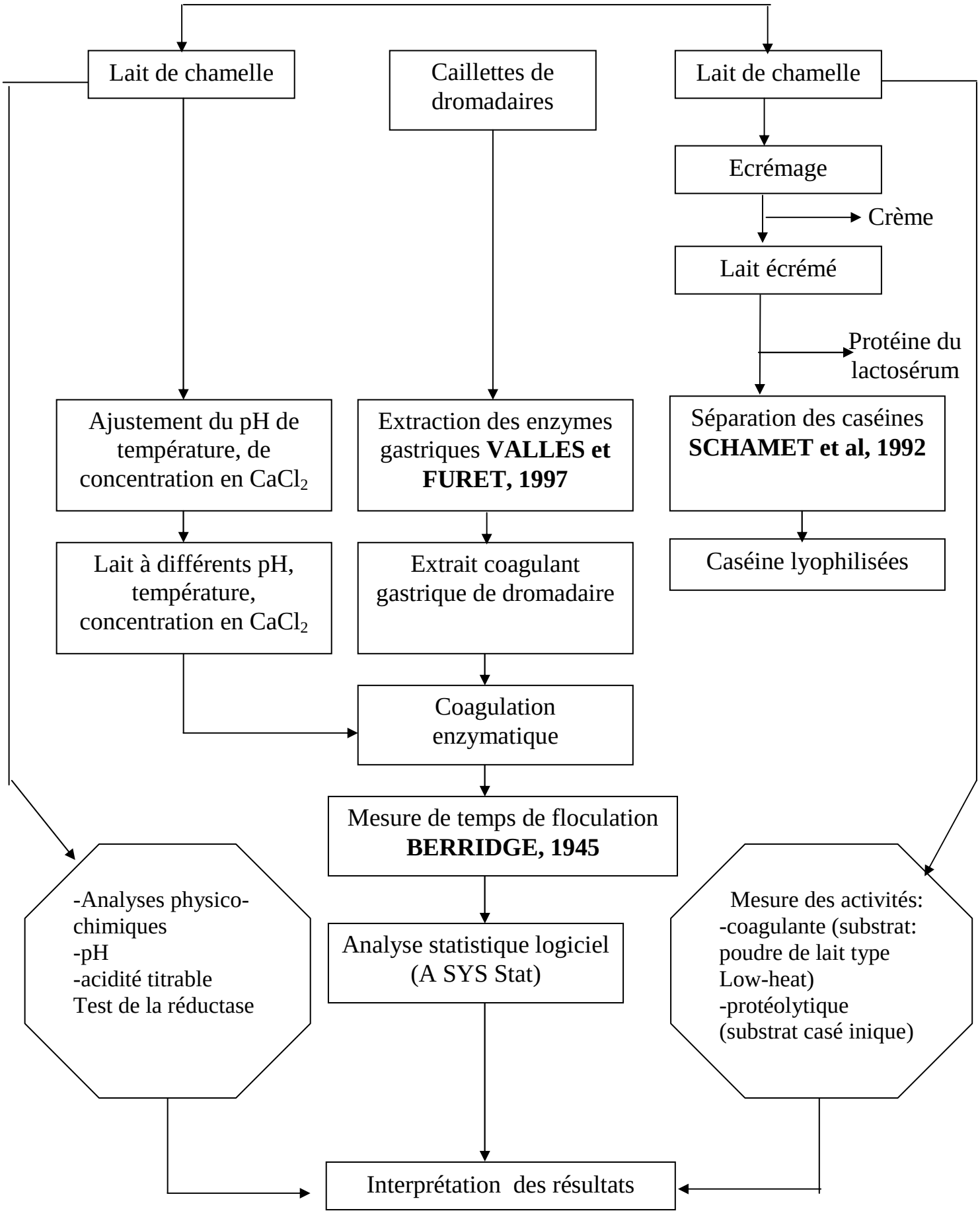


Figure 04 : Présentation de la méthodologie de travail.

2-2-Méthodes:

2-2-1-Caractérisation du lait de dromadaire:

2-2-1-1-La qualité microbienne:

L'appréciation de la qualité microbienne du lait de dromadaire est réalisée par le test de réductase rapporté par **BEERENS et LUQUET, 1987.**

Il s'agit de la mesure du temps de décoloration de lait additionné du bleu de méthylène et incubé au bain-marie à 37°C.

La décoloration due au métabolisme bactérien, évolue à une vitesse proportionnelle au nombre de germes dans le lait.

De ce fait, la durée de la décoloration nous permet de quantifier approximativement la population bactérienne du lait et par conséquent sa qualité microbienne (tableau6).

Tableau 06 : Grille d'appréciation de la qualité microbienne du lait **(BEERENS et LUQUET, 1987).**

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

2-2-1-2-L'analyse physico-chimique et biochimique:

2-2-1-2-1-La mesure de pH

La mesure de pH du lait de dromadaire et réalisée par la méthode électro métrique décrite par AFNOR, 1980. Celle-ci consiste en l'introduction de l'électrode du pH-mètre préalablement étalonné dans un bêcher contenant 100 ml de lait à 25°C.

La valeur affichée sur l'écran de l'appareil correspond au pH du lait à 25°C.

2-2-1-2-2-L'acidité titrable:

La mesure de l'acidité titrable du lait de dromadaire est réalisée selon la méthode décrite par AFNOR, 1980. Celle-ci consiste en la mesure du volume de la solution de NaOH (0,1 N) nécessaire à la titration de l'acidité du lait en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

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

$$A = 10\ (V/V')\ (g/l)$$

A: quantité d'acide lactique en (g/l).

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

V': volume de l'échantillon (ml).

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

2-2-1-2-3-La densité:

La densité est déterminée à l'aide d'un densimètre, sur le lait maintenu ou repos. Le principe est de plonger un densimètre dans une éprouvette de 250 ml remplie de lait à analyser.

Lorsqu'il se stabilise, une lecture directe donne le résultat.

2-2-2-1-Prélèvement des caillettes et extraction des enzymes gastriques:

2-2-2-1-1-Préparation des caillettes:

Au niveau de l'abattoir communal de Ouargla, nous avons prélevé trois (3) échantillons des caillettes (abomasum) des dromadaires d'âges différents (7mois et 2, 9 ans) après sevrage, elles sont laves à l'eau, dégraissées, découpées, mises dans des sacs en plastiques, en fin congelées à -18°C jusqu'au moment de l'extraction enzymatiques.

2-2-2-2-Macération et filtration:

L'extraction des enzymes coagulants dénommés ECD est réalisée selon la méthode d'extraction proposée par VALLES et FURET, 1977 (figure.05).

Un échantillon de caillettes de poids P (g) décongelé puis subit une macération dans une solution de HCl 0.2M tel que le volume est calculé selon la formule (V= 1.25 x P) à température de 42°C pendant 60 min, suivie d'une filtration du mélange on obtient alors un extrait brute total.

2-2-2-3-Clarification

Après macération, les extraits bruts totaux obtenus sont clarifiés par l'addition de 1% (v/v) d'une solution de sulfate d'ammonium Al_2 $(SO_4)_3$(1M) et de 5% (v/v) d'une solution de sulfate de dissodique Na_2SO_4 (1M), ensuite chauffés à 42°C. Puis filtrés pour obtenir un extrait jaune plus ou moins limpide de poids P(g) et l'activité coagulante (Ac) exprimée en unité présure (UP).

2-2-2-4-Concentration

La concentration des macérations clarifiés est obtenue par l'addition de 2 fois son poids (2p) d'une solution saturée de NaCl contenant 1.P 100 (P/P) d'acide chlorhydrique concentré d=1.19 (ajustée à pH 1.0).

2-2-2-5-Centrifugation

Le mélange était agité et laissé en repos pendant une nuit. On centrifugeait alors à 2100g/20 min. le surnageant était rejeté et on notait le poids du précipité humide qui ensuite était dissioudé à 10% dans l'eau distillée.

2-2-2-6-Ajustement de pH

Il s'agit de l'augmentation de pH des extraits coagulants jusqu'à la valeur 5.5 par l'utilisation d'une solution de $Na_2H\ PO_4$ (1M) à 42°C.

2-2-2-7-Conservation des extraits coagulants

Cette étape est réalisée par l'ajout de quelques grains de thymol, et 10% (V/V) d'une solution de NaCl. En fin, leur stockage est effectué à +4°C dans des tubes stérilisés.

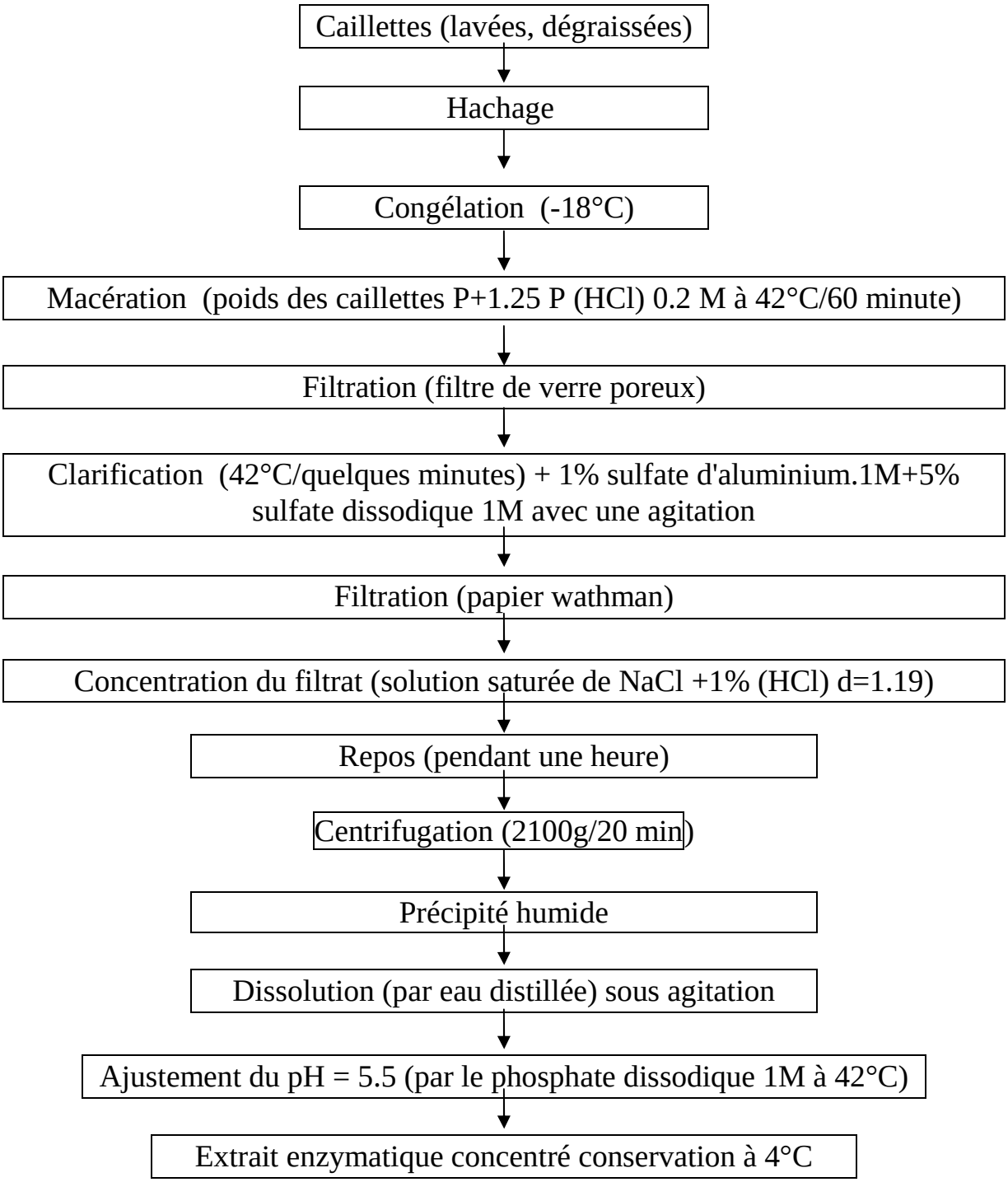


Figure 05: Protocole d'isolement des extraits enzymatiques à partir des caillettes issues de dromadaires
(VALLES et FURET, 1977)

2-2-3-Détermination de la teneur en protéines des ECD

La détermination de la teneur en protéines de l'extrait coagulant de dromadaire et de la pepsine cameline purifie est effectuée par la méthode de **LOWRY et al (1951) cité par MULTON et al (1991).**

Cette méthode utilise le fait que le réactif de folin-ciocalteu (acide phosphomolybdique et phosphotimgestique).

