

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED KHIDER DE BISKRA



FACULTE DE SCIENCES EXACTES ET SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA  
VIE

DEPARTEMENT DE SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Magister  
en biologie

Option : Biologie Appliquée

*THEME*

Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir  
de chamelles (*Camelus dromedarius*) conduites selon deux systèmes d'élevage  
(extensif et semi-intensif)

Présenté par : M. MEDJOUR Abdelhak

Soutenu le : 25/06/2014

Devant le jury composé de :

Président : M. BELHAMRA Mohamed	Professeur	Univ. M. K. Biskra
Encadreur : M <sup>me</sup> SIBOUKEUR Oumelkheir	M.C.A.	Univ. K. M. Ouargla
Examineur : M. CHEHMA Abdelmadjid	Professeur	Univ. K. M. Ouargla
Examineur : M. BENAZIZA Abdelaziz	M.C.A.	Univ. M. K. Biskra
Invité : M. BOUFENNARA Souhil	M. C. B.	Univ. A. L. Khenchela

Année universitaire : 2013/2014

## *Remerciements*

*Je remercie avant tout ALLAH tout puissant, de m'avoir guidé tout au long de ma vie, dans toutes les années d'étude et m'avoir donné la croyance, la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.*

*Au terme de ce travail, je tiens particulièrement à exprimer ma profonde gratitude à madame SIBOUKEUR Oumelkheir et Monsieur BOUFENNARA Souhil, pour leurs orientations, leur patience, leur confiance et leurs conseils, tout au long de ce parcours scientifique.*

*J'exprime mes respectueux dévouements à Monsieur MOUSSI Abdelhamid le chef de département de sciences de la nature et de la vie de l'université de Mohamed KHIDER de Biskra pour ses innombrables services, sa compréhension. Qu'il soit assuré de mon éternelle et profonde reconnaissance.*

*Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à tous les personnels des laboratoires de biologie de l'université de Mohamed KHIDER de Biskra pour leur aide et leur patience tout au long de mon pratique.*

*J'exprime mes remerciements au professeur BELHAMRA Mohamed de l'université de Mohamed KHIDER de Biskra, qui a bien voulu présider le jury jugeant ce travail, au professeur CHEHMA Abdelmadjid de l'université de KASDI Merbah d'Ouargla et au M. BNAZIZA Abdelaziz Maître de conférences classe A à l'université de Mohamed KHIDER de Biskra pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

## *DEDICACE*

*Ce mémoire est dédié à :*

- mes chers et regrettés parents ;*
- mon frère et mes sœurs ;*
- ma chère femme ;*
- mes amies ;*
- mes collègues.*

## Sommaire

Introduction.....	01
I- Synthèse bibliographique.....	03
1.1. Présentation du dromadaire.....	03
1.1.1. Historique et origine.....	03
1.1.2. Classification.....	03
1.1.3. Distribution et effectifs.....	04
1.1.4. Les races algériennes.....	06
1.2. Élevage du dromadaire et production laitière.....	07
1.2.1. Élevage du dromadaire.....	07
1.2.2. Production laitière.....	10
1.2.3. Potentiel laitier de la chamelle.....	11
1.2.4. Facteurs de variation de la production laitière.....	14
1.3. Caractéristiques du lait de chamelle.....	15
1.3.1. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques.....	15
1.3.2. Composition chimique du lait de chamelle.....	16
1.3.3. Aptitudes technologique du lait de chamelle.....	36
II- Matériel et méthodes.....	38
2.1. Matériel.....	38
2.1.1. Echantillons de lait.....	38
2.1.2. Appareillage.....	38
2.1.3. Petit matériel.....	39
2.1.4. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique.....	39
2.2. Méthodes.....	40
2.2.1. Collecte du lait.....	40
2.2.2. Enquête.....	40
2.2.3. Etude des caractéristiques du lait de chammelles collecté.....	40

2.2.4. Analyses statistiques.....	53
III- Résultats et discussions.....	54
3.1. Estimation des potentialités laitières des chamelles de population « Sahraoui » conduites selon les deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif) dans la région d'El-Oued et de Biskra.....	54
3.2. Qualité organoleptique.....	55
3.3. Qualité physico-chimique.....	57
3.3.1. pH.....	57
3.3.2. Acidité Dornic.....	59
3.3.3. Densité.....	59
3.3.4. Extrait sec total.....	60
3.3.5. Teneur en cendres.....	60
3.3.6. Teneur en calcium.....	60
3.3.7. Teneur en lactose.....	61
3.3.8. Teneur en vitamine C.....	62
3.3.9. Teneur en protéines totales.....	62
3.3.10. Développement de pH et de l'acidité Dornic.....	64
3.3.11. Taille des globules gras.....	67
3.3.12. Comportement électrophorétique.....	70
Conclusion.....	72
Références bibliographiques.....	74
Annexes	

## *Liste d'abréviations*

$\alpha$ -La	$\alpha$ –Lactalbumine
$\beta$ -Lg	$\beta$ -Lactoglobuline
BSA	Albumine Sérique Bovine
CaP	Pont phosphate de calcium
CN	Azote de protéines caséiniques
Cn	Caséine
CSA	Albumine Sérique Cameline
DIPh	Di-chloreindophénol
D.O	Densité Optique
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
F.I.L.	Fédération Internationale de Laiterie
IgG	Immunoglobuline G
Igs	Immunoglobulines
kDa	Kilo Dalton
MADR	Ministère d'Agriculture et de Développement Rural
m.c	micelles de caséines
NF	Norme française
NPN	Azote non protéique
P.A.G.E	Electrophorèse sur gel de polyacrylamide
PGRPs	protéines de reconnaissance du peptidoglycane
pHi	Point isoélectrique
P/V	Poids / volume
s.c	submicelles de caséines
SDS	Dodécylsulfate de sodium

T (%)	pourcentage d'acrylamide et de bis-acrylamide dans un volume V de tampon
TCA	Acide trichloracétique
TEMED	N,N,N',N'-tetraméthyl-éthylène diamine
Tris	Tris-hydroxy-méthyl-amino-méthane
V/V	Volume / volume
WPN	Azote de protéines sériques

### *Liste des figures*

N°	Intitulé	Page
<b>1</b>	Aires de distribution du dromadaire en Algérie (BEN AISSA, 1989)	<b>6</b>
<b>2</b>	Localisation des principales races de dromadaires en Algérie (BEN AISSA R., 1989)	<b>7</b>
<b>3</b>	Comparaison des régions sensibles à l'hydrolyse de la chymosine sur les deux séquences, caméline et bovine, de la caséine $\kappa$ . Les résidus conservés sont en gris (KAPPELER <i>et al.</i> , 1998)	<b>21</b>
<b>4</b>	Micelles de caséines	<b>24</b>
<b>5</b>	Relation entre les diamètres des micelles de caséines et la fraction Ca/Caséine (BORNAZ <i>et al.</i> , 2009)	<b>25</b>
<b>6</b>	Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (submicelles) (AMIOT <i>et al.</i> , 2002)	<b>25</b>
<b>7</b>	Structure de la micelle selon le modèle à dualité des liens (HORNE, 2003)	<b>26</b>
<b>8</b>	Séquence des aminoacides d' $\alpha$ -Lactalbumine caméline d'après BEG <i>et al.</i> (1985). Source (www.expasy.org). Code d'accèsion : P00710	<b>29</b>

<b>9</b>	Séquence des aminoacides de Lactoferrine caméline d'après KAPPELER <i>et al.</i> (1999). Source (www.expasy.org). Code d'accension : Q9TUM0	<b>29</b>
<b>10</b>	Globules gras du lait de chamelle frais (A) et du lait bovin(B) observée au microscope (KARRAY <i>et al.</i> , 2005)	<b>33</b>
<b>11</b>	Structure des globules gras du lait de chamelle frais (A) et du lait de vache (B) sous microscope électronique à balayage (en clair : la membrane) (KARRAY <i>et al.</i> , 2005)	<b>33</b>
<b>12</b>	Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY <i>et al.</i> (1951)	<b>43</b>
<b>13</b>	Préparation de l'échantillon du lait pour mettre en évidence la taille de globules gras	<b>44</b>
<b>14</b>	Protocole d'isolement des caséines et des protéines du lactosérum à partir du lait camelin et bovin	<b>45</b>
<b>15</b>	Un monomère d'acrylamide	<b>46</b>
<b>16</b>	Une molécule de bi-acrylamide	<b>47</b>
<b>17</b>	Structure de gel de polyacrylamide	<b>47</b>
<b>18</b>	Le TEMED (N, N, N', N'-tétraméthyl-éthylène-diamine)	<b>48</b>
<b>19</b>	Mini-cuve d'électrophorèse OWL Thermo Fisher Scientific (dimensions des plaques 100 mm x110 mm) avec une plaque de refroidissement	<b>51</b>
<b>20</b>	Principales étapes d'électrophorèse sur gel de polyacrylamide pour la séparation de protéine	<b>52</b>
<b>21</b>	Evolution du pH du lait de chamelles des différents élevages et le lait bovin, durant les quatre premiers jours à la température ambiante ( $17 \pm 2$ °C)	<b>66</b>
<b>22</b>	Evolution de l'acidité Dornic du lait de chamelles des différents élevages et le lait bovin, durant les quatre premiers jours ( $17 \pm 2$ °C)	<b>66</b>
<b>23</b>	Photos des globules gras sous le microscope optique (Marque OPTICA, modèle Axiom 2000, P.R.C) (x400), après coloration par le noir soudan	<b>69</b>
<b>24</b>	Electrophoré-gramme des protéines du lactosérum du lait de chamelle en PAGE-native ; gel à T= 12%, C=2,9%	<b>70</b>

## *Liste des tableaux*

N°	Intitulé	Page
<b>I</b>	Production mondiale du lait camelin (en tonnes de lait) (FAYE, 2004)	<b>11</b>
<b>II</b>	Potentiel laitier des chamelles selon différents auteurs (compilation) à partir de (YAGIL, 1982 ; NARJISSE ,1989 ; KAMOUN, 1995 ; FAYE, 2004 ; FARAH, 2004 ; FARAH <i>et al.</i> , 2007)	<b>12</b>
<b>III</b>	Compositions du lait de dromadaire en pourcentage selon différents auteurs (KONUSPAYEVA <i>et al.</i> , 2009 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010)	<b>18</b>
<b>IV</b>	Composition biochimique du lait de chamelle, en comparaison avec celle du lait de vache (KAPPELER, 1998)	<b>19</b>
<b>V</b>	Distribution des fractions azotées du lait de chamelle en comparaison avec celles du lait de vache (FARAH, 1996)	<b>21</b>
<b>VI</b>	Composition en acides gras (% en mole) de matières grasses du lait de dromadaire et du lait bovin	<b>32</b>
<b>VII</b>	Composition en vitamines du lait de chamelle en comparaison avec le lait bovin (valeurs en mg/l)	<b>35</b>
<b>VIII</b>	Echantillons de laits de chamelles collectés	<b>38</b>
<b>IX</b>	Caractéristiques organoleptiques selon un test fait avec dix personnes	<b>54</b>
<b>X</b>	Comparaison des paramètres physico-chimiques entre le lait de chamelles élevées en extensif et celles élevés en semi-intensif d'une part, et d'autre part avec le lait bovin	<b>57</b>
<b>XI</b>	Coefficients de corrélation des analyses physicochimiques du lait collecté (échantillons du lait camelin + le lait bovin)	<b>58</b>

## *Liste des annexes*

N°	Intitulé
<b>1</b>	Acidité dornic (bécher A : lait témoin, bécher B : Après titrage « virage au rose »)
<b>2</b>	Fiche d'enquête
<b>3</b>	Mesure de la densité par thermo-lactodensimètre (thermo-lactodensimètre marque Nathia)
<b>4</b>	Détermination de l'acidité Dornic (acidité titrable)
<b>5</b>	Détermination de la teneur en matière sèche totale et en matière sèche dégraissée (NF V 04-207 de septembre 1970)
<b>6</b>	Détermination de la teneur en cendres (NF V 04-208 d'octobre 1989)
<b>7</b>	Dosage de la matière grasse (méthode de GERBER, acido-butyrométrique) (norme AFNOR : NF V04-210 de décembre 1990)
<b>8</b>	Détermination de la teneur en lactose par la méthode de la liqueur de Fehling
<b>9</b>	Détermination de la teneur en vitamine C par la méthode au 2-6- DCPIP
<b>10</b>	Détermination de la teneur en protéines par la méthode de LOWRY <i>et al.</i> (1951)
<b>11</b>	Détermination de la teneur en calcium Norme Internationale F.I.L. n° 36 (1966)
<b>12</b>	Électrophorèse en conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE-native)

## **Résumé :**

Le lait de chamelle, malgré sa richesse et sa production non négligeable demeure un produit relativement peu consommé et peu transformé, car insuffisamment étudié et mis en valeur. Ce lait se singularise par une teneur élevée en Vitamine C et en molécules antibactériennes (lysozymes, protéines de reconnaissance du peptidoglycane, lactoperoxydase, lactoferrine et etc).

Ces particularités ont pour origine dans la majorité des cas, la nature des plantes broutées par le dromadaire (parcours). Dans le but d'améliorer la production laitière cameline, certains éleveurs pratiquent depuis peu de temps un élevage semi-intensif (semi-stabulation / introduction d'une alimentation « artificielle »).

Une enquête préliminaire conduite, auprès d'une dizaine d'éleveurs qui pratiquent les deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif) dans la région de Biskra et El-Oued, a permis de situer la production à environ 3,5 l/j et 2 l/j pour ces deux systèmes respectivement.

L'analyse physico-chimique des échantillons de lait provenant de chameilles des deux élevages a été réalisée en mesurant le pH, l'acidité, la densité, l'extrait sec total, l'extrait sec dégraissé, les taux de cendres, la teneur en lactose, en calcium, en protéines et en vitamine C.

Ces analyses ont montré que la transition du système d'élevage extensif vers le semi-intensif a un impact sur la qualité physico-chimique voire biochimique et organoleptique.

Des modifications touchant les taux de cendres, de lactose, de calcium et de vitamine C, qui deviennent moins importants dans le système d'élevage semi-intensif ont été relevés. En revanche, la teneur caséines devient plus importante alors que les protéines lactosériques ne semblent pas affectées. Sur le plan qualitatif, les deux fractions protéiniques manifestent les mêmes comportements en PAGE-native.

Enfin, l'étude montre que les diamètres des globules gras et leur fréquence sont similaires pour les deux types du lait.

**Mots clés :** lait, *Camelus dromedarius*, parcours, système d'élevage, analyses.

**Abstract:**

Camel milk, despite its richness and significant production remains a product consumed and relatively little processing because insufficiently studied and developed. This milk is distinguished by a high content of Vitamin C and antibacterial molecules (lysozyme, peptidoglycan recognition proteins, lactoperoxidase, lactoferrine and etc).

These features are caused in most cases, the nature of grazed by camels (path) plants. In order to improve camel milk production, some farmers have been practicing for some time a semi-intensive farming (semi-stall / introduction of an "artificial" food).

After a preliminary investigation conducted, with a dozen farmers who practice both farming systems (extensive and semi-intensive) in the region of Biskra and El-Oued, which helped situate production to about 3,5 l/d and 2 l/d for these two systems respectively.

The physico-chemical analysis of milk samples obtained from the two camel farms was performed by measuring the pH, acidity, density, total solids, dry defatted extract the ash, the content lactose, calcium, protein and vitamin C.

These analyzes showed that the transition in the extensive breeding system to the semi-intensive has an impact on biochemical or physico-chemical and organoleptic quality. These changes affect the rate of ash, lactose, calcium and vitamin C, which become less important in the semi-intensive system. While the protein content becomes larger in the latter and in particular casein. By cons, whey proteins do not seem affected and more they show the same behavior on the native-PAGE.

The frequency of the diameters of fat globules are similar between the two types of milk from the two types of farms (extensive and semi-intensive).

**Keywords:** milk, *Camelus dromedarius*, livestock, plants, paths, physico-chemical, organoleptic extensive, semi-intensive, fat globules.

## ملخص:

حليب الإبل، بالرغم من غناه وإنتاجه المعتبرين إلا أنه لا يزال قليل الاستهلاك وقليل التحويل نسبيا لأن دراسته غير كافية كما أنه يعتبر غير مئمن نسبيا. وما يميز هذا الحليب هو تفردته عن غيره بنسبة عالية من الفيتامين C وأيضا غناه بالجزئيات المضادة للجراثيم: بروتينات التعرف على ببتيديوغليكان، الليوزيمات، اللاكتوبيروكسيداز، اللاكتوفيرين... إلخ وهذه الميزات يرجع سببها في معظم الحالات إلى طبيعة النباتات المستعشبة من طرف الإبل (في المسارات التي تقطعها).

من أجل تحسين إنتاج حليب الإبل، أصبح بعض المربين يمارسون منذ وقت ليس بالبعيد تربية شبه مكثفة (شبه محصورة / إدخال أعلاف مصنعة) على عكس التقليدية (الموسعة) والمعتمدة على الرعي. بعد التحقيق الأولي الذي أجري، مع عشرات المربين الذين يمارسون كل من نظامي التربية (الموسعة وشبه المكثفة) في منطقة بسكرة والوادي، والذي ساعد على تحديد كمية إنتاج الحليب لكل النظامين بحوالي 3.5 لتر / اليوم (بالنسبة للنظام الموسع) و2 لتر / اليوم (بالنسبة للنظام شبه المكثف). من ناحية أخرى تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لعينات الحليب التي تم الحصول عليها من النوق الخاضعة لكلا النوعين من التربية (الموسعة وشبه المكثفة) وذلك عن طريق قياس pH، الحموضة الدورنية، الكثافة، المواد الصلبة الكلية، المواد الصلبة منزوعة الدهن، استخراج الرماد، وتركيز اللاكتوز والكالسيوم والبروتين وفيتامين C.

هذه التحاليل أظهرت أن الانتقال في نظم التربية من الموسعة إلى شبه المكثفة له تأثير على الخصائص البيوكيميائية، الفيزيوكيميائية والحسية.

هذه التغيرات مست على وجه الخصوص معدل الرماد، اللاكتوز، الكالسيوم وفيتامين C في الحليب، والتي أصبحت أقل أهمية في النظام شبه المكثف. في حين أن محتوى البروتينات أصبح أكبر في هذه الأخيرة وخاصة بالنسبة للكازين. وعلى العكس، لا يبدو أن بروتينات مصل الحليب قد تأثرت وزيادة على ذلك فهي تظهر نفس السلوك على جهاز التهجير الكهربائي. تردد أقطار الكريات الدهنية المنتشرة في الحليب متشابه بين هذين النوعين من الحليب (أي أنه لا يوجد تغير في سلوك المادة الدهنية نتيجة التغيير في نوعية التربية).

الكلمات المفتاحية: الحليب، *Camelus dromedarius*، التربية، النباتات، المسار، الفيزيائية والكيميائية، الحسية، موسعة، شبه مكثفة، الكريات الدهنية.

# ***Introduction***

## Introduction

Le lait représente l'unique source de nutriments pour l'ensemble des nouveau-nés des espèces mammifères. Il est particulièrement essentiel pour la croissance de l'enfant et l'entretien de son organisme. Il joue par conséquent un rôle crucial dans l'alimentation de l'Homme. Mis à part sa valeur nutritive, il comporte des composés biologiquement actifs tels que les caséines, sources d'acides aminés indispensables et les protéines lactosériques, importantes pour les diverses fonctions physiologiques et biochimiques qu'elles assurent.

Malgré leur importance, les sources laitières en Algérie restent insuffisantes, et sont essentiellement d'origine bovine. Les autres sources comme les laits de brebis, de chèvre et de chamelle sont confrontées à plusieurs contraintes. L'une des principales contraintes rencontrées dans les pays du Maghreb, est le tabou sur la vente de ces bioproduits. Autrefois, ils n'étaient pas vendus mais offerts à des fins thérapeutiques. Actuellement on assiste à un regain d'intérêt de ces produits par le consommateur et à une vente non réglementaire, à l'issue des services de contrôles.

C'est le cas du lait camelin qui n'a pas encore connu une popularité à l'échelle nationale mais qui représente une source alimentaire primordiale pour les nomades et les populations des régions désertiques qui le consomment surtout à l'état cru.

Bien qu'il présente une composition physico-chimique relativement proche de celle du lait bovin, ce lait se singularise néanmoins par une teneur élevée en vitamine C et en niacine et par la présence d'un puissant système protecteur, lié à des taux relativement élevés en Lysozyme, en Lactoperoxydase (système LP/SCN/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), en Lactoferrine et en bactériocines produites par les bactéries lactiques (SIBOUKEUR, 2007) Ces particularités ont pour origine, la nature des plantes des parcours broutées par le dromadaire.

Depuis quelques temps, on assiste à une évolution sensible des systèmes de production laitiers du dromadaire. Cette évolution se caractérise par :

 une spécialisation du troupeau, passant d'une fonction multi-usage à une fonction plus ou moins unique, en l'occurrence, la production laitière ;

 une intensification des moyens de production tant sur les aspects prophylactiques qu'alimentaires ;

 une structuration de la filière autour des centres urbains.

Cette évolution engendre un ensemble de changements, notamment du point de vue alimentaire. De ce fait un nouveau système d'élevage a vu le jour dans notre pays : élevage semi-intensif consistant en une semi-stabulation et en l'introduction d'une alimentation

« artificielle ». Cette transition, aurait-elle un impact sur la qualité physico-chimique et biochimique de ce lait ? La présente étude tente de répondre à cette importante question.

Pour ce faire nous avons adopté une démarche expérimentale qui comporte trois parties d'investigations complémentaires :

- 🐪 Nous avons commencé par cibler des élevages conduits en extensif et d'autres en semi-intensif ;
- 🐪 nous avons ensuite réalisé des enquêtes auprès des chameliers, afin de collecter le maximum d'informations relatives à la production de lait ;
- 🐪 la collecte des échantillons de lait et leur analyse physico-chimiques et biochimiques a été la troisième partie de ce travail.

**Synthèse**

**Synthèse**  
***bibliographique***

## 1.1. Présentation du dromadaire

Pendant des siècles, le chameau a été considéré comme un animal très important dans les régions désertiques en raison de sa capacité de supporter de conditions très dures (température élevée et sécheresse), à fournir du lait, de la viande, et son utilisation comme un moyen de transport. Cependant, le développement des courses de chameaux au Moyen-Orient a conduit à une augmentation de la valeur du dromadaire de course (SKIDMORE, 2005).

### 1.1.1. Historique et origine

Le nom dromadaire est dérivé du dromos (route ou chemin en grec) pour ce qui concerne son utilisation dans le transport (SOUILEM et BARHOUMI, 2009) ou course selon le dictionnaire étymologique de la langue Française (1829). Il est donné à l'espèce de chameau à une seule bosse, appartenant au genre *Camelus* de la famille des Camelidés et dont le nom scientifique est *Camelus dromedarius*.

L'histoire des camélidés remonte à l'Eocène moyen. Cependant, le genre considéré comme l'ancêtre en ligne directe des camélidés actuels est le *Protomeryx* apparu à l'Oligocène supérieur dans ce qui est aujourd'hui l'Amérique du Nord. Aujourd'hui, il est admis que l'ancêtre des Camélidés actuels existe depuis le Pléistocène supérieur, au début de la période glaciaire. Il a été signalé que les camélidés occupèrent rapidement les zones arides de l'hémisphère Nord et plusieurs représentants du genre *Camelus* sont répertoriés en divers points de l'Ancien Monde. Ainsi, ont pu être identifiés un *Camelus knoblochi* dans le Sud de la Russie et un *Camelus alutensis* en Roumanie. L'espèce apparemment la plus répandue à l'époque en Europe et en Asie semble être cependant la *Camelus thomasi*. Dans le Nord de l'Inde, dès le Pliocène, on trouve un *Camelus siwalensis* et un *Camelus antiquus*. Ce sont ces deux dernières espèces qui sont considérées comme étant les plus proches des espèces actuelles. Le dromadaire aurait pénétré en Afrique par le Sinaï jusqu'à la Corne de l'Afrique, puis en Afrique du Nord jusqu'à l'Atlantique, il y a 2 ou 3 millions d'années. Cependant, d'après les données actuelles, il aurait disparu du continent africain pour n'y être réintroduit que beaucoup plus tard, à la faveur de la domestication (OULD AHMED, 2009).

### 1.1.2. Classification

Le dromadaire appartient à l'embranchement des vertébrés, classe des mammifères ongulés et sous classe des placentaires. Il appartient à l'ordre des Artiodactyles, sous-ordre des Tylopodes (PRAT, 1993 ; KHAN *et al.*, 2003; CORREA, 2006) et à la famille des camélidés. La famille des camélidés ne comprend que deux genres : *Camelus* et *Lama*. Le genre *Camelus* occupe les régions désertiques de l'Ancien Monde (Afrique, Asie et Europe)

alors que le genre *Lama* est spécifique des déserts d'altitude du Nouveau Monde (les Amériques) où il a donné naissance à quatre espèces distinctes.

 **Genre *Camelus***

*Camelus dromedarius* (dromadaire, avec une seule bosse)

*Camelus bactrianus* (chameau de Bactriane, avec deux bosses)

 **Genre *Lama*** (les espèces de ce genre sont toutes sans bosse)

*Lama glama* (lama).

*Lama guanacoe* (guanaco).

*Lama pacos* (alpaga ou alpaca).

*Lama vicugna* (vigogne) (SKIDMORE, 2005 ; OULD AHMED, 2009).

SAMMAN *et al.* (1993), ont constaté d'après leur étude de caryotype sur l'espèce *Camelus dromedarius* que toutes ces espèces de la famille des camélidés sont très proches les unes des autres sur le plan génétique avec un nombre diploïde de chromosome ( $2n=37$ ), soit 74 chromosomes (SAMMAN *et al.*, 1993 ; WARDEH et DAWA, 2005 ; OULD AHMED, 2009).

### 1.1.3. Distribution et effectifs

La population caméline mondiale est confinée dans la ceinture semi-aride et désertique d'Afrique et d'Asie (KARRAY *et al.*, 2005; CORREA, 2006).

La localisation géographique du dromadaire se situe dans la ceinture des zones tropicales et subtropicales sèches de l'Afrique, de l'Ouest du continent asiatique et du Nord-Ouest de l'Inde. Une implantation massive de dromadaires a été faite au siècle dernier en Australie, des introductions très ponctuelles ont également été réalisées aux Etats-Unis, en Amérique Centrale, en Afrique du Sud et en Europe (OULD AHMED, 2009).

Le dromadaire est répertorié dans 35 pays "originaires" qui s'étendent du Sénégal à l'Inde et du Kenya à la Turquie. Par contre, le chameau de Bactriane (à deux bosses) ne supporte pas la chaleur (CORREA, 2006).

D'après les statistiques de l'Organisation d'Alimentation et d'Agriculture (FAO) en 2008, la population totale des chameaux dans le monde est estimée à environ 20 millions de têtes, avec la Somalie ayant le plus grand troupeau dans le monde (AL HAJ et AL KANHAL, 2010). Près de 80 % de la population de dromadaires se situe en Afrique où l'essentiel des effectifs est concentré dans les pays de la Corne (Somalie, Ethiopie, Djibouti, Kenya, et Soudan) qui abritent environ 60 % du cheptel camelin mondial. La Somalie, à elle seule, avec ses 6 millions de dromadaires, possède près de 50 % du cheptel africain, ce qui lui vaut vraisemblablement l'appellation de "pays du chameau" (CORREA, 2006).

En Algérie, l'effectif camelin n'a pas évolué au cours de ces dernières décennies (150 000 têtes en moyenne). Bien au contraire, il a diminué d'environ 40 pour cent au cours du siècle. En 1890, un effectif de 159 000 têtes a été enregistré, de 194 000 en 1910, de 158 000 en 1962, de 141 000 en 1985, et de 135 000 en 1990 (CHEHMA, 2003).

Le dromadaire est présent dans 17 Wilayate (8 Sahariennes et 9 Steppiques). 75 % du cheptel est dans les Wilayate Sahariennes (dont le plus grand effectif est dans les Wilayates de Tamanrasset et El-Oued) et 25% du cheptel est dans les Wilayate Steppiques (BEN AISSA, 1989). Mais d'après les données statistiques du MADR en 2006, 92.15% du cheptel est dans huit wilayate sahariennes, et le reste est dans neuf wilayate steppiques.

Pour bien préciser la répartition géographique du cheptel camelin dans notre pays, on distingue trois grandes aires de distribution :

- 🐪 La première aire de distribution, est le Sud-est : El-oued, Biskra, M'sila, Tébessa, Batna, Ouargla, Ghardaïa, Laghouat et Djelfa ;
- 🐪 La deuxième aire, est le Sud-ouest représentée par : Bechar, Tindouf, Naama, El-Bayadh, Tiaret et le nord d'Adrar ;
- 🐪 L'extrême sud, c'est la troisième aire de distribution : Tamanrasset, Illizi, le sud d'Adrar (figure 1) (BEN AISSA, 1989).

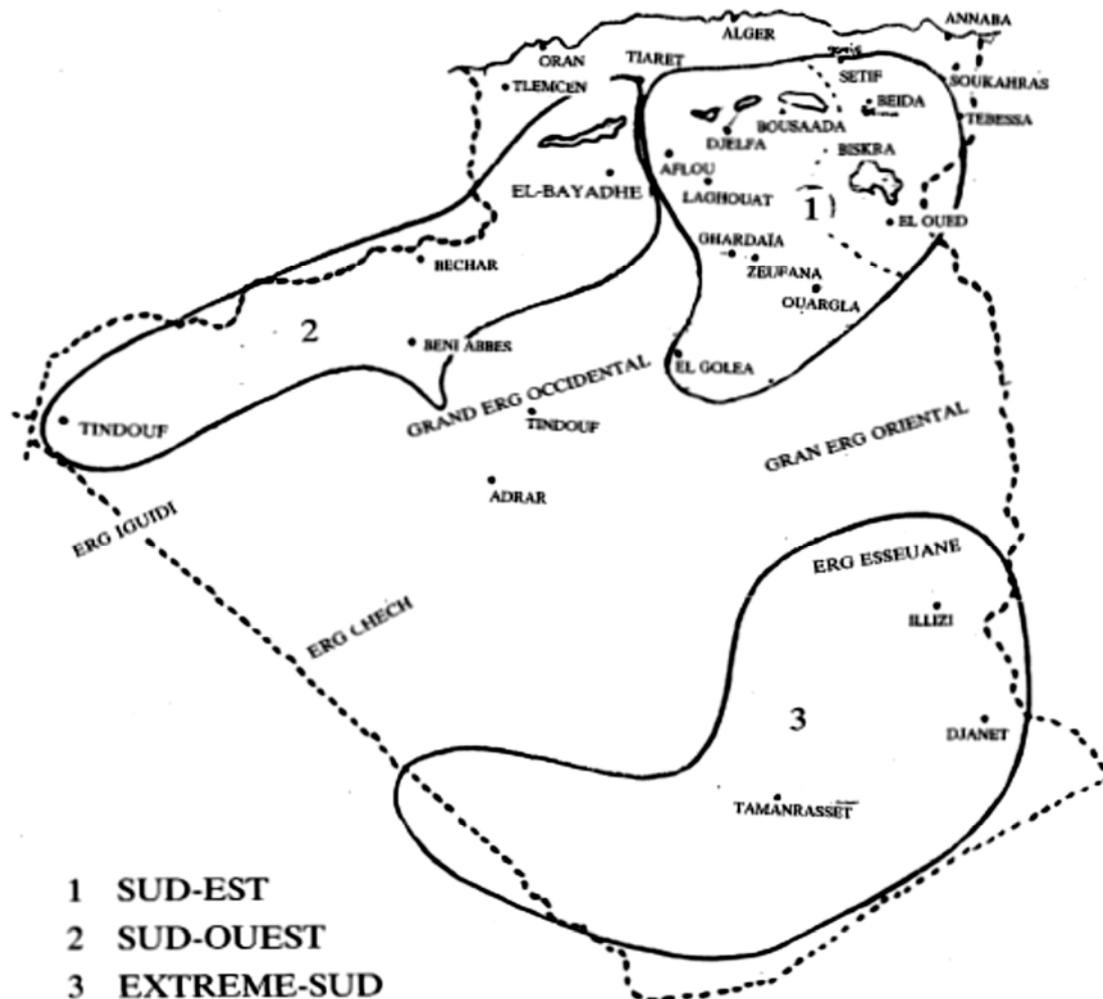


Figure 1 : Aires de distribution du dromadaire en Algérie (BEN AISSA, 1989)

#### 1.1.4. Les races algériennes

Les différentes races rencontrées en Algérie se retrouvent dans les trois pays d'Afrique du Nord ; ce sont des races de selle, de bât et de trait (figure 2). Il s'agit des races suivantes :

- 🐪 **Le Chaambi** : Très bon pour le transport, moyen pour la selle. Sa répartition va du grand ERG Occidental au grand ERG Oriental. On le retrouve aussi dans le Metlili des Chaambas.
- 🐪 **L'Ouled Sidi Cheikh** : C'est un animal de selle. On le trouve dans les hauts plateaux du grand ERG Occidental.
- 🐪 **Le Saharaoui** : Est issu du croisement Chaambi et Ouled Sidi Cheikh. C'est un excellent méhari. Son territoire va du grand ERG Occidental au Centre du Sahara.
- 🐪 **L'Ait Khebbach** : Est un animal de bât. On le trouve dans l'aire Sud-Ouest.
- 🐪 **Le Chameau de la Steppe** : Il est utilisé pour le nomadisme rapproché. On le trouve aux limites Sud de la steppe.

- 🐪 **Le Targui ou race des Touaregs du Nord** : Excellent méhari, animal de selle par excellence souvent recherché au Sahara comme reproducteur. Réparti dans le Hoggar et le Sahara Central.
- 🐪 **L'Ajjer** : Bon marcheur et porteur. Se trouve dans le Tassili d'Ajjer.
- 🐪 **Le Reguibi** : Très bon méhari. Il est réparti dans le Sahara Occidental, le Sud Orannais (Béchar, Tindouf). Son berceau : Oum El Assel (Reguibet).
- 🐪 **Le Chameau de l'Aftouh** : Utilisé comme animal de trait et de bât. On le trouve aussi dans la région des Reguibet (Tindouf, Bechar) (figure 2) (BEN AISSA, 1989).

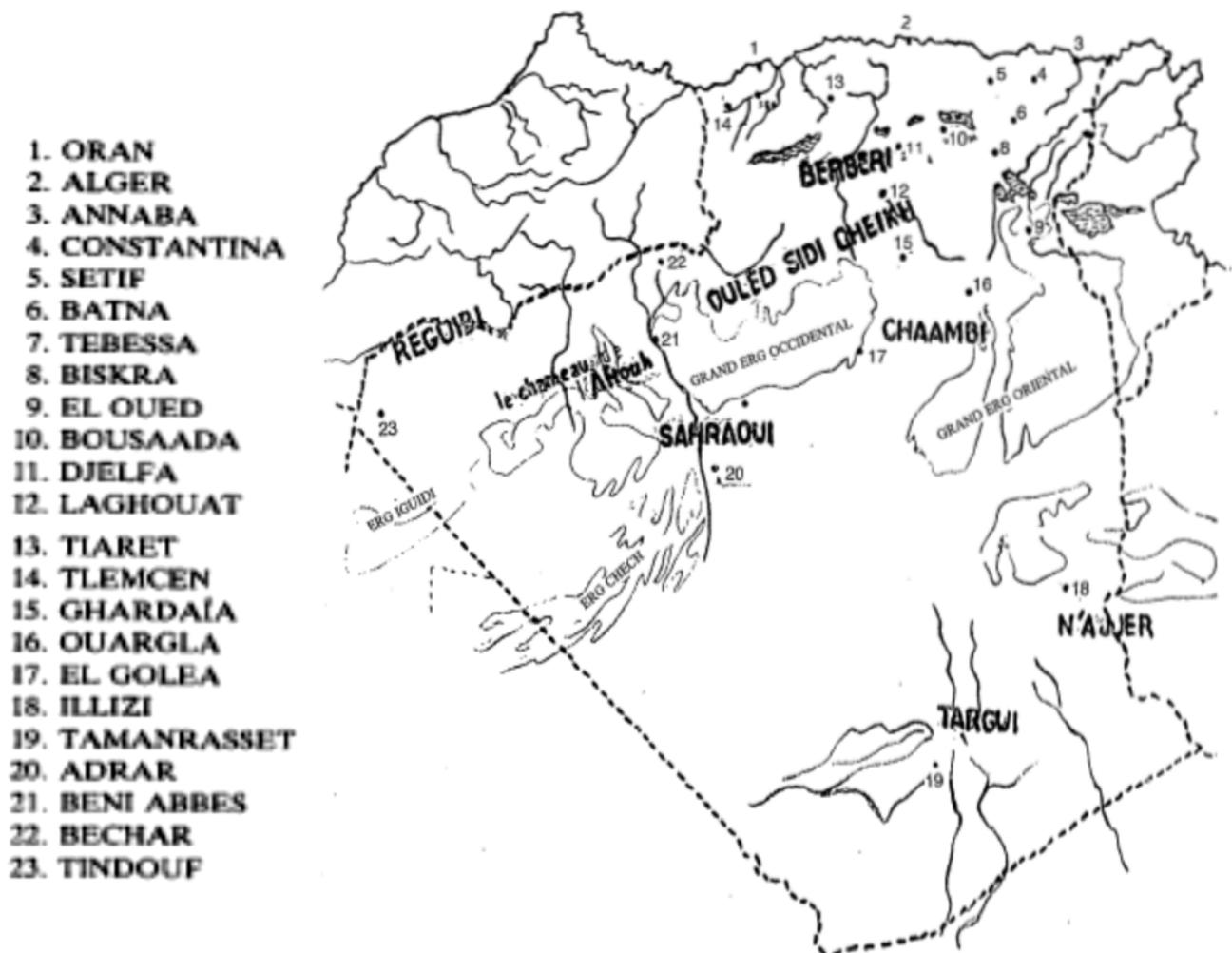


Figure 2 : Localisation des principales races de dromadaires en Algérie (BEN AISSA R., 1989)

## 1.2. Élevage du dromadaire et production laitière

### 1.2.1. Élevage du dromadaire

L'élevage représentait autrefois l'activité exclusive des habitants des régions rurales dont la survie dépendait du tapis végétal. Il représente l'ensemble des opérations qui permettent la reproduction et la vie des animaux pour les besoins de l'homme.

