

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université MOULOUD MAMMERRI de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des

Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agro-alimentaire
et Contrôle de qualité*

Caractérisation physicochimique et microbiologique de laits
crus de chamelle et de vache- essai de coagulation par la
présure.

Présenté par :

M^{me} KADA née BENAKLI Lynda

M^{elle} ANANE Noura

Devant le Jury :

Président : M^r SADOUDI R. : Maitre de conférences classe A

Promoteur : M^r AMIR A. : Professeur à l'UMMTO

Examineur 1: M^r BENGANA M. : Maître de conférences classe B

Examineur 2: M^{elle} BENAHMED DJILALI A. : Maître de conférences classe A

Soutenu le : 27 /09/2018

Promotion : 2017/2018

Remerciements

Nous rendons grâce au Dieu le tout puissant pour le courage et la patience qu'il nous a accordé pour mener à bien notre travail.

Nous adressons nos remerciements les plus vifs et témoignons notre gratitude à notre encadreur M^r AMIR Y. pour nous avoir assisté et dirigés tout au long de ce travail .

Nous associons à ces remerciements les membres de jury :

M^r SADOUDI R. pour l'attention et l'importance qu'il a accordé à ce travail en prenant part au jury de soutenance.

Nos remerciements à M^r BENGANA M. pour l'intérêt qu'il a accordé à ce sujet, pour le temps qu'il nous a consacré, pour toutes ses explications et orientations, à M^{elle} BENAHMED DHILALI pour l'attention qu'elle a prêté à ce travail.

Nos remerciements vont également aux éleveurs de dromadaires de la région de BOUGUEZOUL à AIN OUSSARA pour les échantillons qu'ils nous ont procuré.

Un grand merci aux personnel de la S.A.R.L INTERLAIT pour l'aide précieuse qu'ils nous ont apporté concernant les analyses physicochimiques.

Nous exprimons nos reconnaissances particulières au personnel du laboratoire Ovolab pour avoir accepté de nous réaliser les analyses microbiologiques

Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de notre travail.

A tous nous vous disons merci.

B. Lynda / A. Noura

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail :

A mes chers parents

A mon cher mari Mouloud

et nos chers enfants

A mon frère Amar et ma sœur Fazia

A ma belle famille

A tous mes amis

Lynda

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail :

A ma chère maman

A ma sœur sadjia et à son mari

A mes chères : Lina et Inas

A mes amis

Noura

Liste des abréviations

°C : Degré Celcius

µg : Micro gramme

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AFNOR : Association Française de Normalisation.

ARN : Acide Ribonucléique

C14-C18 : Carbone 14 et Carbone 18

FAO : Food and Agriculture Organisation of the United Nations

IgG : Immunoglobuline

ISO : international Organisation for Standardisation

J : Jour

Kg : Kilogramme

L : Litre

LF : Lactoferrine

MM : Masse moléculaire.

mS : Mili Siemens

Ohms : unité de résistance électrique

pH : Potentiel d'Hydrogène

αS1-CN : Alpha S1 caséine

αS2-CN : Alpha S2 caséine

K-CN : Kappa caséine

°D : Degré dornic

Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
I	Production laitière moyenne (l/j) selon le stade de lactation et pic de lactation.	07
II	Quantité de lait produite par une chamelle, selon différentes sources.	08
II	Constantes physiques du lait de dromadaire et de vache	18
IV	Composition chimique globale (%) du lait de chamelle (selon différents auteurs cité par SIBOUKEUR, (2007) ; comparaison avec le lait de vache.	19
V	Composition moyenne en principaux minéraux du lait de dromadaire (g /l).	21
VI	Teneurs en certains ions métalliques dans les laits humain, bovin et camelin; comparaison avec la teneur de la ration infantile.	22
VII	Composition en vitamines (µg/kg) du lait de chamelle, (selon différents auteurs cité par SIBOUKEUR, (2007) ; comparaison avec le lait de vache.	23
VIII	Composition en acides gras du lait de chamelle (selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache.	25
IX	Distribution des teneurs en azote (mg/100ml) des laits de dromadaire et de vache.	26
X	Concentration moyenne des protéines du lait de différentes espèces en (mg/l).	29
XI	Milieux nutritifs et conditions de culture des différents groupes microbiens recherchés dans le lait camelin et le lait bovin	59
XII	Comparaison entre les paramètres physico-chimiques du lait camelin et bovin.	65
XIII	Comparaison entre les paramètres chimiques et biochimiques du lait camelin et bovin.	70
XIV	Résultats des analyses microbiologiques du lait camelin et du lait bovin.	76
XV	Doses de présure et de chlorures de calcium utilisées pour les essais de coagulation du lait de vache et du lait de chamelle.	79

Liste des figures

N°	Intitulé	Page
01	Représentation de la micelle de caséine bovine selon le modèle de SCHMIDT (1980) .	32
02	Comparaison des régions de la caséine κ sensibles à la chymosine dans les laits de dromadaire et de vache.	45
03	Floculation micellaire du lait	46
04	Hydrolyse de la k-caséine	47
05	Procédure expérimentale suivie pour les analyses effectuées.	53
06	Préparation des dilutions décimales à partir du lait camelin et du lait bovin et ensemencement des cultures dans les boîtes de pétri.	60
07	pH du lait camelin comparé à celui du lait bovin.	66
08	Acidité titrable du lait camelin comparée à celle du lait bovin.	67
09	Densité de lait camelin comparée à celle de lait humain.	68
10	Conductivité électrique du lait camelin comparée à celle du lait bovin.	69
11	La teneur en matière grasse du lait camelin comparée à celle du lait bovin.	71
12	La teneur en protéines totales du lait camelin comparée à celle du lait bovin.	73
13	Taux lactose du lait camelin en comparaison avec le lait bovin.	73
14	Taux de cendres du lait camelin en comparaison avec le lait bovin.	74
15	Teneur en extrait sec du lait camelin en comparaison avec le lait bovin.	75
16	Teneur en vitamine C du lait camelin en comparaison avec le lait bovin.	76

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Aperçu sur le dromadaire 03

I.1.1. Origine 03

I.1.2. Taxonomie 04

I.1.3. Répartition géographique et effectif 04

I.1.4. Elevage du dromadaire et son importance dans les régions arides 05

I.1.5. Production laitière et facteurs influençant 06

I.2. Présentation du lait de dromadaire 09

I.2.1. Définition 09

I.2.2. Valeur nutritionnelle 10

I.2.3. Propriétés organoleptiques 11

I.2.4. Propriétés thérapeutiques et utilisation médicale 12

I.2.5. Système protecteur du lait camelin 15

I.3. Caractéristiques du lait camelin en comparaison avec le lait bovin 16

I.3.1. Caractéristiques physico-chimiques 16

I.3.1.1. pH 17

I.3.1.2. Densité 17

I.3.1.3. L'extrait sec total 17

I.3.1.4. L'acidité 17

I.3.2. Caractéristiques et biochimiques 18

I.3.2.1. Eau 20

I.3.2.2. Minéraux et oligo-éléments 20

I.3.2.3. Vitamines 22

I.3.2.4. Matière grasse 24

I.3.2.4.1. Les lipides 24

I.3.2.4.2. Les acides gras 25

I.3.2.5. Glucides 26

I.3.2.6. Protéines 26

I.3.2.6.1. Protéines sériques.....	26
I.3.2.6.2. Azote non protéique.....	27
I.3.2.7. Caséines.....	27
I.3.3. Qualité microbiologique du lait camelin.....	32
I.3.4. Caractéristiques microbiologiques du lait camelin en comparaison avec le lait bovin.....	33
I.3.4.1. Microflore du lait camelin.....	33
I.3.4.1.1. Bactéries saprophytes.....	34
I.3.4.1.1.1. Flore lactique.....	34
1.2.4.2. Flore de contamination.....	35
1.2.4.2.1. Flore d'altération.....	35
1.2.4.2.2. Flore pathogène.....	38
I.4. Aptitude fromagère du lait de dromadaire en comparaison avec le lait bovin.....	40
I.4.1. Relation entre la composition particulière du lait de dromadaire et son aptitude fromagère.....	40
I.4.2. Production de fromage camelin.....	42
I.4.3. Coagulation du lait camelin par voie enzymatique.....	43
I.4.4. Mécanisme de coagulation du lait par la présure.....	45
I.4.4.1. Coagulation présure.....	45
I.4.4.2. La stabilité des micelles de caséines.....	45
I.4.4.3. La phase primaire ou phase enzymatique.....	46
I.4.4.4. La phase secondaire ou de formation du caillé.....	47
I.4.5. Formation et propriétés rhéologiques des gels obtenus.....	49
I.4.6. Aptitude à l'égouttage.....	49
I.4.6.1. Propriétés des gels et synérèse.....	49
I.4.7. Aptitude à l'affinage des fromages au lait de dromadaire.....	50

Partie expérimentale.