Mise en présence d'une protéine est réduit en un complexe bleu de molybdène. Cette réaction est due aux groupements oxydés des acides aminés constitutifs principalement des groupements phénoliques du tryptophane et de la tyrosine.

LOWRY a fortement augmenté à la sensibilité de dosage, en faisant précéder la réaction d'un prétraitement par un réactif au cuivre en milieu basique. La lecture de la coloration est faite à 750 nm pour le maximum de sensibilité. Cette méthode est très sensible (5 à 100 µl de protéines) n'a cependant pas été très utilisé pour les analyses d'aliments, elle peut être beaucoup plus utile pour des extraits protéiques.

Le principe consiste en l'addition du réactif de folin-ciocalteu à l'échantillon puis la lecture directe de la densité optique (DO) sur un spectrophotomètre UV à 750 nm.

La teneur en protéines en g/l est obtenue grâce à une courbe d'étalonnage réalisée en utilisant le sérum albumine bovine (BSA) dans les mêmes conditions expérimentales.

2-2-4-Caractérisation des extraits coagulants gastriques de dromadaire :

2-2-4-1-Activité coagulante :

La mesure de l'activité coagulante est effectuée pour les extraits coagulants de dromadaire à l'état brut, selon la méthode de **BERRIDGE (1945)** modifiée par **COLLIN et al (1977) cité par HESSAS (2001).**

- **Dissolution :**

Le substrat standard est préparé par dissolution de la poudre du lait type « Low heat » à 10% (P/V) dans une solution de $CaCl_2$ (0.01 M).

- **Ajustement du pH**

À pH 6.5 l'ajustement du pH se fait à l'aide d'une solution de NaOH (0.1N).

La dissolution de la poudre de lait écrémé « Low heat » et l'ajustement du pH permettent d'obtenir le substrat standard. Cette préparation est suivie d'une agitation magnétique pendant 15 min à la température ambiante, puis d'un repos pendant 60 min. le substrat standard est ensuite repartie dans des tubes à essais, à raison de 10ml/tube, suivie d'une incubation dans un bain marie à 30°C pendant 15 min.

❖ **Addition de la préparation coagulante :**

Après 15 min, l'addition de la préparation coagulante est nécessaire à raison de 1ml/10 ml du substrat standard. Une homogénéisation immédiate par agitation manuelle et rapide est nécessaire. Dans le bain marie, les trois retournements successifs du mélange après 30 secondes correspondent au temps zéro.

L'observation des premiers flocons correspond au temps de coagulation.

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

$$UP = 10 \times V / Tc \times Q$$

UP : unité présuré ;

V : volume du substrat standard utilisé (ml) ;

Q : volume d'extrait coagulant (ml) ;

Tc : temps de coagulation (sec).

L'activité coagulante des ECD peut être également exprimée en force coagulante de SOXELET (F) selon la relation suivante **(BOURDIER et LUQUET, 1981).**

$$F = UP / 0.0045$$

F : la force coagulante de SOXHLET.

2-2-4-2-Activité protéolytique :

La mesure de l'activité protéolytique des ECD est basée sur l'intensité de la protéolyse des caséines camelines en solution, sou l'action enzymatique de ces extraits **(BERGERE, ENOTRE, 1997 cité par BBASSI, SOUFI et SOUFI, 2006)**.

L'hydrolyse enzymatique des caséines non dégradés, par addition d'acide trichloracétique (TCA) à 12% (P/V). A cette concentration, le TCA permet la défécation de tous les peptides en laissant en solution que ceux de faibles poids moléculaires **(HESSAS, 2001).**

Après filtration, la mesure de l'absorbance à 280 nm permet d'apprécier la richesse en peptides du filtrat obtenu, celle-ci étant proportionnelle à l'activité protéolytique.

A fin d'étalonner le spectrophotomètre, un échantillon est préparé pour servir de témoin, dans ce dernier la réaction enzymatique est empêchée par l'ajout de TCA avant l'addition de la préparation coagulante.

2-2-4-2-1-Préparation du substrat caséique :

Le substrat est obtenu par une solubilisation à 2% (P/V) dans l'eau distillée, des caséines camelines lyophilisées.les caséines utilisées pour cette analyse sont séparées selon la méthode de **SCHAMET et al (1992) cité par BENGANA (2001)** (figure : 06).

- **Ecrémage :**

Le lait est porté au bain marie à une température de 30 à 35 °C. Il est agité légèrement pour favoriser la remontée de la matière grasse (MG) en surface puis centrifugé à 3500 xg pendant 20min et filtré sur la laine de verre. L'opération est refaite une seconde fois pour l'élimination totale de la matière grasse.

- **Séparation des protéines du lait :**

Les caséines sont précipitées à pH 4.3 comme préconisé par **WONGOH et al, 1998** avec du HCl (4N). Elles sont ensuite séparées des protéines solubles qui restent en suspension, par centrifugation à 4000 xg/30 min.

Cette opération est répétée deux fois pour éliminer toute trace de caséines et de protéines de lactosérum, respectivement dans le surnageant et le précipité.

- **Dialyse :**

Les échantillons de protéines totales du lait, de caséines et de lactosérum sont dialysés contre distillée à 4°C.

Pendant 48 à 72 heures, afin d'éliminer les composés azotés non protéiques (NPN), le lactose et les sels minéraux le seuil d'exclusion des membranes utilisée et de 10.000 D.

- **Congélation :**

Après la dialyse, les échantillons de protéines sont mis en une fine couche liquide dans des coupelles, puis congelé sous cette forme à -20°C.

- **Lyophilisation :**

Les échantillons protéiques sont déposés sur le plateau du lyophilisateur préalablement congelé. Celui-ci permet par sublimation, le passage de l'eau directement de l'état solide à l'état gazeux, grâce au fonctionnement de deux pompes (à vide et à froid). Les protéines sont alors récupérées sous forme lyophilisée qui peut être conservée au réfrigérateur (+4°C) pendant une période relativement longue…

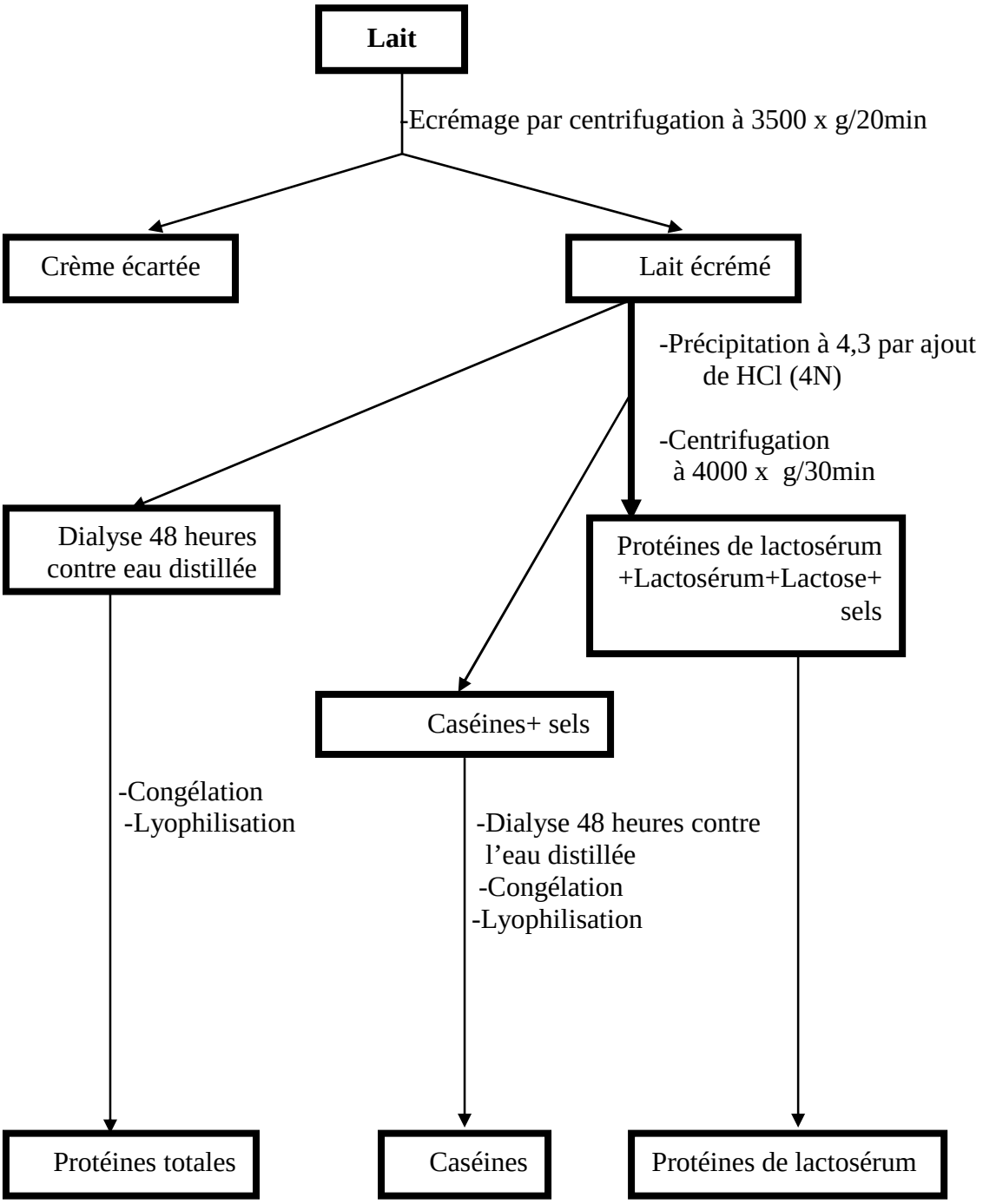


Figure 06: Protocole d'isolement des protéines totales, caséines et protéines du lactosérum à partir du lait de chamelle (**SCHAMET et *al*, 1992 cité par HESSAS, 2001**).

2-2-4-2-2La détermination de l'activité protéolytique des ECD brutes :

Passe par cinq (5) étapes :

***Ajustement de l'activité coagulante :**

Elle consiste en la dilution de ECD brutes avec l'eau distillée jusqu'au niveau qui permet d'obtenir un temps de coagulation fixé à 15 minutes **(SHAMET et al, 1992 cité par HESSAS, 2001).**

***Hydrolyse enzymatique :**

Elle est réalisée par l'incubation à 35° C pendant 60 min d'une volume de 1ml de substrat caséinique additionné de 1ml d'extrait coagulant de dromadaire âgé dilué.

***Blocage de la réaction enzymatique :**

Le blocage de l'hydrolyse enzymatique est obtenu après 60 min par l'ajoute de 5 ml de TCA à 12% (P/V).

***Mesure de la protéolyse :**

Celle-ci est effectuée après un repos de 15 min à la température ambiante du mélange filtré sur papier.

***Détermination de l'absorbance à 280 nm :**

Elle est réalisée par un spectrophotomètre UV. L'hydrolyse des caséines camelines par l'ECD brute dans les mêmes conditions servira de comparaison.

2-2-5-Coagulation du lait de chamelle par le CED brute :

2-2-5-1-Effet de la nature de protéases gastriques sur le temps de floculation :

Vu que les trois extraits coagulants sont préparés dans les mêmes conditions, la différence entre eux ne réside que dans l'âge des dromadaires dont ils proviennent.

C'est la raison pour laquelle, nous avons essayé de rechercher une éventuelle influence de cet âge (nature des protéases gastriques) sur l'activité de l'extrait coagulant de dromadaire.

Pour cela, les temps de floculation du lait de dromadaire par les trois extraits coagulants de dromadaire, sont mesurés à différentes conditions de pH, de température et de concentration en $CaCl_2$ les valeurs de pH, température et de concentration en $CaCl_2$ adoptées sont celles utilisées dans les étapes précédentes.

2-2-5-2-Optimisation du temps de floculation par des ECD brutes

Les différents travaux réalisés pour fabriquer du fromage à partir de lait de dromadaire mentionnent la difficulté de mesure précisément le début de la coagulation ; l'appréciation empirique des propriétés physiques du lait lors de la phase de transition liquide-gel est peu aisée en raison de la persistance d'un pseudo-gel très diffus à l'état floconneux. La

structuration ultérieure du gel reste très lente et peu prononcée **(RAMET, 1985 ; FARAH et BACHMAN, 1977 ; RAMET, 1991 cité par RAMET, 1993).**

Ce compartiment rhéologique particulier a été observé par dés méthodes empiriques **(GAST et al, 1969 ; RAMET, 1985 ; MOHAMED et al, 1990 cité par RAMET, 1993).**

Le temps de floculation de chaque ECD est mesuré pour un échantillon de lait camelin cru, 10ml de lait sont induits dans un tube à essai avec une concentration déterminée de solution de $CaCl_2$ (1M) et thermostaté à la température désirée, après addition de 1ml de l'ECD, la concentration de chaque ECD est telle que la floculation de lait au PH 6,3 (à une concentration de $Cacl_2$ de (0.01M) et à la température de 30 C^0 a lieu après environ 15 minutes.