### 1.2.1.1. Origine de la domestication de dromadaire

Les espèces du genre *Camelus* étaient probablement parmi les dernières des principales espèces domestiques qui avaient été mises à une utilisation régulière par l'homme (KHAN *et al.*, 2003). Le chameau était domestiqué vers 2500 - 3000 avant J.C. (YAGIL, 1982 ; JASRA et MIRZA, 2004 ; HADDADIN *et al.*, 2008).

Depuis le début les chameaux ont été domestiqués par des nomades (KHAN *et al.*, 2003 ; JASRA et MIRZA, 2004). Alors que la première utilisation du dromadaire relève de l'activité de bât et demeure sans doute associée au commerce des épices, fort florissant à cette époque entre le Sud de la péninsule arabique et le pourtour méditerranéen. Ce commerce caravanier a permis la naissance de quelques glorieuses civilisations. L'histoire retient d'ailleurs que la visite de la reine de Saba au roi Salomon (955 avant J.C.) se fit grâce à une imposante caravane de dromadaires portant les effets de la suite royale à travers le désert d'Arabie (OULD AHMED, 2009).

Cependant, le plus grand impact culturel sur la distribution récente des chameaux a été l'avènement de l'Islam. Les Arabes ont pris leurs dromadaires avec eux vers le nord-est de l'Asie et de la Méditerranée. Progressivement le dromadaire est devenu un animal de sécurité alimentaire dans les conditions extrêmement rudes : sécheresse, déserts et montagnes...etc (JASRA et MIRZA, 2004).

### 1.2.1.2. Modes d'élevage

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

#### 1.2.1.2.1. Elevage en extensif

Il comprend en général les systèmes d'élevage suivants :

- ☛ **nomadisme** : l'élevage nomade est un ensemble de déplacements irréguliers anarchiques entrepris par un groupe de pasteurs d'effectifs variables dans des directions imprévisibles. Dans ce mouvement migratoire, les familles et les campements suivent le troupeau (AGUE, 1998) ;
- ☛ **semi-nomadisme** : là aussi, l'alimentation est assurée, pendant une bonne partie de l'année, par des déplacements irréguliers à la recherche d'herbe et d'eau. A la différence du nomadisme, les éleveurs possèdent un point d'attache "habitat fixe", où les troupeaux passent une partie de l'année (QAARO, 1997) ;

- ☛ **sédentaire** : ce type d'élevage base l'alimentation sur les ressources situées à proximité de l'habitat fixe, et sur les produits de l'agriculture. Les troupeaux sont en général de petite taille (QAARO, 1997) ;
- ☛ **transhumance** : la transhumance fait référence à une pratique de déplacement des troupeaux, saisonnier, pendulaire, selon des parcours bien précis, répétés chaque année. Elle existe sous diverses modalités et au sein de différents types de systèmes d'élevage pastoral en fonction des objectifs donnés par les éleveurs. Parfois, les routes de transhumance sont modifiées chaque année, en fonction de la disponibilité en pâturage et des conditions d'accès aux ressources. Le système transhumant est extensif basé sur l'utilisation presque exclusive des ressources des parcours et les troupeaux sont souvent confiés à des bergers. Le savoir-faire du berger est basé sur la tradition, ce qui est un atout en termes de connaissance d'utilisation du milieu naturel, mais qui est insuffisant en termes de zootechnie. Les problèmes sont donc liés à l'insuffisance ou à la baisse de qualité saisonnière des disponibilités fourragères, ou au défaut de suivi du troupeau, sur le plan de l'alimentation, de la reproduction et de la santé (OULD AHMED, 2009).

#### 1.2.1.2.2. Elevage en intensif

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

L'utilisation des systèmes intensifs est aussi remarquable dans les élevages d'animaux de course. Le dromadaire est capable de céder aux exigences de la "modernité" en élevage et de subir une intensification de sa production pour satisfaire aux demandes croissantes des populations urbaines des zones désertiques et semi-désertiques. Il bénéficie de plus d'un préjugé favorable de par son image d'animal des grands espaces même si le mode d'élevage intensif le rapproche de plus en plus des autres espèces. Cette capacité à répondre aux défis alimentaires du monde moderne lui donne une place prometteuse dans les productions animales de demain (OULD AHMED, 2009).

#### 1.2.1.2.3. Elevage en semi-intensif

Dans l'élevage semi-intensif, les cheptels sont maintenus en stabulation (CORREA, 2006). Durant toute la saison sèche, les troupeaux camelins, constitués uniquement de

femelles laitières et qui reçoivent une ration le matin avant de partir à la recherche de pâturages dans les zones périphériques de la ville. Ils reviennent très tôt dans l'après-midi et reçoivent de l'eau et une complémentation alimentaire composée de tourteau d'arachide, de son, de riz, de blé etc. (OULD SOULE, 2003 ; CORREA, 2006). Pendant l'hivernage, l'alimentation est quasi-exclusivement basée sur les pâturages naturels.

Les productions laitières sont meilleures du point de vue qualitatif et quantitatif pendant l'hivernage car l'alimentation est plus équilibrée. Elles varient également en fonction du stade de lactation de 3 à 7 litres/jour (soit en moyenne 4,5 l/j)

Ceci a valu aux dromadaires d'être privilégiés au détriment des autres espèces domestiques et de plus, de bénéficier d'un regain d'intérêt de la part des hauts fonctionnaires, des hommes d'affaires, des grands commerçants qui investissent dans l'élevage des camelins, moyen d'épargne et prestige incontestable. Ceux-ci confient leurs troupeaux à des bergers salariés et ils ont aussi recours aux services sanitaires (prophylaxie, soins vétérinaires, vaccins etc.) (CORREA, 2006).

Le système semi-intensif camelin présente des inconvénients liés à une exploitation irrationnelle de cette espèce animale. En effet les propriétaires achètent des femelles en fin de gestation ou en début de lactation pour rentabiliser leur production. Lorsque ces dernières sont tariées, elles sont mises en vente avec les jeunes pour renouveler les troupeaux. Ce qui représente une perte potentielle pour le secteur d'élevage dans la mesure où ces femelles aptes à se reproduire finissent généralement en boucherie avant la fin de leur vie reproductive. Cela constitue un problème majeur quant à la reproduction et à la pérennité de l'espèce (CORREA, 2006).

### **1.2.2. Production laitière**

Selon les estimations de la FAO en 2002, 85 pour cent du lait produit et commercialisé à travers le monde provient de la vache. La femelle du dromadaire occupe une place minime (quelques pourcentages), loin derrière la bufflonne ou même la chèvre et la brebis. Avec un cheptel camelin 70 fois moins important que le cheptel bovin, un tel décalage peut sembler justifié.

D'après les statistiques officielles éditées par la FAO, la production mondiale du lait de dromadaires et chameaux (la distinction n'est pas faite) se montait en 2002 à 1 283 672 tonnes du lait (tableau I). Ces données sont incomplètes (il y manque notamment tous les pays d'Asie centrale et quelques pays du Proche-Orient et Moyen-Orient) (FAYE, 2004).

Si on retient une population mondiale de l'ordre de 20 millions de têtes, chiffre vraisemblablement sous-évalué, une proportion de femelles allaitantes de l'ordre de 18 pour

cent et une production moyenne de 1 500 litres par an, la production mondiale peut être estimée à 5,4 millions de tonnes dont 55 pour cent environ est prélevée par les chamelons (FAYE, 2004 ; SIBOUKEUR, 2007).

**Tableau I : Production mondiale du lait camelin (en tonnes de lait) (FAYE, 2004)**

Pays	Production laitière (tonnes de lait)
Afghanistan	8 100
Algérie	8 000
Arabie saoudite	89 000
Chine	14 400
Djibouti	5 900
Emirats arabes unis	33 400
Erythrée	5 100
Ethiopie	22 450
Iraq	672
Kenya	25 200
Jamahiriya arabe libyenne	2 000
Mali	54 900
Maroc	3 900
Mauritanie	21 500
Mongolie	1 000
Niger	10 800
Qatar	13 300
Somalie	850 000
Soudan	82 250
Tchad	21 800
Tunisie	1 000
Yémen	9 500
Total	1 283 672

### 1.2.3. Potentiel laitier de la chamelle

Dans la littérature les auteurs exposent aussi bien les productions quotidiennes que les quantités produites au cours de la lactation ou à l'échelle de l'année. En basant sur les données des études qui ont été faites par (YAGIL, 1982 ; NARJISSE, 1989 ; KAMOUN, 1995 ; FAYE, 2004 ; FARAH, 2004 ; FARAH *et al.*, 2007), nous avons alors réalisé le tableau II ci-après.

**Tableau II : Potentiel laitier des chameles selon différents auteurs (compilation) à partir de (YAGIL, 1982 ; NARJISSE ,1989 ; KAMOUN, 1995 ; FAYE, 2004 ; FARAH, 2004 ; FARAH *et al.*, 2007)**

Auteurs	rendement journalière	rendement de lactation	Durée de la lactation	Pays
ROSETTI <i>et al.</i> , 1955	5 kg	1950 kg	13 mois	Somali
YASIN <i>et al.</i> , 1957	8 kg	-	-	Pakistan
YASIN <i>et al.</i> , 1957	9-13,6 kg	2727-3636 kg	16-18 mois	Pakistan
YASIN <i>et al.</i> , 1957	4 kg	1364 kg	-	Pakistan
EL-BAHAY, 1962	3,5-4,5 kg	1600-2000 kg	-	Egypte
LAKOSA <i>et</i> SHKIN, 1964	8,1 kg	4388 kg	-	URSS
GAST <i>et al.</i> , 1969	4 kg	-	-	Algérie
ENSMINGER, 1973	7,5 kg	3300 kg	16-17 mois	Chine
BURGMEISTER, 1974	4 kg		12 mois	Tunisie
RAO, 1974	6,9 kg	1105-8190 kg	15 mois	Inde
RAO, 1974	6,8 kg	2430-4914 kg	18 mois	Inde
KNOESS, 1977	5-13 kg	1872-2592 kg	12-18 mois	Ethiopie
LEUPOLD, 1978	6,7-10 kg	2700-3600 kg	9-18 mois	Pakistan
FIELD, 1979	-	1897 kg	-	Kenya
KNOESS, 1979	15–35 kg	5475–12775 kg	12 mois	Pakistan
KNOESS, 1979	8,10 kg	2920–3650 kg	12 mois	Pakistan
YAGIL, 1982	4 kg	-	12 mois	Algérie
YAGIL, 1982	7,5 kg	3300 kg	16-17 mois	Chine
YAGIL, 1982	5,13 kg	1900-2600 kg	12-18 mois	Ethiopie
YAGIL, 1982	3,5-4,5 kg	1600-2000 kg	-	Egypte

<b>Auteurs</b>	<b>rendement journalière</b>	<b>rendement de lactation</b>	<b>Durée de la lactation</b>	<b>Pays</b>
YAGIL, 1982	-	1500-4000 litres	-	Egypte
YAGIL, 1982	6,8 kg	2430-4914 kg	18 mois	Inde
YAGIL, 1982	4-5 kg	-	11-16 mois	Kenya
YAGIL, 1982	8,3-10 kg	2700-4000 kg	9-16 mois	Libye
YAGIL, 1982	8,1 kg	2920-3650 kg	12 mois	Pakistan
YAGIL, 1982	5 kg	1950 kg	13 mois	Somali
YAGIL, 1982	8,1 kg	4388 kg	-	URSS
YAGIL, 1982	-	1350-3600 litres	-	Pakistan
DESSALEGNE, 1985	-	1045 litres	430 jours	Somali
RICHARD et GERARD, 1985	-	1123 litres	12 mois	Ethiopie
KHANNA, 1986	-	2000-6000 litres	-	Inde
MARTINEZ, 1989	3,1-4,3 litres	684 litres	6 mois	Mauritanie
GANDA et BURON, 1992	-	2280 litres	12 mois	Tchad
KAMOUN, 1995	-	942-3300 litres	190-404 jours	Tunisie
SALEY et STEINMETZ, 1998	-	1760-2400 litres	Lactation annuelle	Niger
KARUE, 1998	-	1614-2151 litres	-	Somali
KHANNA <i>et al.</i> , 1998	5.5 litres	1655 litres	-	Inde
FARAH, 2004	4 kg	-	9-16 mois	Algérie
FARAH, 2004	4 kg	-	9-16 mois	Tunisie
FARAH <i>et al.</i> , 2007	3-10 kg	-	12-18 mois	Somali
QUANDIL et OUDAR, 1984	-	2000 litres	-	Emirats Arabe Unis

#### 1.2.4. Facteurs de variation de la production laitière

Les facteurs de variation de la production sont bien sûr les mêmes que pour les autres espèces et on dispose sur ces aspects de quelques éléments d'analyse (génétique, qualité et quantité de l'alimentation disponible, conditions climatiques, fréquence de la traite, rang de mise bas, état sanitaire) (FAYE, 2004).

##### 1.2.4.1. Influence des facteurs nutritionnels

Les facteurs nutritionnels influencent la production laitière, les régimes alimentaires riches en fourrages verts renfermant de la luzerne, du mélilot ou du chou accroissent sensiblement la quantité de lait produit (RAMET, 1993).

La réponse des chamelles à une alimentation améliorée est plutôt très bonne du point de vue de la production (FAYE *et al.*, 1995).

La déshydratation n'a pas d'effets notables sur la production du lait. La déshydratation n'affecte pas le niveau de la production laitière chez la chamelle alors qu'elle le diminue chez la chèvre et la vache (NARJISSE, 1989).

##### 1.2.4.2. Influence du stade de lactation

Le stade de lactation est aussi prépondérant. En effet, une fluctuation de la production laitière est observée entre le début et la fin de la lactation. La plus grande partie du lait est produite durant les sept premiers mois (SIBOUKEUR, 2007).

##### 1.2.4.3. Influence des conditions climatiques

La variabilité saisonnière du disponible fourrager, associée aux facteurs strictement climatiques (chaleur, aridité), joue évidemment sur les performances laitières de la chamelle.

La différence selon la saison de mise bas des jeunes (élément essentiel pour déclencher la production) peut jouer sur plus de 50 pour cent de la production : les performances laitières sont plus faibles en fin de saison sèche qu'en saison des pluies (FAYE, 2004).

##### 1.2.4.4. Influence de la fréquence et du rang de la traite

En règle générale, la production laitière augmente avec la fréquence de traites. Le passage de deux à trois traites par jour augmente la production journalière de 28,5% et celui de trois à quatre traites n'augmente la production que de 12,5% (KAMOUN, 1995).

La quantité et la qualité du lait évoluent avec le rang de la traite. Les quantités produites sont différentes d'une traite à l'autre, la traite du matin donne plus de lait, mais ce lait est pauvre en matière grasse et par conséquent plus dense que celui des deux autres traites (KAMOUN, 1995).

#### 1.2.4.5. Influence du rang de mise bas

Les chamelles qui mettent bas durant la saison d'abondance pastorale donnent un rendement laitier plus intéressant et plus stable que celles qui mettent bas durant la saison sèche. Ce facteur est reconnu par les éleveurs et l'utilisent pour leurs élevages et les activités de la sélection (OULD AHMED, 2009).

#### 1.2.4.6. Influence du statut sanitaire

La plupart des troubles parasitaires (trypanosomiase, parasitisme gastro-intestinal, parasitisme externe) interfèrent avec la production. En milieu pastoral, l'utilisation d'intrants vétérinaires classiques destinés à la prévention contre les maladies parasitaires permet d'augmenter la production laitière des chamelles de plus de 65 pour cent (FAYE, 2004).

#### 1.2.4.7. Influence génétique liée à la race

Concernant l'effet de race, il est rapporté une production annuelle moyenne 2,6 fois plus élevée chez les races asiatiques que chez celles provenant du continent africain (BEN-AISSA, 1989).

Parmi les races africaines, nous pouvons citer à titre d'exemple la race Hoor (somalienne) capable de produire en moyenne 8 litres par jour pour une lactation de 8 à 16 mois. Les races asiatiques, Malhah et Wadhah peuvent produire, respectivement jusqu'à 18,3 et 14 kg de lait par jour. BEN-AISSA (1989) et SIBOUKEUR (2007) notent que les populations camelines algériennes, (population Sahraoui, en l'occurrence) peuvent être considérées comme bonnes laitières (environ 6 à 9 l/j) vu la pauvreté de leur alimentation.

### 1.3. Caractéristiques du lait de chamelle

#### 1.3.1. Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques

Le lait de chamelle est généralement blanc opaque (YAGIL, 1982 ; FARAH, 2004 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; MAL et PATHAK, 2010) et est d'un aspect moins visqueux que le lait de vache (KAMOOUN, 1990 ; SBOUI *et al.*, 2009). Il a une saveur douce (FARAH, 2004), sucré (YAGIL, 1982 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; EL IMAM ABDALLA, 2012) et forte (YAGIL, 1982 ; FARAH, 2004), avec un goût légèrement salé (YAGIL, 1982 ; FARAH, 2004 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; MAL et PATHAK, 2010 ; EL IMAM ABDALLA, 2012 ; PRAJAPATI *et al.*, 2012). Les changements dans le goût sont principalement causés par la nature du fourrage et de la disponibilité de l'eau potable (FARAH, 2004 ; SIBOUKEUR, 2007 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; EL IMAM ABDALLA, 2012).

Le lait de chamelle est mousseux quand on le secoue légèrement (YAGIL, 1982 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010) car il renferme des quantités plus importantes de composant 3

des protéose-peptones par rapport au lait de référence. Cette glycoprotéine lactosérique native est un bon agent tensioactif (SIBOUKEUR, 2007).

La densité moyenne de lait de chamelle est 1.029 g /cm<sup>3</sup>. Il est moins visqueux que le lait de vache (AL HAJ et AL KANHAL, 2010), alors que sa viscosité à 20°C est de 1,72 mPa.s et elle est toutefois inférieure à celle du lait de vache dans les mêmes conditions et qui est 2,04 mPa.s (KHEROUATOU *et al.*, 2003).

La valeur de pH du lait de chamelle est entre 6,57 et 6,97 (KHASKHELI *et al.*, 2005). Le lait de dromadaire a une acidité Dornic plus faible que les autres espèces (FAYE *et al.*, 2008). Son acidité moyenne en degré Dornic est 14.66 ° D (GHENNAM *et al.*, 2007).

Le point de congélation du lait de chamelle s'est avéré entre -0,57 °C et -0,61 °C (WANGO, 1997 ; KAPPELER, 1998). Elle est inférieure au point de congélation du lait de vache, qui se situe entre -0,51 °C et -0,56 °C. Une plus grande concentration de sel et de lactose dans le lait de chamelle par rapport au lait de vache, peut-être contribué à ce résultat (KAPPELER, 1998).

### 1.3.2. Composition chimique du lait de chamelle

Le dromadaire joue un rôle majeur dans l'approvisionnement des habitants du désert avec du lait de bonne qualité nutritionnelle dans des conditions extrêmement hostiles de la température, de la sécheresse et du manque de pâturages. Le lait de chamelle contient tous les nutriments essentiels présents dans le lait de vache (FARAH et ATKINS, 1992 ; SALMEN *et al.*, 2012). Il représente aussi un aliment essentiel et suffisant pour le chameau pendant ses premiers stades de développement (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

La composition du lait de chamelle a été étudiée dans différentes parties du monde (tableau III) et les données de la littérature ont montré une large gamme de variations dans la composition du lait de chamelle, en raison de divers facteurs saisonniers et de l'environnement ainsi que le stade de lactation, l'âge et le nombre de vêlages (YAGIL, 1982 ; KHASKHELI *et al.*, 2005). En outre, l'alimentation et la qualité de l'eau et sa quantité disponible pour les animaux jouent également un rôle important (KHASKHELI *et al.*, 2005) et même les différences génétiques aussi (EREIFEJ *et al.*, 2011).

Par ailleurs KONUSPAYEVA *et al.* (2009) ont montré l'effet de l'origine géographique sur la composition du lait de chamelle.

HADDADIN *et al.* (2008) dans leur étude ont trouvé que tous les composants sauf le lactose atteignaient leur maximum au mi-hiver et étaient les plus faibles en été. Par exemple, les solides totaux étaient de 139 g/l en Janvier, et 102 g/l en Août (raison de la disponibilité de l'eau potable).

Les principales composantes du lait de chamelle sont relativement proches de celle de lait de vache (tableau IV).

### 1.3.2.1. Fraction azotée

La teneur moyenne en caséine et en protéines lactosériques dans le lait de chamelle varient entre 1,9 et 2,3% et entre 0,7 et 1,0% respectivement (FARAH, 1996 et 2011). Les valeurs en azote caséinique, en azote des protéines lactosériques et en azote non protéique, exprimées en pourcentage de l'azote total, sont respectivement comprises entre 71% et 76%, 17% et 23% et 4,6% et 5,8 % (FARAH, 1996).

Les valeurs (tableau V) indiquent généralement que les distributions de protéines et de fractions azotées dans le lait de chamelle sont presque similaires à celles du lait de vache (FARAH, 1996). Le lait de chamelle, cependant, semble contenir une quantité un peu plus élevée en azote non protéique que le lait de vache (FARAH, 1996 ; KAPPELER, 1998).

#### 1.3.2.1.1. Azote non protéique

Sa teneur est plus élevée que celle retrouvée dans le lait de vache (FARAH, 1996 ; KAPPELER, 1998).

Cette fraction est caractérisée par une haute valeur biologique qui est due à sa richesse en urée, acides aminés libres, créatine (SIBOUKEUR, 2007 ; FAYE *et al.*, 2010 ; BOUDJENAH, 2012), nucléotides, certains précurseurs de vitamines ainsi que des peptides, de l'acide urique, de la taurine (SIBOUKEUR, 2007 ; BOUDJENAH, 2012), de la créatinine (BOUDJENAH, 2012), de l'acide hippurique et de l'ammoniac (FAYE *et al.*, 2010)...etc.

#### 1.3.2.1.2. Azote protéique

Le lait de chamelle est une source importante de protéines et d'énergie pour les habitants du désert car il contient tous les acides aminés essentiels (AZZA *et al.*, 2007).

La teneur totale en protéines du lait de chamelle est semblable à celles du lait de vache (YAGIL, 1982 ; KAPPELER, 1998). Les valeurs sont dans la gamme de 27 g/l à 40 g/l et le rapport de protéines de lactosérum à la caséine est d'environ 0,4 et donc plus élevée que dans le lait de vache qui est d'environ 0,2 (KAPPELER, 1998).

Comme le lait des autres espèces, on peut privilégier deux fractions des protéines dans le lait de chamelle et qui peuvent être distinguées selon leur solubilité en milieu acide (les caséines et les protéines du lactosérum). D'après WANGOH *et al.* (1998 a), les caséines précipitent à leur pH isoélectrique qui est d'environ 4,3 alors que les protéines du lactosérum restent solubles dans cette zone de pH.

Tableau III : Compositions du lait de dromadaire en pourcentage selon différents auteurs (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010)

N	Référence	MG	PT	L	MS	Cendre	Pays
1	BARTHE (1905)	5.38	2.98	3.26	12.39	0.70	Indéterminé
2	LEESE (1927)	2.90	3.70	5.80	13.00	0.60	Afrique de l'Est
3	DAVIES (1939)	3.07	4.00	5.60	13.47	0.80	Indéterminé
4	LAMPERT (1947)	3.02	3.60	5.20	12.42	0.70	Indéterminé
5	KHERSAKOV (1953)	4.47	3.50	5.00	13.67	0.70	URSS
6	YASIN et WAHID (1957)	2.90	3.70	5.80	13.30	0.70	Pakistan
7	OHRI et JOSHI (1961)	3.78	3.95	4.88	13.57	0.95	Inde
8	EL-BAHAY (1962)	3.80	3.50	3.90	12.00	0.80	Egypte
9	SINGH (1966)	2.90	3.90	5.40	13.00	0.80	Inde
10	DAVIES (1963)	3.00	3.90	5.50	13.20	0.80	Egypte
11	KHAN et APPANA (1965)	3.08	3.80	5.40	12.98	0.70	Inde
12	JENNESS et SLOAN (1969)	4.50	3.60	5.00	13.10	0.70	Indéterminé
13	KON et COWIE (1972)	4.20	3.70	4.10	12.80	0.80	Pakistan
14	ATHERTON et NEWLANDER (1977)	5.38	2.98	3.26	11.62	0.70	Arabie Saoudite
15	KNOESS (1977)	5.50	4.50	3.40	14.30	0.90	Ethiopie
16	KNOESS (1979)	4.30	4.60	4.60	14.10	0.60	Ethiopie
17	ELAMIN (1980)	4.00	3.60	-	-	0.80	Soudan
18	MUKASA-MUGERWA (1981)	4.33	4.02	4.21	13.36	0.79	Arabie Saoudite
19	DASAI <i>et al.</i> (1982)	3.20	2.70	4.20	9.80	0.60	Indéterminé
20	EL-AGAMY (1983)	2.90	3.70	5.80	13.10	0.70	Egypte
21	SAWAYA <i>et al.</i> (1984)	3.60	2.95	4.40	11.74	0.79	Arabie Saoudite
22	KNOESS <i>et al.</i> (1986)	5.50	4.50	3.40	14.40	0.90	Egypte
23	GNAN et SHERIDA (1986)	3.30	3.30	5.61	13.03	0.82	Lybie
24	ABDEL-RAHIM (1987)	3.20	4.00	4.80	13.40	0.70	Pakistan
25	ABU-LEHIA (1987)	3.31	2.68	4.67	11.29	0.80	Arabie Saoudite
26	BACHMANN et SCHULTHESS (1987)	4.60	-	-	15.40	-	Kenya (Somali)
27	BACHMANN et SCHULTHESS (1987)	3.60	-	-	11.20	-	Kenya (Rendille)
28	HASSAN <i>et al.</i> (1987)	3.50	2.50	3.90	11.00	0.80	Afrique de l'Est
29	HJORT AF ORNAS (1988)	5.40	3.00	3.30	13.70	0.70	Somalie
30	JARDALI (1988)	3.70	3.45	4.62	12.63	0.74	Afrique de l'Est
31	ELLOUZE et KAMOUN (1989)	3.55	2.29	4.69	11.40	0.90	Tunisie
32	ABU-LEHIA <i>et al.</i> (1989)	3.80	4.00	5.50	14.20	0.80	Afrique de l'Est
33	FARAH et RÜEGG (1989)	3.15	3.11	5.24	12.20	0.80	Kenya
34	MEHAIA et AL-KAHNAL (1989)	3.24	3.35	4.52	11.91	0.80	Arabie Saoudite
35	MOHAMED <i>et al.</i> (1989)	4.60	3.30	-	13.00	0.60	Somalie
36	TAHA et KEILWEIN (1989)	5.22	3.19	5.00	14.50	0.80	Egypte
37	ABU-LEHIA (1990)	3.83	-	4.00	13.66	0.85	Arabie Saoudite
38	BAYOUMI (1990)	3.60	3.27	5.53	13.20	0.80	Egypte
39	GRAN <i>et al.</i> (1990)	2.58	2.15	4.83	-	-	Lybie
40	ELAMIN et WILCOX (1992)	3.15	2.81	4.16	10.95	0.83	Arabie Saoudite
41	FARAG et KABARY (1992)	3.90	3.10	4.47	12.36	0.80	Egypte
42	MEHAIA (1993)	3.50	2.80	4.60	11.69	0.79	Arabie Saoudite

N	Référence	M.G.	P.T.	L.	M.S.	Cendre	Pays
43	MEHAIA <i>et al.</i> (1995)	2.85	2.52	4.46	10.63	0.80	Arabie Saoudite (Hamra)
44	MEHAIA <i>et al.</i> (1995)	2.46	2.36	4.44	10.07	0.81	Arabie Saoudite (Wadah)
45	MEHAIA <i>et al.</i> (1995)	3.22	2.91	4.43	11.35	0.79	Arabie Saoudite (Majaheim)
46	MEHAIA (1996)	0.28	3.22	4.45	8.64	0.69	Arabie Saoudite
47	FIELD <i>et al.</i> (1997)	5.70	3.00	2.40	-	0.80	Kenya
48	ABU-LEHIA (1998)	3.20	3.20	4.95	12.15	-	Jordanie
49	EL-AGAMY <i>et al.</i> (1998)	3.95	3.26	4.74	12.80	0.85	Egypte
50	GNAN <i>et al.</i> (1998)	2.58	2.15	4.83	-	-	Lybie
51	INDRA et ERDENEBAATAR (1998)	6.40	4.80	4.70	-	0.80	Mongolie
52	KAMOUN (1998)	3.76	3.43		12.13	0.81	Tunisie
53	KARUE (1998)	5.60	3.42	3.65	12.14	0.86	Kenya
54	LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1998)	4.60	3.00	-	13.10	0.60	Somalie
55	MEHAIA (1998)	3.90	2.54	4.71	11.94	0.79	Arabie Saoudite
56	RAMDAOUI AND OBAD (1998)	2.74	3.36	4.19	11.14	0.86	Maroc
57	WANGOH <i>et al.</i> (1998)	4.20	3.08	4.18	12.66	0.79	Kenya (Somali)
58	WANGOH <i>et al.</i> (1998)	4.81	3.31	4.28	13.44	0.83	Kenya (Turkana)
59	WANGOH <i>et al.</i> (1998)	4.29	3.13	4.05	12.45	0.82	Kenya (S x T)
60	ZHAO (1998)	4.15	3.45	4.55	8.85	0.70	China (Dromadaire)
61	ZIA-UR-RAHMAN et STRATEN (1998)	5.22	2.68	4.30	10.40	0.73	Pakistan I
62	ZIA-UR-RAHMAN et STRATEN (1998)	3.50	4.00	3.26	13.30	0.83	Pakistan II
63	ZIA-UR-RAHMAN et STRATEN (1998)	4.50	3.00	4.10	11.10	0.78	Pakistan III
64	DELL'ORTO <i>et al.</i> (2000)	2.56	3.19	-	-	-	Indéterminé
65	GULIYE <i>et al.</i> (2000)	3.39	2.79	4.81	11.50	0.77	Kenya
66	SERIKABEVA et TOKTAMYSOVA (2000)	5.17	4.45	4.82	15.51	0.68	Kazakhstan
67	ATTIA <i>et al.</i> (2001)	1.20	2.81	5.40	9.61	0.99	Tunisie
68	INDRA (2003)	4.47	3.53	4.95	13.64	0.70	Mongolie (Dromadaire)
69	WERNERY (2003)	3.50	3.35	4.75	10.75	-	Émirats arabes unis
70	RAGHVENDAR <i>et al.</i> (2004)	2.30	2.3	4.05	9.50	-	Inde
71	KOUNIBA <i>et al.</i> (2005)	2.65	3.25	4.05	10.80	0.83	Maroc
72	EL-HATMI <i>et al.</i> (2006)	3.00	3.1	4.20	-	1.05	Tunisie
73	ABDOUN <i>et al.</i> (2007)	3.26	3.50	3.60	11.03	0.67	Soudan
74	KAMAL, <i>et al.</i> (2007)	3.78	3.30	5.85	15.06	0.70	Egypte
75	HADDADIN <i>et al.</i> (2008)	2.95	2.69	3.92	12.30	0.82	Jordanie
76	SHUIEP <i>et al.</i> (2008)	2.64	2.93	3.12	9.56	0.73	Est de Soudan
77	SHUIEP <i>et al.</i> (2008)	2.85	2.94	2.90	9.41	0.73	Ouest de Soudan
78	BAKHEIT <i>et al.</i> (2008)	3.40	3.40	3.60	10.90	0.80	Nord de Soudan
79	OMER et ELTINAY. (2009)	2.35	2.06	4.41	9.78	0.94	Soudan (différentes zones)

M.G. : matière grasse. P.T. : protéine totale. L. : lactose. M.S. : matière sèche. (-) : valeur non déterminée

**Tableau IV : Composition biochimique du lait de chamelle, en comparaison avec celle du lait de vache (KAPPELER, 1998)**

	Lait de chamelle	Lait de vache		Lait de chamelle	Lait de vache
<b>Protéine, g/l</b>	27-40	27-47	<b>Vitamines, mg/kg</b>		
<b>Lipide, g/l</b>	32-38	moyenne 38	Acide ascorbique (C)	24-36	3-23
<b>Lactose, g/l</b>	39-56	moyenne 47	Cobalamine (B <sub>12</sub> )	0,002	0,002-0,007
<b>Minéraux, mg/l</b>			Acide Folique (B <sub>9</sub> )	0,004	0,01-0,10
Calcium	1060-1570	1000-1400	Niacine (B <sub>3</sub> )	4,6	0,5-0,8
Cuivre	1,3-1,8	0,1-0,2	Acide Pantothénique (B <sub>5</sub> )	0,88	2,6-4,9
Phosphate Inorganique	580-1040	650-1100	Pyridoxine (B <sub>6</sub> )	0,52	0,40-0,63
Fer	1,3-2,5	0,3-0,8	Rétinol (A)	0,10-0,15	0,17-0,38
Potassium	600-2100	1350-1550	Riboflavine (B <sub>2</sub> )	0,42-0,80	1,2-2,0
Magnésium	75-160	100-150	Thiamine (B <sub>1</sub> )	0,33-0,60	0,28-0,90
Manganèse	0,08-0,2	0,04-0,2	Tocophérol (E)	0,53	0,2-1,0
Sodium	360-620	350-600	<b>Solides totaux, g/l</b>	10-11,5	12,5
Zinc	4,0-5,0	3,5-5,5			

#### 1.3.2.1.2.1. Caséines

Les caséines sont les principales protéines dans le lait de chamelle. Le lait de dromadaire contient à peu près 1,63 à 2,76 % des caséines qui représentent environ 52 à 87 % des protéines totales (MEHAIA *et al.*, 1995 ; KHASKHELI *et al.*, 2005 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010). La caséine  $\beta$  est la principale fraction caséinique (65%) du lait de chamelle suivie de la caséine  $\alpha_{S1}$  (21%) , contre 36% et 38% respectivement dans le lait de vache, (AL HAJ et AL KANHAL, 2010). Le lait de chamelle est similaire au lait humain en ce qui concerne ce pourcentage élevé en caséine  $\beta$ , ce qui pourrait refléter son taux de digestibilité plus élevé et une plus faible incidence allergique dans l'intestin des nourrissons que le lait bovin ; la caséine  $\beta$  est plus sensible à l'hydrolyse peptidique que la caséine  $\alpha_S$  (EL-AGAMY *et al.*, 2009 ; El HATMI *et al.*, 2012). La caséine  $\kappa$  représente seulement 3,47% de la caséine caméline totale (KAPPELER *et al.*, 2003), contre 13% dans le lait bovin (AL HAJ et AL KANHAL, 2010). La caséine  $\kappa$  du lait de chamelle possède un site différent pour l'hydrolyse par la chymosine en comparaison avec celle du lait bovin. La chymosine est connue pour hydrolyser la caséine  $\kappa$  du lait bovin au niveau de la liaison Phe<sub>105</sub>-Met<sub>106</sub>, tandis que son site d'action sur la caséine  $\kappa$  caméline est Phe<sub>97</sub>-Ile<sub>98</sub> (figure 3) (KAPPELER *et al.*, 1998 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010). En outre, il a été signalé que la caséine  $\kappa$  du lait de chamelle contient dans sa séquence un résidu proline supplémentaire (Pro<sub>95</sub>) (figure 3). Ce résidu proline supplémentaire joue probablement un rôle important dans la stabilité de la caséine  $\kappa$

cameline par rapport à celle bovine (KAPPELER *et al.*, 1998 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

**Tableau V : Distribution des fractions azotées du lait de chamelle en comparaison avec celles du lait de vache (FARAH, 1996)**

Caséine	Protéines lactosériques	CN	WPN	NPN	Reference
g/100 g du lait		% du lait			Lait camelin
2,2	0,8	74	21	4,6	URBISIMOV <i>et al.</i> (1983)
1,9	0,9	74	22	6,2	ABU-LEHIA (1987)
2,1	0,7	76	17	6,7	FARAH <i>et al.</i> (1989)
2,3	1,0	71	23	5,8	BAOYUMI (1990)
2,3-3,8	0,5-0,9	72-78	17-22	4,7-5,5	Lait de vache (FARAH, 1996)

CN : azote caséinique. WPN : azote des protéines lactosériques. NPN : azote non protéique.