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Cadre de L'étude.....	52
II.1.1. Matériel biologique.....	52
II.1.2. Petit matériel.....	52
II.1.3. Appareillage.....	52
II.2. Méthodes d'analyses.....	53

II.2.1. Méthodes d'analyses physicochimiques	54
II.2.1.1. pH	54
II.2.1.2. Acidité Dornic	54
II.2.1.3. Densité	54
II.2.1.4. Détermination des antibiotiques	55
II.2.1.5. Conductivité électrique	55
II.2.2. Méthodes d'analyses biochimiques	55
II.2.2.1. Matière grasse	55
II.2.2.2. Teneur en protéines totales	55
II.2.2.3. Teneur en lactose	56
II.2.2.4. Cendres	56
II.2.2.5. Extrait sec total	56
II.2.2.6. Vitamine C.....	57
II.2.3. L'analyse microbiologique	57
II.2.3.1. L'objectif du contrôle microbiologique.....	57
II.2.3.2. Qualité microbiologique du lait camelin et du lait bovin	58
II.2.3.3. Etude de la flore microbienne.....	58
II.2.3.4. Méthodes d'analyses microbiologiques	59
II.2.3.4.1. Préparation de la suspension mère	59
II.2.3.4.2. Préparation des dilutions décimales	59
II.2.3.4.3. Recherche et dénombrement de la flore mésophile totale.....	61
II.2.3.4.4. Recherche et dénombrement Staphylocoques à coagulasepositive.....	61
II.2.3.4.5. Recherche et dénombrement des Coliformes thermotolérants	62
II.2.3.4.6. Recherche et dénombrement des Salmonelles.....	62
II.2.3.4.7. Recherche et dénombrement de Listeria monocytogenes	63
II.2.4. Réalisation d'un essai de coagulation du lait camelin.....	64

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques

III.1.1. pH	65
III.1.2. Acidité Dornic	66
III.1.3. Densité	67
III.1.4. Antibiotiques	68
III.1.5. Conductivité électrique	68

III.2. Résultats des analyses chimiques et biochimiques	70
III.2.1. Matière grasse	70
III.2.2. Teneur en protéines totales	71
III.2.3. Teneur en lactose	72
III.2.4. Cendres.....	73
III.2.5. Extrait sec total.....	74
III.2.6. Vitamine C	75
III.3. Résultats des analyses microbiologiques	76
III.3.1. La flore mésophile totale.....	77
III.3.2. Staphylocoques à coagulase +.....	77
III.3.3. Coliformes thermotolérants.....	77
III.3.4. Les Salmonelles	78
III.3.5. Listeria monocytogenes.....	78
III.4. Résultats des essais de coagulation du lait de vache et du lait de chamelle.....	79
III.4.1. Description des coagulums obtenus	80
Conclusion	82

Référence bibliographiques

Annexes

Introduction générale

Introduction générale :

Avec sa composition équilibrée en nutriments de base (protéines, lipides et glucides) et sa richesse en vitamines et minéraux, notamment le calcium, le lait occupe une place stratégique dans l'alimentation quotidienne de l'homme.

En Algérie, l'importation de lait en poudre qui représente 1/5 de la facture alimentaire globale a tendance à augmenter à cause de la croissance démographique et l'insuffisance de la production. Parallèlement, même si un effort non négligeable est déployé pour endiguer cette dépendance en encourageant le cheptel bovin laitier, il n'en est pas de même des autres productions provenant des espèces laitières telles la chèvre, la brebis et la chamelle qui sont particulièrement adaptées à nos rudes conditions agro-climatiques et dont la rusticité est toujours de mise.

Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale ressource alimentaire pour les nomades. Sa richesse en vitamine C constitue un apport nutritionnel important dans les régions arides où les fruits et les végétaux contenant cette vitamine sont rares (SIBOUKEUR, 2007). Il est à quelques différences près similaire à celui de la vache et est plus proche de celui de la femme (LASMANI, 1986). Sa qualité microbiologique est selon de nombreux auteurs irréprochables notamment si les conditions de la traite sont bonnes (KONUSPAYEVA, 2007).

Par ailleurs, la teneur élevée du lait de chamelle en facteurs antibactériens (Lactoferrines, Lactopéroxydases, Lysozyme...) lui confère une bonne qualité microbiologique et une capacité particulière à se conserver quelques jours à des températures relativement élevées (de l'ordre de 25°C) (SIBOUKEUR, 2007 ; CHETOUNA, 2011).

Désormais, ce lait, qui a contribué dans le temps à la survie des populations autochtones des régions sahariennes, est appelé à être confronté à des procédés technologiques visant une diversification de son utilisation. Bien que présentant des aptitudes technologiques plus limitées, ce lait a été testé avec succès dans la fabrication de plusieurs produits dérivés (fromage, laits fermentés, beurre, crèmes glacées...), ce qui laisse augurer de réelles possibilités d'utilisation de ce produit par les populations du sud du pays sous des formes variées (SIBOUKEUR et al, 2005).

Les essais menés pour la valorisation de ce produit via sa transformation ont montré sa faible aptitude à la coagulation par la présure. Cette caractéristique assignée à la composition

quantitative et qualitative de ce lait se traduit par des temps de floculation et de coagulation plus longs et par une faible consistance des gels obtenus. Dans le but de remédier au retard à la coagulation du lait de chamelle, des adaptations technologiques ont été proposées par divers auteurs. Les corrections recommandées reposent généralement sur l'amélioration de la teneur en matière sèche et de l'équilibre salin de ce lait (MEHAIA, 1993; KAMOUN, 1990).

L'objectif de ce travail consiste à faire une étude comparative de la composition physico-chimique et microbiologique du lait camelin et du lait bovin ainsi que la réalisation d'un essai de coagulation des deux laits par la présure pour l'évaluation de leurs aptitudes technologiques.

Pour cela, notre étude comportera deux parties, une partie bibliographique et une partie expérimentale.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. Aperçu sur le dromadaire :

L'image du dromadaire, symbole de la survie de l'homme dans le désert, est attachée à l'histoire des grandes civilisations nomades des régions sèches et chaudes de l'hémisphère nord de notre planète ; il représente l'un des fondements de la culture et de l'agriculture des sociétés concernées (WILSON, 1984 ; WILSON et al, 1990).

Le dromadaire occupe une place de choix dans les régions arides et semi arides, en raison de son excellente adaptation aux mauvaises conditions de vie, tels que le manque d'eau et de pâturage ; mais malgré tout cela, il est apte à produire un lait de bonne qualité (MAHBOUB et al, 2010).