L'échelle de PH (6-6,3-6,6) et de la concentration en $Cacl_2$ (0-0,01-0,02-0,03) du lait est obtenue respectivement par addition de l'acide lactique (1N) et d'une solution $Cacl_2$ (1M), la mesure de fait aussi à différentes valeurs de température (30-37-42-45) les mêmes étapes sont faites pour les trois ECD.

A fin d'optimiser le temps de floculation du fait camelin , nous allons essayer de faire ressortir les conditions optimales de PH , de température et de concentration de $Cacl_2$; permettant le meilleur temps de floculation de ce lait par trois (3) ECD de différentes âges (7 mois , 2 ans ,9 ans).

Pour cela le temps de floculation du lait camelin par chaque ECD est mesuré trois fois à différents valeurs de PH , de température et concentration de Ca cl_2 .les moyennes des temps de floculation obtenus avec chaque ECD pour chaque variation de paramètre (PH, température et concentration de $Cacl_2$) sont prises en ligne de compte , elle sont considérés comme les temps de floculation moyennes du lait camelin par chaque extrait de caillette de dromadaire .

2.2.5.2.1 PH optimal

2.2.5.2.1.1 Démarche expérimentale

Selon **RAMET, 1984 in RAMET, 1993**, toutes ces enzymes coagulantes de fromagerie sont des protéases à caractère acide dont l'activité optimale est généralement proche de PH 5,5

Globalement, l'abaissement du PH de l'emprésurage au dessous du PH du lait, réduit le temps de floculation, augmente la vitesse de raffermissent du gel et influe sur l'organisation du gel (diminution de la stabilité des micelles par neutralisation des charges négatives et libération des ions Ca^{+2}) (**RAMET, 1997).**

Le PH a donc une forte influence sur l'activité enzymatique de ces préparations et par conséquent sur le temps de floculation du lait **(RAMET, 1997).**

Il faut rappeler que toute acidification entraine une déminéralisation de la caséine qui conduit lors de la coagulation à une fiabilisations de gel et à une diminution de l'aptitude à l'égouttage. L'ajustement du PH doit être conduit de manière définie dans des limites strictes pour chaque type fromage. Celles-ci sont de : PH 6,2, PH 6,4 pour les pates fraiches et molles et PH 6,4 à PH 6,5 pour les pâtes pressées non cuites **(RAMET, 1993).**

Dans le présent travail, nous avons opté pour des valeurs de PH 6-6,3-6,6 celles-ci vont obtenir par utilisation d'acide lactique (1N) ou solution de NAOH (0,1N).

Les moyennes de trois répétitions vont permettre d'obtenir un temps de floculation moyen pour chaque ECD et pour chaque valeur de PH considérée.

2.2.5.2.1.2 Dispositif expérimental

L'expérimentation est conduite en dispositif expérimental de type carré latin .Ce choix et justifié puis qu'il s'agit de comparer entre trois unités expérimentales répétées trois fois ces unités expérimentales renfermant du lait de dromadaire à une température et une concentration en $Cacl_2$ identiques , et ne diffèrent entre elles que par la valeur du PH du lait et la nature de chaque ECD.

2.2.5.2.2. Température optimale

2.2.5.2.2.1 Démarche expérimentale

Des essais réalisés dans le sud de la Tunisie **(RAMET, 1987 cité par RAMET, 1993)** ont montré que des conditions du chauffage égales ou supérieures à celles d'une thermisation ($62C^0$/1min) permettaient d'assurer une stabilisation microbienne du lait de dromadaire et d'éviter, les gonflements accidentels du coagulum. En revanche, les résultats indiquent que l'aptitude à la coagulation et à l'égouttage est altérée lorsque le chauffage est pratiqué dans des conditions plus sévères. On note en particulier, une prolongation des temps de floculation, une diminution de la fermeté du gel ainsi qu'un accroissement de sa friabilité.

Les températures optimales à l'activité des germes sont variables selon les espèces bactériennes, elles sont généralement de 25 à 35 C^0 avec une moyenne de $30C^0$ pour les germes mésophiles et de 40 à 44 C^0 avec une moyenne de 42 C^0 pour les thermophiles **(RAMET, 1993 ; ECK et GIUIS, 1997)**. Pour ces dernières. **MEHAIA, 1993**, estimé que la température optimale est de $45C^0$.

De ce fait, nous avons ajusté la température du lait camelin aux valeurs optimales à l'activité des bactéries lactiques, on fait ressortir ensuite celle qui permet de donnes le meilleur temps de floculation pour chaque extrait de caillettes de dromadaires.

Pour cela, nous allons procéder dans cette étude à l'ajustement de la température du lait de chamelle, en utilisant un bain marie, aux valeurs égales à 30-3-42-45.Le temps de floculation sera alors mesuré à chaque valeur de température et pour chaque ECD brute. La moyenne de trois répétitions va permettre d'obtenir un temps de floculation moyen pour chaque ECD brute et pour chaque valeur de température.

2.2.5.2.2.2 Dispositif expérimental.

L'expérimentation est conduite en bloc. Pour cela, trois blocs représentant les trois répétitions sont confectionnés. Il comporte chacun quatre unités expérimentales du lait de dromadaires dans les mêmes conditions du PH et concentration en $Cacl_2$ mais se distinguant par la valeur de la température adoptée et la nature (âge) de chaque ECD brute de dromadaire.

2.2.5.2.3 Concentration en $Cacl_2$ optimal.

2.2.5.2.3.1 Démarche expérimentale.

L'addition au lait de chlorure de calcium, pratique courante en fromagerie, a pour effet de réduire le temps de floculation et d'accroitre la fermeté de coagulum, cette influence est liée à l'augmentation de l'activité des ions calcium, probablement à travers un effet de masquage des charges négatives des caséines et une augmentation de la charge positive du phosphate de calcium micellaire. Il a d'ailleurs été observé que sans phosphate de calcium colloïdal il y a simplement formation floculat sans tenue et sans rigidité **(RAMET, 1993).** Ce rôle majeur du calcium est justifié par le fait qu'un enrichissement du lait du dromadaire en calcium ionique, susceptible d'établir les liaisons calciques entre particules réduit considérablement le temps de floculation visible et en force la rigidité des gels formes d'une manière plus marquée que dans le lait de vache **(RAMET, 1985 ;1987 ; FARAH et BACHMANN,1987 ; RAMET,1990 cité par RAMET,1993).**

Pour permettre une répartition homogène du sel de calcium dans toute la masse du lait et pour assurer la modification souhaitable de l'équilibre salin, il est nécessaire d'ajouter le sel de calcium, au minimum 30 minutes avant l'apport d'enzyme coagulante. Dans le cas contraire, l'ajout de sels de calcium a peu d'influence sur le temps de floculation (**MOUHAMED et *al.*, 1990 cité par RAMET, 1993).**

Dans le présent travail, nous avons opté pour des valeurs de concentration en $Cacl_2$ de 0-0,01- 0,02-0,03.la moyenne de trois répétitions va permettre d'obtenir un temps de floculation moyen pour chaque extrait de caillette de dromadaire et pour chaque valeur de concentration en $Cacl_2$ .nous allons déterminer alors celle qui permettra le temps de floculation pour chaque ECD brute.

2.2.5.2.3.2 Dispositif expérimental

L'expérimentation est conduite en bloc. Pour cela , trois blocs représentant les trois répétitions sont confectionnés, Ils comportent chacun quatre unités expérimentales du lait de dromadaires dans les même conditions du PH , température mais se distinguant par la concentration en $Cacl_2$ adoptée et la nature de l'ECD .

2.2.6 Analyse statistique des résultats.

La signification des essais a été analysée en utilisant un logiciel spécialisé (A sys-stat).

Chapitre III
Résultats et discussions

3-1 Analyses physicochimiques du lait

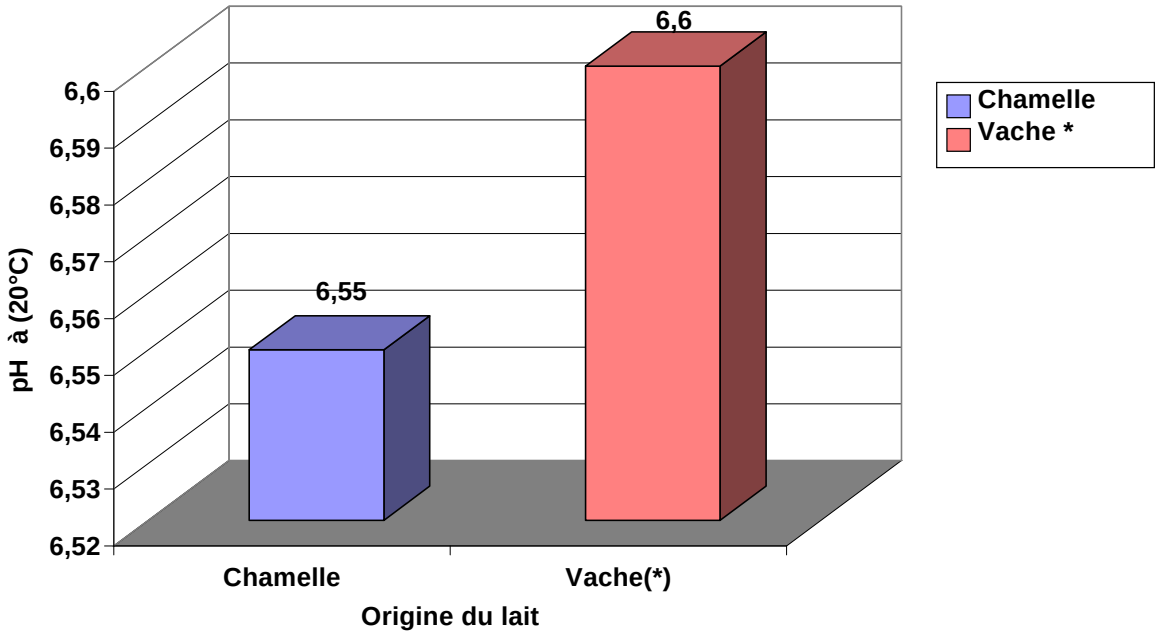
L'étude des paramètres physicochimiques de lait a permit de déterminer les valeurs indiquées dans le tableau 07. Comparées avec des résultats de lait de vache.

Tableau 07 : Caractéristique physicochimique du lait de chamelle

Paramètres physicochimiques	Chamelle	Vache(*)
PH (à 20 ^{0}C)	6,55	6,6
Acidité titrable (en ^{0}D)	19^0	16

(*) : Selon ALAIS (1684) cité par BADAOUI, (2000)

3-1-1 PH



(*) Selon **ALAIS(1984)** cité par **BADOUI, (2000)**

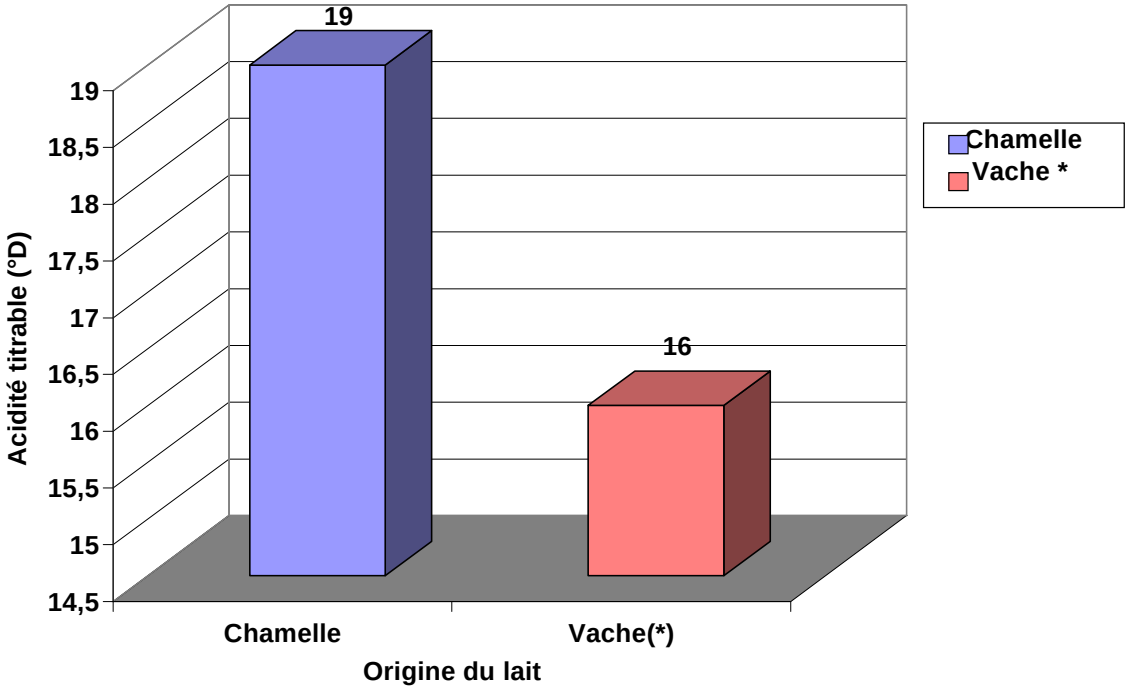
Figure 07 : pH du lait de chamelle et de vache

Le lait de chamelle à une valeur du PH égale à 6,55 Donc il est plus acide que celui de la vache (6,6). Ce PH bas du lait camelin est dû à sa composition et sa forte concentration en acide gras .