Chamelle Arg<sup>90</sup>-Pro-Arg-Pro-Arg-Pro-Ser-Phe-Ile-Ala-Ile-Pro-Pro-Lys-Lys<sup>104</sup>  
 Vache His<sup>98</sup>-Pro-His-Pro-His-Leu-Ser-Phe-Met-Ala-Ile-Pro-Pro-Lys-Lys<sup>112</sup>

**Figure 3 : Comparaison des régions sensible à l'hydrolyse de la chymosine sur les deux séquences, caméline et bovine, de la caséine  $\kappa$ . Les résidus conservés sont en gris (KAPPELER *et al.*, 1998)**

**A) Différentes types de caséines****a)  $\alpha_{S1}$  Cn**

Elle contient 207 acides aminés avec un poids moléculaire de 25,773 kDa et un pH isoélectrique de 4,4 (KAPPELER *et al.*, 1998).

**b)  $\alpha_{S2}$  Cn**

Cette fraction est présente dans le lait de chamelle à une moyenne de 2,6 g/l (AL-ALAWI et LALEYE, 2011). La structure primaire contient 178 résidus d'acides aminés dont 11 résidus de sérine phosphorylés et deux résidus cystéine font un pont disulfure. Le poids moléculaire de cette fraction est d'environ 21,266 kDa, alors que son pH isoélectrique est 4,58 (KAPPELER *et al.*, 1998).

**c)  $\beta$  Cn**

La  $\beta$ -caséine est constituée de 217 acides aminés avec un poids moléculaire de 28.6 kDa d'après MOHAMED (1993) cité par AL HAJ et AL KANHAL (2010), cette valeur est nettement plus élevée que celles rapportées par KAPPELER *et al.* (1998) qui est 24,651 kDa pour la caséine  $\beta$  caméline et EIGEL *et al.* (1984) qui est 24 kDa pour la caséine  $\beta$  bovine. Son point isoélectrique est à pH 4,76 (KAPPELER *et al.*, 1998).

**d)  $\kappa$  Cn**

Certes, la caséine la plus étudiée en raison de son rôle dans la coagulation du lait par la présure (CAYOT et LORIENT, 1998 ; FILION, 2006), de son importance dans la stabilité de la micelle et de son intérêt en transformation laitière. Elle se différencie des autres caséines par sa grande sensibilité à la chymosine, son peu d'affinité pour le calcium et la présence de résidus glucidiques (FILION, 2006). La  $\kappa$ -caséine du lait de chamelle est composée de 162 acides aminés avec un pH isoélectrique de 4,11 et une masse moléculaire de 18,254 kDa (KAPPELER *et al.*, 1998).

**B) Micelle caséinique**

L'aspect, la distribution et le diamètre des micelles de caséines des laits ont été étudiés par microscopie électronique (figure 4). La microscopie électronique à balayage sur le lait camelin a montré une organisation similaire à celle du lait de vache avec des formes sphériques et des tailles variables. Ainsi, le modèle de la micelle bovine qui est une structure composée de l'assemblage de submicelles peut être extrapolé au lait camelin (FARAH et RÜEGG, 1989). Cependant, les différences les plus notables entre ces deux laits concernent les dimensions des micelles. La taille moyenne des micelles camélines est nettement plus grande (FARAH et RÜEGG, 1989 ; RAMET, 2001 ; AL-ALAWI et LALEYE, 2011). Le diamètre moyen des micelles du lait de chamelle a été retrouvé à environ le double de celui du

lait de vache, 320 nm et 160 nm respectivement, (RAMET, 2001), alors que FARAH et RÜEGG en 1989 ont observé que les diamètres des micelles de caséines camélines sont entre 260 et 300 nm.

Certaines différences concernant la charge minérale des micelles ont également été remarquées (BORNAZ *et al.*, 2009). Par conséquent, il est à noter que le diamètre moyen des micelles de caséine est étroitement liée à la fraction de Ca / Caséine (figure 5) (BORNAZ *et al.*, 2009). D'après BRULE *et al.* (2000), cité par BORNAZ *et al.* (2009), il a été établi que les grandes micelles sont plus riches en phosphate de calcium alors que les petites micelles sont plus riches en  $\kappa$ -caséine.

### a) Structure

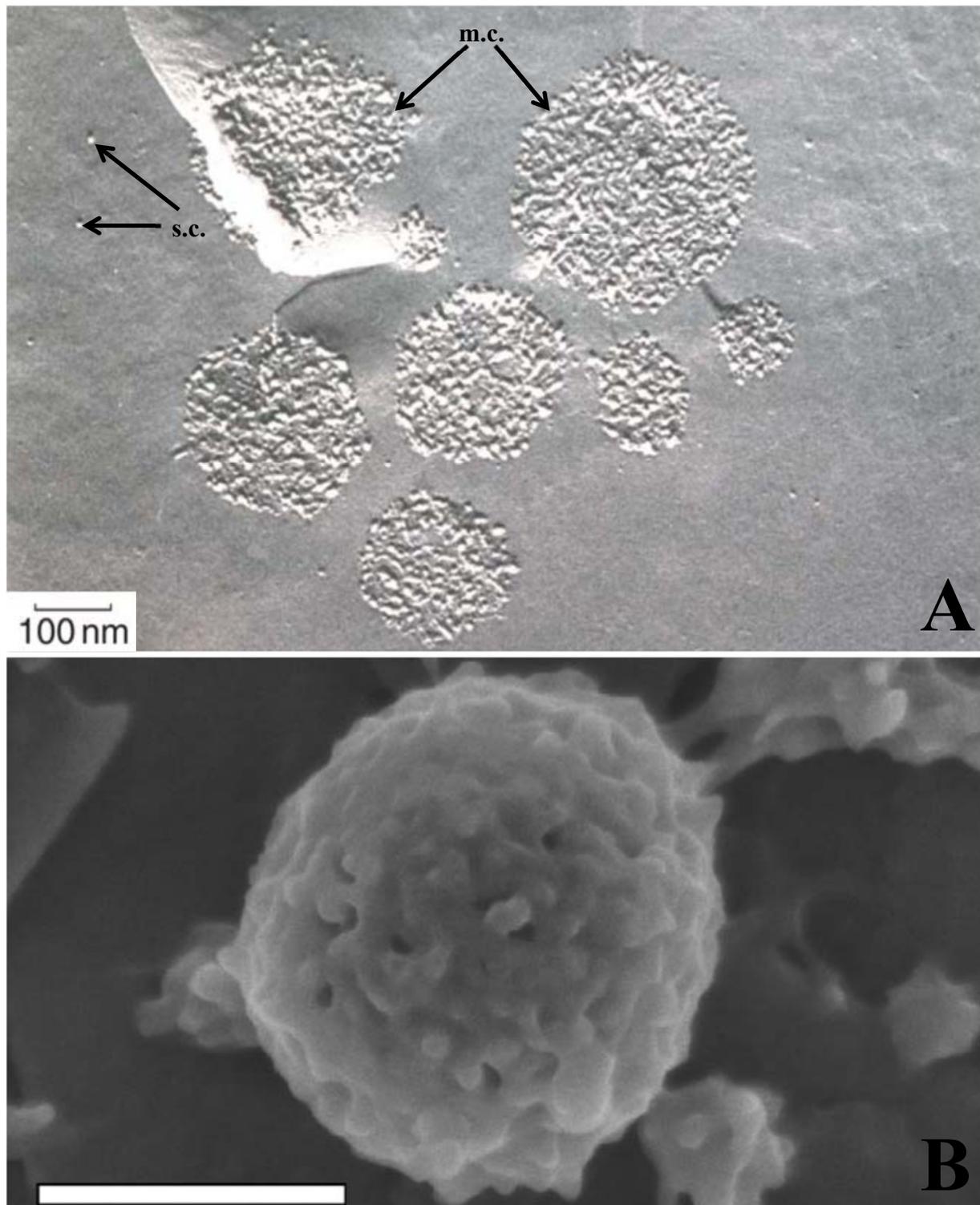
Les micelles de caséine sont de particules colloïdales passablement stables. Elles peuvent être déstabilisées en agrégat en utilisant l'une de ces quatre principales façons : l'utilisation d'enzymes protéolytiques, les conditions acides, les traitements de chaleur et la gélification causée par le vieillissement. Toutefois, la structure exacte de la micelle de caséine fait encore l'objet de spéculations. Il existe plusieurs modèles de micelles de caséines dont le plus répandu est le modèle avec sous-unités (submicelles) de Schmidt (1982) (figure 6). Cependant, le modèle « à dualité des liens » de Horne (1998) (figure 7) tend à vouloir s'imposer chez certains (FILION, 2006).

Dans le modèle avec sous-unités suggère que les sous-unités n'étaient pas toutes de même composition mais que certaines étaient plus riches en  $\kappa$ -CN et étaient situées en surface de la micelle. Finalement, Schmidt (1982) précisa que les sous-micelles étaient reliées par des agrégats de  $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$  (AMIOT *et al.*, 2002 ; FILION, 2006).

Dans le modèle actuel, les micelles sont en fait composées de sous-unités comprenant de 10 à 100 molécules de caséines et nommées sous-micelles (submicelles) (FILION, 2006). Les sous-micelles sont reliées entre elles par des ponts phosphate de calcium. La composition des sous-micelles au centre et en périphérie est différente. En effet, les caséines  $\beta$  et  $\alpha_{S1}$  sont plus présentes au centre de la micelle et forment le cœur hydrophobe alors que la partie externe, davantage hydrophile, est formée de caséine  $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$  et  $\kappa$  (AMIOT *et al.*, 2002).

### b) Composition

La micelle de caséine renferme principalement les caséines ( $\alpha_{S1}$ ,  $\alpha_{S2}$ ,  $\beta$  et  $\kappa$ ) qui ont l'importante caractéristique d'être subies des modifications post-traductionnelles, aboutissant à la phosphorylation de résidus séryl et rarement thréonyl, les caséines sont alors des phosphoprotéines (PHADUNGATH, 2005). En plus des différentes caséines il y a aussi de citrate (30,9 mg/g de caséines), de phosphate (18,7 mg/g), de calcium (42,6 mg/g), de



**Figure 4 : Micelles de caséines :**

(A) : Cryofracture des micelles caséiniques dans le lait de chamelle observée sous microscope électronique à balayage. (m.c.) micelles de caséines, (s.c.) submicelles de caséines (FARAH et RÜEGG, 1989)

(B) : Micrographie électronique d'une micelle des caséines bovines réalisée par microscope électronique à balayage à émission de champ. Barre d'échelle =200nm (DALGLEISH *et al.*, 2004)

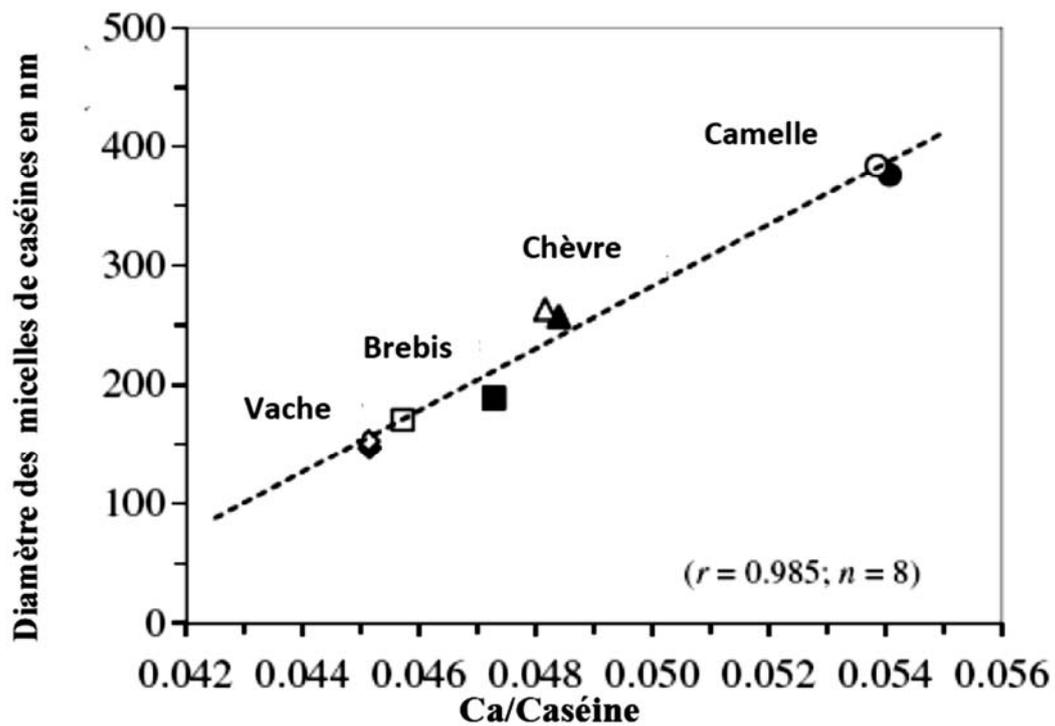


Figure 5 : Relation entre les diamètres des micelles de caséines et la fraction Ca/Caséine (BORNAZ *et al.*, 2009)

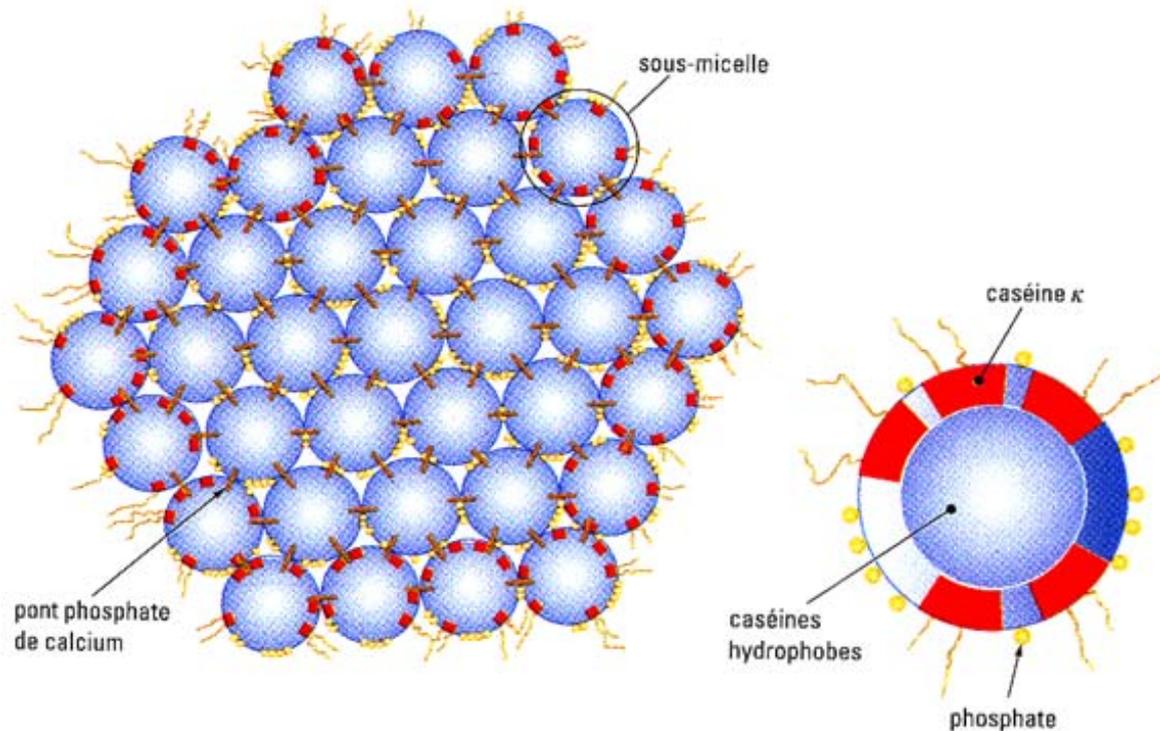


Figure 6 : Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (submicelles) (AMIOT *et al.*, 2002)

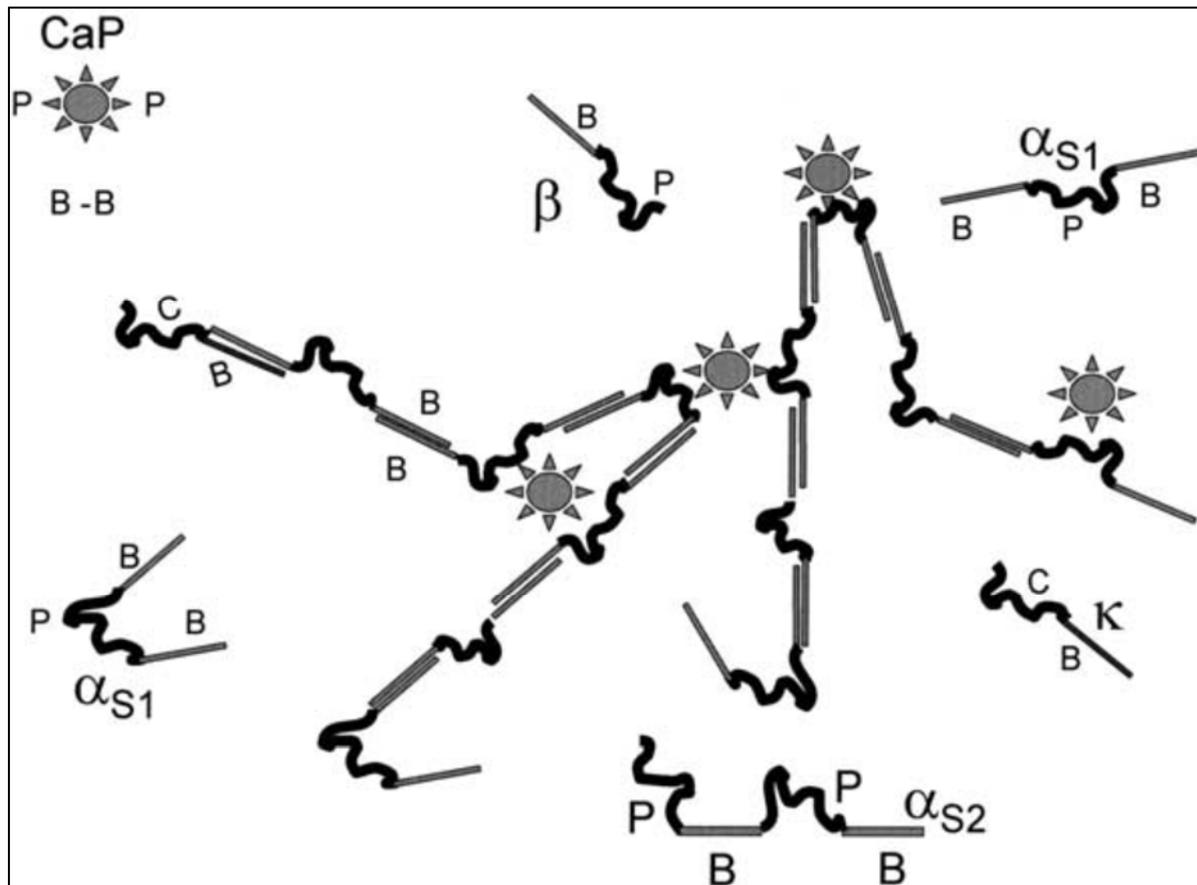


Figure 7 : Structure de la micelle selon le modèle à dualité des liens (HORNE, 2003)

**B** : région hydrophobe. **P** : région hydrophile avec un groupe phosphorylé.

**C** : région hydrophile de la k-caséine. **CaP** : pont phosphate de calcium.

magnésium (3 mg/g), de potassium (1,6 mg/g) et de sodium (1,1 mg/g) (ATTIA *et al.*, 2000). A côté de tous cela la micelle contient du lactosérum enchâssé et les enzymes lipase et plasmine (FILION, 2006).

#### 1.3.2.1.2.2. Protéines du lactosérum

Les protéines de lactosérum sont la deuxième composante principale des protéines de lait camelin, elles constituent 20 à 25% des protéines totales. La teneur en protéines lactosériques dans le lait de chamelle se fluctue entre 0,9 à 1,0 % de la composition globale du lait et elle est plus importante que celle du lait de vache, avec 0,7-0,8 % (AL-ALAWI et LALEYE, 2011). Près de 90% des protéines de lactosérum est constitué de : l'α-Lactalbumine, le sérum albumine, les immunoglobulines et la Lactophorine, le reste étant des protéines mineures telles que les protéines de reconnaissance du peptidoglycane (PGRPs), la Lactoferrine, le Lysozyme, les Protéose-peptones, la Lactoperoxydase (EL-AGAMY *et al.*, 1996 ; KAPPELER *et al.*, 1999 ; EL-AGAMY, 2000 ; MERIN *et al.*, 2001 ; KAPPELER *et*

*al.*, 2004 ; EL-HATMI *et al.*, 2007 ; AL-ALAWI et LALEYE, 2011 ; FARAH, 2011 ; EL-HATMI *et al.*, 2012).

La composition en protéines lactosériques du lait camelin est différente de celle du lactosérum du lait bovin, où le lait de chamelle semble déficient en  $\beta$ -Lactoglobuline (FARAH, 1986 ; FARAH et ATKINS, 1992 ; KAPPELER *et al.*, 1998 ; EL-AGAMY, 2000 ; KAPPELER *et al.*, 2003 ; MERIN *et al.*, 2001 ; SIBOUKEUR, 2007 ; LALEYE *et al.*, 2008), comme c'est le cas du lait humain (SALAMI *et al.*, 2008 ; EL-AGAMY *et al.*, 2009 ; EL-HATMI *et al.*, 2012). Cette protéine a été signalée comme étant l'une des principales sources d'allergie du nourrisson, ce qui limite l'utilisation du lait de vache pour la préparation du lait maternisé (UCHIDA *et al.*, 1996 ; SALAMI *et al.*, 2008 ; EL-HATMI *et al.*, 2012). L' $\alpha$ -Lactalbumine est la principale composante de la fraction protéinique du lactosérum camelin. A l'opposé, la  $\beta$ -Lactoglobuline représente la composante principale (50%) des protéines lactosériques bovines, suivie par l' $\alpha$ -Lactalbumine (25%) (AMIOT *et al.*, 2002 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

Le lactosérum de chamelle est de couleur blanche (AL HAJ et AL KANHAL, 2010), celui de la vache est verdâtre. Ceci est attribué à la concentration accrue des petites particules de caséines et des globules gras dans le lactosérum du lait de chamelle (AL HAJ et AL KANHAL, 2010), ou peut-être en raison de la faible concentration en riboflavine (AL HAJ et AL KANHAL, 2010). Certaines propriétés des protéines de lactosérum de lait de chamelle ont été jugées différentes de celles des protéines du lactosérum d'autres espèces. La stabilité thermique des protéines du lactosérum de chamelle s'est avéré être considérablement plus élevée que celle des protéines du lactosérum bovin ou de bufflesse (EL-AGAMY, 2000 ; WERNERY *et al.*, 2003 ; AL-ALAWI et LALEYE, 2011). Il a été signalé que la dénaturation des protéines lactosériques de chamelle est plus faible (32-35%) que celle observée pour les protéines du lactosérum bovin (70-75%) à 80 °C pendant 30 min (AL-SALEH, 1996 ; FARAH, 1986).

L' $\alpha$ -Lactalbumine du lait de chamelle est constituée de 123 résidus d'acides aminés (figure 8) avec une masse moléculaire de 14,6 kDa (BEG *et al.*, 1985), ce qui est similaire à l' $\alpha$ -Lactalbumine bovine, humaine et caprine (BEG *et al.*, 1985 ; BEG, 1986). D'autre part, de grandes différences existent dans la séquence d'acides aminés de l' $\alpha$ -Lactalbumine du lait de chamelle en comparaison à d'autres espèces, y compris les bovins et les caprins (KAPPELER *et al.*, 2004 ; MERIN *et al.*, 2001). L' $\alpha$ -Lactalbumine cameline, généralement, est très riche en acides aminés essentiels et particulièrement en : Trp, Cys et Lys, où elle contient 21,6% de ces trois acides aminés alors que son analogue bovin n'en contient que 19,6%. Le lait de

chamelle contient 2,2 g/l de l' $\alpha$ -Lactalbumine, le lait humain de 2,45 g/l. Cette concentration n'est que 0,5 g/l pour le lait bovin (SALAMI *et al.*, 2008). Le taux d'homologie entre l' $\alpha$ -lactalbumine cameline et humaine est de 72% (SALAMI *et al.*, 2008).

La digestibilité enzymatique et l'activité anti-oxydante de l' $\alpha$ -Lactalbumine du lait de chamelle, ont été étudiées par SALAMI *et al.* (2009). Il a été montré que le degré d'hydrolyse (digestibilité) de l' $\alpha$ -Lactalbumine cameline à la fois avec la trypsine et la chymotrypsine est nettement plus haute que son analogue bovine, mais les deux protéines montrent une sensibilité similaire avec la pepsine. L'activité anti-oxydante de l' $\alpha$ -Lactalbumine cameline est supérieure à celle de l' $\alpha$ -Lactalbumine bovine (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

La lactoferrine du lait provenant de sources différentes est connue par sa rétention du fer à pH inférieur à 3-4 (MAZURIER et SPIK, 1980), en revanche, la lactoferrine dans le lait de chamelle semble perdre du fer de son extrémité N terminale à pH 3-4 et de son extrémité C terminale à pH 6-7 (KHAN et IQBAL, 2001). La Lactoferrine du lait de chamelle est constituée d'une chaîne comprenant 689 résidus aminoacyles, avec une séquence signal de 19 aminoacyles (figure 9). Son poids moléculaire est de 75,250 kDa et sa concentration est 220 mg/l (KAPPELER *et al.*, 1999). En outre de son rôle de transport du fer, la lactoferrine est un antimicrobien (MAL et PATHAK, 2010), notamment pour les espèces bactériennes dont le métabolisme exige cet élément.

Les autres protéines protectrices dans le lait de chamelle sont :

- ☛ La lactoperoxydase, enzyme d'oxydo-réduction (TAYEFI-NASRABADI *et al.*, 2011a) à activités bactériostatique et bactéricide principalement sur les bactéries GRAM négatif (TAYEFI-NASRABADI *et al.*, 2011b). Son activité enzymatique dans le lait de chamelle est de 869-1172 U/l (LORENZEN *et al.*, 2011) et son poids moléculaire est 78 kDa alors que celui de bovin est de 72,5 kDa (EL-AGAMY *et al.*, 1996).
- ☛ Le lysozyme du lait de chamelle a un poids moléculaire de 14.4 kDa. Il possède une activité de lyse supérieure à celle du lysozyme bovin, mais inférieure à celle du lysozyme du blanc d'œuf (EL-AGAMY *et al.*, 1996). Le lait de chamelle contient une concentration plus élevée de lysozyme (15  $\mu$ g/100 ml) contre (7  $\mu$ g/100 ml) pour le lait de vache (EL-AGAMY *et al.*, 1996).
- ☛ Les protéines de reconnaissance du peptidoglycane (PGRPs) ont été détectées dans le lait de chamelle, mais pas dans le lait de vache (MAL et PATHAK, 2010), avec une concentration de 120 mg/l (KAPPELER *et al.*, 2004). Elles possèdent une vaste

activité antimicrobienne et ont la capacité de contrôler les métastases du cancer (MAL et PATHAK, 2010).

10	20	30	40	50	60
KQFTKCKLSD	ELKDMNGHGG	ITLAEWICII	FHMSGYDTET	VVSNNGNREY	GLFQINNKIW
70	80	90	100	110	120
CRDNENLQSR	NICDISCDKF	LDDDLTDDKM	CAKKILDKEG	IDYWLAHKPL	CSEKLEQWQC
EKW					

Figure 8 : Séquence des aminoacides d'  $\alpha$ -Lactalbumine caméline d'après BEG *et al.* (1985). Source (www.expasy.org). Code d'accèsion : P00710

70	80	90	100	110	120
RFECIQAIST	EKADAVTLDG	GLVYDAGLDP	YKLRPIAAEV	YGTENNPQTH	YYAVAIARKG
130	140	150	160	170	180
TNFQLNQLQG	LKSCHTGLGR	SAGWNI PMGL	LRPFLDWTGP	PEPLQKAVAK	FFSASCVPCV
190	200	210	220	230	240
DGKEYPNLCQ	LCAGTGENKC	ACSSQEPYFG	YSGAFKCLQD	GAGDVAFVKD	STVFESLPAK
250	260	270	280	290	300
ADRDQYELLC	PNNTRKPVDA	FQECHLARVP	SHAVVARSVN	GKEDLIWKLL	VKAQEKFGRG
310	320	330	340	350	360
KPSGFQLFGS	PAGQKDLLFK	DSALGLLRIS	SKIDSGLYLG	SNYITAIRGL	RETAAEVELR
370	380	390	400	410	420
RAQVWCAVG	SDEQLKCOEW	SRQSNQSVVC	ATASTEDCI	ALVLKGEADA	LSLDGGYIYI
430	440	450	460	470	480
AGKCGLVPVL	AESQOSPES	GLDCVHRPVK	GYLAVAVVRK	ANDKITWNSL	RGKKSCHTAV
490	500	510	520	530	540
DRTAGWNIPM	GLLSKNTDSC	RFDEFSLQSC	APGSDPRSKL	CALCAGNEEG	QNKCVPNSS
550	560	570	580	590	600
RYYGYTGAFR	CLAENVGDA	FVKDVTVLDN	TDGKNTQWA	KDLKLGDFEL	LCLNGTRKPV
610	620	630	640	650	660
TEAESCHLAV	APNHAVVSRI	DKVAHLEQVL	LRQQAHFGRN	GRDCPGKFCL	FQSKTKNLLF
670	680	690	700		
NDNTECLAKL	QGKTTYEYEL	GPQYVTAIAK	LRRCSSTPPL	EACAFLMR	

Figure 9 : Séquence des aminoacides de Lactoferrine caméline d'après KAPPELER *et al.* (1999). Source (www.expasy.org). Code d'accèsion : Q9TUM0

- Les immunoglobulines, se distinguent par l'organisation de leurs chaînes lourdes qui diffèrent complètement de ce qui est connu chez les autres vertébrés (KONUSPAYEVA *et al.*, 2004). Le pic d'IgG dans le colostrum. Il se situe entre 18 et 30 heures après la naissance. Dans le lait, la concentration est faible mais la teneur répertoriée dans le lait de chamelle est 4 fois supérieure à celle de la vache à 0°C et 6 fois plus élevé à 65°C. Par ailleurs, l'IgG caméline serait plus thermorésistante : il reste 0,048 mg/ml d'IgG dans le lait de chamelle à 85°C alors qu'elle disparaît dans le lait de vache (ELAGAMY, 2000 ; KONUSPAYEVA *et al.*, 2004).

### 1.3.2.2. Matière grasse du lait de chamelle

La matière grasse du lait est considérée comme une source d'énergie. Elle agit comme un solvant pour les vitamines liposolubles et fournit des acides gras essentiels (FARAH, 2004).

La teneur en matière grasse du lait de dromadaire est comprise entre 1,2 et 6,4% (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010) avec une moyenne de 3,5 % (tableau III). Une forte corrélation positive a été trouvée entre la matière grasse et la teneur en protéines (HADDADIN *et al.*, 2008). D'après YAGIL et ETZION en 1980, cité par AL HAJ et AL KANHAL (2010) la teneur en matière grasse du lait de chamelle passe de 4,3 à 1,1 % dans le lait produit par des chamelles assoiffées.

#### 1.3.2.2.1. Caractéristiques de la matière grasse du lait de chamelle

En comparaison avec le lait de vache, le lait de chamelle contient de petites quantités d'acides gras à courte chaîne (C4-C12) (FARAH, 2004 ; KARRAY *et al.*, 2005; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; FARAH, 2011) (tableau VI) et une faible teneur en carotène (STAHL *et al.*, 2006). Cette faible teneur en carotène pourrait expliquer la couleur blanche de la matière grasse du lait de chamelle (AL HAJ et AL KANHAL, 2010). La matière grasse du lait de chamelle contient des teneurs plus élevées d'acides gras longues chaînes à 2n atomes de carbone (C<sub>14</sub>-C<sub>22</sub>) (KARRAY *et al.*, 2005 ; KONUSPAYEVA *et al.*, 2008) et à 2n +1 atomes de carbone (C<sub>15</sub>-C<sub>23</sub>) (KARRAY *et al.*, 2005) , en comparaison avec celle du lait de vache. De même, qu'elle se caractérise par une teneur élevée en acides gras insaturés (de l'ordre de 43%), en particulier les acides gras essentiels (HADDADIN *et al.*, 2008 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010) ; la matière grasse du lait bovin est caractérisée par sa teneur élevée en acides gras saturés à courtes chaînes (C<sub>4</sub>) (69,9% versus 66,1% et 67,7%) (KONUSPAYEVA *et al.*, 2008 ; GORBAN et IZZELDIN, 2001 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010). Dans la matière grasse du lait humain, il y a une forte teneur en acides gras insaturés qui est plus

élevée que dans la matière grasse du lait de chamelle et beaucoup plus élevée par rapport à celle du lait bovin.

La moyenne de la teneur en cholestérol de la matière grasse du lait de chamelle est selon certains auteurs plus élevée que celle rapportée pour la matière grasse du lait de vache (34,5 mg/100 g versus 25,63 mg/100 g) (KONUSPAYEVA *et al.*, 2008 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

Le point de fusion de la matière grasse du lait de chamelle a été étudié par plusieurs auteurs (ORLOV, 1981 ; ABU-LEHIA, 1989 ; FARAH *et* RÜEGG, 1991 ; RÜEGG *et* FARAH, 1991). Il est plus élevé dans la matière grasse du lait de chamelle (41,9 °C) (ABU-LEHIA, 1989) comparativement avec celui de la matière grasse du lait de vache (22,8 °C à 32,6 °C). Ceci est probablement dû à la faible teneur en acides gras saturés à chaîne courte (C4-C12) et la forte teneur en acides gras insaturés à longue chaîne (C14-C22), contenus dans la matière grasse du lait de chamelle par rapport à la matière grasse du lait bovin (ABU-LEHIA, 1989 ; RÜEGG *et* FARAH, 1991 ; HADDADIN *et al.*, 2008 ; AL HAJ *et* AL KANHAL, 2010). En outre, la matière grasse du lait de chamelle est plus visqueuse (AL HAJ *et* AL KANHAL, 2010).

Le beurre ne peut être produit qu'à partir de la crème du lait camelin à une température de barattage relativement élevée de 20 °C à 25 °C versus 8 °C - 12 °C pour la fabrication du beurre de lait bovin (RÜEGG *et* FARAH, 1991 ; FARAH, 2004 ; FARAH, 2011).

#### **1.3.2.2.2. Globule gras**

La majeure partie de la matière grasse dans le lait existe sous la forme de petits globules sphériques de différentes tailles dispersées dans la phase aqueuse du lait (figures 10 et 11) (KARRAY *et al.*, 2005). La surface de ces globules gras est revêtue d'une membrane mince agissant comme un agent émulsifiant (FARAH, 2004). La membrane piège les gouttelettes lipidiques et empêche leur coalescence. L'émulsion est ainsi stable ce qui empêche les globules gras de remonter à la surface (crémage difficile). Cette membrane peut être cassée par une forte action mécanique (FARAH, 2004) et faciliter le crémage et donc améliorer les aptitudes beurrières, médiocres, du lait camelin.