I.1.1. Origine :

Le nom « dromadaire » dérive du terme grecque « dromados » qui veut dire course. Il existe deux espèces : la première est *Camelus dromedarius* : elle est donnée à l'espèce de chameau à une seule bosse, appartenant au genre *Camelus* de la famille des *Camelidae* et dont le nom scientifique est *Camelus dromedarius* ; la deuxième est *Camelus bactrianus* (deux bosses) (SIBOUKEUR, 2007).

Le dromadaire vit dans les régions chaudes, arides et semi-arides de la planète. Il serait originaire de l'Amérique du Nord où le plus ancien fossile de *Camelidae* a été trouvé d'où il aurait rejoint l'Asie et l'Afrique, à la suite des glaciations qui sévirent dans pratiquement la quasi-totalité de l'hémisphère nord de la planète durant l'ère tertiaire (DICK et al, 2011).

Les dromadaires d'Algérie appartiennent à la famille des camélidés, qui sont des mammifères artiodactyles d'origine nord-américaine, mais ils ont disparu de ce continent alors qu'ils se répandaient en Amérique du sud, en Asie puis en Afrique, continent où ils ont survécu pour donner naissance aux espèces modernes (SIBOUKEUR, 2007).

I.1.2. Taxonomie :

La taxonomie du dromadaire selon *WILSON (1984)* est la suivante :

Règne :	Animalia
Embranchement :	Chordata
Classe :	Mammalia
Ordre :	Artiodactyla
Sous ordre :	Tylopoda
Famille :	Camélida
Sous famille :	Camelinae
Espèce :	<i>Camelus dromedarius</i>



Camelus dromedarius

I.1.3. Répartition géographique et effectif :

L'aire de répartition géographique du dromadaire se situe au niveau des zones tropicales et subtropicales et s'étend, des régions arides et semi-arides du nord de l'Afrique (Mauritanie), jusqu'au nord-ouest du continent asiatique (Chine).

Selon les statistiques de la **FAO, (2003)**, la population cameline mondiale s'élève à environ 19 millions de têtes dont plus de 15 millions sont recensées en Afrique et 3,6 millions en Asie. La grande majorité de cette population (84%) sont des dromadaires (*Camelus dromedarius*) qui vivent dans les régions arides du nord et du nord-est de l'Afrique. Le reste (16%) sont des « bactriens » (*Camelus bactrianus*) qui sont des chameaux à deux bosses peuplant les régions froides de l'Asie. Ce nom leur a été donné, par référence à la région de "Baktriane", située au nord de l'Afghanistan, où cette espèce était initialement implantée (FARAH, 1993).

Estimé à 268.560 têtes en 2005, l'effectif camelin algérien est réparti sur 17 wilayates, avec 75% du cheptel dans huit wilayates sahariennes : Ouargla, Ghardaia, El Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf et Bechar et 25% du cheptel dans neuf wilayates steppiques : Biskra, Khenchla, Batna, Djelfa, El-Bayad, Naâma, Laghouat et M'sila (BEN-AISSA, 1989). (Annexe 01).

I.1.4. Elevage du dromadaire et son importance dans les régions arides :

Historiquement, le dromadaire a été d'abord voué à un élevage pastoral extensif. Son émergence dans des systèmes d'élevage intensifiés est des plus récentes. Contrairement à une idée reçue, le grand nomadisme, c'est-à-dire le déplacement permanent sur des grandes distances, est assez peu répandu dans les systèmes chameliers. La plupart des éleveurs de dromadaire possèdent aussi des petits ruminants, parfois des bovins et des ânes (GOUTTAYA et MAAZAR, 2006).

Les élevages sont la plupart du temps de type extensif traditionnel, mais l'élevage intensif est pratiqué aussi dans certaines régions du monde, notamment dans le golfe persique (BOUDJNAH-HAROUN, 2012).

Le système d'élevage pratiqué en Algérie est le système extensif basé sur la consommation des plantes des parcours sahariens (SIBOUKEUR, 2011).

Le dromadaire est un animal qui s'adapte mieux que n'importe quel autre animal d'élevage aux conditions désertiques. Sa morphologie, sa physiologie et son comportement particuliers lui permettent de conserver son énergie (WILSON, 1984), de se priver de boire pendant de nombreuses semaines (SCHMIDT-NIELSEN, 1964), de recycler son azote (KANDIL, 1984), et de se satisfaire d'une alimentation médiocre (GONZALEZ, 1949). Le dromadaire se caractérise parmi les autres ruminants par la variété de son régime alimentaire : il peut indifféremment se nourrir de plantes herbacées, d'arbustes, de pousses d'arbres et même de cactées et de noyaux de dattes. Pendant la saison sèche, il ne dispose le plus souvent que de plantes desséchées ou épineuses, pauvres en protéines mais très riches en fibres et en cellulose (PEYER DE FRABREGUES, 1989).

Le dromadaire est utilisé à des fins multiples d'où son rôle essentiel ; il est exploité principalement pour le transport des marchandises, des personnes et pour la fourniture de lait ; celui-ci représente souvent la seule ressource alimentaire régulière. Sa viande, sa laine et son cuir sont également largement utilisés. Ce rôle majeur du dromadaire découle directement de sa remarquable adaptation aux conditions de milieux très difficiles ; elle lui permet de prospérer là où aucun autre animal ne peut simplement survivre. Cette exceptionnelle résistance résulte de plusieurs particularités anatomiques et physiologiques. Ainsi lorsque l'animal dispose de fourrages verts, il peut rester en saison tempérée plusieurs mois sans s'abreuver ; en période très chaude, il peut ne pas boire pendant huit à dix jours et perdre

jusqu'à 30% de sa masse corporelle par déshydratation (YAGIL et ETZION, 1980 ; YAGIL, 1982 ; WILSON, 1984 ; YAGIL, 1985 ; RAMET, 1987).

I.1.5. Production laitière et facteurs influençant :

Les dromadaires, contrairement aux autres animaux sont capables dans des conditions de sécheresse extrême et en manque de pâturage de produire du lait durant l'année et en grandes quantités (NARJISSE, 1989; ELLOUZE et KAMOUN, 1989 ; DELL ORTO, 2000 ; BAIDAR KHAN, 2001).

La population mondiale de dromadaires est estimée à 20 millions de têtes dont les femelles laitières représentent 18% avec une production moyenne de 1500 litres par an, la production mondiale en lait de chamelle serait de l'ordre de 5,4 millions de tonnes dont 55% environ est prélevée par les chamelons, les productions individuelles varient entre 1000 et 2700 litres par lactation en Afrique, mais peuvent atteindre 7000 à 12000 litres selon certaines sources en Asie du Sud (FAYE, 2003). La courbe de lactation est comparable à celle des bovins avec une persistance meilleure. La durée de la lactation est très variable (de 8 à 18 mois en général), soit des durées plus importantes en moyenne que les vaches laitières dans les mêmes conditions. La productivité laitière des chameaux (250 kg/Unité Bétail Tropical/an) est supérieure à celle des petits ruminants (220 kg) et à celle des zébus (100 kg) (FAYE, 2003).

La contribution de la chamelle à la production laitière mondiale est assez limitée, mais elle est essentielle pour les populations des régions arides et semi arides (FAYE, 2003). Le premier producteur mondial de lait de chamelle est la Somalie (850000 tonnes/an), suivie de l'Arabie Saoudite (89000 tonnes/an) (Annexe 02).

La production laitière des races camelines en Algérie, est estimée à environ 5 à 6 l/jour, soit 1800 litres/lactation (BEN-AISSA, 1986). Cette production est intéressante, en comparaison avec la production laitière moyenne dans le monde (800 et 3600 pour une durée de lactation de 9 et 18 mois). Les quantités de lait produites par jour dépendent essentiellement, du stade de lactation (tableau I).

Tableau I : Production laitière moyenne (l/j) selon le stade de lactation et pic de lactation (SIBOUKEUR, 2007).