Volatiles **(YAGIL, 1985)**. cette valeur est similaire à celles rapportées par GUERRADI (1998) à OURGLA avec 6,56 + ou – 0 ,03,KIHAL et al , (1999) à BECHAR avec 6,57+ou – 0,32 et HESSAS ,(2001) à OURGLA avec 6,56.elle est supérieur à celles trouvées par ABADI (2001) avec 6,27 +ou – 0,095, CHERIFI (2003) soit 6,33 +ou- 0,12 et

aussi celles trouvées par BAGUI et BEN ABDERRAHMANE (2008) D'après GORBAN et IZZELOIN (1997), le PH et le goût de lait peuvent être affectées par l'alimentation et le disponibilité d'eau , et aussi par sa haute teneur en vitamine C.

3.1.2 Acidité titrable



(*) Selon ALAIS (1984) cité par BADOUI, 2000

Figure 08 L'acidité titrable du lait de chamelle et de vache

Dans cette étude, l'acidité titrable trouvée est égale à 19 D^0 ,cette valeur est supérieur à celle de lait de vache cité par BADOUI **(**2000**)** (16D^0).

Cette valeur est égale à celle rapportée par HESSAS (2001) à OUARGLA (19 D^0), elle est aussi supérieure à celle rapportée par GUERRADI (1998) à OUARGLA qui est de 16 –ou+0,91$D^{0.}$ Elle est plus élevée que celle mentionnée par OUDJIDA et NAKIB (1996) à OURGLA (12,36D^0) et rapportées par BADAOUI (2000) à OURGLA (15D^0).

Par contre, elle est proche de celle rapportée par NIOU et TLILI (2003) et BAGUI et BEN ABDERRAHMANE (2008) avec 19D^0.

Selon **MAIHIEU (1998),** l'acidité élevée du lait varie en sens inverse avec son PH et que le PH du lait de chamelle est plus fiable que celui de lait de vache.

Donc, cette acidité titrable permet de mesurer indirectement sa richesse en caséines phosphates, citrates et hydrogénocarbonates **(MATHIEU, 1998 cité par IHADDADEN ET KHADROUI).**

3.1.3 La densité

D'après la densité moyenne, du lait de chamelle à 20 C^0 est de 0,032 elle est inférieur à la densité du lait humain qui de 1,031 Elle est similaire à celle mentionnée par BADAOUI, 2000 qui est (0,033).

Cette densité est liée à la richesse en matière du lait en général, mais diminue, cependant avec l'augmentation de la teneur en matière grasses, **(SMAIL, 2002)**

Ce qui montré que le lait étudie est riche en matière grasses.

3.2 Qualité microbiologique du lait camelin :

Le résultat obtenu avec le test de la réductase, montre que le lait camelin faisant objet de la présente étude possède une bonne qualité microbiologique. selon le barème proposé par **LARPENT (1997)** on peut estimer sa charge microbienne entre 100000 et 200000 germes/ml puisque la durée de décoloration du lait est supérieure à 5 heures. Le lait d'une manière générale constitue un milieu nutritif idéal pour la prolifération des micro-organismes.

La décoloration du bleu de méthyle, donc réduction , provient du métabolisme bactérien . la rapidité de celle-ci est proportionnelle au nombre de germes existants (**LARPENT, 1997).**Néanmoins, toutes les espèces microbiologiques n'ont pas le même potentiel d'oxydation à titre d'exemple, les bactéries psychotrophes ne sont pas réductrices **(LAPIE DETPETANXIENE ,1981).**

Le lait contient peu de micro-organismes lorsqu'il est prélevé dons de bonnes conditions, à partir d'un animal sain (mois de 5000 germes/ml et mois de 1coliforme/ml).Il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : microcoques, streptocoques lactiques et lactobacilles **(LARPENT ,1997)**

Différentes espèces bactériennes sont capables de pénétrer dans la mamelle par le canal du trayon et sont secrétées avec le lait, en se développant dans la mamelle. L'animal peut aussi container indirectement le lait par des particules d'excréments, ou par le voisinage avec des animaux malades, le sol, les eaux, les poussières et le matériel mal nettoyer.

Il importe donc d'obtenir à la production un lait très peu chargé en micro-organismes et de refroidir ce lait à une température la plus rapidement possible après la traite, à une température la plus proche de O^0 et jamais supérieure à 4 C^0 (en pratique de +2 C^0 à 4 C^0). Cependant, le refroidissement, même à +4 C^0 n'empêche pas certains micro-organismes de se multiplier et de provoques de graves défaut dans la qualité des produits pouvant même les rendre inconsommables **(FAO,1995).**

3.3 Détermination de la teneur en protéines totale des trois Extrait coagulante de dromadaire de différents âges :

La teneur en protéines totales a été déterminée en se référant par projection à la courbe d'étalonnage du sérum albumine bovin dans l'annexe (05).

Le taux moyen de protéines totales des trois (3) Extrait coagulants stomacales de dromadaires (ECD7, ECD2, ECD9) sont respectivement de 30µg/ml, 52µg/ml, 78µg/ml.

Ces concentrations ont été utilisées dans toutes les étapes de caractérisation (activité coagulante, activité protéolytique, temps de floculation). L'augmentation de la teneur en protéine des ECD est fonction de l'âge de dromadaire dont ils sont issus. La faible teneur est obtenue avec l'ECD7 (30µg/ml) et la plus grade avec l'ECD 9 (78µg/ml) sachant que les trois ECD sont préparés dans les mêmes conditions expérimentales. Cette teneur élevée en protéine serait probablement due à la concentration élevée en enzymes coagulantes (chymosine, pepsine). **VALLES et FURET, 1981cité par BENGANA, 2001** ont constaté que la richesse enzymatique des caillettes dépend de la race, de l'âge et du sexe du bovin.

Cette évolution des concentration en protéines des préparation enzymatiques coagulantes pourrait aussi être probablement due à l'existence d'autres protéases et d'autres protéines existantes dans les cellules de la muqueuse gastrique libérées après l'application de la méthode d'extraction à base de HCL(0,2M), car en effet ce dernier est utilisé dans le but d'arrives à déchiqueter les tissus et à éclater la cellules de la muqueuse gastrique afin de récupérer le maximum d'extrait enzymatique la désintégration du tissu musculaire et de la muqueuse des caillettes , ainsi que la gélification des extraits concentrés obtenus par macération chlorhydrique à 42 C^0 , doivent être vraisemblablement attribues au collagène ; dont la présence du collagène soluble dans les macération clarifiées expliquerai les variation du poids du précipités obtenus , comme il peut absorber des quantités importante, d'eau **(VALLES et FURET, 1977).**

En fin,il semble qu'il y ait relation proportionnelle entre la concentration des ECD en protéines et l'âge des dromadaires.

3.4 Caractérisation des ECD brutes :

L'objectif de cette caractérisation est d'étudier l'effet des ECD sur la transformation du lait camelin

3.4.1 Activité coagulante

Le tableau 08. Représente les résultats de l'activité coagulante (UP) et de la force coagulante (F) mesurées pour les trois ECD :

Tableau 08 : Activité coagulante (UP) et la force coagulante (F) des trois préparations enzymatiques.

Préparation enzymatique	Activité (up)	Force coagulante(f)
ECD7mois	0,480	106,66
ECD2ans	0,544	129,88
ECD9 ans	0,689	153,11

Les résultats obtenus, montrent que l'activité coagulante exprimée par l'unité (UP) et par la force coagulante (F) varie d'un ECD à l'autre

D'après **SIBOUKEUR et al (2005),** l'activité coagulante varie d'un extrait à l'autre, bien que souvient dans les même conditions de préparation et ne se différent que par l'âge des dromadaires dort proviennent ces extraits.

Dans notre travail, l'extrait issus de caillette de dromadaire âge de 9 ans comprend un nombre d'unité présure plus élevée que autres âges (7 mois et 2 ans). Ces UP sont respectivement égal à 0,480/0,544/ 0,68.

Donc, l'activité (UP) montre que le nombre d'unité présure contenu dans le même volume de ces trois ECD varie selon leur origine. **(HESSAS .2001).**

Selon **VALLES** et **FURET (1977).** L'activité coagulant est en fonction de la richesse enzymatiques de caillettes ainsi du rapport solution de macération poids des caillettes.

3.4.2. Activité protéolytique :

La mesure de l'absorbance à 280 nm de solutions peptidiques issues de l'hydrolyse des caséines du lait de chamelle par les trois préparations coagulantes, est consignée dans la figure 08

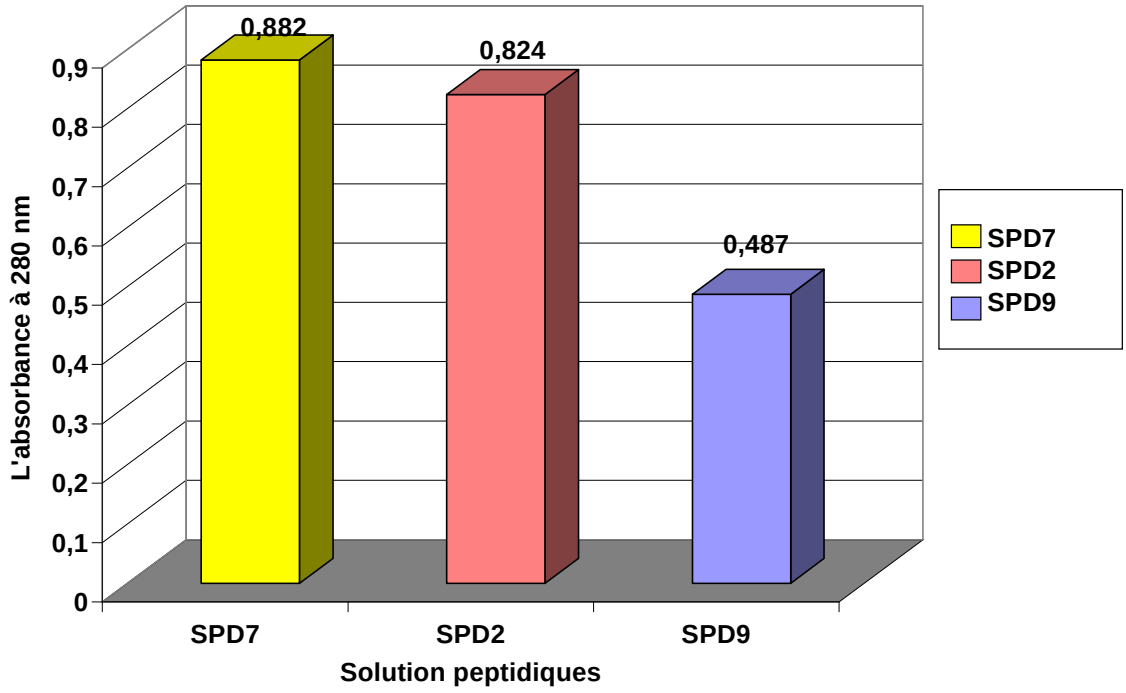


Figure 09 : Absorbance des solutions peptidiques issues de l'hydrolyse de caséines du lait de chamelle par différentes préparation coagulantes.