**Tableau VI : Composition en acides gras (% en mole) de matières grasses du lait de dromadaire et du lait bovin**

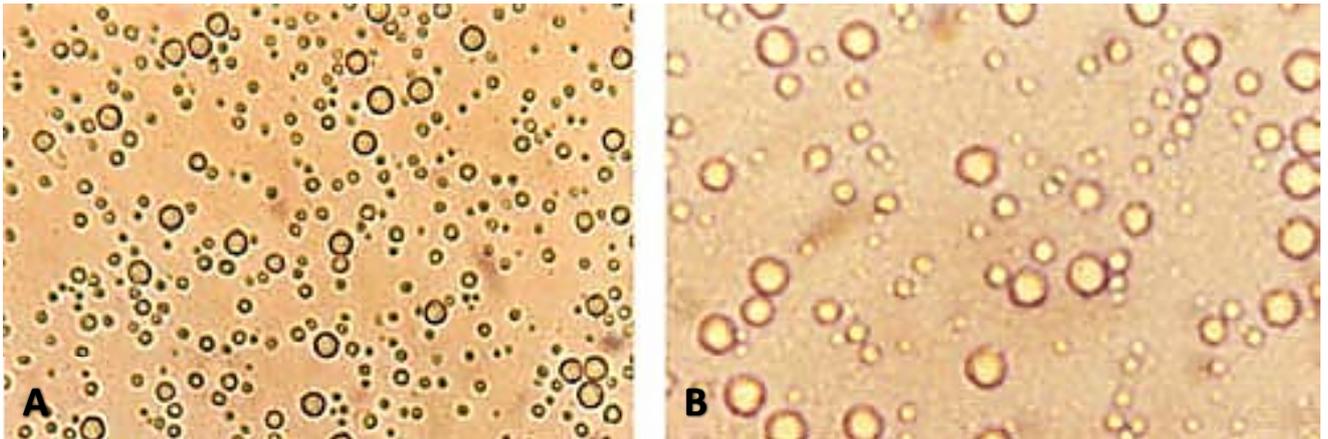
Acide gras Nombre de carbone : double liaison	Lait de chamelle						Lait bovin
	a	b	c	d	e	f	e
Butyrique C4:0	2.1	0.1	-	1.10	0.60	0.02	2.6
Caproïque C6:0	0.9	0.2	-	0.20	0.22	0.18	1.65
Caprylique C8:0	0.6	0.2	0.1	1.10	0.21	0.18	1.12
Caprique C10:0	1.4	0.2	0.12	0.20	0.25	0.32	2.75
Laurique C12:0	4.6	0.9	0.77	0.80	1.19	0.92	3.89
Myristique C14:0	7.3	11.4	10.14	9.70	13.11	10.84	13.05
Myristoléique C14:1	-	1.6	1.86	0.80	0.70	-	1.7
Pentadécylrique C15:0	-	1.7	1.62	1.98	0.10	-	1.5
Palmitique C16:0	29.3	26.7	26.60	28.50	31.45	24.90	38.59
Palmitoléique C16:1	-	11.0	10.40	7.20	11.62	11.86	2.3
Margarique C17:0	-	-	1.21	1.10	-	-	-
Stéarique C18:0	11.3	11.1	12.20	14.90	16.12	15.38	8.65
Oléique C18:1	38.9	25.5	26.25	24.60	20.70	30.74	20.52
Linoléique C18:2	-	3.6	2.94	4.40	1.19	2.12	1.92
Linoléique C18:3	3.8	3.5	1.37	1.38	1.33	1.74	1.34
Nonadécylrique C19:0	-	-	0.57	-	-	-	-
Arachidique C20:0	-	0.6	0.57	1.38	0.49	0.66	0.49
Hénicosanoïque C21:0	-	-	0.38	-	-	-	-
Béhénique C22:0	-	-	0.08	-	-	-	-
Nervonique C22:1	-	-	0.57	-	-	-	-

Légendes : **a** : YAGIL, 1982. **b** : SAWAYA *et al.*, 1984. **c** : ABU-LEHIA, 1989. **d** : FARAH *et al.*, 1989. **e** : ATTIA *et al.*, 2000. **f** : CARDAK *et al.*, 2003. (-) : valeur non déterminée.

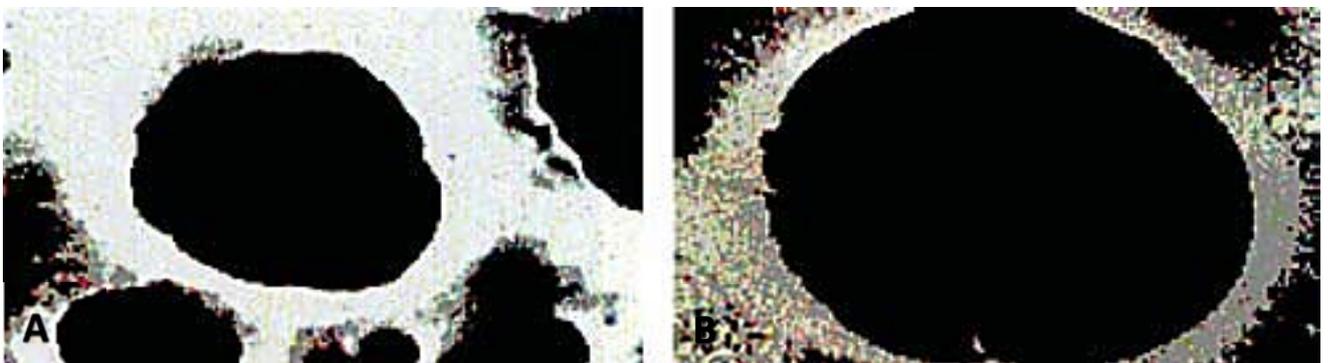
Toutefois, la microstructure de cette émulsion a révélé deux particularités par rapport à celle du lait bovin. La première était une fréquence plus élevée de globules de plus petit diamètre, ce qui constitue un obstacle majeur dans la technologie du beurre d'où certaines difficultés ont été signalées en extraire la graisse du lait de chamelle en utilisant des méthodes traditionnelles telles que le barattage du lait caillé (YAGIL, 1982 ; AL HAJ et AL KANHALL, 2010) et aussi l'écémage naturel du lait de chamelle est très différent de celui du lait de vache. Au repos, les crèmes du lait de chamelle paraissent moins rapidement et moins complètement que le lait de vache (FARAH, 2004 ; FARAH, 2011). Et tous cela à cause des faibles diamètres de globules gras. Deuxièmement, une épaisseur de membrane plus importante (figure 11) ; cette propriété conduit à une meilleure stabilité de l'émulsion du lait de chamelle (KARRAY *et al.*, 2005).

Le diamètre des globules gras varie de 1,5 à 9  $\mu\text{m}$  pour les globules gras camelin selon MEHAIA (1995) et de 1,2 à 4,2  $\mu\text{m}$  selon YAGIL (1982), contre 3 à 6  $\mu\text{m}$  pour ceux issus du lait bovin.

Les phospholipides de la membrane des globules gras du lait de chamelle sont composés de 35,5% de phosphatidyléthanolamine, 23% de phosphatidylcholine et 28% de sphingomyéline (FARAH, 1996).



**Figure 10 : Globules gras du lait de chamelle frais (A) et du lait bovin (B) observée au microscope (KARRAY *et al.*, 2005)**



**Figure 11 : Structure des globules gras du lait de chamelle frais (A) et du lait de vache (B) sous microscope électronique à balayage (en clair : la membrane) (KARRAY *et al.*, 2005)**

### 1.3.2.3. Lactose

Le lactose est la principale fraction glucidique du lait et est une source d'énergie pour les nouveaux nés.

La teneur en lactose dans le lait de chamelle varie de 2,40 à 5,85 % (tableau III) et est légèrement plus élevée que la teneur en lactose du lait de vache (FARAH, 1996 ; FARAH, 2004 ; FARAH, 2011). La grande variation de la teneur en lactose pourrait être dû au type de plantes consommées dans les déserts (KHASKHELI *et al.*, 2005). Les dromadaires préfèrent

généralement les plantes halophiles comme *Atriplex*, *Acacia* et *Salosa* pour répondre à leurs besoins physiologiques en sels (AL HAJ et AL KANHAL, 2010). Il a été rapporté que la teneur en lactose est le seul élément qui reste presque quasiment inchangée au cours de lactation (FARAH, 2004 ; HADDADIN *et al.*, 2008) et dans des conditions d'hydratation ou de déshydratation (FARAH, 1996). Toutefois, elle peut varier légèrement en fonction des races de dromadaire dans les différentes parties du monde (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

#### 1.3.2.4. Vitamines

Le lait de chamelle contient des diverses vitamines, telles que les vitamines : C, A, E, D et le groupe B (FARAH *et al.*, 1992; HADDADIN *et al.*, 2008) (tableau IV et VII). Le lait bovin est riche en  $\beta$ -carotène, alors que cette dernière ne semble pas détectée dans le cas du lait de chamelle (STAHL *et al.*, 2006).

Le lait de chamelle est connu pour sa richesse en vitamine C trois fois (FARAH *et al.*, 1992) à cinq fois (STAHL *et al.*, 2006) plus élevée que dans le lait bovin. Ainsi, le lait de chamelle cru et fermenté pourrait être une bonne source en vitamine C pour les personnes vivant dans les zones arides où les légumes et les fruits ne sont pas disponibles (STAHL *et al.*, 2006). La moyenne de la vitamine C contenu dans le lait de chamelle est 37.4 mg/l (FARAH *et al.*, 1992; HADDADIN *et al.*, 2008). En comparaison avec le lait de vache, la teneur en niacine (B<sub>3</sub>) est plus élevée dans le lait de chamelle (HADDADIN *et al.*, 2008). En revanche, la teneur en vitamine A (FARAH *et al.*, 1992 ; STAHL *et al.*, 2006) et en riboflavine (B<sub>2</sub>) (FARAH *et al.*, 1992) y est plus faible que dans le lait bovin. D'après HADDADIN *et al.* (2008), les concentrations moyennes en acide pantothénique (B<sub>5</sub>), en acide folique (B<sub>9</sub>) et en vitamine B<sub>12</sub> dans le lait de chammelles de la Jordanie seraient beaucoup plus élevées que celles rapportées pour le lait de vache. Ces résultats sont en désaccord avec ceux rapportés par SAWAYA *et al.* (1984), cité par AL HAJ et AL KANHAL (2010), à partir du lait de chamelle Najdi, ce qui est peut-être dû à la différence des races et les procédures analytiques (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

Les concentrations en thiamine (B<sub>1</sub>) et en pyridoxine (B<sub>6</sub>) dans le lait de chamelle sont comparables à celles du lait bovin (HADDADIN *et al.*, 2008), alors que la concentration en vitamine E est très proche de celle du lait bovin (FARAH *et al.*, 1992).

**Tableau VII : Composition en vitamines du lait de chamelle en comparaison avec le lait bovin (valeurs en mg/l)**

Vitamines, mg/l	Lait de chamelle		Lait de vache
	HADDADIN <i>et al.</i> , 2008	FARAH <i>et al.</i> , 1992	FARAH <i>et al.</i> , 1992
Acide ascorbique (C)	33.0	37.4	11
Cobalamine (B <sub>12</sub> )	0,0085	-	0,0045
Acide Folique (B <sub>9</sub> )	0,087	-	0,053*
Niacine (B <sub>3</sub> )	0,780	-	-
Acide Pantothénique (B <sub>5</sub> )	3,680	-	3,6*
Pyridoxine (B <sub>6</sub> )	0,550	-	0,48*
Rétinol (A)	0,267	0.10	0,27
Riboflavine (B <sub>2</sub> )	1,680	0.57	1,56
Thiamine (B <sub>1</sub> )	0,480	-	0.42*
Tocophérol (E)	0,0178	0.56	0,60
Vitamine D <sub>3</sub>	0,003	-	-

**Légendes :** (\*) : D'après COURTET LEYMARIOS (1985). (-) : valeur non déterminée

### 1.3.2.5. Minéraux

La teneur totale en minéraux est généralement exprimée en cendres totales (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009). Elle varie de 0,60 à 1,05 % dans le lait de chamelle (tableau III). Bien que les sels représentent dans la plupart du temps moins de 1% du lait, ils influent sur l'état physique et la stabilité des protéines du lait, en particulier le complexe phospho-caséinates (FARAH, 2004). Les variations de la teneur en minéraux ont été attribuées à la race, l'alimentation, les procédures analytiques (AL HAJ et AL KANHAL, 2010), l'apport en eau (HADDADIN *et al.*, 2008 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010), l'état sanitaire de l'animal et le stade de la lactation (FARAH, 2004). Le lait de chamelle est une source riche en chlorure (KHASKHELI *et al.*, 2005) en raison des fourrages consommés par les dromadaires, comme Atriplex et Acacia, qui contiennent généralement une forte teneur en sel (YAGIL, 1982). La réduction des principaux composants du lait et l'augmentation de la teneur en chlorure du lait des chamelles déshydratées pourrait être une autre cause pour le goût salé dans le lait de chamelle (AL HAJ et AL KANHAL, 2010). Les minéraux : Na, K, Fe, Cu et Mn dans le lait de chamelle sont sensiblement plus élevés que ceux rapportés pour le lait de vache (tableau IV) (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

### 1.3.3. Aptitudes technologique du lait de chamelle

La plupart des tentatives de faire du fromage à partir du lait de chamelle ont révélé de grandes difficultés à obtenir la coagulation du lait (FARAH, 2011). Comparé au lait de vache, le lait de dromadaire a des particularités qui limitent sa transformation (KAMOUN, 1990) :

- ☛ Il Comporte une résistance particulièrement élevée à la prolifération bactérienne, dans les premières heures de son existence (KAMOUN, 1990). En raison de sa teneur élevée en lysozyme (KAMOUN et RAMET, 1989 ; ABDEL-RAHMAN *et al.*, 2009), en vitamine C (YAGIL, 1982 ; KAMOUN et RAMET, 1989 ; YAGIL *et al.*, 1994 ; KONUSPAYEVA *et al.*, 2011) en lactoferrine (AL-MAJALI *et al.*, 2007 ; KONUSPAYEVA *et al.*, 2008 ; ABDEL-RAHMAN *et al.*, 2009 ; MADANY, 2009) et en immunoglobulines (KONUSPAYEVA *et al.*, 2008 ; ABDEL-RAHMAN *et al.*, 2009 ; MADANY, 2009) .Cette caractéristique présente donc un avantage certain à sa conservation, mais devient un inconvénient si l'on doit transformer ce lait. Il offre une résistance plus marquée aux fermentations lactiques (KAMOUN, 1990 et 1995) ;
- ☛ On retiendra aussi que dans sa composition ce lait est pauvre en matière sèche totale, matière grasse, matière protéique (KAMOUN, 1990 et 1995), le diamètre élevé des micelles de caséine, et la teneur réduite en caséine kappa (RAMET, 2004). Sa composition minérale diffère peu de celle du lait de vache ; il y a toutefois un peu moins de calcium, de phosphore, de sodium et plus de chlore et de potassium (KAMOUN, 1990 et 1995) ;
- ☛ Il a été constaté que l'acidification du lait de dromadaire, réalisée soit par voie fermentaire, soit par voie exogène, était plus lente que pour le lait de vache. Ces différences traduisent un effet tampon propre du milieu résultant de sa composition minérale et protéique particulière (KAMOUN et RAMET, 1989) ;
- ☛ La matière grasse du lait de dromadaire est difficile à séparer par écrémage. Ceci est dû à la faible taille des globules gras (FARAH *et al.*, 1989 ; KAMOUN, 1995) et à leur composition particulière en acide gras (RÜEGG et FARAH, 1991 ; KAMOUN, 1995).

Ainsi le lait de dromadaire est pauvre en composants fromagers et son équilibre minéral, particulier, amplifie son inaptitude à la transformation en fromage (KAMOUN, 1990). Toutefois, moyennant des adaptations technologiques pour le corriger, ce lait devient transformable en produits laitiers avec des rendements et des qualités organoleptiques satisfaisants. (KAMOUN, 1990 et 1995). On peut citer à titre d'exemple les adaptations suivantes :

- ☛ Dans la fabrication du yoghourt et pour renforcer le gel, le lait de dromadaire est corrigé par un apport de caséinates de poudre de lait de vache (KAMOUN, 1995) ou de brebis (RAMET, 1994) ;
- ☛ L'adjonction de phosphate de calcium pour le rétablissement de l'équilibre minéral (KAMOUN, 1995) ;
- ☛ L'utilisation des extraits d'enzymes gastriques de dromadaires (SIBOUKEUR *et al.*, 2005 ; MAHBOUB *et al.*, 2010 ; BOUDJENAH *et al.*, 2012 ; MAHBOUB *et al.*, 2012) et de la pepsine (SIBOUKEUR *et al.*, , 2005).

Ainsi plusieurs produits peuvent être dérivés de ce lait comme le beurre, le fromage, la crème glacée, la poudre du lait etc.

***Matériel et***  
***Matériel et***  
***Methodes***

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel

#### 2.1.1. Echantillons de lait

L'objectif étant de disposer d'échantillons de lait provient de chamelles conduites selon les deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif) afin de permettre la comparaison entre ces deux types du lait, en termes de compositions physico-chimiques. Alors nos échantillons sont collectés à partir de chamelles élevées selon ces deux modes et qui sont localisées dans le sud-est du pays : El-Oued et Biskra qui sont caractérisées par une implantation importante de l'élevage de dromadaires (tableau VIII).

**Tableau VIII : Echantillons de laits de chamelles collectés**

N° de l'échantillon	Nombre des chamelles	Période de collecte	Région	population	Mode d'élevage	Nutrition
E1	6 Mélange du lait	Février 2013	El-Oued	Sahraoui	Semi-intensif	Apport des plantes naturelles seulement
E2	8 Mélange du lait	Février 2013	Biskra	Sahraoui	extensif	Fourrage naturel
E3	3 Mélange du lait	Février 2013	El-Oued	Sahraoui	Semi-intensif	Son, orge, blé, maïs
E4	4 Mélange du lait	Février 2013	El-Oued	Sahraoui	Semi-intensif	Son, blé

Toutes les analyses ont été réalisées sur des échantillons de lait regroupant la traite de quelques chamelles de population sahraoui. Les chamelles dont les échantillons de lait ont été prélevés, appartiennent à des rangs de lactation différents.

Le lait de vache qui est utilisé comme référence dans cette étude était un mélange du lait qui a été collecté à partir de 4 vaches laitières dans une ferme qui se situe près de la commune d'El-Hajeb (route de Tolga, Biskra).

#### 2.1.2. Appareillage

##### 2.1.2.1. Appareillage utilisé au laboratoire de biologie de l'université Mohamed KHIDER de Biskra :

☞ centrifugeuse réfrigérée max. 21 382×g (Marque HETTIH ZENTRIFUGEN, modèle MIKRO 200R, Allemagne) ;

- ☞ centrifugeuse réfrigérée max. 24 959×g (Marque Ortoalreasa, modèle Digicen 21 R, Espagne) ;
- ☞ étuve (BINDER, U.S.A) ;
- ☞ microscope optique (Marque OPTICA, modèle Axiom 2000, P.R.C.) ;
- ☞ agitateurs magnétiques de paillasse, chauffants et non chauffants (Marque HANNA, modèle HI 180M, Allemagne) ;
- ☞ pH-mètre (Marque JENCO, modèle 3601, U.S.A.) ;
- ☞ balance analytique avec une précision de 0,01mg (Marque KERN, modèle ABT 220-5DM, Allemagne) ;
- ☞ bain marie (Marque YANTAI Xinhai, Chine) ;
- ☞ dessiccateur ;
- ☞ lactodensimètre (Marque Nathia) ;
- ☞ pompe à vide (Marque LABOPOINT, modèle N 86 KN.18, U.S.A.) ;
- ☞ mini-cuve à électrophorèse verticale OWL Thermo Fisher Scientific.

### 2.1.3. Petit matériel

Un certain nombre d'accessoires et petits matériels spécifiques est utilisé dans le cadre de cette étude : Micropipettes, pipettes graduées, pipettes jaugées, Poire d'aspiration, béchers, erlenmeyers, fioles jaugées, fiole à vide, papiers filtre, coupelle en porcelaine, tubes d'epindoff, tubes à hémolyse, burettes, éprouvettes, entonnoirs, entonnoir Büchner, spatules...etc.

### 2.1.4. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique

- ☞ solvants (acide acétique, acide borique, acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide trichloracétique, éthanol, glycérol, méthanol, alcool iso amylique, eau distillée, ammoniac, toluène, chloroforme, benzène, Propanol-2, glycérol, formaldéhyde) ;
- ☞ sels et tampons (hydroxyde de sodium, acétate de zinc, azide de sodium, carbonate de sodium, chlorure de sodium, hexacyanoferrate de potassium (II), sulfate d'ammonium, sulfate de cuivre, sulfate de potassium, sulfate de sodium, sulfate d'aluminium, tartrate double de sodium et potassium, TRIS, urée, hydrogénophosphate de sodium, permanganate de potassium, oxalate de sodium);
- ☞ colorants et réactifs spécifiques (acrylamide, N, N'-méthylène bis-acrylamide, bleu de bromophénol, bleu de Coomassie R250, Dodécyl sulfate de sodium (SDS), persulfate d'ammonium, N, N, N', N'-tétraméthyléthylène diamine (TEMED), réactif de Folin-Ciocalteu, noir soudan, Glycine, TRIS) ;

☞ matériel biologique : protéines étalons (BSA), lactose.

## **2.2. Méthodes**

### **2.2.1. Collecte du lait**

Le lait est trait à partir de chèvres saines. Il est recueilli proprement et dans de bouteilles en plastique neuves et propres. Les bouteilles étaient placées immédiatement dans une glacière contenant des blocs de réfrigérant et transportés vers le laboratoire. Afin de tenir compte des ne pas perturber certains protocoles analytiques comme la mesure de l'acidité titrable (selon la norme française 04-206, janvier 1969) et la suivie quotidienne de l'acidité Dornic et de pH, aucun conservateur (azide de sodium par exemple) n'a été rajouté. A l'arrivée au laboratoire, le pH, l'acidité Dornic et la densité ont été mesurés. Une partie du lait est laissée à la température ambiante sans l'ajout d'un conservateur, à fin d'être utilisé dans la suivie quotidienne de l'acidité Dornic et de pH, le reste du lait, est additionnées de l'azide de sodium (0.002% p/v) et est réparti en petites fractions (250 ml) qui sont congelées ainsi jusqu'à leur utilisation ultérieure.

### **2.2.2. Enquête**

#### **2.2.2.1. Estimation des potentialités laitières des chèvres de population « Sahraoui » conduites selon les deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif) dans la région d'El-Oued et de Biskra**

L'enquête a été réalisée auprès des éleveurs qui pratiquent ces deux modes d'élevage. Une dizaine d'éleveurs ont été enquêtés. Chacun a été sensibilisé sur l'intérêt d'une telle étude et sur l'exactitude des renseignements demandés dans le questionnaire conçu à cet effet (annexe 2).

### **2.2.3. Etude des caractéristiques du lait de chèvres collecté**

#### **2.2.3.1. Caractéristiques organoleptiques**

Les tests portent sur l'appréciation du goût, de la couleur et de l'odeur. L'objectif est de déterminer le profil organoleptique de chacun des deux types de lait de chèvres en fonction de la conduite de leur élevage (système extensif et système semi-intensif) et de procéder à une comparaison de leur qualité hédonique.

#### **2.2.3.2. Analyses physico-chimiques**

##### **2.2.3.2.1. Mesure de pH**

L'acidité ionique ou pH du lait évalue sa concentration en ions hydronium libres ce qui donne une information sur son état de conservation vis-à-vis aux altérations probables par les germes lactiques.

Après avoir étalonné l'électrode de pH-mètre par 2 ou 3 solutions tampons des différents pH connus, l'électrode est introduite par la suite dans le lait et la valeur du pH est lue directement sur l'écran de pH-mètre.

#### **2.2.3.2.2. Détermination de la densité**

La densité est le rapport qui existe entre le poids spécifique d'un corps et le poids du même volume d'eau distillée, l'eau étant prise pour unité de poids spécifique égale à 1.

La densité du lait est donc la résultante des densités de ses divers constituants.

La densité du lait est déterminée par l'utilisation de lactodensimètre (la température du lait est égale à 20 °C) comme il est montré dans la photo (annexe 3).

#### **2.2.3.2.3. Détermination de l'acidité Dornic**

Elle est réalisée selon la Norme Française 04-206 (Janvier 1969).

Elle n'est pas applicable au lait additionné d'un conservateur, ce dernier pouvant fausser les résultats.

Elle est basée sur le titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphaléine comme indicateur (annexe 4).

#### **2.2.3.2.4. Détermination des teneurs en matière sèche totale et en matière sèche dégraissée**

La teneur en matière sèche totale et en matière sèche dégraissée (après l'écémage du lait, figure 13) par dessiccation à l'étuve réglée à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , après une évaporation de l'eau au moyen d'un bain marie bouillant.

Le protocole analytique suivi est celui proposé par la norme française (NF V 04-207 de septembre 1970) concernant la détermination de la matière sèche de lait (annexe 5).

#### **2.2.3.2.5. Détermination des cendres**

La détermination des cendres est réalisée par incinération de la matière sèche du lait à une température de  $525 \pm 25^\circ\text{C}$  tout en suivant la norme française (NF V 04-208 d'octobre 1989) incluse dans l'annexe 6.

#### **2.2.3.2.6. Détermination du lactose**

Le lait est déféqué par l'hexacyanoferrate (II) de zinc ; une solution cupro-alcaline est réduite à chaud par le filtrat obtenu ; Le précipité d'oxyde cuivreux formé est dissous par une solution de sulfate ferrique et le sulfate ferreux formé est dosé par manganimétrie en présence d'orthophénantroline ferreuse comme indicateur. (Norme NF V 04-213 de janvier 1971). La méthode est décrite dans l'annexe 8

#### 2.2.3.2.7. Détermination de la teneur en vitamine C par la méthode colorimétrique avec le 2,6 di-chloreindophénol (2,6-DIPh)

L'acide ascorbique est réduit par oxydoréduction en présence de 2,6-DIPh qui oxyde la vitamine C et qui sert aussi d'indicateur coloré. La forme réduite du 2,6DIPh est incolore et sa forme oxydée rouge ainsi, la première goutte en excès de 2,6-DIPh colore en rose la solution en milieu acide (KONUSPAYEVA, 2007) annexe 9

#### 2.2.3.2.8. Matières protéiques-titrables

Un échantillon précis de lait liquide frais ou pasteurisé de 20 mL est versé dans un bécher. Ajouter quelques gouttes de solution de phénolphtaléine à 1% p/v dans de l'éthanol. Titrer le mélange avec une solution de NaOH 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose stable pendant 30 seconde sans relever le volume de soude.

Ajouter dans le bécher 4 mL de formaldéhyde préalablement neutralisé avec NaOH 0,1N (jusqu'au virage de la couleur rose). Le mélange obtenu est homogénéisé et titré à nouveau avec une solution de NaOH 0,1N jusqu'à la couleur rose, noter le volume de NaOH (V1).

#### Calculs

$$\% \text{ de protéines} = V1 \times 0,959$$

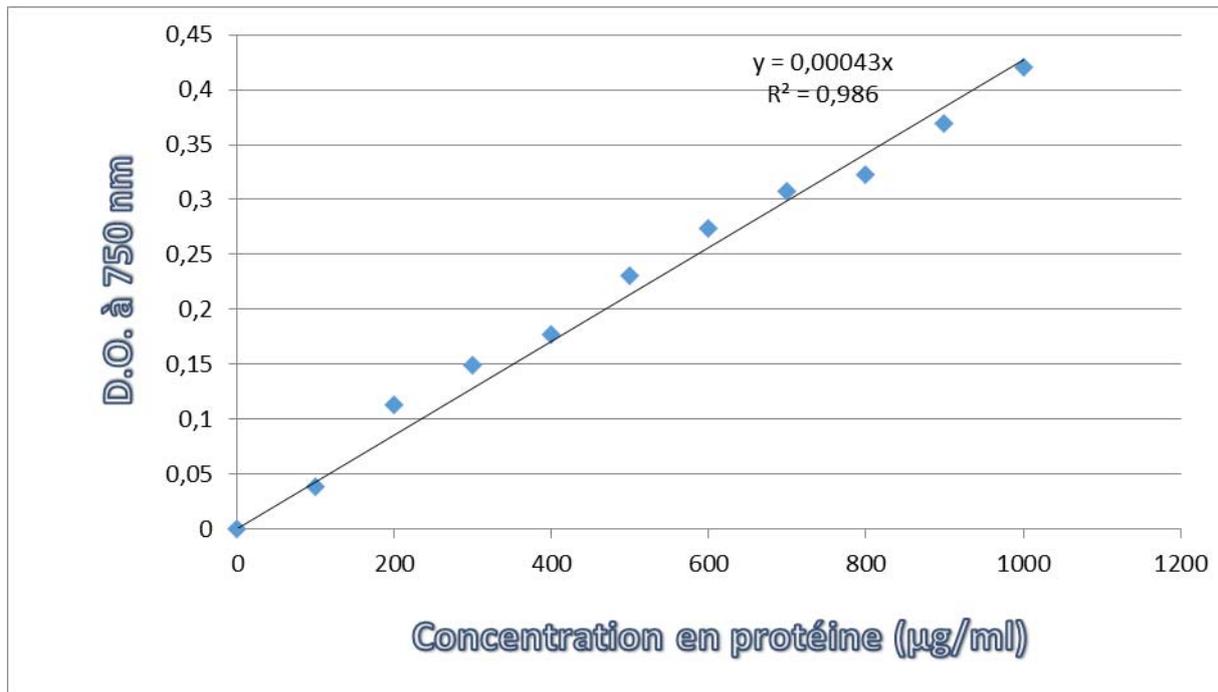
0,959 est le coefficient de conversion pour les matières protéiques du lait (KONUSPAYEVA, 2007).

#### 2.2.3.2.9. Détermination de la teneur en protéines par la méthode de LOWRY *et al* (1951)

Le taux des protéines dans le lait et dans ses différentes fractions est estimé par dosage spectrophotométrique en utilisant la méthode de LOWRY *et al* (1951).

Cette méthode consiste en une réaction d'oxydo-réduction entre un réactif phosphomolybdique phosphotungstique et les acides aminés tyrosine et tryptophane des protéines. Le développement maximal de la coloration se fait au moyen d'un traitement par une solution alcaline (NaOH) contenant du cuivre (CuSO<sub>4</sub>). L'intensité de la couleur développée, mesurée spectrophotométriquement, est proportionnelle à la concentration en protéines (GUILLOU *et al.*, 1976).

L'absorption colorimétrique développée est mesurée à 750 nm. La teneur en protéine est déterminée grâce à une courbe étalon en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine de référence (figure 12). Le protocole est décrit en annexe 10.



**Figure 12 : Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY *et al* (1951). L'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine étalon ;**

**R= coefficient de corrélation**

#### 2.2.3.2.10. Développement de pH

La mesure de pH du lait mis à la température ambiante a été effectuée quotidiennement dans le cadre de cette étude, durant les quatre premiers jours après le prélèvement, à fin de permettre la comparaison de développement de pH, d'une part entre le lait de chamelle des deux élevages et d'autre part entre ces deux derniers et le lait de vache.

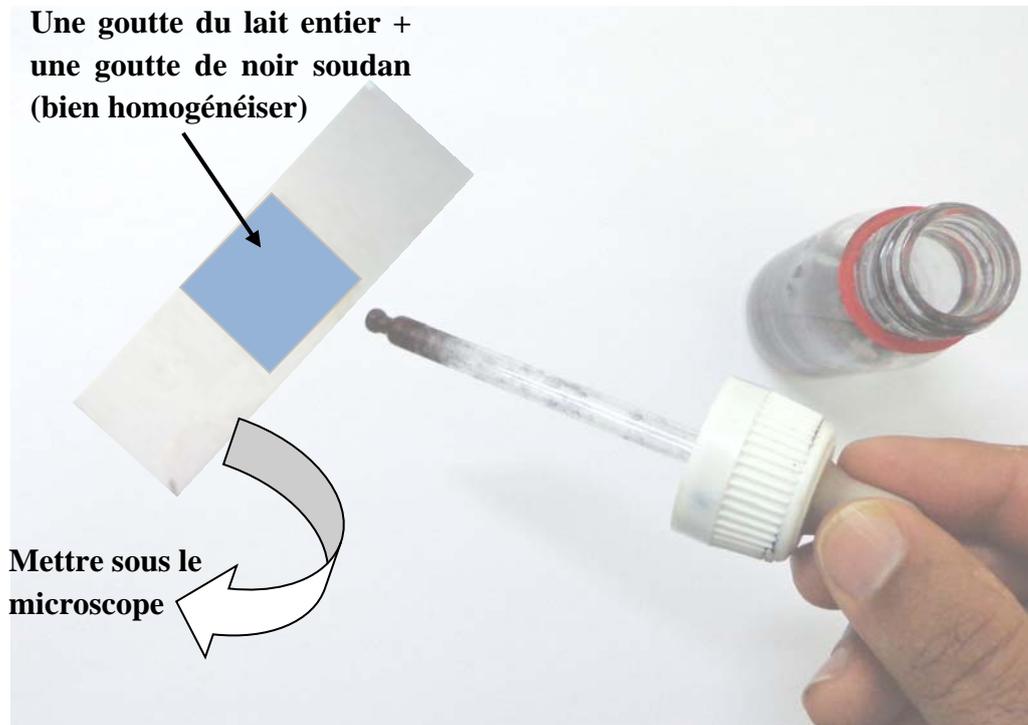
#### 2.2.3.2.11. Développement de l'acidité Dornic

La détermination de l'acidité Dornic a été aussi suivie quotidiennement, dans le cadre de cette étude, à fin d'effectuer une comparaison en terme de développement de l'acidité du lait, d'une part entre le lait de chamelle des deux élevages et d'autre part entre ces deux derniers et le lait de vache.

#### 2.2.3.2.12. Taille des globules gras

La comparaison de tailles des globules gras entre les différents échantillons a été faite après coloration des lipides membranaires de globules gras, en utilisant le noir soudan B (à 1g/100 ml d'éthanol à 70°).

Une goutte de chaque échantillon, lait entier ou partiellement écrémé, est mise entre lame et lamelle avec l'ajout d'une goutte de noir soudan, ce qui permet la visualisation des globules gras sous le microscope optique avec un grandissement (x400).



**Figure 13 : Préparation de l'échantillon du lait pour mettre en évidence la taille de globules gras**

#### **2.2.3.2.13. Détermination de la teneur en calcium**

Méthode proposée par la Norme Internationale F.I.L. n° 36 (1966)

La totalité du calcium du lait est mise en solution et les matières protéiques sont précipitées par l'acide trichloracétique. Le calcium contenu dans le filtrat est précipité sous forme d'oxalate de calcium, qui est séparé par centrifugation et titré à l'aide de permanganate de potassium (annexe 11).

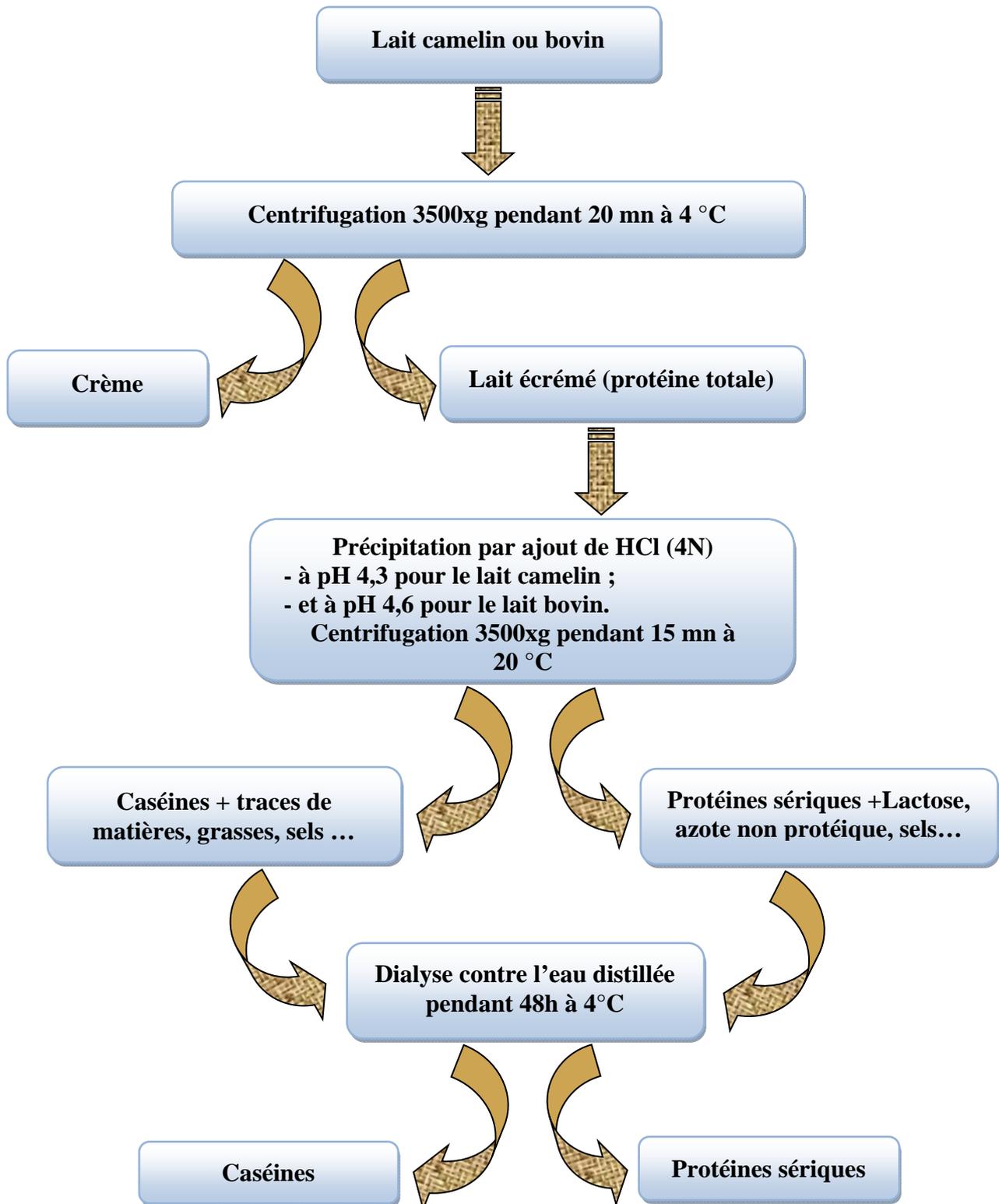


Figure 14 : Protocole d'isolement des caséines et des protéines du lactosérum à partir du lait camelin et bovin

### 2.2.3.3. Caractérisation électrophorétique des protéines du lait

#### 2.2.3.3.1. Préparation des échantillons

La préparation des échantillons destinés à l'analyse électrophorétique, s'effectue selon les étapes récapitulées sur la figure 14.