Stade de lactation	Quantité de lait (en l/j)
Début-lactation	5,66 ± 2,99
mi-lactation	5,22 ± 3,07
Fin-lactation	1,5 ± 0,79
Pic de lactation	6,14 ± 2,41

Les chamelles de la population « Sahraoui » débutent avec une production laitière qui varie entre 2,5 à 10 l/j avec une moyenne d'environ 6 l/j. A la mi-lactation, ces chiffres varient très peu. Alors qu'en fin de lactation les chamelles ont une production qui varie entre 0,5 et 2,5 l/j avec une moyenne de 1,5 l/j (SIBOUKEUR, 2007).

Les chiffres rejoignent ceux rapportés par d'autres auteurs sur d'autres populations camelines vivant en élevage extensif (KARUE, 1994 ; BEKELE et *al*, 2002).

Notons que le pic de lactation, qui se situe à environ 7 l/j, est atteint au troisième mois (MOSLAH, 1994).

Ces données relatives au pic de lactation dépendraient des conditions d'élevage et du rang de lactation (RAMET, 1993 ; KAMOUN, 1994).

Les données concernant le potentiel laitier de la chamelle sont assez nombreuses et présentent une grande variabilité. De faibles rendements sont rapportés par TEFERA, (2001) en Ethiopie (2 litres /jour), alors que des taux de plus en plus importants sont publiés par ELLOUZ et KAMOUN, (1989) (11 litres/jours), YAGIL et *al*, (1994) (15 litres/ jour) ainsi que HASHIM et *al*, (2009) qui ont enregistré un rendement de 40 litres/ jour dans les élevages intensifs.

Tableau II : Quantité de lait produite par une chamelle, selon différentes sources.

Durée moyenne de lactation (mois)	Production moyenne (litres)	Sources
15	2000	GENIN, 1996
14	2847	RAYMOND et MORTON, 1984
10-11	800-4000	KAMOUN et RAMET, 1989
11-12	800-1300	NARJISSE, 1989
8-18	1800-3500	FAYE, 1997
12	1640	XAVIER et al, 2000
12-18	1000-2700	EDMOND, 2002

Cette variation est la conséquence de plusieurs facteurs : la race, le stade de lactation (FAYE, 2003 ; ZELEK, 2007), le statut sanitaire de la chamelle (FAYE, 2003), ainsi que la fréquence de la traite (BAIDAR KHAN et IQBAL, 2001).

***La race :**

Concernant l'effet race, il est rapporté une production annuelle moyenne 2,6 fois plus élevée chez les races asiatiques que chez celles provenant du continent africain (RAMET, 1993). Parmi les races africaines, nous pouvons citer à titre d'exemple la race Hoor (somalienne) produisant en moyenne 8 litres par jour pendant 8 à 16 mois, soit une production de l'ordre de 2000 litres par lactation. Un maximum de production laitière journalière de 18,3 et 14 kg par tête a été observé respectivement chez les races Malha et Wadha (ISMAILI et AL-MUTAIRI, 1998). BEN-AISSA, (1989) note que les populations camelines algériennes, (population Sahraoui, en l'occurrence) peuvent être considérées comme bonnes laitières (6 à 9 l/j).

***Stade lactation :**

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

***Effet du statut sanitaire :**

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

***Type d'alimentation :**

Comme pour le bovin, l'alimentation du dromadaire reste le facteur le plus déterminant (RAMET, 1993 ; MEHAIA *et al*, 1995 ; WANGOH *et al*, 1998). En effet, selon plusieurs auteurs (KNOESS *et al*, 1986 ; RICHARD et GERARD, 1989) l'amélioration des conditions alimentaires (régimes riches en fourrages verts renferment de la luzerne, du mélilot ou du chou) prolonge la période de lactation et augmente la quantité de lait produite jusqu'à atteindre parfois le double. Par ailleurs, la disponibilité ou non de l'eau n'influence presque pas cette production qui n'est que faiblement diminuée en période de sécheresse. Une privation d'eau de 7 jours reste sans effet sur le niveau de production du lait (YAGIL et ETZION, 1980 ; YAGIL, 1982 ; FARAH, 1993 ; YAGIL *et al*, 1994).

***Pratique de la traite :**

Généralement, le chamelon est mis à téter pendant quelques minutes en début de traite pour favoriser la montée du lait, puis il est écarté pour la suite de la traite qui est faite manuellement. Une traite conduite sans stimulation mécanique préalable donne des rendements inférieurs en lait. La traite doit être exécutée par une personne acceptée par le dromadaire, le changement du trayeur habituel entraîne très souvent une importante rétention lactée (RAMET, 1993). Enfin, il apparaît également que le nombre de traites influence la production laitière journalière. Généralement, les ruminants sont traités de deux à quatre fois par jour (HARTELY, 1980 ; RAMET, 1987 ; MARTINEZ, 1989), parfois jusqu'à six à sept fois (KNOESS, 1977).

I.2. Présentation du lait de dromadaire :**I.2.1. Définition :**

Le lait de chamelle, comme celui des autres mammifères, est un milieu de composition physique et chimique complexe qui permet au jeune chamelon de couvrir ses besoins

énergétiques et nutritionnels pendant la première étape de son existence (KAMOUN et RAMET, 1989).

I.2.2. Valeur nutritionnelle :

Le lait de chamelle constitue la principale ressource alimentaire pour les éleveurs de dromadaires au Sahara, il ne semble pas différent de celui des autres animaux domestiques et constitue un très bon apport en minéraux pour le chamelon et le consommateur (BENGOUMI, 1998). Le lait camelin a un rôle important pour la nutrition humaine dans les zones arides et semi-arides. Il renferme tous les nutriments essentiels qu'on trouve dans le lait bovin, en quantités équilibrées (EL-AGAMY, ABOU-SHLOUE et ABDEL-KADER, 1998 ; KARUE, 1998).

Ce lait présente des taux de protéines variant de 2,5 à 4,5% (KHASKHELI et al, 2005 ; HADDADIN et al, 2007 ; HASHIM et al, 2009). Les teneurs en matière grasse dans ce lait sont estimées en moyenne à 3,15% (ELAMINE et WILCOX, 1992). La matière grasse cameline est caractérisée par la richesse en acides gras mono-insaturés à longue chaîne (acide oléique) (KARRAY et al, 2005), avec une teneur de 27,6% (FAYE et al, 2008) ; et en acides gras essentiels (linoléique et linoléique) avec des teneurs respectives de 1,2% et 21,3% (KAMOUN, 1995). Le taux des acides gras saturés est estimé à 55% (DREIUCKER et VETTER, 2011) avec comme composants majeurs les AG à C14, C16 et C18 (EREIFEJ et al, 2011).

Cette matière grasse est aussi caractérisée par une grande proportion en triglycérides (FARAH, 1989 ; RUEGG et FARAH, 1991 ; KARRAY et al, 2006) estimée à 96% des lipides totaux (EREIFEJ et al, 2011), qui présentent un point de fusion très élevé, ce qui explique l'adaptation particulière du dromadaire au climat chaud du désert (KARRAY et al, 2004 ; EREIFEJ et al, 2011).

Le lactose constitue le sucre principal dans le lait. Sa concentration dans le lait camelin varie de 2,8 à 5,8% (YAGIL, 1982 ; FARAH, 1996).

Par ailleurs les grandes concentrations en vitamines et en minéraux font de ce lait un véritable aliment à finalité diététique (HADDADIN et al, 2007). A ce propos le lait de chamelle présente de faibles teneurs en vitamine A et B₂ par rapport au lait de vache et de fortes teneurs en vitamines E et B₁ dans le colostrum (ZHANG et al, 2005) tandis qu'il présente un apport important en vitamine C (FARAH et al, 1992 ; HADADDIN et al, 2007).