-SPD7 : solution peptidique obtenue avec l'extrait gastrique coagulant de dromadaire âge de 7 mois ;

-SPD2 : solution peptidique obtenue avec l'extrait gastrique coagulant de dromadaire âge de 2 ans ;

-SPD9 : solution peptidique obtenue avec l'extrait gastrique coagulant de dromadaire.

Il ressort de cette figure que l'absorbance à 280 nm des solutions peptidiques issues de l'hydrolyse de caséines du lait de chamelle, sont variables selon le type de préparation coagulante utilisée, Ainsi, la DO obtenue pour la solution peptidique de l'ECD7 est la plus élevée, elle est suivie de celle de l'ECD2, quant à la plus faible DO, elle est obtenue par la solution peptidique issue de l'utilisation de l'ECD9.

L'absorbation de la lumière à 280 nm est proportionnelle aux taux de peptides existants dans la solution considérée.

Etant donné que ces peptides sont libérés au cours de l'hydrolyse enzymatique, il s'avère que l'ECD7 libère plus de peptides que l'ECD2 au moment ou la faculté de libération des peptides est la plus faible pour l'ECD9, lors de l'hydrolyse des caséines du lait de chamelle.

Par ailleurs, on sait que lors de la coagulation du lait, il y a hydrolyse enzymatique plus ou moins importante, des caséines du lait avec libération de peptides. Ces peptides s'ils sont en grandes quantités confèrent aux fromages un goût amer.

L'appréciation de la protéolyse développée par l'hydrolyse des caséines du lait de chamelle, montre que l'activité protéolytique sur ce substrat est différente selon la préparation enzymatique utilisée.

Il semble à travers ces résultats que l'ECD7 possède l'activité protéolytique la plus élevée, suivie de l'ECD2, la plus faible valeur de cette activité est attribuée à l'ECD9.

Comme pour toutes les préparations enzymatiques ; l'activité protéolytique de la présure au même titre que l'activité coagulante est fortement influencée par les facteurs du milieu en particulier par le PH et par la température **(RAMET ,1997).**

Il est important de rappeler que dans le cas du lait bovin la chymosine qui caractérise les présures issues d'animaux non sevrés présente une activité protéolytique plus faible que la pepsine (issue d'animaux adultes).

D'après nos résultats, l'activité protéolytique des ECD est inversement proportionnelle avec l'âge des dromadaire d'où ils sont issus .Ces résultats s'accordent avec ceux trouvés par HESSAS (2001) avec les deux préparations enzymatiques de 2 et 8 ans.

3.5 Coagulation du lait de chamelle par les ECD brutes.

3.5.1 Effet de la nature de protéases gastriques sur le temps de floculation :

Dans le présent travail, nous avons essayé d'expliques l'effet de la nature des protéases gastriques issues des dromadaires de différents âges sur le temps de floculation selon les valeurs de PH, de température et de concentration en $Cacl_2$ adoptées.

Dans ce contexte, nous avons supposé que l'ECD 7 posséderait une composition protéasique à prédominance « chymosine » (peu de pepsine) que l'ECD 2 a une composition protéasique mixte équivalente (entre la chymosine et la pepsine), et l'ECD9 a une composition protéasique à prédominance « pepsine » (peu de chymosine)comme c'est le cas chez les bovins.

En effet, les jeunes bovidés non sevrés synthétisent au niveau de leur caillette de la chymosine principalement .cette sécrétion diminue au fur et à mesure de la croissance de l'animal au profit de la pepsine **(BENGANA, 2001).**

Il est important de signaler toute fois que la nature des préparations enzymatiques, et dans le cas de la présure, le rapport chymosine /pepsine a aussi une incidence sur la vitesse de coagulation et sur les caractéristiques rhéologiques du gel. (**MIETTON et *al.*, 1994 cité par BENGANA, 2001).**

3.5.1.1 Influence du PH de l'emprésurage sur la coagulation ;

Les temps de floculation du lait de chamelle enregistrés pour chacun des trois extraits gastriques coagulants de dromadaires (ECD7, ECD2 et ECD9) en fonction de PH, sont montrés par la figure (10).

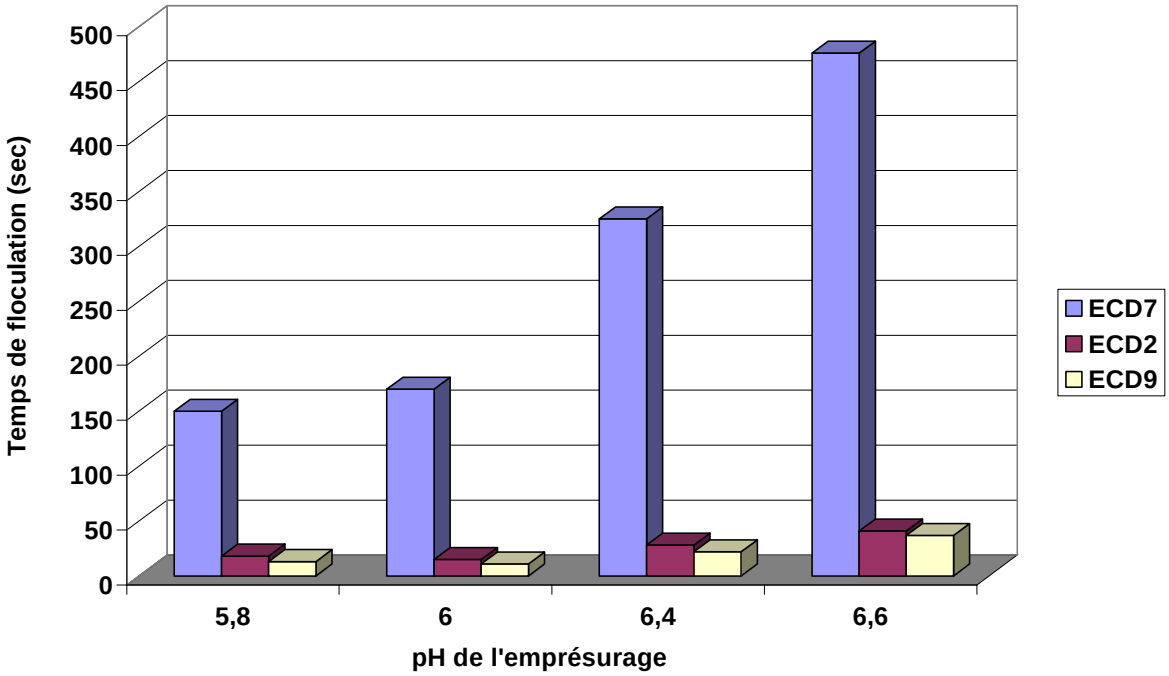


Figure (10) : Variation des temps de floculation du lait de chamelle selon les extraits coagulantes de dromadaire (ECD 7, ECD2, ECD9), en fonction de PH de l'emprésurage.

Condition de l'essai : T^0 :30 C^0. ($CaCL_2$) : 0,01M, n : 3

Dose d'ECD : 10% (v/v).

Il en ressort, une diminution de tf d'une préparation enzymatique à l'autre en fonction de la nature des protéases gastriques coagulantes et ce, quelque soit la valeur du PH (6,0-6,3-6,6). Cependant, l'ECD donne le tf le plus court .il est suivi de l'ECD2 puis de l'ECD7.

En supposant que l'ECD9 soit une préparation à prédominance pepsine, on peut dire que la pepsine camelin présente une affinité plus importante que la chymosine (ECD2, ECD7) pour les caséines camelines, quelque soit les valeurs de PH de l'emprésurage.

3.5.1.2. Influence de la température de l'emprésurage sur la coagulation.

Les temps de floculation du lait de chamelle par les trois ECD, à différentes températures sont illustrés par la figure (11)

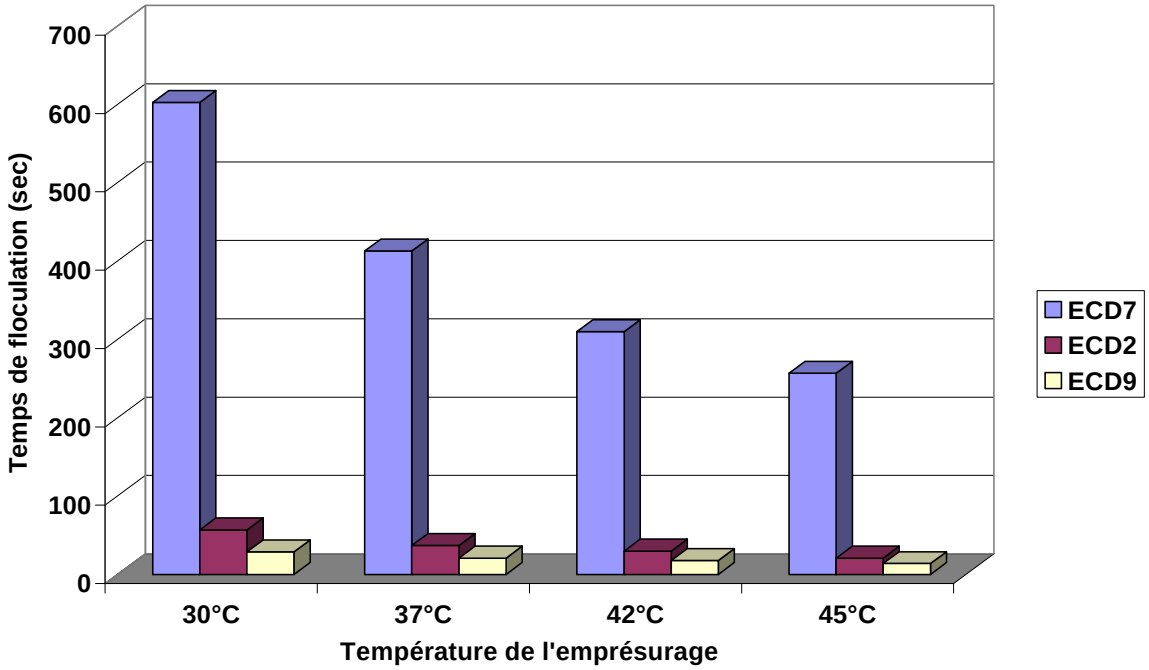


Figure (11) : Variation des tf du lait de chamelle selon les ECD, en fonction de la température de l'emprésurage.

- Condition de l'essai : PH : 6,5;
- ($CaCL_2$) : 0,01M, n :3;
- Dose de l'ECD : 10%(v/v).

Il ressort de cette figure, que le tf diminue en fonction de l'ECD (de l'ECD7 à l'ECD2 puis de l'ECD2 à l'ECD9).le temps de floculation (tf) s'abaisse donc en fonction de la nature de la protéase gastrique coagulante et cela pour toutes valeurs de température (30, 37,42,45).cependant , l'ECD9 présente le tf le plus court , donc ses enzymes sont plus affines vis-à-vis des caséines camelines.

En supposant que l'ECD9 est à prédominance pepsine, nous pouvons confirmer le statut privilégie de la pepsine pour la coagulation du lait camelin.

3.5.1.3. In fluence de la concentration en $CaCL_2$ de l'emprésurage sur la coagulation.

Les temps de floculation du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaire (ECD_7, ECD2, ECD9), à différentes concentration de $CaCL_2$, est montrée par la figure 12.

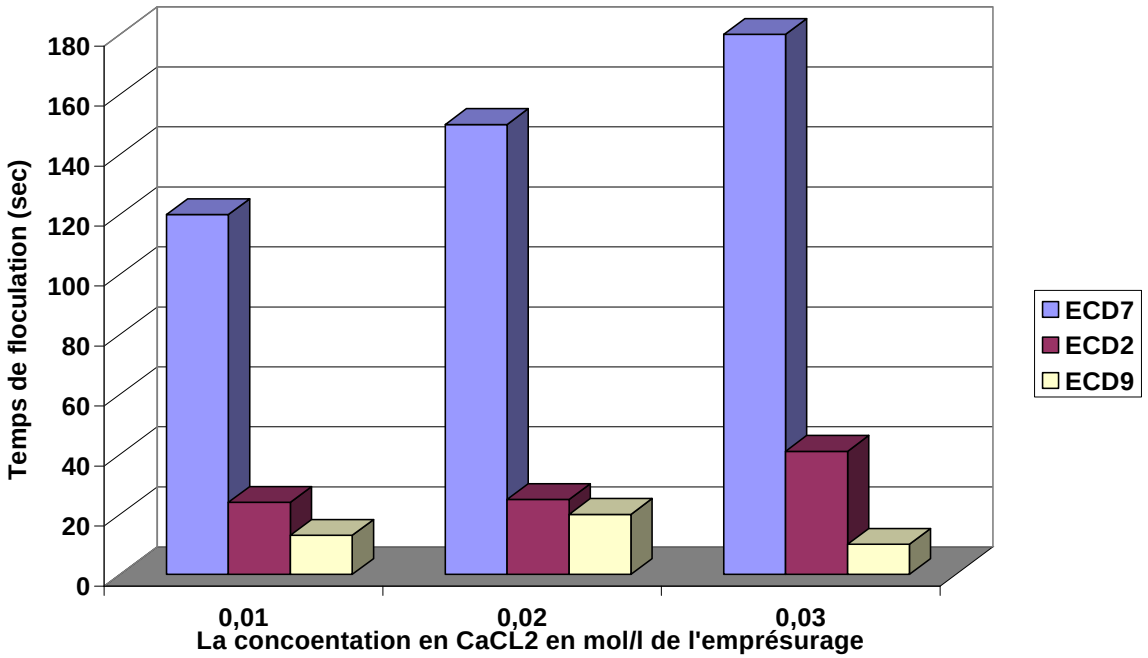


Figure 12: Evolution des tf du lait de chamelle selon les ECD, en fonction de la concentration en $CaCl_2$ de 'emprésurage.