L'écémage est réalisé par centrifugation du lait à 3500 x g pendant 20 min à 4°C. La centrifugation à basse température permet ainsi d'avoir une bonne prise en masse de cette matière grasse en surface.

La séparation entre les types des protéines (caséines et les protéines sériques) est obtenue en menant le pH du lait camelin à 4,3 (WANGOH et *al.*, 1998) en présence d'une solution d'acide chlorhydrique, 4N, ce qui permet d'atteindre le pH isoélectrique de caséine et ainsi sa précipitation complète après centrifugation à 3500xg pendant 15 min. Cette opération est répétée deux fois afin d'assurer une meilleure qualité des séparations.

Pour le lait de référence (bovin) la même opération est suivie mais avec un pH de 4,6.

Les différentes fractions obtenues (protéines sériques et caséines) sont dialysées contre l'eau distillée pendant 48 h, avec un changement biquotidien. Elles sont ensuite concentrées, congelées dans des coupelles (à raison d'un volume minimal) et enfin lyophilisées et conservées sous cette forme.

#### 2.2.3.3.2. L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide, principe et conditions de réalisation :

Le gel de polyacrylamide est une macromolécule réticulée utilisée comme support d'électrophorèse.

Ce gel est préparé extemporanément et coulé en tube ou sur lame. C'est un copolymère d'acrylamide (figure 15) et de NN'-méthylène bis-acrylamide (figure 16) qui assure le pontage entre les chaînes de polyacrylamide (figure 17). En modifiant le taux de pontage, il est possible, en modifiant la réticulation, de calibrer le diamètre des pores entre 0,5 et 4 nm.

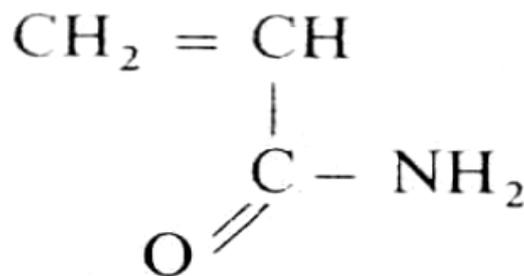


Figure15 : Un monomère d'acrylamide

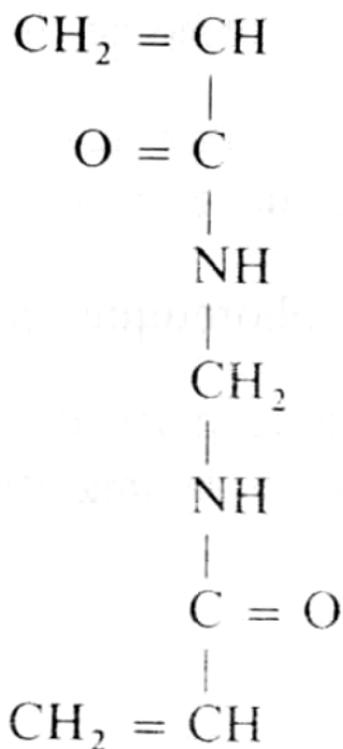


Figure16 : Une molécule de bi-acrylamide

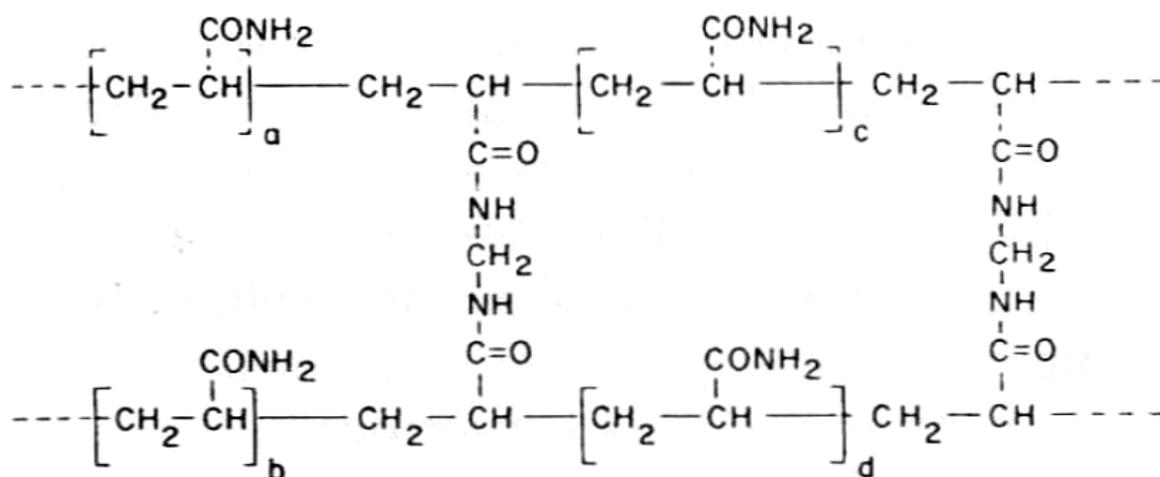
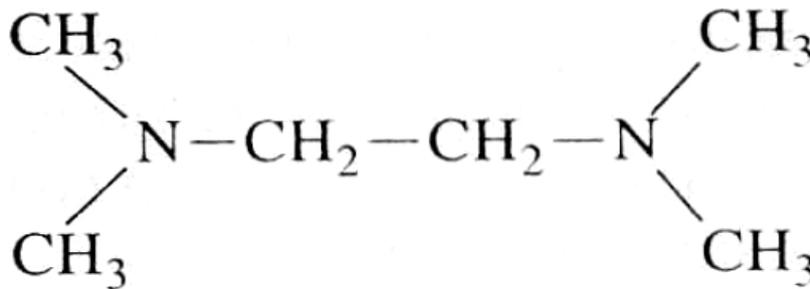


Figure17 : Structure de gel de polyacrylamide



**Figure18 : Le TEMED (N, N, N', N'-tétraméthyl-éthylène-diamine)**

Les protéines, qui sont des macromolécules amphotères, peuvent se déplacer dans un champ électrique en fonction de leur charge nette, de leur taille et des conditions du milieu. Ce déplacement différentiel est mis à profit en électrophorèse pour pouvoir les séparer et les identifier.

Nous avons réalisé des séparations électrophorétiques sur des gels de polyacrylamide (P.A.G.E), qui est alors le produit d'une polymérisation du monomère acrylamide et du comonomère N, N'-méthylène bis-acrylamide. Cette polymérisation se fait après ouverture des doubles liaisons, elle nécessite la présence de deux catalyseurs :

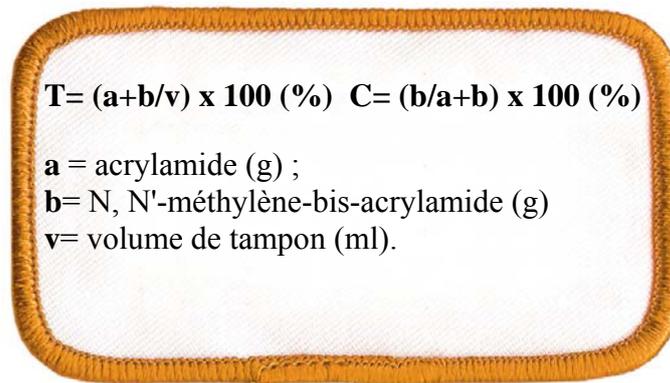
- 🐪 le TEMED (N, N, N', N'-tétraméthyl-éthylène-diamine) figure 18 ;
- 🐪 persulfate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ .

Cette polymérisation de type vinylique conduit à la formation de nombreuses chaînes enroulées au hasard qui déterminent un ensemble de micro-canaux de pores dans lesquels les molécules protéiniques se déplacent sous l'effet plus ou moins marqué d'un tamisage moléculaire.

La taille des pores du gel est conditionnée par deux facteurs :

- 🐪 la proportion de molécules-pont (N,N'-méthylène bis-acrylamide) qui assurent la réticulation ;
- 🐪 la concentration totale en acrylamide, bisacrylamide (AUDIGIE, 1995).

La taille des pores diminue quand cette concentration augmente. La structure du gel est définie le plus souvent par les indices T et C :



Les séparations ont été conduites sur une mini-cuve, OWL Thermo Fisher Scientific (figure 19) qui présentent l'avantage d'utiliser très peu de produits.

Plusieurs conditions de séparations ont été utilisées : en milieu non dissociant et non dénaturant (PAGE native), en conditions dissociantes et dénaturantes en présence d'urée (PAGE-urée) et en présence du dodécyl sulfate de sodium (PAGE-SDS).

Les protocoles de séparations électrophorétiques sont indiqués dans les annexes 11,12 et 13. Les principales étapes nécessaires pour la séparation électrophorétiques des protéines du lait sont illustrées (figure 20).

#### **2.2.3.3.2.1. Electrophorèse en conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE – native)**

L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide dans les conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE–native) est une méthode particulièrement résolutive pour les protéines sériques du lait. La séparation est basée non seulement sur la taille des protéines, mais aussi sur la charge de la protéine et la forme. Pour cette raison, l'estimation précise du poids moléculaire devient impossible pour de nombreuses protéines par électrophorèse sur gel non-dissociant. Ainsi, l'identification d'une protéine spécifique par son poids moléculaire dans un mélange de protéines sans une méthode de détection spécifique est très difficile.

La méthode de HILLIER (1976), adaptée par PAQUET (1986) à un système de plaques verticales, c'est celle qui est adaptée est suivie ici, à un système de mini cuves en plaques verticales à un gel présentant respectivement des pourcentages en T et C égales à 12 % et 2,9% d'épaisseur 0,75 mm.

Le tampon de gel est constitué de Tris-HCl, pH 8,9. Le tampon d'électrodes contient du Tris 0,005 M, de la glycine 0,07 M, pH 8,3. Les échantillons protéiques sont déposés, à raison de 10 à 20  $\mu$ l, d'une solution protéique, de 2mg/ml, contenant le tampon de gel, l'eau

distillée, le glycérol (50 %) et enfin le bleu de bromophénol (0,04 %) pour suivre l'avancement des migrations.

La migration électrophorétique a lieu sous voltage et ampérage constant (250 V, 20 mA) pendant une durée de 1 heure environ.

#### **2.2.3.3.2.2. Electrophorèse en milieu dissociant et dénaturant, en présence de SDS et de 2-Mercaptoéthanol (PAGE –SDS)**

SDS étant l'abréviation de dodécyl sulfate de sodium de formule  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{11}\text{-SO}_3\text{Na}^+$  qui a été introduit par Shapiro *et al.* (1967), sépare exclusivement en fonction du poids moléculaire. En chargeant avec le détergent anionique (SDS), la charge des protéines est si bien masquée sous forme de micelles anioniques avec une charge nette constante par unité de masse : 1,4 g de SDS par g de protéines (WESTERMEIER *et al.*, 2005).

Dans le système SDS-PAGE, le mélange de protéines est dénaturé par chauffage à 100°C en présence de SDS et d'un excès de réactif de type thiol (2-Mercaptoéthanol). Dans ces conditions, toutes les protéines sont dissociées dans leurs sous-unités polypeptidiques individuelles. Les protéines ainsi chargées vont se déplacer sous un champ électrique uniquement selon leur poids moléculaire, car l'effet discriminant de la charge se retrouve ainsi éliminé (HAMES, 1998).

La PAGE-SDS, utilise un système bi-phasique comprenant deux types de gel superposés : un gel de concentration (T= 4% ; C= 2,7 %) en tampon Tris-HCl pH (6,8), faiblement réticulé, qui n'exerce aucun effet sur le tamisage moléculaire et tend plutôt à concentrer les échantillons et un gel de séparation (T= 17% ; C= 2,7 %) en tampon Tris-HCl, pH (8,8), à travers lequel les protéines migrent selon leur poids moléculaire.

#### **2.2.3.3.2.3. Electrophorèse en milieu dissociant en présence d'urée (PAGE –urée)**

La PAGE–urée est une méthode particulièrement adaptée pour la séparation des caséines qui sont difficilement séparables en conditions natives. L'urée à forte molarité élimine les liaisons faibles, plus particulièrement les liaisons hydrogènes et hydrophobes (DAMERVAL *et al.*, 1993).

Pour ce type d'électrophorèse, nous avons utilisé un gel de polyacrylamide (T= 18,2%, C= 2,7 %) contenant de l'urée à 4 mole/l et du 2-Mercaptoéthanol (5%, V/V). Les tampons de gel et d'électrodes sont identiques à ceux de l'électrophorèse en PAGE- SDS.

#### **2.2.3.3.2.4. Coloration des protéines**

A la fin de l'électrophorèse, les protéines sont fixées dans l'acide trichloracétique (TCA), 12% (P/V) pendant 45 min puis colorées pendant 1 h par une solution de bleu de

Coomassie, qui contient du bleu de Coomassie R-250 : 0,275 % (P/V), du TCA : 2 % (P/V), du méthanol 50 % (v/v) et de l'eau distillée.

La décoloration du gel s'effectue, sous agitation douce pendant 1 à 2 jours dans des solutions renouvelées plusieurs fois contenant le mélange (eau, méthanol, acide acétique, 6,25 ; 3 ; 0,75, v/v/v).



**Figure 19 : Mini-cuve d'électrophorèse OWL Thermo Fisher Scientific (dimensions des plaques 100 mm x110 mm) avec une plaque de refroidissement**

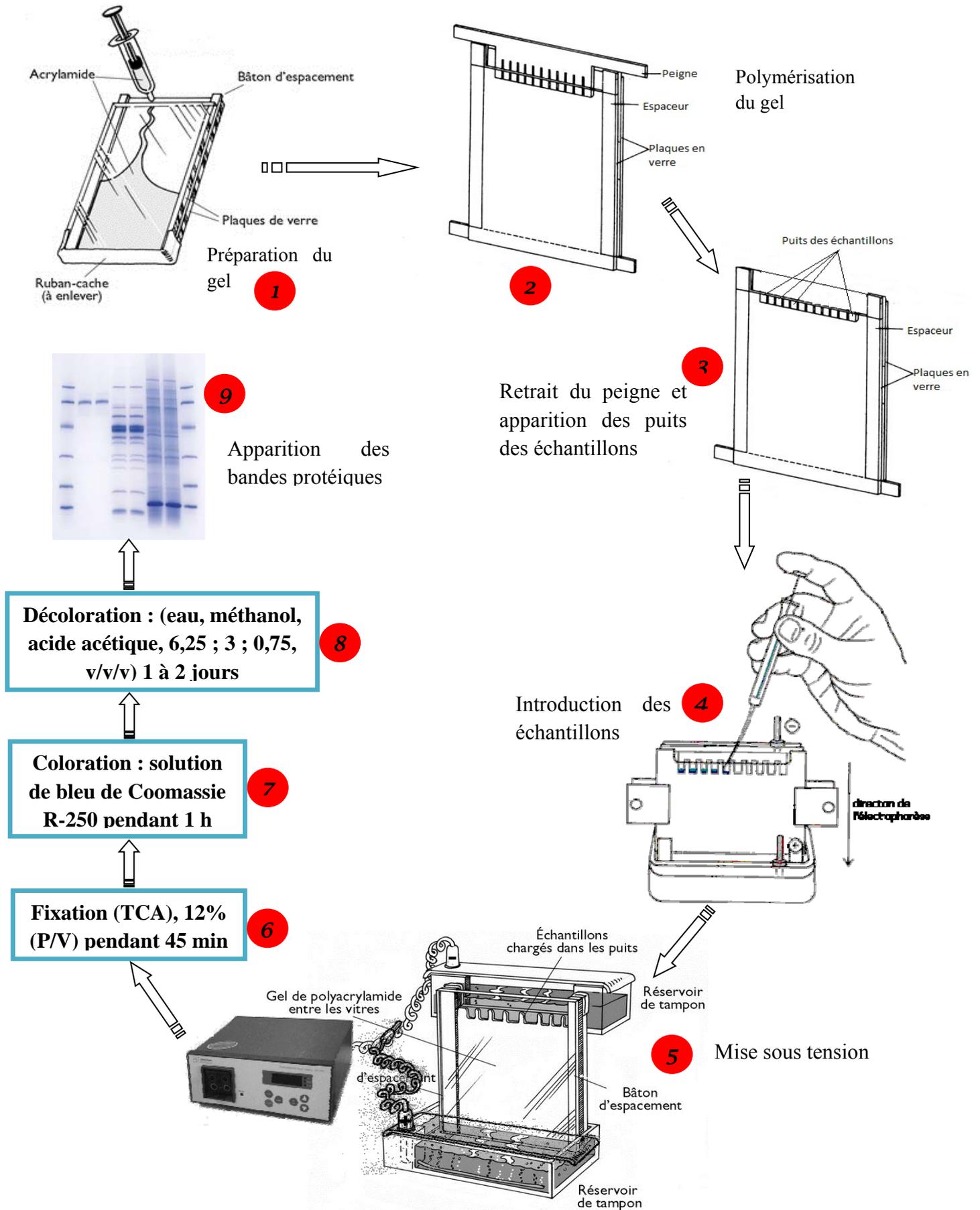


Figure 20 : principales étapes d'électrophorèse sur gel de polyacrylamide pour la séparation de protéine

#### **2.2.4. Analyses statistiques**

Des coefficients de corrélation linéaires de Pearson sont déterminés par paires entre les variables étudiées.

Des analyses de la variance et des matrices de corrélation sont réalisées respectivement par les programmes MIXED, CORR et FACTOR, avec le logiciel SAS (SAS Institute, 2008).

**Résultats et**  
**Résultats et**  
**discussion**

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Estimation des potentialités laitières des chameaux de population « Sahraoui » conduites selon les deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif) dans la région d'El-Oued et de Biskra

La population Sahraoui est issue du croisement Chaambi et Ouled Sidi Cheikh (BEN AISSA, 1989). Elle est localisée principalement dans le Sahara Septentrional Algérien. Le Sahraoui est un animal robuste, à pelage beige foncé, mi-long (OULD EL HADJ *et al.*, 2002).

La production laitière des races camelines en Algérie est estimée à environ 5 à 6 l/j soit 1800 litres/lactation (allant de 9 à 18 mois). Cette production est intéressante, en comparaison avec la production laitière moyenne dans le monde (800 et 3600 litres pour une durée de lactation de 9 et 18 mois) (SIBOUKEUR, 2007).

Les déclarations souvent à la baisse, des éleveurs indiquent que la production laitière en élevage extensif est plus importante par rapport à celle en élevage semi-intensif ( $3,5 \pm 1,41$  contre  $2 \pm 0,71$  l/j). Des productions comparables ont été signalées pour des chameaux Sahraoui vivant en semi-intensif dans la région de Souf à savoir 2,48 l/j (ADAMOUE et BOUDJENAH, 2012). Alors que pour la même population et la même région, une production de 1 à 5 litres/chameau/jour a été signalée pour le système extensif, par TITAOUINE *et al.* (2011).

Des résultats opposés sont rapportés par d'autres auteurs (FAYE *et al.*, 2011). Des chameaux soudanais produisent selon ces auteurs 2633 litres par lactation en système semi-intensif contre 1204 litres en système traditionnel (système extensif). Les soins vétérinaires, la complémentation alimentaire (concentrés, vitamines, minéraux...) en sont probablement à l'origine. D'autres auteurs rapportent des résultats similaires soit 6,9 l/j en semi-intensif contre 3,1 l/j en extensif (BAKHEIT *et al.*, 2008). Des productions de 5 l/j et d'autres de 3 à 14 l/j en élevage semi-intensif sont rapportées par d'autres auteurs (OULD SOULE, 2003 ; KHANNA *et al.*, 2004).

D'après la littérature, il semblerait donc que le système d'élevage semi-intensif est plus productif que le système extensif.

En Algérie, ce système non traditionnel se trouve confronté à de nombreuses contraintes responsables des faibles niveaux de production enregistrée notamment lors de la présente enquête. Parmi ces contraintes nous pouvons citer :

-  le potentiel génétique des chameaux algériens ;
-  la méconnaissance des besoins alimentaires des chameaux, donc la non - maîtrise de ce système d'élevage ;

- 🐪 le faible niveau scolaire des éleveurs ;
- 🐪 les faibles investissements dans ce domaine ;
- 🐪 l'absence de soins vétérinaires ;
- 🐪 l'absence d'infrastructure de base pour la collecte du lait... etc.

### 3.2. Qualité organoleptique

Le lait camelin est blanc opaque (YAGIL, 1982 ; FARAH, 2004 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; MAL et PATHAK, 2010), avec un goût légèrement salé (YAGIL, 1982 ; FARAH, 2004 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; MAL et PATHAK, 2010 ; EL IMAM ABDALLA, 2012 ; PRAJAPATI *et al*, 2012).

Les caractéristiques organoleptiques des échantillons expérimentaux de lait issu de deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif), nous avons fait appel à dix volontaires. Les résultats du test de dégustation sont mentionnés dans le tableau IX.

**Tableau IX : Caractéristiques organoleptiques**

Echantillon caractéristiques	E1 Stabulation (plantes naturelles)	E2 Extensif	E3 Semi-intensif	E4 Semi-intensif	vache
<b>Couleur</b>	Blanc opaque	Blanc opaque	Blanc opaque	Blanc opaque	Blanc jaunâtre
<b>goût</b>	Légèrement salé	Légèrement salé	Aucune particularité	Aucune particularité	Aucune particularité
<b>Odeur</b>	Forte	Forte	Légère	Légère	Légère

Il semble alors que le système d'élevage n'a pas d'impact sur la couleur du lait de chamelles. La couleur blanche du lait camelin est due à l'absence de la riboflavine responsable de la couleur blanc-jaunâtre du lait bovin. La présence de la  $\beta$ -carotène est responsable de la couleur jaunâtre de la matière grasse du lait bovin. Cette vitamine liposoluble, absente dans le lait camelin est responsable de la couleur blanche de la matière grasse de ce lait (YAGIL et ETZION, 1980 ; EL-AGAMY, 1994 ; WANGOHO *et al*, 1998 b ; FARAH, 2004 ...).

D'après de nombreux auteurs, le goût du lait de chamelle dépendrait de la nature des fourrages broutés (YAGIL et ETZION, 1980 ; EL-AGAMY, 1994 ; WANGOHO *et al*, 1998 b ;

FARAH, 2004 ; SIBOUKEUR, 2007 ; AL HAJ et AL KANHAL, 2010 ; EL IMAM ABDALLA, 2012).

Les échantillons E1 et E2 issus des chamelles qui se nourrissent de plantes des parcours naturels, même si elles sont en état de stabulation (E1), sont caractérisés par un goût légèrement salé conféré par l'ingestion des plantes halophytes (YAGIL, 1982). En revanche les échantillons E3 et E4 issus d'un élevage semi-intensif des chamelles recevant une alimentation dépourvue des plantes naturelles de parcours (son, orge,...etc.), ont un goût non particulier par rapport au lait de référence (lait bovin).

Par ailleurs, le type d'alimentation aurait probablement une influence sur l'odeur du lait. Dans ce contexte, GAST *et al.* (1969) rapportent que des pâturages camelins composés de *Schouwia purpurea* donne une odeur de chou au lait.

### 3.3. Qualité physico-chimique

#### 3.3.1. pH

Il est connu que le pH du lait camelin est plus bas comparativement au lait bovin (pH : 6,6) et au lait humain (pH : 7,01) (SIBOUKEUR, 2007). Le pH de l'échantillon expérimental de lait bovin mesuré dans le cadre de la présente étude est égal à 6,35. Le pH du lait camelin sont selon le cas égal à 6,39 pour E1 (le lait des chamelles en stabulation, nourries aux plantes des parcours), à 6,4 pour E2 (élevage extensif) et à 6,49 pour le lait issu d'un élevage semi-intensif (E3 et E4). Ces différences sont hautement significatives ( $P < 0,001$ ) (tableau X).

Les deux premières valeurs de pH (6,39 et 6,4) sont proches de pH signalé par SBOUI *et al.* (2009) en Tunisie (6,41) pour un élevage extensif, alors qu'ils sont apparemment inférieur aux valeurs de pH rapportés par certains auteurs pour le même système d'élevage comme : KHASKHELI en 2005 au Pakistan (6,77), FAYE *et al.* (2008) au Kazakhstan (6,46) et 6,57 (OMER, 2009). D'autre part et pour le système d'élevage semi-intensif, le pH moyen de 6,49 que nous avons relevé dans cette étude est proche de celui rapporté par (BORNAZ, 2009) soit un pH à 6,51. GORBAN et IZZELDIN (1997) signalent que le pH et le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau. Par ailleurs, la forte concentration en acides gras volatiles (YAGIL, 1985) et la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de dromadaire font diminuer le pH de celui-ci (YAGIL, 1985 ; FARAH *et al.*, 1992 ; SALEY, 1993 ; HADDADIN *et al.*, 2007).

VIGNOLA (2002) signale que le pH du lait dépend principalement de la présence de caséines et des anions phosphorique et citrique.

**Tableau X : Comparaison de paramètres physico-chimiques entre le lait de chammelles élevées en extensif et celles élevées en semi-intensif d'une part, et d'autre part avec le lait bovin**

Echantillon Paramètres Physico-chimiques	Lait de chamelle				Lait de vache	Valeur de P
	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4		
Densité	1,031 <sup>a</sup> ±0,001	1,028 <sup>c</sup> ±0,001	1,029 <sup>b</sup> ±0,001	1,029 <sup>b</sup> ±0,0005	1,0318 <sup>a</sup> ±0,0003	<0.0001 <sup>***</sup>
pH	6,39 <sup>cd</sup> ±0,006	6,40 <sup>c</sup> ±0,015	6,53 <sup>a</sup> ±0,031	6,46 <sup>b</sup> ±0,006	6,35 <sup>c</sup> ±0,042	<0.0001 <sup>***</sup>
Acidité dornic (°D)	18 <sup>b</sup> ±0,5	18,67 <sup>ab</sup> ±0,58	18,83 <sup>ab</sup> ±0,76	20,17 <sup>a</sup> ±1,26	20,5 <sup>a</sup> ±1,32	0.0415 <sup>*</sup>
Extrait sec total (g/L)	169,67 <sup>a</sup> ±6,03	126,67 <sup>c</sup> ±1,53	134 <sup>b</sup> ±2,65	106,50 <sup>d</sup> ±0,50	105,40 <sup>d</sup> ±1,51	<0.0001 <sup>***</sup>
Extrait sec dégraissé (g/L)	88,33 <sup>b</sup> ±0,58	65,67 <sup>d</sup> ±1,53	106 <sup>a</sup> ±1	76,67 <sup>c</sup> ±0,58	88,50 <sup>b</sup> ±0,50	<0.0001 <sup>***</sup>
Matière protéique titrable (%)	2,95 <sup>a</sup> ±0,10	2,15 <sup>b</sup> ±0,05	3,02 <sup>a</sup> ±0,04	3,06 <sup>a</sup> ±0,19	3,02 <sup>a</sup> ±0,05	<0.0001 <sup>***</sup>
Cendre (g/L)	8,05 <sup>a</sup> ±0,07	8,12 <sup>a</sup> ±0,16	6,26 <sup>c</sup> ±0,37	6,98 <sup>b</sup> ±0,40	8,03 <sup>a</sup> ±0,18	<0.0001 <sup>***</sup>
Lactose (g/L)	49,2 <sup>b</sup> ±106	51,27 <sup>a</sup> ±1,42	42,86 <sup>c</sup> ±0,8	41,28 <sup>c</sup> ±0,26	41,63 <sup>c</sup> ±0,55	<0.0001 <sup>***</sup>
Calcium (g/L)	1,56 <sup>a</sup> ±0,03	1,54 <sup>a</sup> ±0,65	1,48 <sup>a</sup> ±0,62	1,24 <sup>a</sup> ±0,16	1,12 <sup>a</sup> ±0,08	0.3090 <sup>ns</sup>
Vitamine C (mg/L)	44 <sup>a</sup> ±1,41	41,5 <sup>b</sup> ±0,71	24,05 <sup>c</sup> ±1,34	24,1 <sup>c</sup> ±0,28	20,5 <sup>c</sup> ±0,71	<0.0001 <sup>***</sup>
Protéines totales (g/L)	34,28 <sup>e</sup> ±0,68	36,71 <sup>d</sup> ±0,12	49,11 <sup>a</sup> ±0,33	43,1 <sup>c</sup> ±1,07	46,57 <sup>b</sup> ±0,90	<0.0001 <sup>***</sup>
Protéines caséiniques (g/L)	24,16 <sup>e</sup> ±1,64	25,45 <sup>d</sup> ±0,64	37,47 <sup>a</sup> ±1,23	32,12 <sup>c</sup> ±1,58	35,5 <sup>b</sup> ±0,85	<0.0001 <sup>***</sup>
Protéines lactosériques (g/L)	10.12 <sup>c</sup> ±1,58	11.26 <sup>b</sup> ±0,93	11.64 <sup>a</sup> ±1,90	10.98 <sup>b</sup> ±2,52	11.07 <sup>b</sup> ±1,02	<0.0001 <sup>***</sup>

\*: (différence significative) P<0,05 ; \*\*\* : (différence très significative) P<0,001; ns: (différence non significative) (P>0,05) ; a, b, c, d, e, moyennes dans la même ligne affectées de lettres différentes sont significativement distincts (P < 0,05)

Tableau XI : Coefficients de corrélation des analyses physicochimiques du lait collecté (échantillons du lait camelin + le lait bovin)

	sample	densité	pH	acidité	MST	MSD	MPT	crendre	lactose	calcium	Vitamine C	PT	P.cas	P.lac
<b>sample</b>	1													
<b>densité</b>	0.260 <sup>ns</sup>	1												
<b>pH</b>	-0.045 <sup>ns</sup>	-0.584 <sup>ns</sup>	1											
<b>acidité</b>	0.970 <sup>ns</sup>	0.245 <sup>ns</sup>	-0.159 <sup>ns</sup>	1										
<b>MST</b>	-0.897 <sup>ns</sup>	0.119 <sup>ns</sup>	0.019 <sup>ns</sup>	-0.917*	1									
<b>MSD</b>	0.119 <sup>ns</sup>	0.375 <sup>ns</sup>	0.476 <sup>ns</sup>	-0.079 <sup>ns</sup>	0.247 <sup>ns</sup>	1								
<b>MPT</b>	0.428 <sup>ns</sup>	0.577 <sup>ns</sup>	0.243 <sup>ns</sup>	0.374 <sup>ns</sup>	-0.054 <sup>ns</sup>	0.696 <sup>ns</sup>	1							
<b>crendre</b>	0.129 <sup>ns</sup>	0.736 <sup>ns</sup>	0.081 <sup>ns</sup>	-0.012 <sup>ns</sup>	0.315 <sup>ns</sup>	0.896*	0.780 <sup>ns</sup>	1						
<b>lactose</b>	-0.854 <sup>ns</sup>	-0.281 <sup>ns</sup>	-0.311 <sup>ns</sup>	-0.792 <sup>ns</sup>	0.635 <sup>ns</sup>	-0.474 <sup>ns</sup>	-0.787 <sup>ns</sup>	-0.428 <sup>ns</sup>	1					
<b>calcium</b>	-0.948 <sup>ns</sup>	-0.449 <sup>ns</sup>	0.267 <sup>ns</sup>	-0.975**	0.812 <sup>ns</sup>	-0.011 <sup>ns</sup>	-0.492 <sup>ns</sup>	-0.155 <sup>ns</sup>	0.801 <sup>ns</sup>	1				
<b>Vitamine C</b>	-0.924 <sup>ns</sup>	-0.190 <sup>ns</sup>	-0.291 <sup>ns</sup>	-0.834 <sup>ns</sup>	0.755 <sup>ns</sup>	-0.429 <sup>ns</sup>	-0.613 <sup>ns</sup>	-0.331 <sup>ns</sup>	0.959**	0.810 <sup>ns</sup>	1			
<b>PT</b>	0.773 <sup>ns</sup>	0.070 <sup>ns</sup>	0.475 <sup>ns</sup>	0.613 <sup>ns</sup>	-0.601 <sup>ns</sup>	0.610 <sup>ns</sup>	0.524 <sup>ns</sup>	0.406 <sup>ns</sup>	-0.851 <sup>ns</sup>	-0.575 <sup>ns</sup>	-0.935*	1		
<b>P.cas</b>	0.781 <sup>ns</sup>	0.125 <sup>ns</sup>	0.455 <sup>ns</sup>	0.624 <sup>ns</sup>	-0.585 <sup>ns</sup>	0.634 <sup>ns</sup>	0.575 <sup>ns</sup>	0.451 <sup>ns</sup>	-0.875 <sup>ns</sup>	-0.598 <sup>ns</sup>	-0.945*	0.997***	1	
<b>P.lac</b>	0.457 <sup>ns</sup>	-0.530 <sup>ns</sup>	0.543 <sup>ns</sup>	0.316 <sup>ns</sup>	-0.585 <sup>ns</sup>	0.174 <sup>ns</sup>	-0.175 <sup>ns</sup>	-0.193 <sup>ns</sup>	-0.346 <sup>ns</sup>	-0.155 <sup>ns</sup>	-0.556 <sup>ns</sup>	0.723 <sup>ns</sup>	0.677 <sup>ns</sup>	1

\*: P<0,05 ; \*\* : P<0,01 ; \*\*\*: P<0,001 ; ns : non significatif (P>0,05) ; MST : Matière sèche totale ; MSD : Matière sèche dégraissée ; MPT : Matière protéique titrable ; PT : Protéines totales ; P.cas : Protéines caséiniques ; P.lac : protéines lactosériques.

### 3.3.2. Acidité Dornic

L'acidité titrable, tourne autour de 18 °D pour les trois premiers échantillons (E1, E2 et, E3) et qui représentent les différents systèmes d'élevage. L'échantillon E4 enregistre une acidité dornic égale à 20 °D (tableau X). Cette valeur se rapproche de celle enregistrée pour l'échantillon bovin (20,5 °D). La différence entre (E1, E2 et, E3) et (E4 et l'échantillon bovin) est significative ( $P < 0,05$ ) (tableau X).

Les valeurs de l'acidité Dornic obtenues dans cette étude se situent dans la fourchette des travaux rapportés par certains auteurs soit 18,2 °D (SIBOUKEUR, 2007), 18 °D KHASKHELI *et al.* (2005) en Inde. D'autres auteurs rapportent des valeurs plus élevées ou plus basses. Ainsi KONUSPAYEVA (2007) et FAYE *et al.* (2008) au Kazakhstan signalent des valeurs plus élevées (26 et 24,04 °D respectivement). En revanche, les valeurs évoquées par SBOUI *et al.* (2009) (17,2 °D), MEILOUD *et al.* (2011) en Mauritanie (16 °D), ELAMIN et WILCOX (1992) en Arabie Saoudite (15°D), ABU-LEHIA (1994) en Arabie Saoudite (15 °D) et KAMOUN (1994) en Tunisie (15,6°D) sont plus faibles.

Il est important de préciser que le lait camelin est caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (KAMOUN et RAMET, 1989 ; ABUTARBOUSCH, 1996), c'est-à-dire que le pH arrive à se maintenir approximativement au même niveau malgré l'élévation de l'acidité dornic.