Quant à sa composition minérale, des teneurs élevées en sodium et en potassium (HADDADIN et *al*, 2007) et surtout en phosphore (KONUSPAYEVA et *al* 2008) ont été rapportées par la littérature.

Le lait de chamelle est très riche en oligo-éléments (Cu, Fe, Zn, Ni, Mn) qui jouent un rôle important dans la structure des protéines du lait et affectent ainsi sa qualité nutritive, ces derniers peuvent agir aussi comme catalyseurs de certaines réactions biochimiques. Dans une étude comparative du contenu en oligo-éléments du lait camelin et bovin, SAIMURATOVA et *al*, (2007), ont révélé que les teneurs en fer et en zinc dans le lait de chamelle sont respectivement 53 et 20 fois supérieures que celles du lait de vache.

La composition en acides organiques du lait de dromadaire a été déterminée par HADDADIN et *al*, (2007) qui a noté une grande diversité dans la nature et la quantité de ces acides comparativement au lait de vache. Dans ce contexte, ces auteurs ont signalé le rôle que pourraient jouer les acides acétique et propénoïque dans la conservation et la stabilité de ce lait sous les conditions climatiques du désert. La valeur nutritionnelle directe de ce lait est attribuée à la teneur élevée en acide orotique (76,1g/l) qui jouerait un rôle dans la réduction du risque des maladies cardiovasculaires (KORYCKA et *al*, 1979).

I.2.3. Propriétés organoleptiques :

Le lait de chamelle est de couleur blanche, en raison notamment de la structure et de la composition de sa matière grasse, relativement pauvre en β -carotène (SAWAYA et *al*, 1984). Il est légèrement sucré, avec un goût acide, parfois même salé (ABDEL-RAHIM, 1987) et/ou amère (RAMET, 2003). Cette variabilité dans le goût est liée au type de fourrage ingéré ainsi qu'à la disponibilité en eau (YAGIL et ETZION, 1980 ; WANGOH et *al*, 1998). L'ingestion de fourrage comme la luzerne, donne un goût sucré, certaines plantes halophytes le rendent salé (FARAH et BACHMAN, 1987). Il peut se présenter sous forme crémeux quand il est légèrement agité (SHALASH, 1979).

A la traite et lors des transvasements, il forme une mousse abondante à cause de sa teneur élevée en composant -3-des protéase- peptones- (PP3) par rapport au lait bovin (1,1 contre 0,3 g/l respectivement) (SMAIL, 2002). Comparé au lait de vache, le lait de chamelle s'acidifie très peu. Il peut être conservé longtemps sans réfrigération (3 jours à 30°C et 2 semaines à 7°C) (SENOUSSI, 2011).

I.2.4. Propriétés thérapeutiques et utilisation médicinale :

Le lait de chamelle est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuse, anticancéreuse, antidiabétique et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents.

Les allégations santé de ce lait, peuvent être attribuées à certains de ses composants (richesse en acides gras insaturés, acides aminés essentiels, vitamine C et en protéines à activité antibactérienne puissante) (KONUSPAYEVA et al, 2004).

I.2.4.1. Propriétés anti- infectieuses :

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

Parmi les facteurs antimicrobiens, on retiendra essentiellement : la lactoferrine, le lysozyme, la lactoperoxydase et les immunoglobulines.

***Lactoferrine :**

La lactoferrine (LF) est une glycoprotéine contenant deux sites capables chacun de fixer un ion ferrique (Fe^{3+}). Cette capacité à capter le fer, explique en partie, son rôle dans le contrôle de la croissance de certaines bactéries pathogènes, telles que *Staphylococcus aureus* ou *Escherichia coli* (ZAGULKI et al, 1989 ; DIARRA et al, 2002). La lactoferrine de la chamelle, comme beaucoup d'autres protéines laitières camelines, est plus thermorésistante que chez les autres espèces et plus thermorésistante que l'immunoglobuline (IgG). Par exemple à 85° C pendant 10 minutes, la lactoferrine du lait de chamelle ne représente plus que 37% de la valeur initiale, contre 1,2 % pour le lait de vache et 0% pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (ELAGAMY, 2000). La lactoferrine est abondante dans le lait de chamelle puisqu'on en trouve de 30 à 100 fois plus que dans le lait de vache (KANUSPAYEVA et al, 2003).

***Lysozyme :**

Le lysozyme est une protéine naturellement présente dans les laits de mammifères où il représente un facteur antimicrobien puissant. Dans le milieu physiologique, le lysozyme est chargé positivement, son pHi étant compris entre 10,5 et 11. Le lysozyme se lie en conséquence, électrostatiquement sur les surfaces anioniques des bactéries. Les bactéries gram-négatif sont plus résistantes au lysozyme car elles contiennent une membrane externe de lipopolysaccharides, qui peut protéger les bactéries contre l'accès du lysozyme.

La quantité de lysozyme contenue dans le lait de chamelle est plus élevée que dans le lait de vache, 15 μg 100 ml⁻¹ contre 7 μg 100 ml⁻¹. L'activité enzymatique du lysozyme du lait de chamelle est également plus forte que celle de la vache (ELAGAMY et *al*, 1996). Tout comme la lactoferrine de cette espèce, le lysozyme du lait de chamelle est thermorésistant. A 85°C pendant 10 minutes, le lysozyme du lait de chamelle ne représente plus que 44% de la valeur initiale, contre 26% pour le lait de vache et 18% pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (ELAGAMY, 2000).

***Immunoglobulines :**

Les IgG jouent un rôle dans le système immunitaire chez les nouveaux nés. Le taux des immunoglobulines est très élevé dans le colostrum chez tous les mammifères. Cependant, la concentration d'immunoglobulines dans le lait varie selon les espèces concernées. Trois classes fonctionnelles d'IgG sont définies chez le dromadaire : IgI qui est composé de deux chaînes légères identiques et de deux chaînes lourdes comme dans les autres IgG ; il existe donc deux autres isotopes. Ce qui est remarquable, c'est que l'organisation des anticorps à chaînes lourdes du dromadaire diffère complètement de ce qui est connu chez les autres vertébrés (ATARHOUCHE et *al*, 1997). Du point de vue structural, les IgG du dromadaire sont plus proches des immunoglobulines humaines que de celles des autres ruminants. Le pic d'IgG dans le colostrum est de $0,26 \pm 0,232$ mg/ml. Il se situe entre 18 et 30 heures après la naissance (HULSEBUS, 1999). Dans le lait, la concentration est plus faible mais la teneur répertoriée dans le lait de chamelle est quatre fois supérieure à celle de la vache à 0°C, et six fois plus élevée à 65°C. Par ailleurs, elle est 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).

***Lactoperoxydase :**

Les peroxydases sont des enzymes qui appartiennent aux systèmes non-immuns normaux de la défense du lait, on les trouve également dans les sécrétions des glandes à sécrétion externe telles que la salive, les larmes, les sécrétions intestinales, le mucus cervical et la thyroïde. Le lait contient naturellement assez de lactoperoxydase pour que le système soit actif. L'action du système peroxydase résulte de l'oxydation de l'ion SCN⁻ en présence du peroxyde d'hydrogène, qui fait apparaître des oxacides ayant des propriétés bactéricides. Par ailleurs, la lactoperoxydase du lait de chamelle présente une stabilité encore plus forte vis-à-vis des traitements thermiques. Elle est, par exemple fortement active dans les échantillons de lait pasteurisé de la laiterie de Mauritanie (SABUMUKAMA, 1997). Les résultats du test API ZYM lactoperoxydase sur le lait de dromadaire montre encore une activité enzymatique à forte température, alors même que la lactoperoxydase du lait de vache a perdu toute activité (LOISEAU *et al*, 2001).