- Condition de l'essai : PH : 6,5 ;
- T^0 : $30C^0$, n : 3;
- Doses de l'ECD : 10% (v/v).

La figure montre que, le tf diminue d'une préparation enzymatique coagulante à l'autre selon l'âge donc selon la nature de protéase gastrique coagulante et cela quelque soit la valeur de la concentration en $CaCL_2$

L'ECD9 donne cependant les temps de floculation les plus courts, aux différentes concentrations en $CaCL_2$.en outre, nous avons remarqué que le gel obtenu avec l'ECD9 est plus ferme et plus compacte.

3-5-2 détermination des conditions optimales de coagulation :

A travers cette partie, nous avons essayé de faire ressortir les conditions optimales, de PH, de température et de concentration en $CaCL_2$ pour chaque ECD.

3.5.2.1. PH optimum

L'évolution du tf du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaires en fonction de pH, est illustrée par la figure(13).

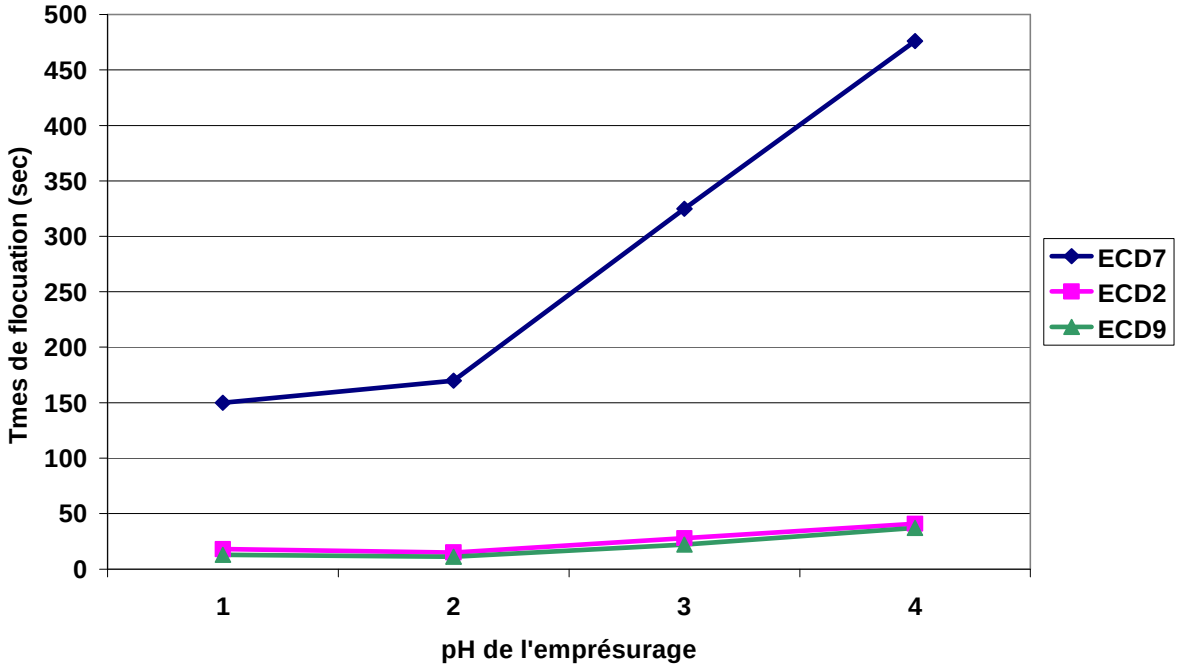


Figure 13 : Evolution du temps de floculation du lait de chamelle par les ECD, en fonction de pH de l'emprésurage.

-Condition de l'essai : T° = 30°C;

- [CaCI2] = 0,01 M, n = 3;

- Dose de l'essai = 10% (v/v).

Les temps de floculation les plus faibles parmi les trios préparations coagulantes sont obtenus avec l'ECD 9.

La figure (13) , montre que le tf le plus faible pour l'ECD7 et l'ECD2 est obtenu au pH entre 5.8 et 6. Dans le cas de l'ECD9, le tf le plus court est obtenu au pH 6.

L'analyse statistique a montré que l'essai est hautement significatif ($p<0,01$) (Annexe6).

Le lait frais de dromadaire possède, d'après plusieurs sources bibliographiques, un pH pouvant, selon ses origines très diverses, varier dans une fourchette assez large comprise entre pH 6,65 et 6,85 ; ces valeurs ne sont pas très favorables à une bonne activité coagulante, d'où l'intérêt en pratique d'acidifier légèrement le lait au moment de l'emprésurage**. (RAMET, 1993).** L'acidification du lait constitue donc une étape décisive pour l'amélioration du temps de floculation du lait de chamelle par l'extrait coagulant de dromadaire

Au pH du lait les caséines portent un gros excès de charges négatives. Les micelles sont elles aussi chargées. Leur potentiel de surface (-15 à -20mV) est à l'origine de répulsions

électrostatiques qui s'opposent à leur rapprochement et à leur agrégation**. (LENOIR et al, 1985)**

L'acidification favorise également la réaction d'agrégation par suite de la diminution de la stabilité des micelles, liée à la neutralisation des charges négatives, et de fa libération d'ions calcium à partir des complexes dissous et colloïdaux. **(LENOIR et al, 1997).** L'acidification de lait de pH6, 6 à pH5, 2 entraîne essentiellement la solubilisation du phosphate de calcium et celle de 5,2 à 4,6 et provoque la dissociation du calcium complexé par les phosphosérines,**(BRULE et al ,1997).**

3.5.2.2. Température optimale

L'évolution du temps de floculation du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaires en fonction de la température, est montrée par la figure (14)

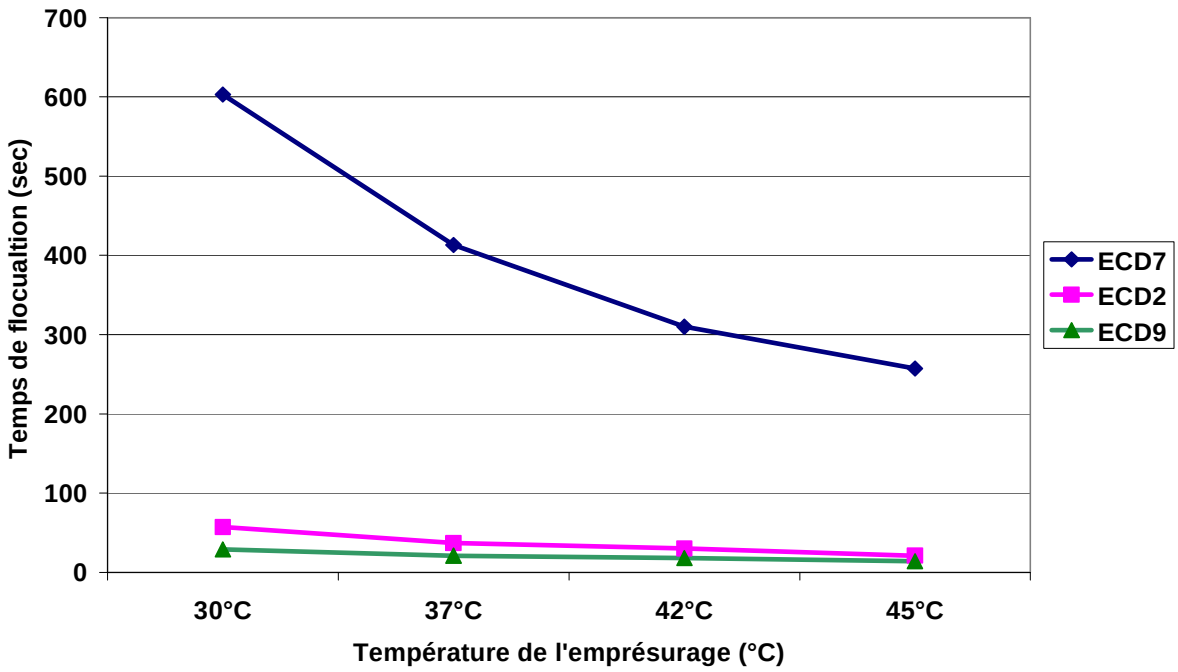


Figure (14) : Evolution de temps de floculation du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaires (ECD7, ECD2, ECD9), en fonction de la température.

- Condition de l'essai : pH = 6,5;
- [$CaCl_2$] =0,01M, n = 3;
- Dose de l'essai = 10% (v/v).

D'après la figure (14), nous constatons que le comportement des ECD vis-à-vis des Cn camelines en fonction des températures d'emprésurage est le même que celui constaté en

fonction du pH. En effet, les tfs les plus faibles parmi les trois préparations enzymatiques sont obtenus avec l'ECD9.

Néanmoins, le tf le plus faible en utilisant l'ECD7 et 1'ECD2 sont obtenus 45 °C.

Dans le cas de l'ECD9, le tf le plus court est obtenu entre 42-45°C.

L'analyse statistique a montré que l'effet de température sur le temps de floculation est hautement significatif ($p<0,01$) (Annexe 6)

La température optimale de l'activité des enzymes coagulantes se situe pour la plupart au voisinage de 40-50C^0 ; au dessus de cette valeur, se produit une dénaturation progressive de l'enzyme qui devient complète vers 65C° **(RAMET, 1984, in RAMET, 1993).**En pratique, elle est comprise entre 20-22C^0 pour les pâtes fraîches et 30-42C^0 pour les pâtes dures **(RAMET, 1997).**

Ainsi le refroidissement du lait à 30C° et maintien à cette température pendant 24 et 48h des allongements du temps floculation voisins de 20-25% par rapport au lait frais ont été observés. **(LENOIR et al, 1997).**

3.5.2.3. Concentration en $CaCl_2$ optimale

L'évolution du temps de floculation du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaire en fonction de la concentration en $CaCl_2$, est montré par la figure(15)

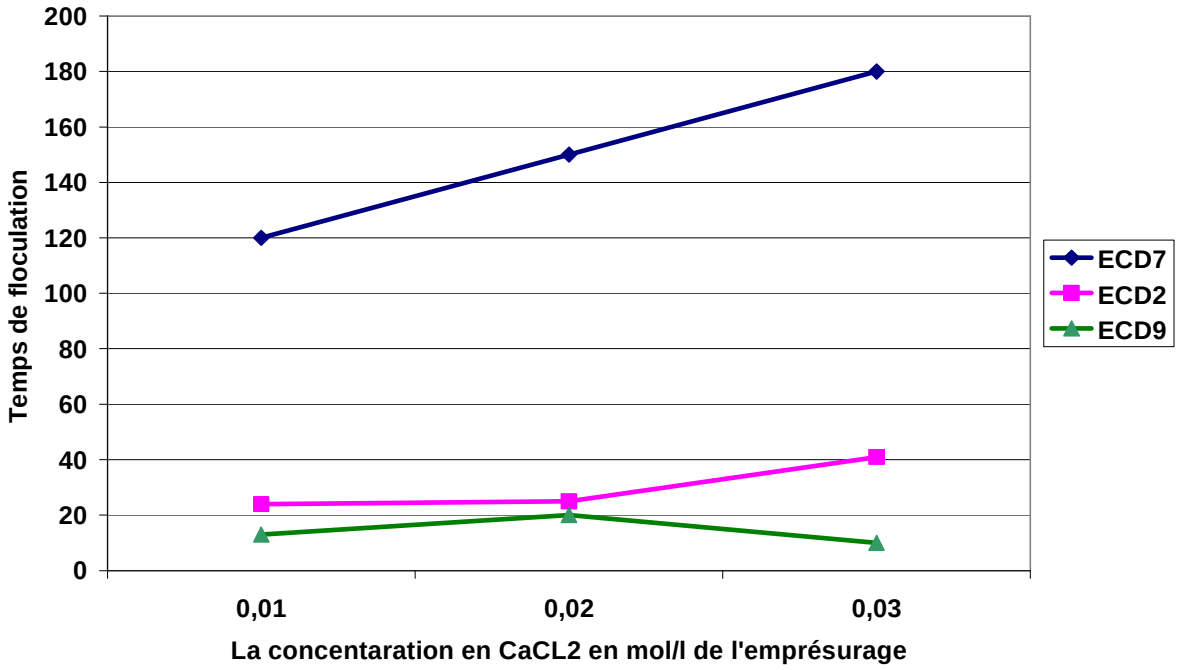


Figure (15) : Evolution de temps de floculation du lait de chamelle par les trois extraits coagulants de dromadaires (ECD7, ECD2, ECD9), en fonction de la concentration en $CaCl_2$.