### 3.3.3. Densité

Les densités mesurées se situent entre 1,028 à 1,031. Elles sont inférieures à celle relevée pour l'échantillon de lait bovin (1,0318). Les différences enregistrées sont hautement significatives ( $P < 0,001$ ) (tableau X).

Ces valeurs sont comparables à celles rapportées par la FAO (1995) d'après une compilation de diverses sources (1,0250-1,0380). De même qu'elles se rapprochent des valeurs signalées par IQBAL *et al.* (2001), El-ERIAN *et al.*, (1979) en Arabie Saoudite et celle de ALLOUI-LOMBARKIA *et al.*, (2007), respectivement égales à 1,029-1,032 ; 1,028-1,038 et 1,029. D'autre part elles diffèrent de celles rapportées par SABOUI *et al.* (2009) (1,020) et SIBOUKEUR (2007) (1,023).

La densité du lait varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension (la matière sèche dégraissée) (MOSBAH, 2012). Ceci est bien visible dans le cas de E2 qui enregistre le taux de matière sèche le plus faible corrélé à une densité la plus faible.

#### 3.3.4. Extrait sec total

La teneur en matière sèche totale des échantillons de lait camelin analysés varie entre 106,5 g/l et 169 g/l. Les différences enregistrées sont hautement significatives ( $P < 0,001$ ) (tableau X).

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

Plusieurs auteurs ont montré que la variation de la teneur en extrait sec total était dû à divers facteurs tels que la qualité de l'eau et sa quantité disponible pour les animaux (KHASKHELI *et al.*, 2005). En été, la teneur en eau du lait augmente et donc sa matière sèche diminue davantage sous l'effet du stress hydrique. HADDADIN *et al.* (2008) ont trouvé que le taux de matière sèche totale atteignait son maximum en mi-hiver et son minimum en été. De même, YAGIL et ETZION (1980) avaient montré bien avant que le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau faisait chuter très sensiblement le taux de matière sèche totale de 14,3 à 8,8 %. Ce phénomène est naturel, car il permet d'assurer la survie du chamelon et de lui fournir un produit de valeur nutritive suffisante et une quantité importante d'eau en période de sécheresse. La teneur en matière sèche du lait varie également en fonction du stade de lactation (BENGOUMI *et al.*, 1994 ; KHASKHELI *et al.*, 2005), des facteurs saisonniers, de l'environnement, du rang de lactation, du nombre de vêlages (YAGIL, 1982 ; KHASKHELI *et al.*, 2005). Des variabilités génétiques (EREIFEJ *et al.*, 2011) et l'effet de l'origine géographique sur la composition du lait de chamelle (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009) ont été également rapportés.

#### 3.3.5. Teneur en cendres

La teneur en cendres des échantillons analysés varie entre 6,26 et 8,05 g/l avec des différences hautement significatives ( $P < 0,001$ ) (tableau X).

Ces chiffres sont comparables à ceux rapportés par SBOUI *et al.* (2009) en Tunisie avec 7,5 g/l, SIBOUKEUR (2007) avec 7,28 g/l mais ils sont inférieurs à ceux obtenus par HADDADIN *et al.* (2008) en Jordanie avec 8,2 g/l, 8,6 g/l (KARUE, 1994), DAILLO (1989) en Mauritanie (8,83 g/l) et 9,39 g/l (BOUDJENAH, 2012).

La teneur en cendres (minéraux) du lait camelin diminue en cas de privation d'eau (YAGIL, 1985). Elle varie également en fonction du stade de lactation (SIBOUKEUR, 2007).

#### 3.3.6. Teneur en calcium

Le calcium est très important pour l'être humain. Il est nécessaire pour le développement des tissus et des os, dans la conduite des messages nerveux, des contractions

musculaires, la coagulation du sang. Le lait et autres produits laitiers en sont la principale source (GHADA, 2005).

Selon le tableau X, la teneur en calcium du lait camelin paraît plus importante que celle du lait de vache.

Par ailleurs, il semble qu'au sein du lait camelin (tableau X), on peut constater que la concentration en calcium des échantillons 1 et 2 issus des chamelles en stabulation avec une alimentation à base de plantes naturelles et des chamelles en extensif respectivement est plus importante que celle des échantillons 3 et 4 issus des chamelles en semi-intensif (cette différence ne semble pas significative selon le tableau X).

Ces résultats est en accord avec ceux rapportés par HADDADIN *et al.*, (2007) (1,37 g/l) en système d'élevage extensif et ceux rapportés par SHAMSIA (2009), en système d'élevage semi-intensif ( 1,09 g/l).

La concentration de calcium baisse dans le lait de dromadaires déshydratés (YAGIL, 1982). DELL'ORTO *et al.* (2000) ont constaté qu'un régime alimentaire riche en oligo-éléments augmentait significativement le taux de calcium dans le lait.

Par ailleurs, NEVILLE (2005) prétend que les variations des taux de calcium seraient régulés par les taux de citrate et de caséines dans le lait. Le tableau XI n'indique pas l'existence d'une corrélation entre le taux de caséines et celui de calcium.

### 3.3.7. Teneur en lactose

D'après les résultats compilés sur le tableau X, la teneur en lactose semble très différente entre les échantillons venus des deux systèmes d'élevage. Les différences enregistrées sont hautement significatives ( $P < 0,001$ ) (tableau X).

On observe alors un taux plus faible dans le lait issu de chamelles élevées en semi-intensif (E3 et E4) et qui semble proche du lait bovin et en revanche un taux plus important dans E1 et E2 issus des chamelles en stabulation avec une alimentation à base de plantes naturelles de parcours et des chamelles en extensif respectivement. Ce qui est en accord avec les résultats de KARUE (1994), en Arabie Saoudite (36,5 g/l) (système intensif), contre 44,4 g/l rapporté par MEHAIA *et al.* (1995) (extensif). Le taux de lactose peut être influencé par la race cameline, KADIM et MAHGOUB (2012) ont déclaré que la race Al-dowasir, qui est élevée en Arabie saoudite (système intensif) donne le rendement laitier le plus élevé de toutes les races dans la région du Golf et son lait est le plus riche en lactose.

Une grande variation pourrait être due au fait que les dromadaires, généralement broutent des plantes halophytes par exemple *Atriplex*, *Acacia*... etc (FAO, 1982).

SQUIRES (2010) a montré que la teneur en lactose du lait ne peut pas être changé, sauf dans la manipulation alimentaire extrême, par ce que le lactose est le composant osmotique du lait le plus important, des changements dans la synthèse du lactose sont accompagnés par des changements dans le volume d'eau dans le lait et donc le rendement du lait.

D'après YAGIL et ETZION (1980), Une diminution de 37 % de la teneur initiale a été constatée en cas de déshydratation des chamelles.

En fin, le taux en lactose varie en fonction du stade de lactation (BAKHEIT, 1999). L'auteur a constaté que la teneur en lactose du lait de chamelles soudanaises est égale à 4,7 % durant les trois mois après le vêlage et à 3,2% en fin de lactation.

### 3.3.8. Teneur en vitamine C

Le lait de chamelle est réputé pour sa richesse en vitamine C. Sa teneur en cette vitamine est trois fois à cinq fois plus élevée que dans le lait bovin (FARAH *et al.*, 1992 ; STAHL *et al.*, 2006 ; SIBOUKEUR, 2007). Les résultats que nous avons obtenus lors de la présente étude font apparaître cette richesse (tableau X).

Il ressort de cette étude deux types de lait. Le premier caractérisé par des teneurs plus élevées en vitamine C (E1 et E2) issus des chamelles en stabulation avec une alimentation à base de plantes naturelles et des chamelles en extensif respectivement. Le second est celui qui renferme les plus faibles taux représenté par E3 et E4 issus des chamelles en semi-intensif. Les différences enregistrées sont hautement significatives ( $P < 0,001$ ) (tableau X).

Ces résultats (tableau X) sont en accord avec ceux rapportés par SIBOUKEUR (2007) 41,40 mg/l et 46 mg/l (SHAMSIA, 2009), mais ils sont bien inférieurs au chiffre signalé par BAIDAR KHAN et IQBAL (2001) et qui est 58,2 mg/l. D'autre part, le taux signalé par MEHAIA (1994), est qui est 24,9 mg/l pour un élevage intensif avec la race Majaheem en Arabie saoudite conforte les résultats que nous avons enregistrés avec le même système d'élevage (24,05 et 24,1 mg/l respectivement pour E3 et E4).

L'alimentation de la chamelle semble jouer un rôle non négligeable, les rations contenant de la luzerne par exemple sont favorables sur la concentration en acide ascorbique (KONUSPAYEVA *et al.*, 2003).

Les concentrations en vitamine C varient aussi en fonction de la race animale, du stade de lactation où elles augmentent après 180 jours de lactation (MOHAMED, 2002).

### 3.3.9. Teneur en protéines totales

Des teneurs minimales caractérisent E1 et E2 soient  $34,28 \pm 0,68$  g/l et  $36,71 \pm 0,12$  g/l respectivement. Des teneurs maximales sont enregistrées pour E3 et E4 soient  $49,11 \pm 0,33$  g/l,

43,1±1,07 g/l respectivement. Ces dernières sont proches de celle relevée pour le lait bovin analysé 46,57±0,90 g/l. Les différences enregistrées sont hautement significatives ( $P<0,001$ ) (tableau X).

Ces résultats rejoignent ceux obtenus par SBOUI *et al.* (2009), 34,15 g/l ; KAMOUN (1994), 34,3 g/l ; 30,72 g/l (ATTIA *et al.*, 2001) ; 30,8 et 33,1 g/l (WANGO, 1997) ; 33 g/l (KAMAL *et al.*, 2007) ; 34,6 g/l (SHAMSIA, 2009) et 35,6 g/l (SIBOUKEUR, 2005) sur de lait des chamelles élevées en extensif. Par ailleurs, des résultats obtenus pour les chamelles élevées en semi-intensif (41 g/l - 49 g/l) ont été rapportés par MEHAIA (1995) sur la race Majaheim en Arabie saoudite conduite en élevage intensif.

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

WOLTER (1997), montre que l'élevage par ensilage de maïs, betteraves et concentrés entraîne une augmentation de taux de protéines, alors que l'élevage par l'herbe ou un ensilage médiocre, entraîne un abaissement de taux de protéines.

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

#### 3.3.9.1. Teneur en caséines

Comme pour la teneur en protéines totales, les teneurs en caséines semblent se répartir en deux groupes. Le premier est celui représenté par E1 et E2 avec des taux compris entre 24,16 ±1,64 g/l et 25,45 ±0,64 g/l respectivement. Le deuxième est celui représenté par les E3 et E4 avec des taux compris entre 37,47 ±1,23 g/l, 32,12 ±1,58 g/l. Ces derniers sont proches du taux de Caséine de l'échantillon de lait bovin analysé (35,5 ±0,85 g/l). Les différences enregistrées sont hautement significatives ( $P<0,001$ ) (tableau X).

Des teneurs comparables à celles enregistrées pour E1 et E2 ont été évoquées par KHASKHELI *et al.* (2005) (22,1 g/l), par ATTIA *et al.* (2001) (20,60 g/l) et par ALLOUI-LOMBARKIA *et al.* (2007) (21,3 g/l). Toutefois, certains auteurs ont rapporté des teneurs plus faibles soit 19,7 g/l (KAMOUN, 1995), 19,8 g/l (HADDADIN *et al.*, 2007) et 19,8 g/l (ALLOUI-LOMBARKIA *et al.*, 2007).

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

D'après le tableau XI, il semble que le taux de protéine totale et celui de caséines sont significativement et positivement corrélés.

### 3.3.9.2. Teneur en protéines sériques

Les teneurs en protéines sériques des échantillons analysés semblent proches les unes aux autres (tableau X). Elles sont comprises entre  $10,12 \pm 1,58$  g/l (E1) et  $11,64 \pm 1,90$  g/l (E3). Le lait bovin présente un taux égal à  $11,07 \pm 1,02$  g/l (tableau X).

Ces taux apparaissent supérieurs à ceux rapportés par KIHAL *et al* (1999) (8,59 g/l) et FARAH (1993) (7 g/l).

Par ailleurs, certains auteurs avancent des chiffres proches : 9 g/l selon ABU-LEHIA (1987) et 10 g/l selon BAYOUMI (1990) et ABU-LEHIA (1994) pour la race Majaheem (11,2 g/l).

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

### 3.3.9. Evolution du pH et de l'acidité Dornic

Les valeurs du pH et de l'acidité titrable doivent leur importance aux indications qu'elles fournissent, sur l'état de fraîcheur du lait ou sur sa stabilité, elles sont dépendantes de la teneur en citrates, en caséines, en hydrogène-carbonate et lactates ainsi que de l'état sanitaire de la mamelle (SIBOUKEUR, 2007).

En raison de la nature du fourrage et de la disponibilité de l'eau potable, le lait de dromadaire frais a généralement un pH élevé (KHASKHELI *et al.*, 2005), qui est situé entre 6,5 à 6,7 (SHALASH, 1979).

Dans la présente étude, il paraît que les échantillons E1 et E2 provenant des chamelles se nourrissant de fourrages naturels ont une valeur de pH presque similaire le premier jour de prélèvement (6,39 et 6,40 respectivement), alors que les échantillons E3 et E4 issus des chamelles en élevage semi-intensif, avec un type d'alimentation largement différent, ont un pH plus élevé, avec une moyenne de 6,49.

D'autre part, l'acidité Dornic mesurée le premier jour, semble avoir des valeurs plus basses pour les échantillons E1 et E2 en comparaison avec les échantillons E3 et E4. Ceci peut-être expliqué d'après GORBEN et IZZELDIN (1997), que le pH et que l'acidité peuvent être affectés par l'alimentation et la disponibilité de l'eau.

L'évolution du pH et de l'acidité Dornic est suivie d'une façon journalière jusqu'à ce qu'on remarque une modification de l'aspect du lait, odeur désagréable, (celle-ci correspond

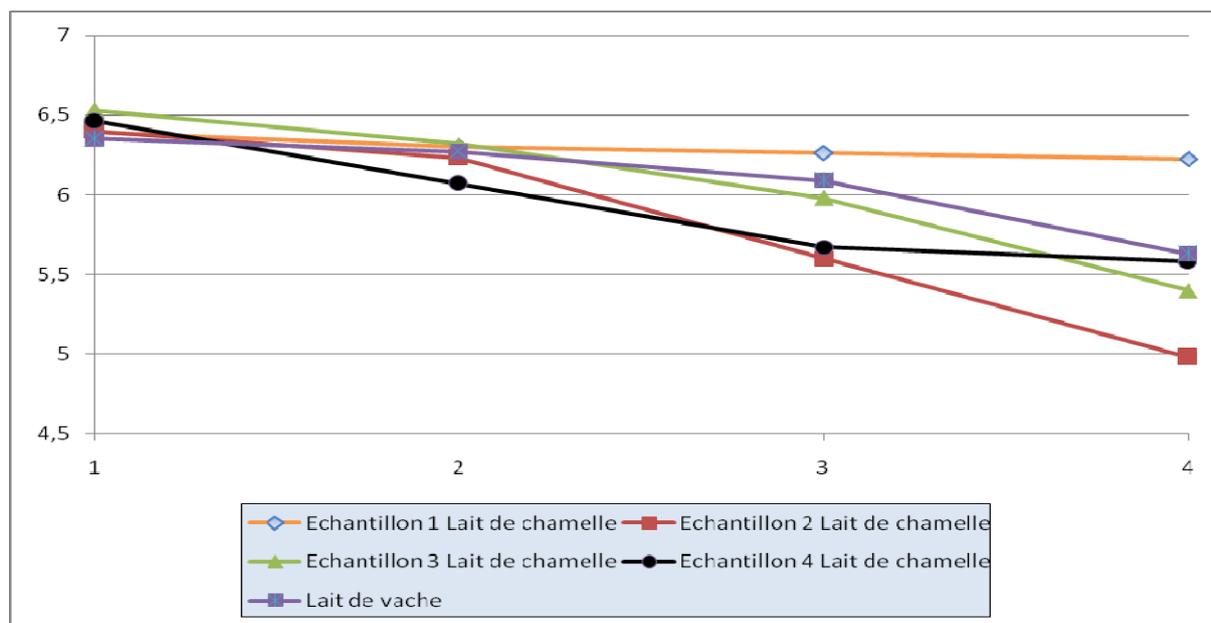
aux quatre premiers jours dans notre cas). Ce qui peut donner une idée sur la stabilité des échantillons et leurs états de conservation.

Globalement, il semble que E1 est le mieux stable durant les quatre premiers jours (figures 21 et 22) et ceci peut être expliqué par son teneur le plus élevé en vitamine C qui joue un rôle anti-bactérien (YAGIL, 1982 ; KAMOUN et RAMET, 1989 ; YAGIL *et al.*, 1994 ; KONUSPAYEVA *et al.*, 2011). En revanche l'échantillon E2, a subi une contamination microbienne après le troisième jour (figure 22) et cela ce qui explique une brusque élévation de son acidité titrable au bout du troisième jour de stockage.

Lorsque le lait de chamelle est laissé au repos, l'acidité augmente rapidement et la teneur en acide lactique augmente de 0,03% après un repos de 2 heures à 0,14 pour cent au bout de 6 heures à la température ordinaire (YAGIL, 1982). Ce qui est contradictoire avec celui rapporté par DUKWAL *et al.* (2007) qui a déclaré que le lait de chamelle reste assez stable à la température ambiante et prend relativement plus de temps pour devenir aigre.

Finalement, il a été constaté que l'acidification du lait de dromadaire, réalisée soit par voie fermentaire, soit par voie exogène était plus lente que pour le lait de vache (KAMOUN et RAMET, 1989 ; RAMET, 1991 et 2001 ; TOURETTE *et al.*, 2003) en raison du pouvoir tampon le plus fort que possède le lait camelin. Ce qui explique qu'il n'y a pas de relation directe entre le pH et l'acidité Dornic (TOURETTE *et al.*, 2003). Ce phénomène est mis en évidence dans la présente étude. Le tableau XI n'indique pas de corrélation significative entre ces deux paramètres. Afin d'estimer le pouvoir tampon des échantillons expérimentaux, nous avons procédé à l'analyse des valeurs de l'acidité Dornic et du pH enregistrées lors de l'entreposage à la température ambiante du 1<sup>er</sup> et du 5<sup>ème</sup> jour (Fig 21 et 22). Le pouvoir tampon semble suivre l'ordre suivant :

Échantillon 1 > échantillon 4 > échantillon 3 > échantillon 2 > échantillon de lait de vache.

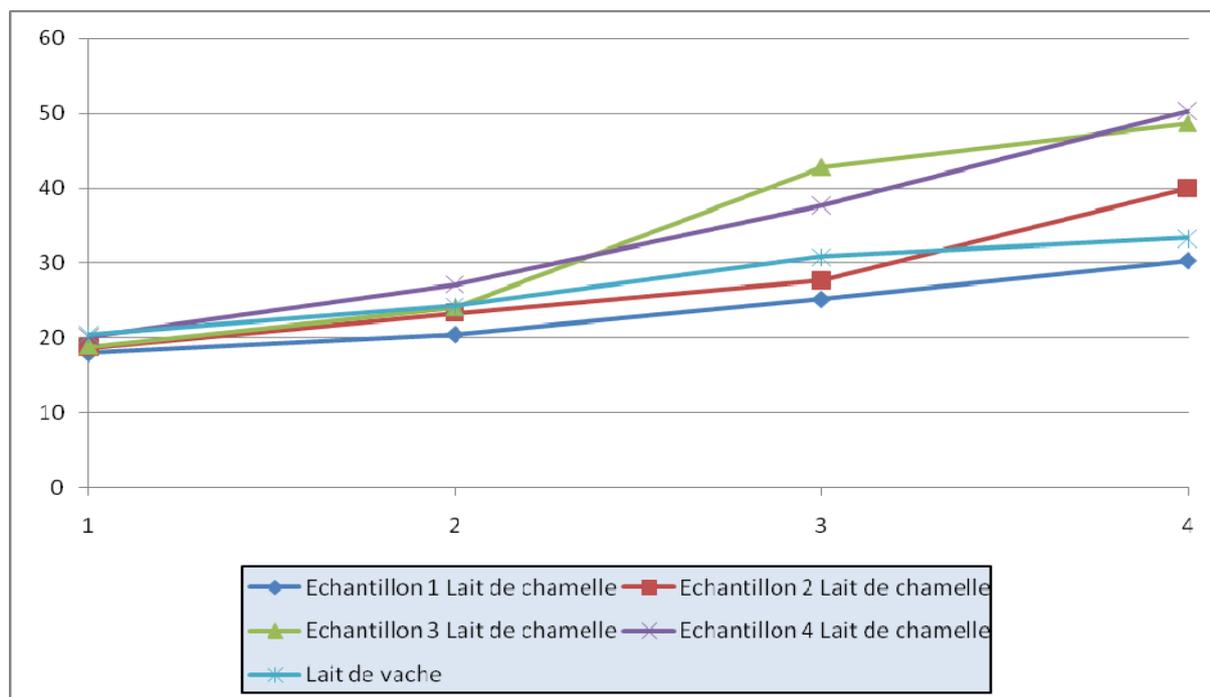


**Figure 21 : Evolution de pH du lait de chamelles des différents élevages et le lait bovin, durant les quatre premiers jours de l'entreposage à la température ambiante ( $17 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

Echantillon 1 : lait issu des chamelles en stabulation avec une alimentation à base de plantes naturelles.

Echantillon 2 : lait issu des chamelles en élevage extensif.

Echantillon 3 et échantillon 4 : lait issu des chamelles en élevage semi-intensif.



**Figure 22 : Evolution de l'acidité Dornic du lait de chamelles des différents élevages et le lait bovin, durant les quatre premiers jours de l'entreposage à la température ambiante ( $17 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ )**

Echantillon 1 : lait issu des chamelles en stabulation avec une alimentation à base de plantes naturelles.

Echantillon 2 : lait issu des chamelles en élevage extensif.

Echantillon 3 et échantillon 4 : lait issu des chamelles en élevage semi-intensif.

### 3.3.10. Taille des globules gras

Dans le lait de chamelle, la matière grasse, qui représente environ 3,6 % de la composition (LOPEZ *et al.*, 2001), est dispersée sous la forme de globules, enveloppés dans une membrane (KHAN et IQBAL, 2001), qui provient de la cellule sécrétrice du lait et est constituée par des complexes protéiniques, des phospholipides.

La matière grasse du lait est principalement composée par des triglycérides. La complexité de sa composition a pour origine l'extrême diversité de leurs acides gras par rapport à la longueur de la chaîne, la position et le nombre de doubles liaisons et la ramification (KARRAY *et al.*, 2004).

La présence de globules de matière grasse dans le lait a été rapportée pour la première fois par VAN LEEUWENHOEK en 1674, après une analyse microscopique de lait placé dans un tube capillaire fin, depuis lors, les propriétés physiques des globules gras de lait et leur taille de distribution ont fait l'objet de nombreuses études (HUPPERTZ et KELLY, 2006).

D'après les photos (figure 23), il semble que les quatre échantillons de lait camelin (A, B, C et D) présentent, une plus grande fréquence de globules gras de petite taille comparativement à l'échantillon de lait bovin (E).

Plusieurs auteurs ont rapporté que la matière grasse du lait est présente principalement sous forme de gouttelettes sphériques et qui sont plus petites pour le lait camelin que pour le lait bovin. Allant de 1,5 à 9  $\mu\text{m}$  pour les globules gras camelins selon MEHAIA (1995) et de 1,2 à 4,2  $\mu\text{m}$  selon YAGIL (1982), contre 3 à 6  $\mu\text{m}$  pour ceux issus du lait bovin.

Le lait de vache contient typiquement plus de  $1,5 \times 10^9$  globules gras/ml, contre  $3,5 \times 10^9$  globules gras/ml pour le lait camelin (KARRAY *et al.*, 2009).

La taille des globules gras du lait varie avec la composition en acides gras des triglycérides. TIMMEN et PATTON (1988) ont constaté que les globules gras de petites tailles contenaient moins de C<sub>4</sub>:0, C<sub>10</sub>:0 et C<sub>18</sub>:0 et plus de C<sub>18</sub>:1.

Par ailleurs, la composition en acides gras des globules diffère également selon les saisons. Ainsi, la teneur en C<sub>18</sub>:1 et C<sub>18</sub>:2 du lait augmente en hiver avec augmentation de la taille des globules gras, mais l'effet inverse est observé dans le lait de printemps avec plus de C<sub>14</sub>:0 et C<sub>16</sub>:0 et diminution de la taille des globules gras (BRIARD *et al.*, 2003).

WIKING *et al.* (2004) ont rapporté une corrélation positive entre la taille des globules gras dans le lait et la concentration en acides C<sub>16</sub>:0, C<sub>16</sub>:1, C<sub>18</sub>:0 et C<sub>18</sub>:1.

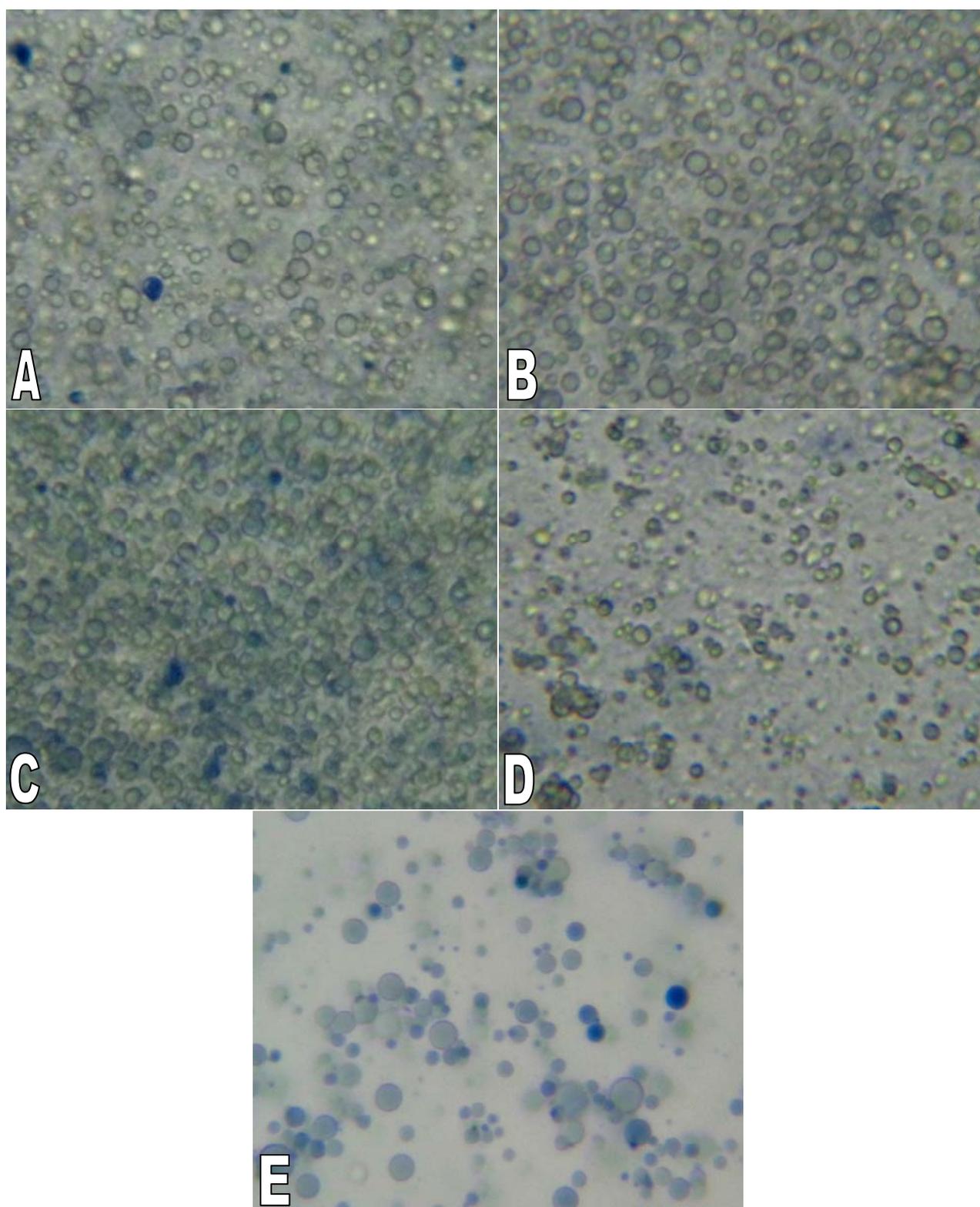
De tout ce qui précède, en nous appuyant sur les résultats du tableau XI, nous pouvons qu'en comparaison avec l'extrait sec dégraissé et la teneur en protéine de chaque échantillon du lait, on peut diviser les échantillons expérimentaux en deux groupes du lait :

- 🐪 Le premier groupe est constitué par E1 et E2 (issus d'un élevage en stabulation mais avec une source d'alimentation basée seulement sur des plantes naturelles de parcours et d'un élevage extensif respectivement). Leur matière sèche totale est composée de 48 % environ de matière grasse et ils présentent un taux de protéines plus faible que les autres échantillons ;
- 🐪 Le deuxième groupe est constitué par E3 et E4 (issus d'un élevage semi-intensif) et le lait de vache. Leur matière sèche totale est composée de moins de 28% environ de matière grasse, mais d'un taux de protéine plus élevé que les deux premiers échantillons.

Cette variation de la teneur de matière sèche totale au sein du même groupe peut être due à la différence dans le stade de lactation.

Ce qui semble remarquable dans la présente étude est la teneur relativement élevée en vitamine d'E1 et E2 et des pH plus bas que les autres. Toutefois le tableau XI n'indique pas l'existence d'une corrélation entre ces deux paramètres.

En outre, les quatre échantillons de lait camelin présentent, une plus grande fréquence de globules gras de petite taille comparativement à l'échantillon de lait bovin (E).



**Figure 23 : aspect et taille des globules gras après coloration par le noir soudan (x400)**

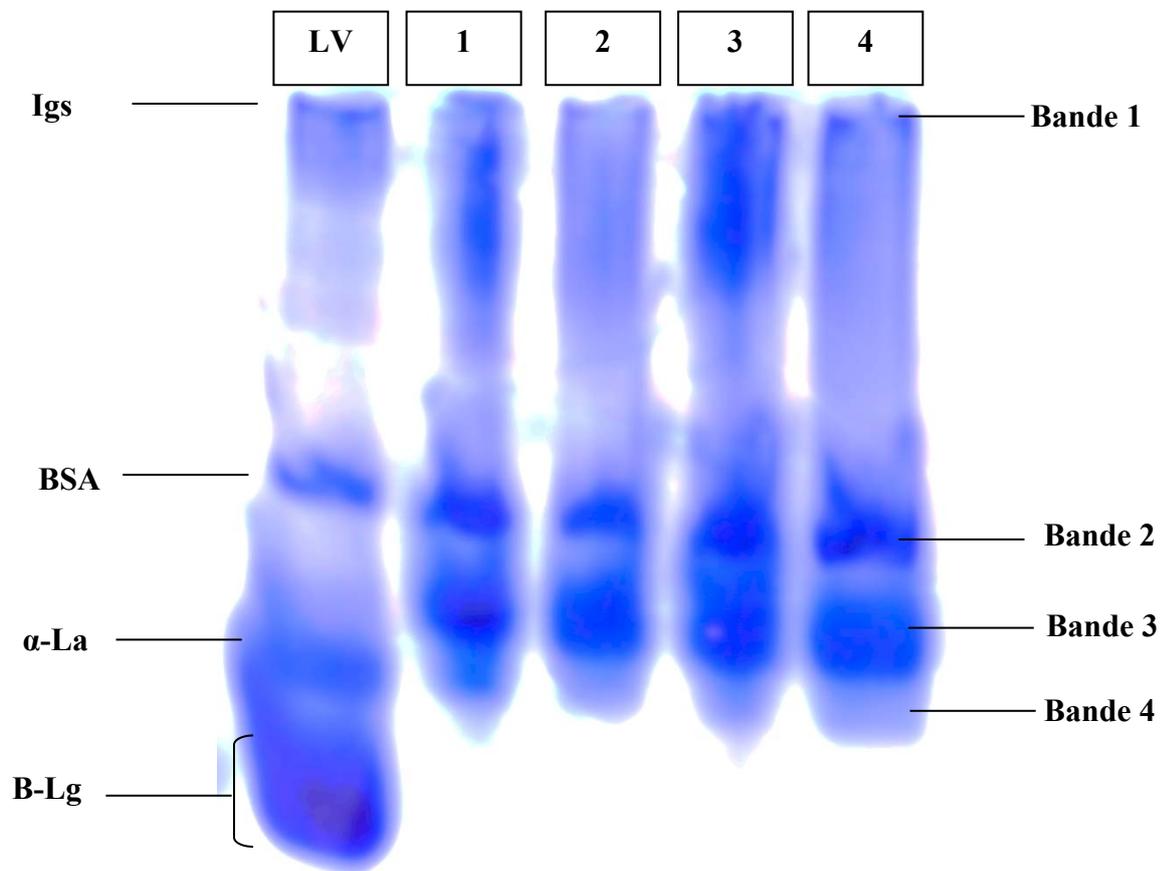
A : Echantillon 1 (lait de chamelles en stabulation avec les plantes naturelles de parcours comme source d'alimentation). B : Echantillon 2 (lait de chamelles élevées en extensif). C : Echantillon 3 (lait de chamelles élevées en semi-intensif). D : Echantillon 4 (lait de chamelles élevées en semi-intensif). E : Lait de vache.

### 3.3.11. Comportement électrophorétique des protéines lactosériques

#### 3.3.11.1. Electrophorèse sur gel de polyacrylamide en milieu non dissociant et non dénaturant

L'électrophorèse sur gel de polyacrylamide en conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE-native) est résolutive et bien adaptée pour la séparation des protéines sériques du lait bovin (MATI, 1992).

Appliquée aux fractions protéiques du lait de chamelle collecté, l'électrophorèse, présente des profils de séparation (figure 24) très comparables entre les échantillons examinés.



**Figure 24 : Electrophorégramme des protéines du lactosérum du lait de chamelle en PAGE-native ; gel à T= 12%, C=2,9%**

**1, 2, 3, 4 : Echantillons (1, 2, 3 et 4 selon le tableau X)**

**LV : Lait de vache**

L'analyse du profil électrophorétique obtenu en PAGE-native (figure 24) montre une grande similitude et homogénéité entre les quatre échantillons de lait étudiés. Sur l'électrophorogramme trois bandes sont bien focalisées (bandes 2, 3 et 4).

Dans le cas du lait bovin, les protéines sériques migrent en cinq bandes. En s'appuyant sur des données bibliographiques, nous pouvons les distinguer selon l'ordre croissant de leurs mobilités : Igs < BSA <  $\alpha$ -La <  $\beta$ -Lg (variant A et B).

Les Igs ont une mobilité très faible, vue leur PM très élevé qui ne leur permet pas de migrer plus loin. Une bande bien focalisée constituant la BSA, suivie de l' $\alpha$ -La, et enfin 2 autres bandes intenses, mais qui ne sont pas bien distinctes dans ce profil, correspondent aux 2 variants génétiques de la  $\beta$ -Lg.

Dans le cas du lait camelin, la bande (1) de très faible intensité se trouvant au même niveau que les Igs bovins pourrait correspondre à leurs homologues camelins. La bande (2) intense et qui migre au même niveau que la BSA pourrait correspondre à cette protéine dans le lait de dromadaire (CSA). Quant à la bande (4), elle désigne l' $\alpha$ -La cameline. Celle-ci se situe au même niveau que la protéine bovine. La bande (3) qui n'a pas d'homologue bovin, pourrait correspondre au variant génétique de l' $\alpha$ -La cameline. En effet, plusieurs travaux (CONTI *et al.*, 1985 ; BEG *et al.*, 1985 ; OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998) ont fait état de la présence de deux formes génétiques de l' $\alpha$ -La cameline. Ces deux variants diffèrent dans leur pHi (estimés à 5,1 et 5,3 par CONTI *et al.* (1985)) et dans leurs séquences N-terminales (OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998). Trois variants ont été détectés dans le lait de Lama par CANTISANI *et al.* (1990), ce qui montre la variabilité génétique de cette protéine dans la famille des Camelidae.

Notons que, ces mêmes entités protéiques majeures du lait camelin ont été détectées et identifiées par électrophorèse sur gel de polyacrylamide par FARAH (1986) ; OCHIRKHUYAG *et al.* (1998) et LEVIEUX *et al.* (2006).

Nous notons également l'absence de la bande homologue à la  $\beta$ -Lg bovine, rejoignant ainsi les résultats publiés par plusieurs auteurs (FARAH, 1986 ; OCHIRKHUYAG *et al.*, 1998 ; MERIN *et al.*, 2001 ; FARAH *et al.*, 2004).