I.2.4.2. Le facteur anticancéreux :

La lactoferrine jouerait un rôle reconnu dans le traitement de certains cancers et ses effets anti- tumoraux ont été étudiés notamment chez le rat (JOUAN, 2002). Partant de ces résultats observés en laboratoire, (CHISSOV *et al*, 1995) ont élaboré une préparation à base de lactoferrine à utiliser dans les zones oropharyngiennes après une chimiothérapie.

La LF est capable de participer au processus de prolifération et de différenciation cellulaires. Elle a également été identifiée en tant que « Colony Inhibitory », agissant au niveau des cellules de la moelle épinière durant la myélopoïèse (LINDEN, 1994). Les cellules traitées à la lactoferrine montrent un arrêt définitif de toutes les fonctions, incluant l'arrêt de l'activité métabolique des précurseurs de l'ADN et de l'ARN.

I.2.4.3. Le facteur antidiabétique : l'insuline :

L'amélioration du statut glycémique chez les diabétiques traités au lait de chamelle serait due à la présence d'insuline en quantité importante ; plus de 5000 fois la valeur observée chez la vache et 1000 fois la valeur observée chez la femme (52 UI/l). L'insuline est normalement neutralisée lors du caillage du lait dans l'estomac sous l'effet de l'acidité du milieu, mais il semble que le lait de chamelle ne caillant pas comme celui des autres espèces, l'insuline pourrait être conservée intacte dans l'intestin où elle pourrait être absorbée. En tout état de cause, il semble que la consommation régulière de lait de chamelle ait une action

hypoglycémiant et régulatrice de la glycémie chez les patients insulinodépendants (AGRAWAL et al, 2003 in KANUSPAYEVA et al, 2003).

I.2.4.4. Les facteurs stimulants : la vitamine C :

Le taux de vitamine C dans le lait de chamelle est trois fois plus élevé que dans le lait de vache, soit en moyenne $37,4 \pm 11,0$ mg/l, il varie entre 26,2 et 61,1 mg/l (FARAH et al, 1991). La réputation du lait de chamelle est en grande partie due à sa richesse en vitamine C. De tous les laits des mammifères collectés pour les besoins de l'homme, celui de la chamelle est le plus riche en cette vitamine dont le rôle tonique permettant de lutter contre la fatigue et l'infection est bien connu. La vitamine C joue un rôle biologique considérable par ses propriétés anti-oxydantes. Récemment, il a été montré qu'elle avait aussi une action positive sur la réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies (KANUSPAYEVA et al, 2003).

I.2.5. Système protecteur du lait camelin :

Ce système permet au lait de chamelle de se conserver plusieurs heures, sous des températures relativement élevées (SIBOUKEUR, 2011). Il se compose:

- ❖ **D'acides organiques** excrétés par les bactéries lactiques assurant deux importantes fonctions antimicrobiennes. Sous leur forme indissociée, ils traversent passivement la membrane cytoplasmique et pour de fortes concentrations d'acides, le milieu intracellulaire peut s'acidifier à un point tel que les fonctions cellulaires sont inhibées et le potentiel membranaire annulé (KASET, 1987 in KLAENHAMMER et al, 1994).
- ❖ **De peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)** est connu depuis longtemps comme agent majeur de l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques.
- ❖ **De lysozyme camelin** : a un effet inhibiteur seulement sur *Salmonella typhimurium* et ne présente aucun effet contre *Staphylococcus aureus*. Le lysozyme a un même spectre d'activité que celui de l'œuf et présente une activité différente de celle du lysozyme bovin. Ce dernier inhibe la croissance de *Lactococcus cremoris* et n'a pas d'effet sur *Salmonella typhimurium* (SIBOUKEUR, 2011).
- ❖ **De lactoferrine** : est présente en grandes quantités dans le lait des camélidés. C'est une protéine qui possède une activité antimicrobienne, antivirale, anti-inflammatoire et analgésique. Elle présente un effet inhibiteur similaire à celui du lait bovin. Cette

activité inhibitrice est due au captage du fer nécessaire au développement des microorganismes notamment celui d'*Escherichia coli* (SIBOUKEUR, 2011).

- ❖ **La lactoperoxydase plus exactement le système LSP** : l'activité de la LP cameline est similaire à celle du lait bovin (EL-SAYED et *al*, 1992). Cette protéine enzymatique est très efficace contre l'activité et la croissance des microorganismes nuisibles. L'efficacité de cette activité est d'autant plus importante que le lait renferme du soufre et du H₂O₂ donc que le système LSP est actif. Le peroxyde d'hydrogène est formé avec l'oxygène dissout dans le lait. L'action du système LSP résulte de l'oxydation de l'ion SCN⁻ en présence du peroxyde d'oxygène, qui fait apparaître des oxyacides parmi les quels l'hypothiocyanate (OSCN⁻) un puissant inhibiteur (KONUSPAYEVA et *al*, 2003 in SIBOUKEUR, 2011).

Ces derniers ont des propriétés bactéricides contre les bactéries à GRAM négatif mais bactériostatique contre les bactéries à GRAM positif (ELSAYED et *al*, 1992).

- ❖ **Les immunoglobulines** qui sont des glycoprotéines de faibles mobilité électrophorétique et ayant un poids moléculaire élevé. Ces protéines d'origine sanguine sont présentes dans les laits de toutes les espèces. Leur fonction est d'assurer la transmission de l'immunité de la mère à son petit (SIBOUKEUR, 2011).
- ❖ **Le PP3** camelin connu également sous le nom de « lactophorine » est un homologue du PP3 bovin. Il s'agit d'une phosphoglycoprotéine. Elle est composée de 135 résidus d'acides aminés. Elle contient plus de la sérine et de la glycine, moins de proline et de valine. Ce composant exerce une action inhibitrice vis-à-vis des souches microbiennes de contamination du lait de chamelle (germes halotolérants entérobactéries pathogènes, entérobactéries totales) (SIBOUKEUR, 2007).

I.3. Caractéristiques du lait camelin en comparaison avec le lait bovin :

I.3.1. Caractéristiques physico-chimiques :

Du point de vue physico-chimique, le lait est un produit très complexe. Les principales propriétés physico-chimiques qui intéressent l'industrie laitière sont la densité, le point de congélation, l'acidité et le pH (VIGNOLA et *al*, 2002). Le lait camelin, est généralement blanc et opaque, avec un goût agréable (DILANYAN, 1959; KHERASKOV, 1953; YAGIL et ETZION, 1980).

I.3.1.1. pH :

Le pH du lait camelin frais se situe entre 6,0 et 6,7 cité par (EL-HADI SULIEMAN et *al*, 2006) et (KHASKHELI et *al*, 2005; MEHAIA, et *al*, 1979).

I.3.1.2. Densité :

La valeur de la densité des échantillons de lait camelin est égale à $1,028 \pm 0,002$. Il est moins dense que le lait de vache dont la densité est égale à $1,030 \pm 0,001$ (FARAH et BACHMANN, 1987).

I.3.1.3. L'extrait sec total :

La teneur en matière sèche totale d'échantillons de lait camelin cru analysés est égale à 130 g/l. Cette valeur est proche à celle du lait de bovin (128 g/l) (KAMOUN, 1995).

I.3.1.4. L'acidité :

L'acidité Dornic du lait dépend du nombre de moles d'acides présents et est inversement proportionnelle à son pH (MATHIEU, 1998). Les valeurs de l'acidité titrable, exprimée en degré Dornic, du lait camelin varient d'un auteur à l'autre. Elle est de l'ordre de 15,6°D selon KAMOUN, (1995) ; BADAOU, (2000) et égale à $16 \pm 0,91$ selon GUERRADI, (1998).

I.3.1.5. Viscosité :

Une viscosité moyenne de 2,2 centipoises (HASSAN et *al*, 1987) cité par SIBOUKEUR, (2007).