- Condition de l'essai : pH = 6,5;
- T° = 30°C, n = 3;
- Dose de l'essai = 10% (v/v).

D'après la figure(15), nous constatons que l'ECD9 donne des tfs les plus courts par rapport aux deux autres ECD.

En effet, les tfs les plus faible sont obtenus avec l'ECD9 où il donne le tf optimum aux [$CaCl_2$] égale à 0.03 M.

Dans le cas de l'ECD7 et l'ECD2 les tfs optima sont obtenus respectivement à des [$CaCl_2$] égale à 0.01 et 0.02 M

L'analyse statistique a montré que l'effet de la concentration en $CaCl_2$ sur le temps de floculation est hautement significatif ($p<0,01$) (Annexe 6)

La présence de calcium ionisé est indispensable à l'accomplissement de la phase secondaire de la coagulation qui conduit, après protéolyse spécifique de la caséine kappa par l'enzyme coagulante, à l'agrégation des micelles pour former un réseau constituant le coagulum **(RAMET. 1985 a ; WEBBET et al, 1 974 cité par RAMET, 1994).**

Il existe une relation inverse entre la minéralisation des micelles et leur solvatation. Celle-ci est expliquée par la fixation du calcium sur les groupements chargés de kappa caséine, ce qui entraîne une diminution de l'hydratation. Ces phénomènes coururent à l'obtention d'un gel plus ferme **(REMEUF et al, 1989; REMEUF et al, 2001 cités par ABASSI et SOUFI, 2006).**

En effet, la concentration utile en sel doit Être limitée à un taux de 0,03% pour éviter le risque d'apparition de saveur amère dans le produit fini ; de plus, au-delà de ce seuil, le temps de coagulation et la fermeté du gel ne sont pas sensiblement améliorés **(RAMET, 1997).**

Cette influence résulte à la fois de l'augmentation de la teneur en calcium ionique, de l'abaissement du pH (dû à la libération d'ions H^+ par transformation des ions $PO4H^-2$ en phosphate tricalcique) et de l'augmentation de la teneur en calcium micellaire qui est un facteur déterminant de l'aptitude du lait à la coagulation **(KOWALCHYK et OLSON, 1979 ; BRULE, 1981 cité par BENGANA, 2001)**.

Conclusion

Le lait de chamelle constitue une ressource alimentaire potentielle pour la population sud de l'Algérie. Il paraît indispensable d'engager des études spécifiques pour sa transformation en produit dérivé notamment en fromage.

En continuité avec les travaux récemment réalisés sur la coagulation du lait de chamelle en utilisant des extraits gastriques coagulants, nous avons essayé de mener une étude visant l'amélioration de la coagulation du lait camelin en utilisant trois extraits gastriques coagulants issus des dromadaires d'âges différents.

Dans la première étape, les valeurs du pH et d'acidité titrable du lait cru sont les suivantes 6,5et-19 °D. Le test de la réductase a montré que le lait cru est de bonne qualité microbiologique.

Dans la deuxième étape et à partir d'un protocole d'isolement approprié, nous avons obtenu trois extraits gastriques coagulants brutes issus de trois caillettes de dromadaires âgés de 7 mois,2 ans ,9ans, caractérisés par leurs teneurs en protéines respectivement égales à 30µg/ml,52µg/ml ,78µg/ml d'ECD brute.

Ces trois préparations enzymatiques ont été caractérisées par la mesure de leurs activités, coagulante et protéolytique. L'ECD9 présente l'activité coagulante la plus élevée (UP= 0,698) par contre l'ECD7et ECD2 présentent des activités coagulantes faibles.

Les activités protéolytiques des 3 extraits enzymatiques sont respectivement égales à DO=0,882 ; D0=0,824; DO 0,487 ; semble que l'activité protéolytique de ces extraits soit inversement proportionnelle à l'évolution de l'âge des dromadaires et donc à la nature de protéases.

La préparation coagulante de dromadaire âgé de 9 ans donne le temps de floculation (tf) plus court du lait de chamelle par rapport aux deux autres préparations enzymatiques ECD2 et ECD7 quelque soit la valeur de pH, température et concentration en $CaCL_2$.

Les conditions optimales de l'activité de l'ECD9 sont à pH 6 température 45 °C et $[CaCl_2]$ = 0.03 M.

En fin, il ressort de cette étude que l'ECD9 possède une activité coagulante acceptable et une faible activité protéolytique sur le lait camelin.

Dans ces conditions, les extraits gastriques coagulants des dromadaires âges de 9ans semble être les mieux adaptées pour la coagulation du lait camelin.

Il serait intéressant d'entreprendre des études dans le but d'étudier les effets des conditions de conservation des protéases gastriques camelines sur leurs activités coagulante et

protéolytique. De même qu'il serait intéressant d'étudier le comportement des caséines vis-à-vis des enzymes en fonction de saison de la collecte du lait.

Références bibliographiques

- **ABASSI L SOUF D.SOUFI S. (2006).**contribution à l'amélioration de l'aptitude fromagère du lait camelin : utilisation des enzymes gastriques coagulants du dromadaire. Thèse de D.E.S. Institut d'agronomie saharienne. Université d'ouargla.pp1-46.
- **ACSAD/CARDN/CAMEL(1999)**.étude socio-économique relative à L'élevage camelin dans la région du Hoggar (Algérie), pp10-20.
- **ALAIS ,1984.cité par SMAIL R, 2002.**
- **AMIOR J., FOURNIER S., LEBEUF Y., SIMPSON R.et TURGEON H (2002).**composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritives, qualité technologie et technique d'analyse du lait :in CAROL.V(2002).science et technologie du lait, école polytechnique de montréal.pp1-50.
- **BADAOUI D (2000)**.contribution à la connaissance du lait de chamelle : essai de caractérisation des protéines par électrophorèse sur gel de polycrylamide (PAGE).mémoire d'ingéniorat. Institue d'agronomie saharienne. Université de Wargla.165p.
- **BAGUI K ET BENABDERRAHMANE F., (2008).**effets de la nature des protéases gastriques de dromadaire sur la coagulation du lait camelin.
- **BENGANA.M. (2001).**caractérisation des enzymes protéolytiques (pepsine, chymosine) isolées à partir des caillettes de bovins adultes .thèse de magister institut national d'agronomie .EL-HARRACH.ALGER, pp1-82.
- **BENGOUMI M., FAYE B et TRESSOL J-C(1994).**composition minérale du lait de chamelle du sud marocain. Actes du colloque : dromadaires et chameaux animaux laitiers p24-26 octobre NOUAKCHOTT Mauritanie.
- **BENGESSOUM S.et BOUHMED D. (2006).**contribution à l'étude de l'effet du comportement alimentaire du dromadaire sur la dégradation des parcours du Sahara septentrional(OURGLA).thése d'ingéniorat, institut d'agronomie saharienne. Université de (OURGLA) PP20-25.
- **Boozid A, et RIGHI N.A., (2007).**contribution à l'amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait camelin : utilisation des protéases gastriques coagulantes (type présure) issues de jeunes dromadaires.
- **BRAHIM ERRHMAN R et CHOUCHA M. (2002).**étude de la composition chimique et valeur énergétique des plantes spontanées des parcours camelins du sud-

est ALGERIEN. Thése d'ingéniorat institut d'agronomie saharienne université d'OURGLA pp3-40.

- **CAROLE L.et VIGNOL A. (2002).**science et technologie du lait. École polytechnique de Montréal, 600p.
- **CHAHMA A. (2005).**étude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien : cas des régions d'OURGLA et GHARDAÏA. Thèse de magister en agronomie saharienne, institut national agronomie saharienne. Université d'OURGLA, pp1-46.
- **CHAHMA A. (2006**).catalogue des plantes spontanés du Sahara septentrional algérien bibliothèque nationale, DAR EL-HOUDA AIN M'LILA, ALGERIE, PP9-139.
- **ELLOUZE ; FOURATIS. (1990).cité par AROUAN et GHEDEIR B.R.(2007)**
- **ELLOUZE S.et KAMOUN M. (1989).**évolution de la composition du lait de dromadaire en fonction du stade de lactation. Option méditerranées. Série séminaires n°6,309p.
- **FARAH Z. (1993).**composition and charateristics of camel milk ; review.J.DAIARYES.PP603-626.
- **FAYE. (1997).**guide d'élevage du dromadaire(CIRAD.EMVT).1^{éré} édition.SANOFI, France ,126p.
- **FAO(2006).**le lait et produit laitiers dans la nutrition humain. Organisation des nations pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.
- **FAY B.et TISSERAND J.L.(1998).**problème de la détermination de la valeur alimentaire des fourrages prélevés par le dromadaire. Option méditerranée, séries séminaires n°02, pp25, 30.
- **FAYE B. (1999).**guide de l'élevage du dromadaire 1^{ére} édition, Montpellier. France pp26, 77.
- **-HASSEN et al, 1987.cité par KAPPELER S. ,1998.**
- **HOUARI K.D(2006).**impact de la nature de soles sahariennes sur la composition chimique de quelques plantes de la région d'OURGLA. Thèse de magister en agronomie saharien institut d'agronomie saharienne. Université d'OURGLA PP1-60.
- **IHADDADENE ET KHADROUI (2008).**contribution à l'étude de l'incidence du PH sur le temps de lait de chamelle par utilisation des protéases gastriques de dromadaire de différent âges.

- **KAMOUN., 1990.la** production de fromage à partir du lait de dromadaire. Option méditerranéenne, série A numéro 12, CHIHEMAM, ZARAGOZA.
- **KAMOUN M. (1994).**évolution de la composition de lait de dromadaire durant la lactation : conséquences technologiques. Actes du colloque : dromadaire et chameaux animaux laitiers, 24-26 octobre 1994, NOUAKCHOUT, MOURITANIE.
- **KAMOUN K.(1995).**le lait de dromadaire :production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. Option médit, pp81-103.
- **KAPPELER S.(1998).**composition and structural analysis of camel milk proteins with enphasis on protective proteines.thése de doctorat ,swiss federal, institute of technology ,zurich.
- **KOUNIBA A.(2002).**caractérisation et valorisation du lait de chamelle (tableau et figures).institut agronomiques et vétérinaire HASSAN II ,RABAT et centre international de hautes études méditerranéennes (CIHEM),pp1-31.

-LARPENT J.P. (1997).microbiologie du lait et des produits laiti2res .in LARPENT. Microbiologie alimentaire .paris : tec et doc –Lavoisier.

- **LASNAMI K. (1986).**le dromadaire en Algérie, perspective d'avenier. Thèse magister en sciences agronomique. Institut national agronomique d'El-Harrach Alger pp71-91.
- **LONGO H, F, CHEHMA A.et OULED BELKEIR A.(1989)**.quelque aspects botaniques et nutritionnels des pâturages du dromadaires en Algérie. Option méditerranéennes séries séminaire n°2, pp47-53.
- **MATI A. (1999).**le lait de chamelle ; état des caractérisation par rapport au lait bovin ; aptitudes à la conservation et à la transformation.in premiers journées sur la recherche camelin. OURGLA à 25-26 mai 1999, pp124-125.
- **MEHAIA et ALKAHAL (1992).**studies on camel milk coagulation using soluble and immobilized pepsin.egyptian journal of dairy science pp20-31-40.
- **MEHAIA M.A.(1993).**fresh soft white chese (domiatitype)from camel milk ; composition,yield and sensory evaluation.J.DAIRYSCI ,pp2845-2855.
- **MEHAIA M.A.(1994).**soft chesses from dromedary camel's milk.actes du colloque,24-26 october.NOUAKCHOTT MAURITANIE ,pp22-297-306.
- **MEHAIA M.A. (1995).**the fat globule size distribution in camel,ewe and cow milk ,pp260-263.
- **OZENDA P.(1983).**flore du Sahara 2^{éme}édition centre national de scientifique. PARIS, France, pp1-86.