**Conclusion**  
**Conclusion**  
**Générale**

## Conclusion

Le lait de chamelle est un aliment spécifique par son aspect, sa composition et son comportement vis-à-vis aux changements des conditions du milieu. Malgré tous ses avantages et sa richesse en molécules antibactériennes (lysozymes, protéines de reconnaissance du peptidoglycane, lactoperoxydase, lactoferrine et etc) par rapport à son analogue le lait bovin, il est loin d'être aussi populaire.

Le passage du système d'élevage camelin traditionnel au système semi-intensif par certains éleveurs de la région avait pour objectif d'intensifier la production laitière, c'est qui n'est pas le cas ici, puisque les quantités de lait collectées n'ont pas augmenté ( $3,5 \pm 1,41$  l/j en extensif contre  $2 \pm 0,71$  l/j en semi-intensif).

Dans ce contexte, la présente étude s'est intéressée à l'aspect qualitatif du lait. Pour ce faire, nous nous sommes proposé d'étudier l'impact d'un système d'élevage non traditionnel sur la qualité physico-chimique de ce lait, en comparaison avec l'élevage traditionnel (extensif). Nous avons débuté ce travail par une enquête pour évaluer cet état de transition. Nous avons ensuite réalisé des analyses physico-chimiques d'échantillons de laits issus de chameles conduites selon les deux systèmes d'élevage. Un échantillon de lait bovin nous a servi de témoin. La qualité organoleptique a été également abordée dans ce travail. Les résultats ont montré que cet élevage a un impact sur le goût et l'odeur du lait camelin. Le lait obtenu alors est d'un goût moins salé et d'une odeur moins forte, et cela est dû certainement au type d'alimentation et pas à la stabulation en elle-même ce qui est démontré par les analyses faites sur l'échantillon (1), issu des chameles en stabulation avec une alimentation à base de plantes naturelles de parcours.

Parallèlement, la qualité physico-chimique de ce lait semble affectée par ce système d'élevage non traditionnel. Ainsi :

-  le lait provenant de ce type d'élevage semble plus acide ;
-  son taux de cendres semble abaissé ;
-  son taux de calcium semble aussi diminuer ;
-  sa concentration en lactose paraît aussi moins importante ;
-  le taux de la matière grasse semble moins important dans le lait issu de ce type d'élevage avec (48% environ de la matière grasse qui constitue l'ensemble de l'extrait sec total de lait issu de système traditionnel contre 28% environ pour son analogue en semi-intensif) ;

son taux de vitamine C semble diminuer ;

Par contre le lait issu de système d'élevage semi-intensif semble plus riche en protéines et en particulier les protéines caséiniques et cela qui lui rapproche du lait bovin.

Les protéines lactosériques ne semblent pas affectées. Leur taux est comparable manifestent les mêmes comportements en PAGE-native.

Le comportement de la matière grasse en suspension ne semble pas être affecté avec une fréquence de diamètres des globules gras presque similaire entre les deux types du lait issus de ces deux types d'élevages.

Ce travail nécessite d'autres investigations plus approfondies pour comprendre certains points qui demeurent insuffisamment élucidés. Des analyses physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle doivent être réalisées sur un échantillon plus large comportant des laits individuels, et des laits de mélange collectés dans des régions différentes où les deux types d'élevage coexistent. D'autre part, le recours à des techniques de séparation et d'analyses plus sophistiquées tels que la spectrophotométrie à flamme, l'HPLC, la CPG, le séquençage des protéines...) permettra de caractériser d'une manière complète et fiable les productions laitières camelines selon la conduite d'élevage.

**Références**

**Références**  
***bibliographiques***

- ABAAB A. et GENIND. (2004).** Politiques de développement agropastoral au Maghreb : Enseignements pour de nouvelles problématiques de recherche-développement. Environnement et société rurale en mutation. Ed. IRD. Latitudes 23 : 341-358.
- ABDEL-RAHMAN I.E., DIRAR H.A. et OSMAN M.A. (2009).** Microbiological and biochemical changes and sensory evaluation of camel milk fermented by selective bacterial starter cultures. African J. Food Sci., 3: 398-405.
- ABU-LEHIA I.H. (1989).** Physical and chemical characteristics of camel milk fat and its fractions. Food Chem., 34, p. 261-272.
- AGUE K.M. (1998).** Etude de la filière du lait de chamelle (*Camelusdromedarius*) en Mauritanie. Thèse de docteur vétérinaire de la faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie de Dakar.
- AHMED T. et KANWAL R. (2004).** Biochemical characteristics of lactic acid producing bacteria and preparation of camel milk cheese by using starter culture. Pakistan Vet. J., 24(2): 87, p.87-91.
- AL-ALAWI A.A. et LALEYE L.C. (2011).** Characterization of camel milk protein isolates as nutraceutical and functional ingredients. Collaborative Research Project Sultan Qaboos University United Arab Emirates University.
- AL HAJ O.A., AL KANHAL H.A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk – review. International Dairy Journal xxx. P. 1-11.
- AI-MAJALI A.M., BANI ISMAIL Z., AL-HAMI Y. et NOUR A.Y. (2007).** Lactoferrin Concentration in Milk From Camels (*Camelusdromedarius*) With and Without Subclinical Mastitis. Intern J Appl Res Vet Med (5), N° 3. P. 120-124.
- AL-SALEH A.A. (1996).** Heat coagulation of camel milk. Journal of King Saud university, Agriculture Science, 8 (1), p. 107 – 117.
- AMIOT J., FOURNIER F., LEBEUF Y., PAQUIN P. et SIMPSON R. (2002).** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. In Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses internationales Polytechnique, Montréal, P. 1-73.

- ATTIA H., KHEROUATOU N., NASRI M. et KHORCHANI T. (2000).** Characterization of the dromadary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *Lait*, 80, p. 503-515.
- AZZA M.K., SALAMA O.A. and EL-SAIED K.M. (2007).** Changes in amino acids profile of camel milk protein during the early lactation. *International Journal of Dairy Science*, 2 (3), p. 226-234.
- BANKS W. et DALGLEISH D.G. (1990).** Milk and milk processing. *Dairy Microbiology*, p. 1-36. Applied Science Publishers Ltd., London.
- BEG O. U. (1986).** Characterization of camel milk whey proteins. Ph.D. Thesis, University of Karachi, Pakistan.
- BEG O.U., BAHR-LINDSTRÖM H.V., ZAIDI Z.H. et JÖRNVALL H. (1985).** The primary structure of  $\alpha$ -Lactalbumin from camel milk. *Eur. J. Biochem.*, 147, p. 233-239.
- BEN AISSA R. (1989).** Le dromadaire en Algérie. CIHEAM-IAMZ, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens n° 2. p. 19-28.
- BOUDJENAH H.S. (2012).** Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires. Thèse de doctorat en sciences biologiques (option biochimie). Université Mouloud Mammeri de TiziOuzou (Algérie).
- BOUDJENAH H.S, LALEYE S., LOUIS C. S. C., MOULTI-MATI F., SI AHMED S. et MATI A. (2012).** Coagulation of Camel Milk using Dromedary Gastric Enzymes as a Substitute of the Commercial Rennet. *American Journal of Food Technology* 7 (7), p. 409-419.
- BORNAZ S., SAHLI A., ATTALAH1 A. et ATTIA H. (2009).** Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: A comparison with goats', ewes' and cows' milks. *International Journal of Dairy Technology* 62, N°4, p. 505-515.
- BOURBOUZE A. et DONADIEU P. (1987).** L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. CIHEAM-IAMM, Options Méditerranéennes. Série Etudes n°11-100 p.
- BRULE G., LENOIR J. et REMEUF F. (2000).** The casein micelle and milk coagulation. In *Cheese making from science to quality assurance*. Eck A, Gillis J C, eds. Paris: Lavoisier. p. 7-40.

- BRIARD V., LECONTE N., MICHEL F. et MICHALSKI M.C. (2003).** The fatty acid composition of small and large naturally occurring milk fat globules. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 105, p. 677-682.
- BURGMEISTER R. (1974).** Probleme der dromadarhaltung. Undzucht in Suedtunesien. *Vet. Med. Diss. Giessen.*
- CARDAK A.D., YESTISMEYEN A. et BRUCKNER H. (2003).** Quantitative comparison of camel, goat and cow milk fatty acids. *Milchwissenschaft*, 58, p. 34-6.
- CAYOT P. et LORIENT D. (1998).** Structures et Technofonctions des protéines du lait. *Technique & Documentation, Lavoisier, Paris.*
- CHEHMA A. (2003).** Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie. Lait de chamelle pour l'Afrique. *FAO Production et Santé Animales* 2, p. 43-51.
- CORRERA A. (2006).** Thèse de doctorat en écologie et gestion de la biodiversité. Muséum national d'histoire naturelle Paris.
- COURTET LEYMARIOS F. (2010).** Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation. Thèse de doctorat en sciences vétérinaires. Faculté de médecine de Creteil. Ecole Nationale Vétérinaire D'Alfort.
- DALGLEISH D.G., SPAGNUOLO P.A. et GOFF H.D. (2004).** A possible structure of the casein micelle based on high-resolution field-emission scanning electron microscopy. *International Dairy Journal* 14, p. 1025-1031.
- DELL'ORTO V., CATTANEO D., BERETTA E., BALDI A. et SAVOINI G. (2000).** Effects of trace element supplementation on milk yield and composition in camels. *International Dairy Journal*, 10, p. 873-879.
- DESSALEGNE B. (1985).** Milk off take, growth and feeding habits of camels in the Southern rangelands of Ethiopia. *Publ. ILCA, Addis-Abeba, Ethiopie*, 23 p.
- DIALLO B.C. (1989).** L'élevage du dromadaire en Mauritanie. *CIHEAM-IAMM. Options Méditerranéennes. Série Séminaires- n° 2.* p. 29- 32.
- DE ROQUEFORT B. (1829).** Dictionnaire étymologique de la langue française : ou les mots sont classés par familles. Tome 1, Decourchant, Imprimeur-Editeur, Paris.
- EIGEL W.N., BUTTER J.E., ERNSTROM C.A., FARRELL J.R., HARWALKAR V.R.,**

- JENNESS R. et MC WHITNEY L. R. (1984).** Nomenclature of proteins of cow's milk ; fifty revision. *J. Dairy Sci.*, 67, p. 1599-1631.
- ELAGAMY E. I. (2000).** Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. *Food Chemistry*, 68, p. 227-232.
- EL-AGAMY E.I., NAWAR M., SHAMSIA S.M., AWAD S., et HAENLEIN G.F.W. (2009).** Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children. *Small Ruminant Research*, 82,p. 1-6.
- EL-AGAMY E.I., RUPPANNER R., ISMAIL A., CHAMPAGNE C.P. et ASSAF R. (1996).** Purification and characterization of Lactoferrin, Lactoperoxydase, Lysozyme and Immunoglobulins from camel's milk. *Int. Dairy J.*, 6, p. 129-145.
- EL-BAHAY G.M. (1962).**Normal contents of Egyptian camel milk. *Vet. Med. Journ.* N° 8. P. 7-17.
- EL-HATMI H., GIRARDET J. M., GAILLARD J. L., YAHYAOUI M. H. et ATTIA H. (2007).** Characterization of whey proteins of camel (*Camelusdromedarius*) milk andcolostrums. *Small Ruminant Research*, 70, p. 267-271.
- EL IMAM ABDALLA A. (2012).**Composition and Anti-Hypoglycemic Effect of Camel Milk.In *Proceedings of the 3rd Conference of the International Society of Camelid Research and Development*, p. 300-301. Muscat, Sultanate of Oman.
- ENSMINGER M.E. et ENSMINGER A. (1973).**China the impossible dream.*Agri. Services Foundation. Clovis. California.*
- EREIFEJ K.I., ALU'DATT M.H., ALKHALIDY H.A., ALLI I. et RABABAH T. (2011).** Comparison and characterisation of fat and protein composition for camel milk from eight Jordanian locations. *Food Chemistry* 127, p. 282-289.
- FARAH Z. (1986).** Effect of heat treatment on whey proteins of camel milk.*Milchwissenschaft*, 41(12), p. 763-765.
- FARAH Z. (1996).** Camel Milk Properties and Products. Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management, SKAT, Switzerland.

- FARAH Z. (2004).** Milk.In Z. Farah, A. Fisher (Eds), Milk and meat from the camel. Han book on products and processing. P. 25-28. Zurich. Switzer-land.Swiss Federal Institute of Technology.
- FARAH Z. (2011).** Camel milk. Encyclopedia of Dairy Sciences, Second Edition, 3, p. 512-517.
- FARAH Z. et ATKINS D. (1992).** Heat coagulation of camel milk. Journal of Dairy Research, 59, p. 229-231.
- FARAH Z., MOLLET M., YOUNAN M. et DAHIR R. (2007).** Camel dairy in Somalia: Limiting factors and development potential. Journal of Livestock Science 110. P.187-191.
- FARAH Z., RETTENMAIER R. et ATTKINS D. (1992).** Vitamin content of camel milk. International Journal of Vitamins and Nutrition Research (62), p. 30-33.
- FARAH Z. et RÜEGG M.W. (1989).** The size distribution of casein micelles in camel milk. Food Microstruct., 8, p. 211-116.
- FARAH Z. et RÜEGG M.W. (1991).** The creaming properties and size distribution of Fat globules in camel milk. J. Dairy Sci., 74, p. 2901-2904.
- FARAH Z., STREIFF T. et BACHMANN M. R. (1989).** Manufacture and characterization of camel milk butter. Milchwissenschaft, 44(7), p. 412-414.
- FAYE B. (2004).** Performances et productivité laitière de la chamelle: les données de la littérature. Lait de chamelle pour l'Afrique. FAO. Rome. P. 7-15.
- FAYE B., ABDELHADI O.M.A, AHMED A.I. et BAKHEIT S.A. (2011).** Camel in Sudan: future prospects. Livestock Research for Rural Development. Volume 23, Article 219.
- FAYE B., JOUANY J.P., CHACORNAC J.P. et RATOvonANAHARY M. (1995).** L'élevage des grands camélidés. Analyse des initiatives réalisées en France. In INRA production animale. n° 8. Volume 1. P 3-17.
- FAYE B., KONUSPAYEVA G. et LOISEAU G. (2010).** Variability of urea concentration in camel milk in Kazakhstan. DairySci. Technol. 90, p. 707-713.
- FAYE B., KONUSPAYEVA G., MESSAD S. ET LOISEAU G. (2008).** Discriminant milk components of Bactrian camel (*Camelusbactrianus*), dromedary (*Camelusdromedarius*) and hybrids. Dairy Science and Technology, 88. P. 607-617.

- FIELD C.R. (1979).** Camel growth and milk production in Marsabii district. Northern Kenya. Preliminary report. In: Camels. IFS Symposium. Sudan. P. 215-240.
- FILION M.M. (2006).** Amélioration de la stabilité thermique du lait par modulation du potentiel d'oxydoréduction. Mémoire de maîtrise en sciences et technologie des aliments (grade de maître ès sciences). Faculté des études supérieures de l'université Laval, Québec.
- GANDA K. et BURON S. (1992).** Projet camélin de Biltine. Rapport de synthèse. N'Djamena. Tchad. 129 p.
- GAST M., MAUBOISJ L. et ADDA J. 1969.** Le lait et les produits laitiers en Ahaggar. Centre Rech. Anthr. Prehist. Ethn.
- GHADA Z A S. (2005).** Comparison of chemical and mineral content of milk from human, cow, buffalo, camel and goat in Egypt. The Egyptian Journal of Hospital Medicine Vol., 21, p.116-130.
- GHENNAM E.H., ALLOUI-LOMBARKIA O., GHENNAM A. (2007).** Evolution de quelques caractères physico-chimiques et flore microbienne du lait de dromadaire conservé aux températures ambiante et de réfrigération. Renc.Rech.Ruminants, 14.P. 109.
- GORBAN A.M.S. et IZZELDIN O.M. (2001).** Fatty and Lipids of Camel Milk and Colostrum. International J. Food Sci. Nutr., 52, p. 283-287.
- GUILLOU H., PELISSIER J.P. et GRAPPIN R. (1976).** Méthodes de dosage des protéines du lait de vache. Le Lait, 66, p.143-175.
- HADDADIN M.S.Y., GAMMOH S.I. et ROBINSON R.K. (2008).** Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. Journal of Dairy Research 75 (1), p. 8-12.
- HALIMA E.H., LAMIA G., IMED S., ZEINEB J. et TOUHAMI K. (2012).** Comparison of the Composition of Milk from Humans, Camels and Cows with Commercial Infant Formulas. In Proceedings of the 3rd Conference of the International Society of Camelid Research and Development. P. 222-224. Muscat, Sultanate of Oman.
- HORNE D.S. (2003).** Casein micelles as hard spheres: limitations of the model in acidified gel formation. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 213, p. 255-/263.
- HUPPERTZ T. et KELLY A.L. (2006).** Advanced Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids, 3rd edition Department of Food and Nutritional Sciences, University College, Cork, Ireland. Edited by P.F. Fox and P.L.H. McSweeney, Springer, New York, p. 173-212.

- KADIM I.T. ET MAHGOUB O. (2004).** Caledid genetic resources. A report on three Arabian Gulf countries. ICAR Technical Series n°11. p.
- KARRAY N., LOPEZ C., LESIEUR P. et OLLIVON M. (2004).** Dromedary milk fat: thermal and structural properties 1. Crystalline forms obtained by slow cooling. Lait, 84, p. 399-416.
- JASRA A. et MIRZA M. A. (2004).** Camel production systems in Asia. ICAR Technical Series n°11. p. 37-49.
- KAMOUN M. (1990).** La production de fromage à partir du lait de dromadaire. CIHEAM-IAMM. Options méditerranéennes. Séries séminaires n°12, p. 119-124.
- KAMOUN M. (1995).** Le lait de dromadaire: production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. CIHEAM-IAMM. Options méditerranéennes, Séries séminaires. n°13. P. 81-103.
- KAMOUN M. et RAMET J. P. (1989).** Conservation et transformation du lait de dromadaire. CIHEAM-IAMM. Options méditerranéennes. Séries séminaires n° 6, p. 229-231.
- KAPPELER S. (1998).** Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. Doctorat Thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Suisse.
- KAPPELER S., FARAH Z. et PUHAN Z. (1998).** Sequence Analysis of *Camelusdromedarius* milk caseins. J. Dairy Res., 65, p. 206-222.
- KAPPELER S., FARAH Z., et PUHAN, Z. (2003).** 5'-Flanking regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. Journal of Dairy Science, 86, p. 498-508.
- KAPPELER S., HENBERGER C., FARAH Z. and PUHAN Z. (2004).** Expression of the peptidoglycan recognition protein, PGRP, in the lactating mammary gland. Journal of Dairy Science, 87(8), p. 2660-2668.
- KAPPELER S., MANFRED A., FARAH Z. and PUHAN Z. (1999).** Sequence Analysis of camel milk (*Camelusdromedarius*) lactoferrin. Int. Dairy J., 9, p. 481-486.
- KARUE C.N. (1998).** The dairy characteristics of the Kenyan camel. In Dromadaires et chameaux, animaux laitiers: actes du colloque de Nouakchott, Mauritanie, 24-26 octobre 1994. Collection Colloques. CIRAD. Montpellier. France. P. 55-60.

- KHASKHELI M., ARAIN M. A., CHAUDHRY S., SOOMRO A. H. et QURESHI T. A. (2005).** Physico-chemical quality of camel milk. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, (2). P. 164-166.
- KHAN B. et IQBAL A. (2001).** Production and composition of camel milk: review. *Pakistani Journal of Agriculture Science*, 38, p. 3-4.
- KARRAY N., LOPEZ C., OLLIVON M. et ATTIA H. (2005).** La matière grasse du lait de dromadaire : Composition, microstructure et polymorphisme. 12 N°5-6, p. 439 – 446.
- KHAN B.B., IQBAL A. et RIAZ M.(2003).** Production and Management of Camels. Dept. Livestock Management. University of Agriculture Faisalabad. Pakistan.
- KHANNA N.D. (1986).** Camel as a milk animal. *Indian farming* n° 36. P. 39-40.
- KHANNA N.D., RAI A.K. ET TANDON S.N. (2004).** Camel Breeds of India. *J. Camel Science*, 1, p.8-15.
- KHANNA N.D., SAHANI M.S. et RAI A.K. (1998).** The camel as a milk animal in Indian experience. Dans *Dromadaires et chameaux, animaux laitiers. Actes du colloque de Nouakchott, Mauritanie. 24-26 octobre 1994. Collection Colloques. CIRAD. Montpellier. France.* P. 95-100.
- KHEROUATOU N. NASRI M. et ATTIA H. (2003).** A study of the dromedary milk casein micollo and its changes during acidification. *Brazilian Journal of Food Technology*: 6. P. 237-244.
- KNOESS K.H. (1977).** The camel as a meat and milk animal. *World Anim. Rev.* 22. P. 3-8.
- KNOESS K.H. (1979).** Milk production of the dromedary. In *Camels. IFS Symposium. Sudan.* P. 201-214.
- KONUSPAYEVA G., FAYE B. et LOISEAU G. (2009).** The composition of camel milk: A meta-analysis of the literature data. *Journal of Food Composition and Analysis* 22, p. 95-101.
- KONUSPAYEVA G., FAYE B. et LOISEAU G. (2011).** Variability of vitamin C content in camel milk from Kazakhstan. *Journal of Camelid Science* 4 , p. 63-69
- KONUSPAYEVA G., LEMARIE E., FAYE B., LOISEAU G. et MONTET D. (2008).** Fatty acid and cholesterol composition of camel's (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedaries* and hybrids) milk in Kazakhstan. *Dairy Science and Technology*, 88, p. 327-340.

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

**KONUSPAYEVA G., LOISEAU G., LEVIEUX D. et FAYE B. (2008).** Lactoferrin and immunoglobulin content in camel milk from bactrian, dromedary and hybrids in Kazakhstan. Journal of Camelid Sciences, 1. P. 54-62.

**LAKOSA I.I. et SHOKIN V.A. (1964).** Milk production. In Camels. Science. Technical Agricultural Publ. Kolos. Moscow. P. 113-120.

**LALEYE, L. C., JOBE B. et WASESA A. A. H. (2008).** Comparative Study on Heat Stability and Functionality of Camel and Cow's Milk Whey Proteins. J. Dairy Sci. 91, p. 4527-4534.

**LEUPOLD J. (1978).** The camel: an important domestic animal of the sub-tropics. (German) Vet. Blue Book n°16. P. 1-6.

**LOPEZ C., RIAUBLANC A., LESIEUR P., BOURGAUX C., KELLER G. et OLLIVON M. (2001).** Definition of a model fat for crystallization-in-emulsion studies. J Am Oil Chem Soc; 78: 12 p. 33-44.

**LORENZEN P.C., WERNERY R., JOHNSON B., JOSE S., et WERNERY U. (2011).** Evaluation of indigenous enzyme activities in raw and pasteurised camel milk. Small Ruminant Research, 97, p. 79-82

**MADANY R. M. (2009).** Inhibition effect of camel milk immune proteins against some mastitis-causing bacteria. Biotechnology: An Indian Journal ( BTAIJ), 3(1), p. 30-34

**MAHBOUB N., SLIMANI N., SIBOUKEUR O. et MATI A. (2012).** effet de la conservation sur l'activité enzymatique des extraits coagulants issus de caillette de dromadaires âgés préparée sans muqueuse. Revue des BioRessources (2) n°1, p. 8-20.

**MAHBOUB N., TELLI A., SIBOUKEUR O., BOUDJENAH H.S., SLIMANI N. et MATI A. (2010).** Contribution à l'amélioration de l'aptitude fromagère du lait camelin : étude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines. Annales des Sciences et Technologie (2) N° 1, p. 71-79.

**Mal G. et Pathak K.M.L. (2010).** Camel milk and milk products. Milk & milk products. SMVS' Dairy Year Book, p. 97-103.

- MARGARET C. N. (2005).** Calcium Secretion into Milk. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, Vol. 10, No. 2, p. 119-128
- MARTINEZ D. (1989).** Note sur la production de lait de dromadaire en secteur périurbain en Mauritanie. *Revue Elevage et médecine vétérinaire dans les pays tropicaux* 42. P. 115-116.
- MAZURIER, J. et SPIK G. (1980).** Comparative study of the iron binding properties of human transferrins. I. Complete and sequential iron saturation and desaturation of the lactotransferrin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 629, p. 399-408.
- MEHAIA M.A. (2006).** Manufacture of Fresh Soft White Cheese (Domiaty-Type) from Dromedary Camels' Milk Using Ultrafiltration Process. *Journal of Food Technology*. N°4.(3). P. 206-212.
- MEHAIA M.A. (1995).** The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. *Milchwissenschaft*, 50, p. 260-263.
- MEHAIA M. A., HABLAS M. A., ABDEL-RAHMAN K. M. et EL-MOUGY S. A. (1995).** Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. *Food Chemistry*, 52, p. 115-122.
- MERIN U., BERNSTEIN S., BLOCH DAMTI A., YAGIL R., VAN CREVELD C., LINDNER P. and GOLLOP N. (2001).** A comparative study of milk serum proteins in camel (*Camelus dromedarius*) and bovine colostrums. *Livestock Production Science*, 67, p. 297-301.
- MOHAMED A. (1993).** Characterization of camel milk  $\beta$ -casein. Ph.D. Thesis. University of Karachi, Pakistan.
- NARJISSE H. (1989).** Nutrition et production laitière chez le dromadaire. CIHEAM-IAMM, Options Méditerranéennes. Série Etudes n° 2. P. 163-166.
- ORLOV, V. K. et SERVETNIK-CHALAYA G. K. (1981).** Some physical and chemical characteristics of fat and fatty acid composition of lipids of camel milk. *Voprosy Pitaniya*, 5, p. 67-69.
- OULD AHMED M. (2009).** Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelus dromedarius*) en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Institut national agronomique de Tunisie.

- OULD EL HADJ M. D., BOUZGAG B., BOURAS A. et MOUSSAOUI S. (2002).** Étude comparative de quelques caractéristiques chimiques et physico-chimiques de la viande du dromadaire chez des individus du type " Sahraoui ". Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie Revue semestrielle, 10, p.95-102
- OULD SOULE A. (2003).** Profil fourrager Mauritanie. FAO. 15p.
- PHADUNGATH C. (2005).** Casein micelle structure:a concise review.Songklanakarin. Journal of Science and Technology, 27(1), 201-212.
- PRAJAPATI J.P., PINTO S.V., WADHWANI K.N. et PATEL A.B. (2012).** Utilization of Kachchhi Camel Milk for Manufacturing of Medium Fat Ice Cream.In Proceedings of the 3rd Conference of the International Society of Camelid Research and Development.P. 416-418. Muscat, Sultanate of Oman.
- Prat M.L. (1993).** L'alimentation du dromadaire. Thèse de Doctorat vétérinaire Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- QAARO M. (1997).** Evolution des systèmes d'élevage et leurs impacts sur la gestion et la pérennité des ressources pastorales en zones arides (région du Tafilalt, Maroc) In Pastoralisme et foncier : impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi-arides. Montpellier : CIHEAM-IAMM. Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens n° 32 p. 93-99.
- QUANDIL S.S. et OUDAR J. (1984).** Etude bactériologique de quelques cas de mammites chez la chamelle dans les Emirats arabes unis. Revue Médecine vétérinaire n° 135. P. 705-707.
- RAMET J.P. (1993).** La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). In étude FAO: Production et Sante Animales n°113. Rome, FAO, 123p.
- RAMET J.P. (1994).** Les aspects scientifiques et technologiques particuliers de la fabrication de fromage au lait de dromadaire. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- RAMET J. P. (2001).**The technology of making cheese from camel milk (*Camelus dromedary*).Animal Production and Health Paper.No. 113. Rome, Italy: F.A.O.
- RAO C.K. (1974).** Scheme for the improvement of indian camels: to what extent camels are milked and what the approximate yield is. Mimeo. Item n°12. 3 p.

- RICHARD D. et GERARD D. (1985).** La production laitière des dromadaires Dankali (Ethiopie). In Conférence internationale sur les productions animales en zones arides. 7-12 septembre 1985, Damas, Syrie. Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT, France 16 p.
- ROSETTI G. et CONGIU S. (1955).** Zootechnical and veterinary investigations on the domestic animals of Somalia. Mogadishu: Ispettorato Veterinario.
- RÜEGG M. W. et FARAH Z. (1991).** Melting curves of camel milk fat. *Milchwissenschaft*, 46 (6), p.361-362.
- SALAMI M., YOUSEFI R., EHSANI M. R., DALGALARRONDO M., CHOBERT J.M., HAERTLE T., RAZAVI S. H., SABOURY A. A., NIASARI-NASLAJI A., MOOSAVI-MOVAHEDI A. A. (2008).** Kinetic characterization of hydrolysis of camel and bovine milk proteins by pancreatic enzymes. *International Dairy Journal* 18, p. 1097–1102.
- SAWAYA W.N., KHALIL J.K., AL-SHALHAT A.F. et AL-MOHAMMED H. (1984).** Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *Journal of Food Science*, 49, p. 744-747.
- SALEY M. et STEINMETZ P. (1998).** Approche quantitative de la production laitière destinée à la consommation humaine, répercussion sur la croissance du chameleon. Etude réalisée en milieu traditionnel sahélien. In Dromadaires et chameaux, animaux laitiers. Actes du colloque de Nouakchott, Mauritanie, 24-26 octobre 1994, Collection Colloques, CIRAD, Montpellier, France, 87-94.
- SALMEN S.H., ABU-TARBOUSH H.M., AL-SALEH A.A. et METWALLIA.A. (2012).** Amino acids content and electrophoretic profile of camel milk casein from different camel breeds in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19, p. 177-183.
- SAMMAN M.A., AI-SALEH A.A. et SHETHK. (1993).** The Karyotype of the Arabian Camel, *Camelus dromedaries*. *J. King Saud Univ.*, 5, Science (1), p. 57-64.
- SBOUI A., KHORCHANI T., DJEGHAM M. et BELHADJO. (2009).** Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. In *Afrique Science* 05 (2). P. 293-304.
- SGHAIER M. (2004).** Camel production systems. In Africa. ICAR Technical Series n° 11. p.19-30.
- SHALASH, M.R. (1979)** Utilisation of camel meat and milk in human nourishment. In: IFD Symposium. Camels. Sudan, p.285-306.

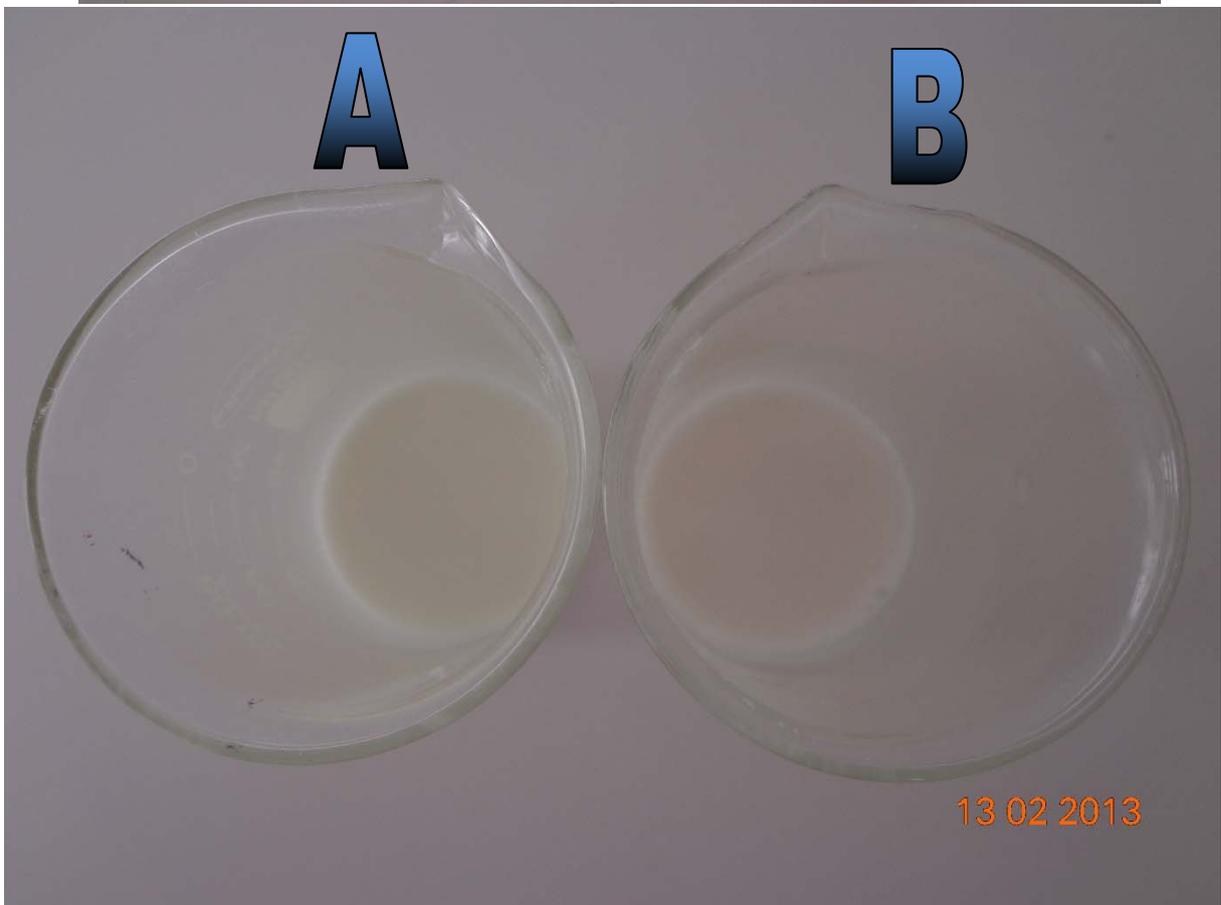
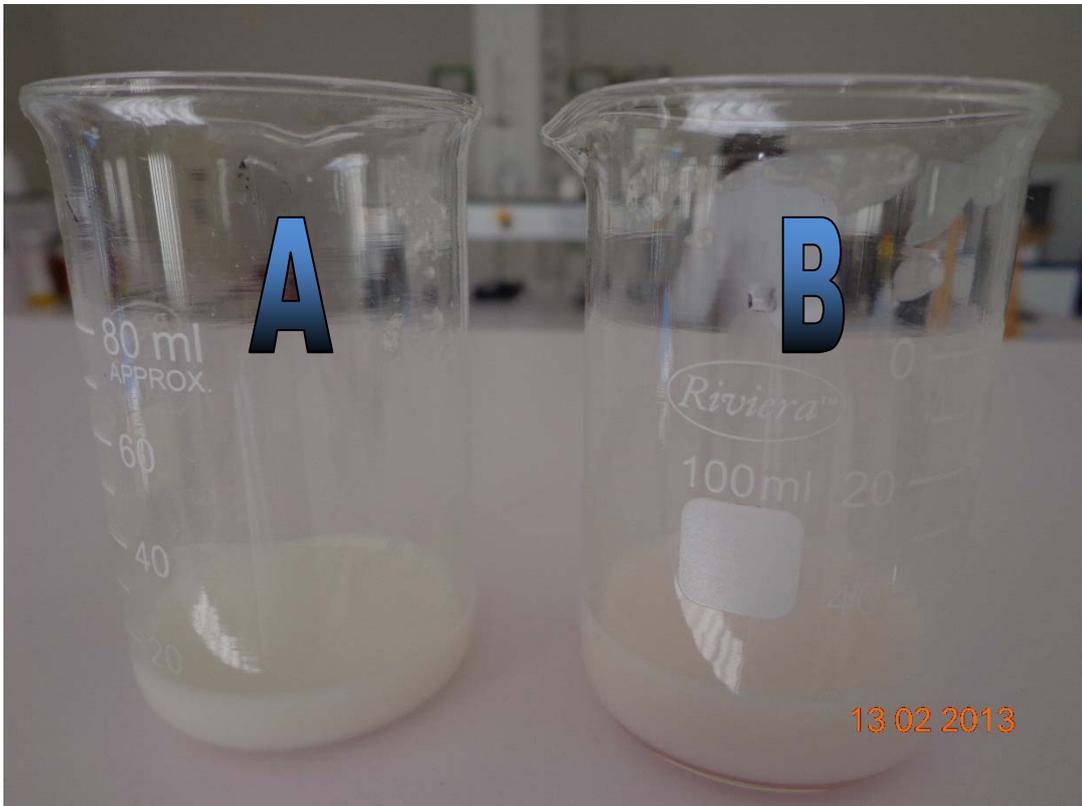
- SHAMSIA S. M. (2009).** Nutritional and therapeutic properties of camel and human milks. *International Journal of Genetics and Molecular Biology* Vol. 1 (2), p. 052-058.
- SIBOUKEUR O. (2007).** Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Institut national agronomique ELHarrach-Alger (Algérie).
- SIBOUKEUR O., MATI A. ET HESSAS B. (2005).** Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait cameline (*Camelus dromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers Agricultures* (14), n° 5, p. 473-478.
- SKIDMORE J.A. (2005).** Reproduction in dromedary camels: an update. *Anim. Reprod.*, 2, N°3, p.161-171.
- SOUILEM O. ET BARHOUMI K. (2009).** Physiological Particularities of Dromedary (*Camelus dromedarius*) and Experimental Implications. *Scand. J. Lab. Anim. Sci.* **36**, 19-29.
- SOUILEM O. et BARHOUMI K. (2012).** Camel welfare: a new challenge. In Proceedings of the 3rd Conference of the International Society of Camelid Research and Development, p. 300-301. Muscat, Sultanate of Oman.
- STAHL T., SALLMANN H. P., DUEHLMEIER R. et WERNERY U. (2006).** Selected vitamins and fatty acid patterns in dromedary milk and colostrums. *Journal of Camel Practice and Research*, 13, p. 53-57.
- TAYEFI-NASRABADI H., HOSSEINPOUR-FEIZI M.A. et MOHASSELI M. (2011a).** Thermodynamic Analysis of Lactoperoxidase activity in camel milk. *International Conference on Life Science and Technology. IPCBEE*, 3, p. 4-6.
- TAYEFI-NASRABADI H., HOSEINPOUR-FAYZI M. A. et MOHASSELI M. (2011b).** Effect of heat treatment on lactoperoxidase activity in camel milk: A comparison with bovine lactoperoxidase. *Small Ruminant Research*, 99, p. 187– 190
- TIMMEN H. et PATTON S. (1988).** Milk fat globules: fatty acid composition, size and in vivo regulation of fat liquidity. *Lipids*. 23, p. 685-689.
- TOURETTE I., MESSAD S. ET FAYE B. (2003).** Interactions entre les pratiques de traite et la qualité sanitaire du lait de chamelle en Mauritanie. *Lait de chamelle pour l'Afrique*, p.61-70.