I.3.1.6. Point de congélation :

Le point de congélation variant de $-0,57^{\circ}\text{C}$ à $-0,61^{\circ}\text{C}$ (WANGO, et *al*, 1998).

Le lait de dromadaire est plus acide et moins dense et sa viscosité est plus faible que le lait de vache (Tableau III).

Tableau III : Constantes physiques du lait de dromadaire et de vache (KAMOUN, 1995).

Lait Constante	Dromadaire (n=183)		Vache (n=10)	
	Moyennes	E. Types	Moyennes	E. Types
pH	6,51	0,12	6,65	0,02
Acidité titrable	15,6	1,4	16	1
Densité	1,028	0,002	1,032	0,001

Toutefois, ces valeurs dépendent de certains facteurs, tels que le rang et le stade de lactation, la race, le type d'élevage, la saison de lactation. Cependant, l'alimentation reste le facteur le plus déterminant (RAMET, 1993 ; WANGOH *et al*, 1998 ; MEHAIA *et al*, 1995 in SIBOUKEUR, 2007).

I.3.2. Caractéristiques biochimique :

Des travaux antérieurs ont montré que le lait de chamelle est plus pauvre en matière sèche et en matière protéique que celui de vache. Cette différence peut être due à l'alimentation des animaux, aux conditions environnementales ainsi qu'au stade de lactation (SBOUI, 2009).

La composition du lait camelin a été considérée comme la moins stable comparée à celle des laits des autres espèces, bovine en l'occurrence. La variation de la composition du lait camelin peut être attribuée à plusieurs facteurs, comme la localisation géographique, les conditions alimentaires, la race, le stade et le rang de lactation (SOUID, 2011).

La composition chimique globale du lait de chamelle (Tableau IV), même si elle fluctue selon les auteurs (donc selon les animaux et l'environnement considéré), montre néanmoins des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose) avec des proportions similaires à celles présentes dans le lait de vache. Les teneurs en protéines et en matière grasse varient respectivement de 2,5 à 4% et de 1,1 à 4,6% (avec une fréquence élevée à des taux supérieurs à 3%), alors que la teneur en lactose fluctue entre 2,5 et 5,6 % (SIBOUKEUR, 2007).

Tableau IV: Composition chimique globale (%) du lait de chamelle (selon différents auteurs cité par (SIBOUKEUR, 2007); comparaison avec le lait de vache.

Origine du lait	Constituants					Référence
	Eau	MST	Lactose	MG	Protéines	
Lait de chamelle	90,2	9,8	4,2	3,2	2,7	DESAL <i>et al</i> , (1982)
	88,1	11,9	4,4	3,6	2,9	SAWAYA <i>et al</i> , (1984)
	87,0	13,0	5,6	3,3	3,3	GNAN et SHEREHA, (1986)
	87,4	13,4	4,8	3,2	4,0	ABDEL-RAHIM, (1987)
	89,1	10,9	3,9	3,5	3,4	HASSAN <i>et al</i> ,(1987)
	87,8	12,2	5,2	3,2	3,1	FARAH et RÜEGG, (1989)
	86,6	13,4	5,5	3,5	3,3	BAYOUMI, (1990)
	88,3	10,9	4,1	3,1	2,8	ELAMIN et WILCOX, (1992)
	91,3	8,7	4,5	1,1	3,2	MEHAIA, (1992)
	88,0	11,9	4,7	3,9	2,5	MEHAIA, (1993a)
	87,8	12,1	4,9	3,2	3,2	ABU-LEHIA,(1994)
	87,3	12,6	4,5	3,4	3,3	KAMOUN, (1994)
	86,9	13,1	4,9	4,6	3,0	LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, (1994)
	90,5	9,5	3,7	3,0	2,7	ZIA-UR-RAHMAN et STRATEN, (1994)
90,0	10,0	2,5	3,3	3,3	GORBAN et IZZELDIN, (1997)	
Lait de vache	87,0 - 87,5	12,5 – 13	4,8 - 5,0	3,4 - 4,4	2,9 - 3,5	MIETTON <i>et al</i> , (1994)

I.3.2.1. Eau :

L'eau est un facteur important qui affecte la composition du lait de chamelle. Sa teneur varie selon son apport dans l'alimentation. La teneur moyenne en eau donnée par ELAMI et WILCOX, 1992 est de 88,33%. Cela représente en période de sécheresse un avantage pour l'hydratation du chameleon (NARJISSE, 1989). Ces variations d'humidité du lait camelin affectent de façon directe les autres composés (SHUIEP et *al*, 2008). En fait, cette dilution répond à un mécanisme de régulation hormonale, faisant intervenir l'aldostérone ainsi que la vasopressine (YAGIL et *al*, 1994).

I.3.2.2. Minéraux et oligo-éléments:

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

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

Tableau V: Composition moyenne en principaux minéraux du lait de dromadaire (g /l).

Sodium (Na)	Potassium (K)	Calcium (Ca)	Magnésium (Mg)	Phosphore (P)	Fer (Fe) (mg/l)	Référence
0,59	1,73	1,15	0,14	0,84	-	ABU-LEHIA (1987)
0,36	0,6	1,32	0,16	0,58	-	GNAN et SHERIHA (1986)
0,36	0,62	1,16	0,08	0,17	-	HASSAN <i>et al.</i> (1987)
0,69	1,56	0,06	0,12	0,63	-	MEHAIA <i>et al.</i> ,
0,39	1,61	0,76	0,04	0,46	-	MOHAMED (1990)
0,90	2,11	0,78	0,11	1,46	3,41	BENGOUMI <i>et al.</i> , (1994)
0,66	1,72	1,23	0,09	1,02	-	ATTIA <i>et al.</i> , (2000)
[0,35-0,6]	[1,35- 1,55]	[1,01- 1,40]	[0,1-0,15]	[0,75-1,10]	-	ALLAIS, (1984)

[] : Valeur moyenne pour le lait de vache.

D'après AL-AWADI et STRIKUMAR, (2001), le lait de chamelle est plus concentré en manganèse et en fer comparé au lait de vache. Le lait de femme est plus concentré en cuivre que le lait de chamelle et de vache (Tableau V). Les concentrations en sélénium sont comparables pour les trois laits.

Tableau VI : Teneurs en certains ions métalliques dans les laits humain, bovin et camelin; comparaison avec la teneur de la ration infantile (AL-AWADI et STRIKUMAR, 2001).

Origine	Zinc (mg/l)	Cuivre (mg/l)	Manganèse (µg/l)	Sélénium (µg/l)	Fer (mg/l)
Lait camelin	4,9 ± 0,5	0,36 ± 0,02	79,6 ± 7,4	13,9 ± 2,4	3,16 ± 0,03
Lait bovin	6,2 ± 0,3	0,27 ± 0,04	27,8 ± 5,2	12,6 ± 3,6	0,29 ± 0,02
Lait humain	2,9 ± 0,4	0,6 ± 0,1	4,4 ± 0,4	14,3 ± 2,1	0,26 ± 0,05
Ration infantile	5,7 ± 0,3	0,53 ± 0,03	36,9 ± 0,4	14,1 ± 3,6	0,71 ± 0,1

I.3.2.3. Vitamines :

Le lait de chamelle est riche en vitamines, affichant même des teneurs en vitamines B3, B6 et B12 supérieures à celles du lait bovin (SAWAYA et *al*, 1984 ; MEHAIA, 1994 ; FARAH, 1996).

Toutefois, les vitamines A, B1, B2, B5, B9 et E se trouvent à des taux similaires, parfois légèrement inférieurs aux valeurs rapportées dans le lait de référence (SAWAYA et *al*, 1984 ; FARAH, 1992 ; FARAH, 1996).