- **PILARDEAU P**. (1995).biochimie et nutrition des activités physiques et sportives, eau et électrolytes, vitamines et oligo-éléments, effet de l'exercice sur le métabolisme. Édit, masson .paris, pp300-362.
- **RAMET(1993).**la technologie des fromages au lait de dromadaire (camelus dromedarius).étude F.A.O, production et santé animales ,109p.
- **-RAMET J.P. (1994)**.les aspects scientifiques et technologiques particulaires de la fabrication des fromages au lait de dromadaire .actes du colloque ,24-26 octobre, NOUAKCHOT, MAURITANIE.
- **RAMET J.P. (1997)** .technologie comparée des différents types de caillé .in : ECK A et GILLIS J C .le fromage troisième édition paris : tec et doc Lavoisier.
- **RAMET J .P.SCHER J (1997)).**propriétés physiques du coagulum.in ECKA.ET GILLTS J.C. le fromage. Troisième édition .paris : tec et doc .Lavoisier.
- **RCHARD D. (1984)**.le dromadaire et son élevage, institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, pp1-36.
- **RICHET G. (1972).**oligo-éléments et ruminants domestiques. Services d'expérimentation et d'information, C. N. R. A MERSAILLES.FRANCE, pp5-56.
- **ROUABEH L. (2001).**caractérisation floristique spatio-temporelle des parcours camelins dans la région d'OURGLA et GHARDAIA .thése d'ingéniorat, institut d'agronomie saharienne. Université d'Ouargla pp1-40.
- **SAWAYA W.N.,KALIL J.K.,AL-SHALHAT A.,AL-MOHAMED H.,1984**.chemical composition and nutritional quality of camel milk .J.FOOD SCI.,49-744-747.
- **SMAIL R. (2002).**isolement et caractérisation des protéines majeures du lait de chamelle collecté dans les régions d'ourgla et de Tamanrasset. Thèse magister en biochimie .université A.MIRA de BEJAIA PP1-70.
- **SIBOUKEUR O. (2007**).étude du lait camelin collecté localement :caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ;aptitudes à la c coagulation .thèse doctorat en sciences agronomiques ,institut national agronomiques d'al-Harrach , Alger ,pp1-130.
- **VALLES E.et 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 .in : le lait : 601-617.
- **YAGIL R. ETZION Z., 1980**.effect of drought condition on the quality of camel milk .J.DAIRYRES . 47-159-166.

❖ **YAGIL (1982)**.camels and camel milk .animal production and heath paper.collection,F.A.O ,26p.

Annexes

Annexe 01 : quelques plantes pâturées par le dromadaire : leur habitats et appétibilité par le dromadaire (CHEHMA et ROUABEN, 2002).

Famille	Espèce	Habitat	Appétibilité
APIACEAE	*Piturathos* (Guzal)	Oueds Sablonneux	Bien apprécié
ASCLEPIADACEAE	*Pergularia tomentosa* (Kalga)	Reg caillouteux et lit d'Oued	Peu consommer
ASTERACEAE	*Anvillea raddiata* (Nougd)	Dépressions sableuses	Bien appréciée
	Attractylis (Ser)	Dayas	Très apprécie
BORAGINACEAE	*Echium humile* (Wacham)	Reg caillouteux	Appréciée
	Moltkia ciliata (Halma)	Dépression, dunes	Très appréciée
BRSSICACEAE	*Malcomia ageyptiaca* (Habalia)	Ergs, lits d'Oued sableux	Très appréciée (printemps)
	Oudneya africana (Hanet l'ibel)	Regs gypseux, sables	Appréciée (printemps)
CHENOPODIACEAE	*Anabasis articulata* (Baguel)	Plateau pierreux	Bien appréciée
	Salsola foetila (Djell)	Reg et dépression sableuse	Peu appréciée
	Salsola tétragona (Guell)	Oued caillouteux	appréciée
	Traganum nudatum (Damrane)	Dépressions sableuses	Très appréciée
	Atriplex halimus (Guetaf)	Terre argilo sableux	Très appréciée (hiver)
	Haloxylon scoparium (Remth)	Regs et Oueds sableux	Bien appété
CISTACEAE	*Heliathemun lipii* (Rguig)	Regs caillouteux dépression	Très appréciée
EPHEDRACEAE	*Ephédra alata* (Alenda)	Dunes, regs sablonneux	Très appréciée
	Genita saharae (Merkh)	Regs sablonneux	Appréciée (été et printemps)

FABACEAE	*Retama retama* (Retem)	Lieux sableux	Très peu consommé
GERANIACEAE	*Erodium gloucophyllum* (T'myer)	Reg ensablés	Bien appréciée
	Mansonia heliothrpioides (Reguem)	Rocailles ensablées	Appréciée
PLOMBAGINACEAE	*Limoniastrum guyoniaum* (Zeita)	Dépressions salées ,Regs peu salés	Très apprécie
POACEAE	*Aristida plumosa* (N'sie)	Reg sablonneux	Appréciée
TAMARICACEAE	*Tamarix gallica* (Tarfa)	Sebkhas	Appréciée
POACEA	*Aristida plumosa* (N'sie)	Regs sablonneux	Appréciée
	Aristida pungens (Drine)	Dunes et lieux ensablés	Très appréciée
TAMARICACEAE	*Tamarix gallis* (Tarfa)	Dunes et lieux ensablés	Très appréciée
ROSACEAE	*Neurada procumbens* (Saadan)	Dunes	Très appréciée
ZYGOPHYLACEAE	*Fagonia glutinisa* (Cherik)	Regs ensablés, sebkhas	Appréciée en grains
	Zygophyllum album (Agga)	Sebkhas, sable et argile	appréciée

Annexe 02 : la composition chimique de quelques plantes consommés par la dromadaire en % de la matière sèche **(LONGO et al, 1988 ; HOUARI , 2006)**.

Espèces	Ms %	MO %	MM %	MAT %
Neurada procumbens (Saadan) +	67.01	70.56	29.44	11.63
Arastida plumosa (N'si) +	91.46	91.73	08.27	06.54
Malcomia ageyptiaca (Habalia) +	88.23	87.54	12.72	09.60
Ephedra alata (Alenda) ++	95.50	87.47	12.53	03.90
Limoniastrum guyonianum (Zaita) ++	93.35	64.43	35.57	04.15
Zygophylum album (Agga) ++	94.49	74.73	25.27	04.37
Anabasis articulata (Baguel) ++	94.49	79.97	20.03	03.71
Arastida pungens (Drine) ++	94.46	72.89	07.11	04.09
Retama retam (Retem) ++	96.25	94.95	03.05	05.57

+ Acheb.

++ Plantes vivaces.

Annexe 03 : la composition en sels minéraux des quelques plantes pâturées p l dromadaire (en % de la matière sèche) **(HOUARI, 2006)**.

Espèces	**K %**	**Na %**	**Ca %**	**Mg %**	**Cl %**
Ephedra alata	0.140	0.024	0.600	0.113	0.709
Limoniastrum gyonianum	0.146	0.381	1.200	0.249	0.203
Zygophyllum album	0.163	0.463	1.434	0.1185	0.415
Anabasis articulata	0.070	0.257	0.612	0.199	0.220
Arastida pungens	0.125	0.100	0.785	0.172	0.228
Retama retam	0.072	0.014	0.443	0.077	0.389

Annexe 04 : Dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al., (1951) (**AIT OUEZGANE et ABERKANE, 1997)**

Réactifs :

> Solution alcaline (A) :

-500 ml de soude 0. 1 (02 g/500ml).

-10g de carbonate de sodium anhydre Na; €03. > Solution cuivrique (B) :

-02ml de sulfate de cuivre, 5 H2O (0.32g/100ml).

-02ml de tartrate de sodium et potassium (Olg/lOOmI). > Solution (C) :

-50ml de la solution (A).

-Olml de la solution (B).

> Réactif de folin-ciocalteu : 2-AppareiIIage :

-Verrerie usuelle. Spectrophotomètre UV visible.

-prendre Olml d'échantillon contenant au maximum lOO^g de protéine et 25u,g au minimum.

-Ajouter 5ml de solution (C) et mélanger.

-Laisser 1 0 minutes à température ambiante.

-Ajouter 0.5ml de réactif de Folin-ciocalteu.

-Laisser 30 minutes à l'obscurité.

-Lire la Do à 750nm à l'aide d'un Spectrophotomètre UV- visible.

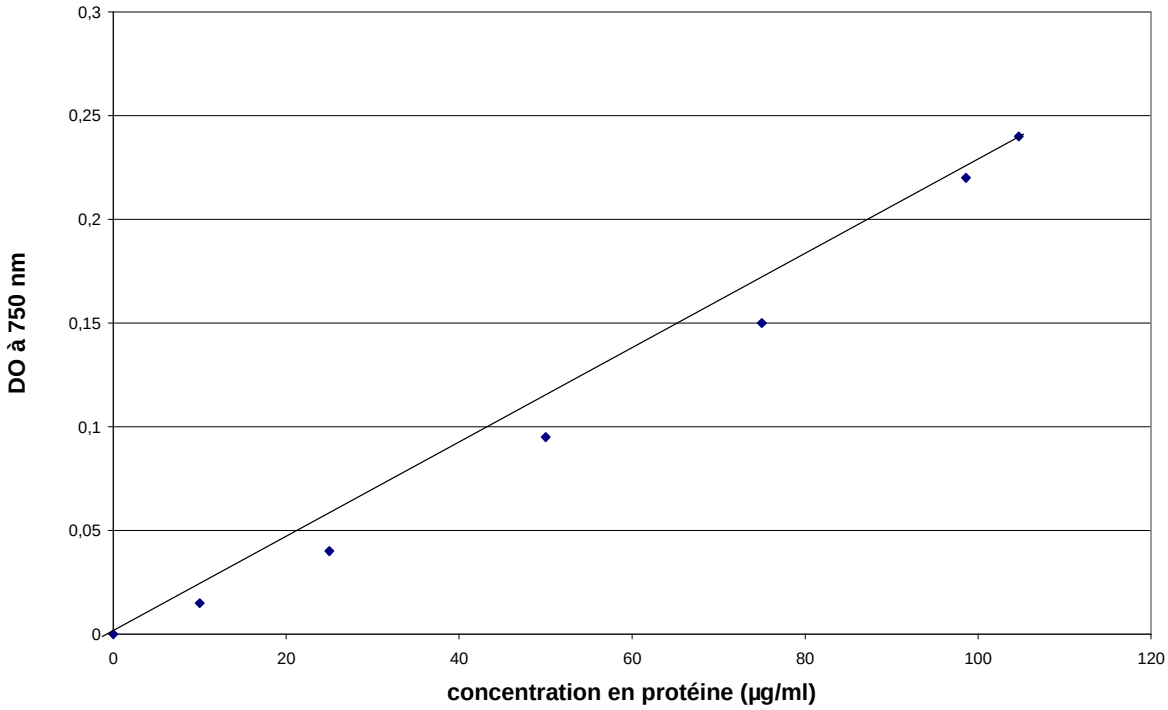
4-CQurbe_d'éfalonnage :

On utilise la sérum albumine bovine (BSA) pour tracer la courbe d'étalonnage Do : f (c).

La solution mère de BSA est préparée à lOmg/lOOml.

Les quantités à déposer dans chaque tube sont indiquées au tableau ci-après :

100	90	75	50	15	10	0	[P](M8/mI)
1000	900	750	500	250	100	0	Solution mère de BSA (ni)
0	100	250	500	750	900	1000	Eau distillée



Annexe 5: Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY (1951), l'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine de référence

Annexe 6: Analyses statistiques

Paramètres	F calculé	F théorique	Signification	
			HS (1%)	S (5%)
Traitement pH	288,4403	10,9248	X	
Traitement âge	3650,8078	6,9266	X	
Traitement pH-âge	212,5457	5,412	X	
Traitement (a) Tp°	26,1522	7,59	X	
Traitement (b) âge	1020,43	6,62	X	
Traitement Tp°-âge	4,0722	2,741		X
Traitement (a) [$CaCl_2$]	8,1963	7,59	X	
Traitement (b) âge	1594,66	6,22	X	
Traitement [$CaCl_2$]-âge	24,05	4,2016	X	