- UCHIDA Y., SCHIMATANI M., MITSUHASHI T., et M. KOUTAKE. (1996).** Process for preparing a fraction of  $\alpha$ -lactalbumin from whey and nutritional compositions containing such fractions. Snow Brand Milk Products Inc., assignee. US Patent No 5,503,864.
- WANGO J. (1997).** Chemical and Technological Properties of Camel (*Camelus dromedarius*) Milk. Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- WANGO J., FARAH Z. et PUHAN Z. (1993).** Extraction of rennet and its comparison with calf rennet extract. *Milchwissenschaft* 48 (6), p. 322-325.
- WANGO J., FARAH Z. et PUHAN Z. (1998 a).** Iso-electric focusing of camel milk proteins. *Int. Dairy J.*, 8, p. 617-621.
- WANGO J., FARAH Z. and PUHAN Z. (1998 b).** Composition of Milk from 3 Camels (*Camelus dromedarius*) Breeds in Kenya during Lactation. *Milchwissenschaft*, **53**, 136-139.
- WARDEH, M. F. DAWA M. (1995).** Camels and dromedaries: general perspectives. ICAR Technical Series n°11. p. 1-9.
- WERNERY U., HANKE B., BRAUN F. et JOHNSON B. (2003).** The effect of heat treatment on some camel constituents. Preliminary report. *Milchwissenschaft*, 56 (5/6), p. 277- 279.
- WIKING L., STAGSTED J., BJORCK L. et NIELSEN J.H. (2004).** Milk fat globule size is affected by fat production in dairy cows. *Int. Dairy J.* 14, p. 909-913.
- YAGIL R. (1982).** Camels and camel milk. In *Animal production and health paper n° 26*. P. 1-69. Publication FAO. Rome.
- YAGIL R. et ETZION Z. (1980).** Effect of drought conditions on the quality of camel milk. *J. Dairy. Res.*, 47, 159-166.
- YAGIL R., ZAGORSKY O. and VAN CREVELD C. (1994).** Science and camel's milk production. *Actes du Colloque "dromadaires et chameaux animaux laitiers"*, 24-26 Octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- YASIN S.A. et WAHID A. (1957).** Pakistan camels. A preliminary survey. *Agric. Pakist.* N° 8, p. 289-297.

# ***Annexes***

Annexes

**Annexe 1 : Acidité dornic (bécher A : lait témoin, bécher B : Après titrage « virage au rose »)**



**Annexe 2 : Fiche d'enquête****Fiche de renseignement****Auprès de l'éleveur****Date :** .....**Nom de l'éleveur :** .....**Niveau scolaire :** .....**Ancienneté :** .....**Localisation :** .....**Race (population) :** .....**Effectif :** .....**Nombre de mâles :** .....**Nombre de femelles :** .....**Nombre de femelles ayant mis bas :** .....**Nombre de mise- bas :** .....**Epoque de mise- bas :** .....**Durée de lactation :** .....**Age moyen du troupeau :** .....**Type d'élevage :** .....**Co-élevage :** .....**Alimentation:** .....

.....

.....

.....

**Abreuvement :****En été :** .....**En Hiver :** .....**Etat sanitaire :** .....**Vaccination :** .....**Consultation vétérinaire :** .....**Quantité du lait / jour : Nombre de traites /jour :****En été :** .....**En Hiver :** .....**Destination du lait :** .....

**Annexe 3 : Mesure de la densité par thermo-lactodensimétrie (thermo-lactodensimètre  
marque Nathia)**



**Annexe 4 : Détermination de l'acidité Dornic (acidité titrable)****Protocole****Norme Française 04-206 (Janvier 1969).**

Elle n'est pas applicable au lait additionné d'un conservateur, ce dernier pouvant fausser les résultats.

**Matériels et produits :**

- 10 ml du lait entier.
- Un bécher de 100 ml.
- phénolphtaléine à 1% dans l'alcool à 95%
- La soude Dornic (N/9) (0.11 N)
- Burette de 50 ml (graduée en 0,05 ml)
- Pipette jaugée à 10 ml

**Mode opératoire :**

Un échantillon précis de 10 ml de lait est placé dans un bécher de 100 ml en présence de 0,1 ml de phénolphtaléine à 1% dans l'alcool à 95%. La soude Dornic (N/9) est ajoutée à la burette jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes. Dans ces conditions, l'acidité exprimée en degrés Dornic est équivalente au nombre de dixièmes de ml de soude Dornic versée pour avoir le virage de l'indicateur. C'est-à-dire par exemple 1,8 ml  $\times 10 = 18$  °D.

**Annexe 5 : Détermination de la teneur en matière sèche totale et en matière sèche dégraissée (NF V 04-207 de septembre 1970)****1- Principe**

Dessiccation, par évaporation, d'une certaine quantité de lait et pesée du résidu.

**2- Appareillage**

Matériel courant de laboratoire, et notamment :

- Capsule en platine ou en autre matière inaltérable dans les conditions de l'essai, de (forme cylindrique, à fond bien plat, de 55 à 60 mm de diamètre et de 20-25 mm de hauteur de préférence avec couvercle.
- Bain-marie à niveau constant, fermé par un couvercle métallique dans lequel sont ménagées des Ouvertures circulaires, d'un diamètre inférieur de 5 mm à celui des capsules employées ; celles-ci sont posées d'une manière à obturer entièrement les ouvertures. La distance entre les couvercles et le niveau de l'eau doit être de 5 à 6 cm.
- Etuve à  $103 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ .

- Appareil de refroidissement en atmosphère ne permettant pas de reprise d'humidité, par exemple dessiccateur, contenant un agent déshydratant efficace.

- Balance analytique.

Eventuellement : Pipettes a lait de 5 ml.

### **3- Mode opératoire**

#### **Prise d'essai**

Dans la capsule séchée et tarée à 0,1mg près, .introduire à la pipette 5 ml de lait ou peser à 1g près environ 5g de lait. Dans ce dernier cas, utiliser, de préférence, une capsule avec couvercle.

#### **Détermination**

Placer la capsule, découverte, pendant 30 minutes sur le bain-marie bouillant puis l'introduire dans l'étuve réglée à  $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  et l'y laisser 3 heures. Mettre ensuite la capsule dans l'appareil de refroidissement et laisser refroidir jusqu'à la température ambiante. Peser à 0,1 mg près. Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon préparé.

#### **Mode de calcul et formule**

La matière sèche, exprimée en grammes, par litre de lait, est égale à :

$$(M_1 - M_0) 1000/V.$$

La matière sèche du lait, exprimée en pour cent en masse est égale à

$$\frac{(M_1 - M_0) \times 100}{(M_2 - M_0)}$$

Où

$M_0$  est la masse, en grammes, de la capsule vide,

$M_1$  est la masse, en grammes de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement.

$M_2$  est la masse, en grammes, de la capsule et de la prise d'essai,

V est le volume, en millilitres, de la prise d'essai.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des résultats obtenus lors des délerminations si les conditions de répétabilité sont remplies. Dans le cas contraire, effectuer à nouveau les déterminations.

**Annexe 6 : Détermination de la teneur en cendres (NF V 04-208 d'octobre 1989)****1- Principe**

Incineration de la matière sèche à  $525\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$  dans un lent courant d'air et pesée du résidu obtenu.

**2- Appareillage**

Matériel courant de laboratoire et notamment :

- Balance analytique
- Capsule en silice ou en platine d'environ 50 à 70 mm de diamètre et de 20 à 25 mm de profondeur.
- Four électrique, à circulation d'air, réglable à  $525\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$ .
- Dessiccateur, garni d'un agent déshydratant efficace.
- Bain d'eau bouillante, muni d'ouvertures de dimensions réglables.

**3- Mode opératoire****Préparation de la capsule**

Chauffer la capsule dans le four électrique réglé à  $525\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$  durant 30 min. Placer la capsule dans le dessiccateur et l'y laisser refroidir à la température de la salle des balances. Peser à 0.1 mg près.

**Prise d'essai**

Peser à 0,1 mg près directement ou par différence, dans la capsule ainsi préparée, environ 5 g de l'échantillon pour essai.

Amener à dessiccation complète au bain d'eau bouillante.

**4- Détermination**

Placer la capsule dans le four électrique réglé à  $525\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$ , et chauffer durant 2 à 3 heures jusqu'à disparition complète des particules charbonneuses dans la capsule. Placer la capsule dans le dessiccateur et l'y laisser refroidir à la température de la salle des balances. Peser à 0,1 mg près.

Répéter les opérations de chauffage au four électrique, de refroidissement et pesée jusqu'à ce que la masse reste constante à 1 mg près ou commence à augmenter. Noter la masse minimale.

Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon préparé.

**5- Expression des résultats****Mode de calcul et formule**

Les cendres de l'échantillon, exprimées en pourcentage en masse, sont égales à :

$$M_2 - M_0 \times 100 / M_1 - M_0$$

Où

$M_0$  est la masse, en grammes, de la capsule vide préparée.

$M_1$  est la masse, en grammes, de la capsule et de la prise d'essai.

$M_2$  est la masse, en grammes, de la capsule et des cendres obtenues.

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des résultats obtenus lors des déterminations si les conditions de répétabilité sont remplies. Dans le cas contraire, effectuer à nouveau les déterminations.

**Annexe 7 : Dosage de la matière grasse (méthode de GERBER, acido-butyrométrique)**  
**(norme AFNOR : NF V04-210 de décembre 1990)**

**1- Principe**

Après dissolution des protéines par adition d'acide sulfurique, séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, dans un butyromètre, la séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique.

Obtention de la teneur en matière grasse (en gramme pour 100 ml de lait par lecture directe sur l'échelle du butyromètre, ou par lecture instrumentale à l'aide d'un système automatisé.

**2- Réactifs**

- Acide sulfurique concentré,  $\rho_{20} = 1,820 \text{ g/ml} \pm 0.005 \text{ g/ml}$ , incolore ou à peine ambré ne contenant aucune impureté pouvant agir sur le résultat.
- Alcool amylique  $\rho_{20} = 0,813 \text{ g/ml} \pm 0,005 \text{ g/ml}$ , intervalle de distillation  $130 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ .

**3- Appareillage**

- Butyromètre à lait

Conforme à la norme NF 8 35-521 (2), muni d'un bouchon approprié. Utiliser le type de butyromètre dont l'échelle correspond le mieux à la teneur en matière grasse supposée de l'échantillon.

- Systèmes de pipetage.

a) Pipette à lait de 11 ml. Conforme à la norme NF 8 35-523.

Avec la pipette de 11 ml NF B 35-523, l'échelle du butyromètre donnera directement le résultat en grammes de matière grasse pour 100 ml de lait.

b) Autres systèmes de distribution (seringues, diluteurs, etc.)

c) Pipette ou système automatique. Permettant de délivrer  $10.0 \text{ ml} \pm 0,2 \text{ ml}$  d'acide sulfurique.

d) Pipette ou système automatique. Permettant de délivrer  $1,00 \text{ ml} \pm 0.05 \text{ ml}$  d'alcool amylique

- Centrifugeuse dans laquelle les butyromètres peuvent être placés.

- Bain d'eau.

- Thermomètre approprié.

#### **4- Mode opératoire**

##### **Préparation de butyromètre et prise d'essai**

A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique, en opérant de façon que l'acide ne mouille pas le col du butyromètre ou n'entraîne pas d'air, mesurer 10 ml d'acide Sulfurique et les introduire dans le butyromètre.

Retourner doucement trois ou quatre fois le récipient contenant l'échantillon préparé, prélever immédiatement à l'aide d'un système de pipetage le volume fixé de lait et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci, de façon qu'il forme une couche au-dessus de l'acide.

A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique mesurer 1 ml d'alcool amylique et l'introduire dans le butyromètre, sans mouiller le col du butyromètre ni mélanger les liquides. Bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu.

##### **Dissolution des protéines**

Agiter et retourner le butyromètre, convenablement protégé contre le risque de casse ou de perte du bouchon, jusqu'à ce que son contenu soit complètement mélangé, et jusqu'à ce que les protéines soient entièrement dissoutes, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de particules blanches.

##### **Centrifugation**

Centrifuger durant 5 min dès que la vitesse requise est atteinte.

##### **Lecture**

##### **Cas de la lecture visuelle**

Retirer le butyromètre de la centrifugeuse en ajustant le bouchon, si nécessaire, pour amener la colonne de matière grasse dans la zone de l'échelle. Placer le butyromètre, le bouchon dirigé vers le bas, dans un bain d'eau à  $65\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ , pendant environ 5 min, le niveau d'eau doit être au-dessus du sommet de la colonne de matière grasse.

Enlever le butyromètre du bain d'eau, le bouchon étant toujours dirigé vers le bas, et ajuster soigneusement le bouchon en le tirant pour amener l'extrémité inférieure de la colonne grasse avec le minimum de mouvement de cette colonne devant le repère le plus proche, de préférence un trait-repère principal.

Noter le trait-repère A correspondant à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse, puis, en ayant soin de ne pas bouger celle-ci, aussi rapidement que possible en moins de 10s), noter le trait-repère du haut de la colonne de matière grasse coïncidant avec le point le plus bas du ménisque B.

Il ne doit pas s'écouler plus de 10s entre la sortie du butyromètre et la fin de la lecture.

**Note :** il est recommandé de choisir comme repère A la graduation 0 du butyromètre.

Effectuer la lecture à 0.025 g pour 100 ml près.

Lorsque l'on fait, les lectures, le butyromètre doit être : maintenu verticalement, l'œil doit être au niveau du point de lecture.

Si la matière grasse est trouble ou de couleur foncée, ou s'il y a un dépôt noir ou blanc au bas de la colonne de matière grasse, la valeur obtenue pour la matière grasse ne sera pas exacte.

Si une vérification du résultat obtenu est nécessaire, replacer le butyromètre dans le bain d'eau pendant, puis le retirer et faire les lectures comme indiqué précédemment.

### **Cas de la lecture instrumentale**

Retirer le butyromètre de la centrifugeuse et ajuster le bouchon, si nécessaire, pour amener la colonne de matière grasse dans la zone de l'échelle.

Placer le butyromètre, le bouchon vers le bas, dans un bain d'eau à  $65\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  pendant environ 5 min ; le niveau d'eau doit être au-dessus du sommet de la colonne de matière grasse.

Sortir le butyromètre du bain d'eau, saisir l'ampoule terminale et essuyer rapidement la tige de mesure, contrôler que la matière grasse se situe entièrement dans la colonne de mesure ; il doit rester une zone de la phase acide au-dessus de la plage cimentée inférieure, d'au moins 2 mm.

Placer le butyromètre dans l'appareil de lecture et déclencher la mesure.

Il ne doit pas s'écouler plus de 10 s entre la sortie du butyromètre et la fin de la lecture.

### **5- Expression des résultats**

#### **Mode de calcul**

La teneur en matière grasse est exprimée en grammes pour 100 ml de lait.

#### **Cas de la lecture visuelle**

La teneur en matière grasse du lait est :

$$MG = B - A$$

Où :

**A** est la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse.

**B** est la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de matière grasse.

### **Annexe 8 : Détermination de la teneur en lactose par la méthode de la liqueur de Fehling**

#### **1-Solutions :**

##### **Solution aqueuse d'hexacyanoferrate II de potassium hydraté :**

- (K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>·3H<sub>2</sub>O).....150g

- eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution aqueuse d'acétate de zinc hydraté :**

- (Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O).....300g

- eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution cuivrique :**

- sulfate de cuivre II hydraté (CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O) à 4% 5 P/V.....40g

- acide sulfurique (d (20) = 1,83).....2ml

- eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution tartro-alcaline :**

- tartre double de sodium et de potassium (Na K (H<sub>4</sub>C<sub>4</sub>O<sub>6</sub>), 4H<sub>2</sub>O).....200g

- hydroxyde de sodium (NaOH).....150g

- eau distillée (qsp).....1000ml

**Solution étalon lactose :**

- lactose.....5g

- eau distillée (qsp).....1000ml

**2-mode opératoire :**

**Défécation :**

Dans une fiole jaugée de 50 ml, introduire successivement :

- 5ml de lait ;

- 0,4ml de solution d'hexacyanoferrate II de potassium, agiter ;

- 0,4ml de solution d'acétate de zinc, agiter ;

- compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée tout en mélangeant ;

- ajouter 0,4ml d'eau distillée pour tenir compte du volume du précipité, agiter ;

- laisser reposer 15min puis filtrer ;

- introduire ce filtre (solution S) dans une burette.

**Réduction de la liqueur de Fehling :**

Dans une fiole Erlen Meyer, introduire :

-10ml de solution cuivrique ;

-10ml de solution tartro-alcaline ;

- agiter et porter à ébullition ;

- verser ensuite goutte à goutte le filtrat (solution S) à l'aide d'une burette en maintenant à l'ébullition jusqu'à l'apparition d'un précipité rouge brique ;

- lire le volume sur la burette (chute de burette), soit V<sub>2</sub> en ml.

**Etalonnage de liqueur de Fehling :**

L'étalonnage est fait à l'aide d'une solution étalon de lactose de concentration

$C_1 = 5\text{g/l}$ . Elle correspond à une chute de burette  $V_1$  (ml).

**3- Expression des résultats**

La concentration en lactose inconnue  $C_2$ , est donnée par la relation suivante :

$C_2 = (C_1 \times V_1 / V_2) \times d$ . Où  $d$  est le coefficient de dilution.

**Annexe 9 : Détermination de la teneur en vitamine C par la méthode au 2-6- DCPIP****1-Solutions :****Solution de 2-6- dichlorophénol-indo-phénol à 0,05 g/l :**

- sel de sodium du 2-6-DCPIP .....0,05 g
- bicarbonate de sodium .....0,02 g
- eau distillée chaude .....300 ml
- eau distillée froide (qsp).....700 ml
- filtrer

**Solution d'acide ascorbique**

- acide ascorbique.....0,04 g
- eau distillée (qsp).....1000 ml

**2-mode opératoire :**

Dans un bécher de 10 ml, introduire :

- 1ml d'échantillon ;
- ajouter 200  $\mu\text{l}$  d'acide acétique glacial (99 à 100 %), mélanger ;
- verser, goutte à goutte la solution de 2-6- DCPIP à l'aide d'une burette, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante ;
- lire le volume sur la burette (chute de burette), soit  $V_2$  (ml)

**4- Etalonnage de la solution d'acide ascorbique**

L'étalonnage de la solution d'acide ascorbique est fait à l'aide d'une solution étalon de concentration connue  $C_1 = 0,04\text{ g/l}$ . Elle correspond à une chute de burette  $V_1$  (ml).

**5- Expression des résultats**

La teneur en vitamine C ( $C_2$ ) exprimée en mg/l, est donnée par la relation suivante :

$C_2 = (C_1 \times V_2 / V_1) \times 1000$

## **Annexe 10 : Détermination de la teneur en protéines par la méthode de LOWRY *et al.* (1951)**

### **1. Solutions :**

#### **Solution A :**

- Soude 2 N.....50 ml

#### **Solution B :**

- Carbonate de sodium anhydre ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (2%).....4 g/200ml eau distillée

#### **Solution C :**

-  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (1 g / 100ml).....2 ml

- Tartrate double de Na et de K (1 g /100ml).....2 ml

#### **Solution D :**

- Solution B .....50 ml

- Solution C.....1 ml

#### **Solution mère de BSA**

- BSA.....50 mg

- Eau distillée (qsp).....50 ml

### **Gamme étalon :**

A partir de la solution de BSA, des dilutions sont préparées suivant le tableau ci-dessous

<b>Numéro de dilution</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Concentration en BSA <math>\mu\text{g/ml}</math></b>	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
<b>Solution mère de BSA <math>\mu\text{l}</math></b>	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
<b>Eau distillée</b>	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50	0

### **2. Méthode**

- A 0,5 ml d'échantillon ou standard ;
- Ajouter 0,5 ml de solution A et mélanger ;
- Laisser 10 mn à température ambiante ;
- Ajouter 5 ml de solution D et mélanger ;
- Laisser 10 mn à température ambiante ;
- Ajouter 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu ;
- Laisser 30mn minimum à l'obscurité (ne pas dépasser 60mn) ;
- Lire la DO à 750 nm.

### 3. Expression des résultats :

Une courbe étalon ou standard est tracée en portant sur l'axe des abscisses, les concentrations en BSA des dilutions (gamme étalon) préalablement préparées et sur l'axe des ordonnées, les DO mesurées respectivement pour chaque dilution.

La concentration de la protéine inconnue X, est déterminée en portant la valeur de la DO correspondante sur l'axe des ordonnées qui est ensuite projetée sur l'axe des abscisses.

## **Annexe 11 : Détermination de la teneur en calcium Norme Internationale F.I.L. n° 36 (1966)**

### 1) Objet.

### 2) Définition de la teneur en calcium du lait

Par teneur en calcium du lait, il faut entendre la quantité totale de calcium, exprimée en pourcentage pondéral, que l'on obtient lors de l'application de la méthode décrite ci-après.

Cette méthode est applicable à tous les laits liquides normaux ainsi qu'aux laits reconstitués par dilution ou dissolution des laits concentrés ou des laits secs.

### 3) Principe de la méthode

La totalité du calcium du lait est mise en solution et les matières protéiques sont précipitées par l'acide trichloracétique. Le calcium contenu dans le filtrat est précipité sous forme d'oxalate de calcium, qui est séparé par centrifugation et titré à l'aide de permanganate de potassium.

### 4) Réactifs

4.1. Acide trichloracétique : solution aqueuse à 20 p. 100 (poids/volume).

4.2. Acide trichloracétique : solution aqueuse à 12 p. 100 (poids/volume).

4.3. Oxalate d'ammonium : solution aqueuse saturée à froid.

4.4. Rouge de méthyle : solution à 0,05 p. 100 (poids/volume) dans l'alcool éthylique à 96 p. 100 (volume/volume).

4.5. Acide acétique : solution aqueuse à 20 p. 100 (volume/volume).

4.6. Ammoniaque : solution aqueuse obtenue en mélangeant à volumes égaux de l'ammoniaque à 25 p. 100 (poids/poids) et de l'eau distillée.

4.7. Ammoniaque : solution aqueuse obtenue en diluant 2 ml d'ammoniaque à 25 p. 100 (poids/poids) à 100 ml avec de l'eau distillée.

4.8. Acide sulfurique : solution aqueuse obtenue en ajoutant 20 ml d'acide sulfurique à 98 p. 100 (poids/poids) à 80 ml d'eau distillée.

4.9. Permanganate de potassium : solution aqueuse titrée, 0,02 N.

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique.

## **5) Appareillage**

**5.1.** Balance analytique.

**5.2.** Fiole jaugée de 50 ml.

**5.3.** Pipette à lait de 20 ml.

**5.4.** Papier filtre sans cendre pour filtration lente.

**5.5.** Centrifugeuse pouvant développer une accélération centrifuge égale à 1400 g.

**5.6.** Tubes de centrifugeuse cylindriques à fond rond, de 30 ml environ, marqués à 20 ml.

**5.7.** Pipettes de 2 à 5 ml.

**5.8.** Dispositif de siphonage à succion muni d'un tube capillaire.

**5.9.** Bain-marie bouillant.

**5.10.** Burette graduée en 1/50 ml.

## **6) Mode opératoire.**

**6.1.** Préparation de l'échantillon.

Avant l'analyse, porter l'échantillon à  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  et mélanger soigneusement. Si l'on n'obtient pas une dispersion homogène de la matière grasse, chauffer l'échantillon lentement à  $40^\circ \text{C}$ , mélanger doucement et refroidir à  $20^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ .

**6.2.** Défécation de la prise d'essai.

**6.2.1.** Dans une fiole jaugée de 50 ml, peser à 10 mg près environ 20 g de lait ou mesurer 20 ml de lait.

**6.2.2.** Ajouter peu à peu en agitant une solution aqueuse d'acide trichloracétique à 20 p. 100 et compléter à 50 ml avec ce réactif. Agiter vigoureusement pendant quelques secondes. Laisser reposer 30 minutes.

**6.2.3.** Filtrer sur papier filtre sans cendres. Le filtrat obtenu doit être limpide.

**6.3.** Précipitation du calcium à l'état d'oxalate et séparation de l'oxalate.

**6.3.1.** Dans un tube de centrifugeuse cylindrique à fond rond introduire 5 ml du filtrat limpide (6.2.3), puis 5 ml d'acide trichloracétique, à 12 p. 100, 2 ml d'une solution aqueuse saturée d'oxalate d'ammonium, 2 gouttes de solution alcoolique de rouge de méthyle et 2 ml d'acide acétique à 20 p. 100.

**6.3.2.** Mélanger par agitation circulaire et ajouter peu à peu de la solution d'ammoniaque (4.6) jusqu'à coloration jaune pâle, puis quelques gouttes d'acide acétique à 20 p. 100 jusqu'à coloration rose.

**6.3.3.** Laisser reposer 4 heures à la température ordinaire.

**6.3.4.** Diluer à 20 ml avec de l'eau et centrifuger 10 mn à 1 400 g.

**6.3.5.** Décantier le liquide clair surnageant avec un dispositif à suction.

**6.3.6.** Rincer les parois du tube de centrifugation (sans remettre en suspension le culot d'oxalate de calcium) avec 5 ml de solution d'ammoniaque diluée (4.7). Centrifuger 5 mn à 1400 g.

**6.3.7.** Décantier le liquide surnageant avec le dispositif à suction.

**6.3.8.** Procéder à trois lavages successifs.

**6.4.** Titrage de l'oxalate.

**6.4.1.** Après avoir enlevé par siphonage la dernière eau de lavage, ajouter sur le culot d'oxalate de calcium 2 ml d'une solution aqueuse d'acide sulfurique (4.8) et 5 ml d'eau distillée.

**6.4.2.** Placer le tube au bain-marie bouillant et, quand l'oxalate est entièrement dissous, le titrer avec une solution de permanganate de potassium 0,02 N, jusqu'à coloration rose persistante. La température doit rester supérieure à 60° C pendant le titrage.

**1 ml de  $\text{KMnO}_4$  0,02 N = 0,4 mg de Ca.**

Soit V le volume de Permanganate employé.

La teneur du lait en calcium est exprimée par :

$0,0004 \times V \times 1000/2 = 0,2 V$  grammes de Ca par litre de lait, ou  $0,0004 \times V \times 100/2 = 0,02 V$  grammes de Ca pour 100 g de lait, si les prises d'essai ont été respectivement et exactement 2 ml ou 2 g de lait.

### **Annexe 11 : Électrophorèse en conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE-native)**

#### **Solution d'acrylamide (A)**

Acrylamide.....	36 g
Bisacrylamide.....	1 g
Eau distillée.....	100 ml

#### **Tampon de gel (B)**

Tris.....	9,14 g
Eau distillée.....	100 ml

Ajuster à pH 8,9 avec du HCl 4N

#### **Tampon d'électrode (pour une plaque)**

Tris.....	0,12 g
-----------	--------

Glycine.....	0,58 g
Eau distillée.....	200 ml

Ajuster à pH 8,3 avec du Tris

### Tampon d'échantillon

Tampon du gel (B).....	100 µl
Eau distillée .....	700 µl
Glycérol 50%.....	200 µl
Bleu de bromophenol.....	une tête d'aiguille

Dissoudre 1mg de protéines lyophilisées dans 1ml de ce tampon

### Electrophorèse

#### Préparation du gel : T=12% et C=2,7% (pour une plaque)

Solution A .....	3,25 ml
Solution B .....	5 ml
Eau distillée.....	5 ml
Dégazer le mélange (maximum 2 mn)	
TEMED.....	10 µl
Solution de persulfate d'ammonium 10%.....	75 µl

Couler et mettre le peigne immédiatement

#### Solution de fixation

TCA.....	12 g
Eau distillée (qsp).....	100 ml

#### Solution de coloration

Bleu de coomassie R250.....	0,55 g
TCA.....	4 g
Méthanol.....	100 ml
Eau distillée.....	100 ml

#### Solution de décoloration

Acide acétique.....	37,5 ml
Eau distillée.....	312,5 ml
Méthanol.....	150 ml

**Dépôt d'échantillon :** 10 à 20 µl

**Mise sous tension :** 20 mA, 25V

**Fixation :** 45 mn dans la solution de fixation

**Coloration :** 1 heure dans la solution de coloration

**Décoloration** : dans la solution de décoloration

**Nom :** MEDJOUR

**Prénom :** Abdelhak

**Intitulé :** Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir de chamelles (*Camelus dromedarius*) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif)

**Résumé :** Le lait de chamelle, malgré sa richesse et sa production non négligeable demeure un produit relativement peu consommé et peu transformé, car insuffisamment étudié et mis en valeur. Ce lait se singularise par une teneur élevée en Vitamine C et en molécules antibactériennes (lysozymes, protéines de reconnaissance du peptidoglycane, lactoperoxydase, lactoferrine et etc).

Ces particularités ont pour origine dans la majorité des cas, la nature des plantes broutées par le dromadaire (parcours). Dans le but d'améliorer la production laitière cameline, certains éleveurs pratiquent depuis peu de temps un élevage semi-intensif (semi-stabulation / introduction d'une alimentation « artificielle »).

Une enquête préliminaire conduite, auprès d'une dizaine d'éleveurs qui pratiquent les deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif) dans la région de Biskra et El-Oued, a permis de situer la production à environ 3,5 l/j et 2 l/j pour ces deux systèmes respectivement.

L'analyse physico-chimique des échantillons de lait provenant de chamelles des deux élevages a été réalisée en mesurant le pH, l'acidité, la densité, l'extrait sec total, l'extrait sec dégraissé, les taux de cendres, la teneur en lactose, en calcium, en protéines et en vitamine C.

Ces analyses ont montré que la transition du système d'élevage extensif vers le semi-intensif a un impact sur la qualité physico-chimique voire biochimique et organoleptique.

Des modifications touchant les taux de cendres, de lactose, de calcium et de vitamine C, qui deviennent moins importants dans le système d'élevage semi-intensif ont été relevés. En revanche, la teneur caséines devient plus importante alors que les protéines lactosériques ne semblent pas affectées. Sur le plan qualitatif, les deux fractions protéiniques manifestent les mêmes comportements en PAGE-native.

Enfin, l'étude montre que les diamètres des globules gras et leur fréquence sont similaires pour les deux types de lait.

**Mots clés :** lait, *Camelus dromedarius*, parcours, système d'élevage, analyses.

**Abstract:** Camel milk, despite its richness and significant production remains a product consumed and relatively little processing because insufficiently studied and developed. This milk is distinguished by a high content of Vitamin C and antibacterial molecules (lysozyme, peptidoglycan recognition proteins, lactoperoxidase, lactoferrine and etc).

These features are caused in most cases, the nature of grazed by camels (path) plants. In order to improve camel milk production, some farmers have been practicing for some time a semi-intensive farming (semi-stall / introduction of an "artificial" food).

After a preliminary investigation conducted, with a dozen farmers who practice both farming systems (extensive and semi-intensive) in the region of Biskra and El-Oued, which helped situate production to about 3,5 l/d and 2 l/d for these two systems respectively.

The physico-chemical analysis of milk samples obtained from the two camel farms was performed by measuring the pH, acidity, density, total solids, dry defatted extract the ash, the content lactose, calcium, protein and vitamin C.

These analyzes showed that the transition in the extensive breeding system to the semi-intensive has an impact on biochemical or physico-chemical and organoleptic quality.

These changes affect the rate of ash, lactose, calcium and vitamin C, which become less important in the semi-intensive system. While the protein content becomes larger in the latter and in particular casein. By cons, whey proteins do not seem affected and more they show the same behavior on the native-PAGE.

The frequency of the diameters of fat globules are similar between the two types of milk from the two types of farms (extensive and semi-intensive).

**Keywords:** milk, *Camelus dromedarius*, livestock, plants, paths, physico-chemical, organoleptic extensive, semi-intensive, fat globules.

ملخص: حليب الإبل، بالرغم من غناه وإنتاجه المعتبرين إلا أنه لا يزال قليل الاستهلاك وقليل التحويل نسبيا لأن دراسته غير كافية كما أنه يعتبر غير مئمن نسبيا. وما يميز هذا الحليب هو تفرده عن غيره بنسبة عالية من الفيتامين C وأيضا غناه بالجزئيات المضادة للجراثيم: بروتينات التعرف على ببتيدوغليكان، الليوزيمات، اللاكتوبيروكسيداز، اللاكتوفيرين... الخ وهذه الميزات يرجع سببها في معظم الحالات إلى طبيعة النباتات المستعشبة من طرف الإبل (في المسارات التي تقطعها). من أجل تحسين إنتاج حليب الإبل، أصبح بعض المربين يمارسون منذ وقت ليس بالبعيد تربية شبيهة مكثفة (شبه محصورة / إدخال أعلاف مصنعة) على عكس التقليدية (الموسعة) والمعتمدة على الرعي.

بعد التحقيق الأولي الذي أجري، مع عشرات المربين الذين يمارسون كل من نظامي التربية (الموسعة وشبه المكثفة) في منطقة بسكرة والوادي، والذي ساعد على تحديد كمية إنتاج الحليب لكل النظامين بحوالي 3,5 لتر / اليوم (بالنسبة للنظام الموسع) و2 لتر / اليوم (بالنسبة للنظام شبه المكثف).

من ناحية أخرى تم إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لعينات الحليب التي تم الحصول عليها من النوق الخاضعة لكلا النوعين من التربية (الموسعة وشبه المكثفة) وذلك عن طريق قياس pH، الحموضة الدورانية، الكثافة، المواد الصلبة الكلية، المواد الصلبة منزوعة الدهن، استخراج الرماد، وتركيز اللاكتوز، والكالسيوم والبروتين وفيتامين C. هذه التحاليل أظهرت أن الانتقال في نظم التربية من الموسعة إلى شبه المكثفة له تأثير على الخصائص البيوكيميائية، الفيزيوكيميائية والحسية.

هذه التغيرات مست على وجه الخصوص معدل الرماد، اللاكتوز، الكالسيوم وفيتامين C في الحليب، والتي أصبحت أقل أهمية في النظام شبه المكثف. في حين أن محتوى البروتينات أصبح أكبر في هذه الأخيرة وخاصة بالنسبة للكازين. وعلى العكس، لا يبدو أن بروتينات مصلى الحليب قد تأثرت وزيادة على ذلك فهي تظهر نفس السلوك على جهاز التهجير الكهربائي.

تردد أقطار الكريات الدهنية المنتشرة في الحليب متشابه بين هذين النوعين من الحليب (أي أنه لا يوجد تغير في سلوك المادة الدهنية نتيجة التغيير في نوعية التربية).

الكلمات المفتاحية: الحليب، *Camelus dromedarius*، التربية، النباتات، المسار، الفيزيائية والكيميائية، الحسية، موسعة، شبه مكثفة، الكريات الدهنية.