Le lait camelin présente la particularité d'être riche en vitamine C (25 à 60 mg/l) (SAWAYA et *al*, 1984 ; MEHAIA, 1994 ; KONUSPAYEVA et *al*, 2003). Ces teneurs élevées en vitamine C améliorent la valeur nutritionnelle du produit surtout que les sources en cette vitamine dans les régions arides demeurent insuffisantes (HADDADIN et *al*, 2008). La composition en vitamines du lait de dromadaire (Tableau VI) diffère de celle du lait de vache par une teneur en vitamine C un peu supérieure; le taux de vitamine A est beaucoup plus faible et de plus très variable ; de 50,0 U.I./100 g de lait (SAWAYA et *al*, 1984) à 12,9 U.I. /100 g (AHMED et *al*, 1977), il en est de même de la teneur en riboflavine et en vitamine B 12.

Tableau VII : Composition en vitamines ($\mu\text{g}/\text{kg}$) du lait de chamelle, (selon différents auteurs cité par SIBOUKEUR, (2007); comparaison avec le lait de vache.

Nature des vitamines	Lait de chamelle				Lait de vache
	SAWAYA et al (1984)	FARAH et al (1992)	MEHAIA (1994b)	KAPPELER (1998)	FARAH (1993)
A (Rétinol)	150	100-	-	150	38-170
B1(Thiamine)	330	75	-	600	280-900
B2 (Riboflavine)	416	-	-	800	1200-2000
B3 (Niacine)	4610	-	-	4600	500-800
B5 (Acide pantothénique)	880	-	-	880	2600-4900
B6 (Pyridoxine)	523	-	-	520	400-630
B12 (Cobalamine)	1,5	-	-	2	2-7
B9 (Acide folique)	4,1	-	-	4	10-100
E (Tocophérol)	-	560	-	350	100-200
C (acide ascorbique)	24	37	25	24-36	3-23

Le lait de chamelle se singularise par sa richesse relative en vitamines B3 (niacine) et en vitamine C (Tableau VI). Même si des variations importantes (de 25 à 60 mg/l) de la teneur de cette dernière dans les laits camelins sont rapportés (FARAH, 1993), il n'en demeure pas moins que les teneurs signalées (autour de 36 mg/l selon FARAH et al, (1992) sont en moyenne 3 fois plus élevées que celles présentes dans le lait bovin, qui ne dépassent pas 22 mg/l selon MATHIEU, (1998). Cette caractéristique est particulièrement intéressante, car elle permet au lait de cette espèce, par son apport important en cette vitamine, de répondre aux besoins nutritionnels, aussi bien du jeune chamelon que des populations

locales, qui vivent dans un environnement où l'apport en ce type de vitamine est particulièrement limité (CHETHOUNA, 2011).

I.3.2.4. Matière grasse :

La matière grasse laitière qui représente une source importante d'énergie est constituée essentiellement de lipides et de substances lipoïdiques. Néanmoins des composés protéiques sont présents dans la membrane du globule gras. Elle constitue également, un apport important en acides gras essentiels et en vitamines liposolubles. Les quelques études consacrées à cette matière ont mis en évidence son apport quantitatif et qualitatif (GLASS et *al*, 1967; HAGRASS et *al*, 1987).

Dans le lait de chamelle, la matière grasse (MG), représentant 2,7 à 3,6 % de la composition globale, est dispersée sous forme de globules gras (GG) (FARAH, 1996; KARRAY et *al*, 2005). Par ailleurs, la matière grasse du lait de chamelle apparaît liée aux protéines, tout ceci explique la difficulté à baratter le lait de chamelle pour en extraire le beurre. Comparée au lait de vache, la matière grasse du lait de chamelle contient moins d'acides gras à courtes chaînes (SIBOUKEUR, 2007).

I.3.2.4.1. Les lipides :

Les lipides membranaires représentent seulement 1 à 2% des lipides totaux du lait dont 50% sont des phospholipides (INNOCENTE et *al*, 1997). Ce film de surface constitue réellement un émulsifiant pour la graisse dispersée dans le lait (KARRAY et *al*, 2005). Les triglycérides constituent les principaux lipides. De plus, 95% des lipides du lait de différentes espèces sont des TG contenus dans les GG (McPherson et KITCHEN, 1983 ; DANTHINE et *al*, 2000 ; KEENAN, 2001). Dans le MGG du lait camelin, il existe une grande proportion d'acides gras saturés (AGS) à longue chaîne (SAWAYA et *al*, 1984; ABU-LEHIA, 1989).

Le lait de dromadaire se caractérise aussi par sa richesse en acides gras insaturés (AG) (C14-C18) (LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1994 ; KARRAY et *al*, 2004; HADDAD et *al*, 2010). Les AG à chaînes courtes sont également présents mais à des taux réduits en comparaison avec leur teneur dans le lait bovin (CHILLARD, 1989 ; FARAH et RUEGG, 1991 ; GORBAN et IZZELDIN, 2001). La teneur en cholestérol de la MGG du lait camelin est plus importante que celle du lait bovin (GORBAN et IZZELDIN, 1999).

I.3.2.4.2. Les acides gras :

Représentés principalement par les acides palmitique et stéarique alors que les acides gras à courtes chaînes sont relativement peu présents.

Cette distribution particulière expliquerait pour une grande part la richesse de ce lait en lipides à haut point de fusion, donc en corps gras solides à température ambiante (25 °C), comme cela est rapporté par RÜEGG et FARAH (1991). Signalons que la matière grasse cameline est plus riche que celle du bovin en acides linoléique et palmitoléique.

Tableau VIII: Composition en acides gras du lait de chamelle (selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache.

Catégories	Nom commun	Formule abrégée	PF (°C)	% des acides gras totaux				Etat physique à 20°C
				Lait de chamelle			Lait de vache	
				Sawaya et al, 1984	Abulehia, 1989	Farah et al, 1989	Alais et Linden, 1997	
Acides gras saturés	Butyrique	C ₄ : 0	-8	< 0,1	--	0,6	3-4	L
	Caproïque	C ₆ : 0	-3,5	0,2	--	0,4	2-5	L
	Caprylique	C ₈ : 0	+16,5	0,2	0,1	0,2	1-1,5	S/L
	Caprique	C ₁₀ : 0	+31,5	0,2	0,1	0,9	2,0	S
	Laurique	C ₁₂ : 0	+43,5	0,9	0,7	0,8	3,0	S
	Myristique	C ₁₄ : 0	+54	11,4	10,1	12,5	11,0	S
	Palmitique	C ₁₆ : 0	+63	26,7	26,6	31,5	25-30	S
	Stéarique	C ₁₈ : 0	+70	11,1	12,2	12,5	12,0	S
	Arachidique	C ₂₀ : 0	+75	0,6	0,6	1,03	0,2	S
	Béhénique	C ₂₂ : 0	+80	0,2	0,08	--	--	--
Lignocérique	C ₂₄ : 0	+84	0,1	--	--	--	--	
Acides gras monoinsaturés	Leuroléique	C ₁₂ : 1	198	0,1 ^(*)	--	--	--	--
	Myristoléique	C ₁₄ : 1	-4,5	1,6	1,9	1,1	--	--
	Palmitoléique	C ₁₆ : 1	+1,5	11,0	10,4	9,4	2,0	L
	Oléique	C ₁₈ : 1	+13,5	25,5	26,4	19,1	23	L/S
Acides gras polyinsaturés	Linoléique	C ₁₈ : 2	-5	3,6	2,9	3,4	2,0	L
	Linoléique	C ₁₈ : 3	-11	3,5	1,4	1,4	0,5	L
	Arachidonique	C ₂₀ : 4	-45,5	0,4	--	--	0,3	L

Légende : PF : point de fusion ; L : liquide ; S : solide ; (--) : non déterminé ; (*) : selon (LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1994).

I.3.2.5. Glucides :

Comme dans le lait bovin, le lactose est le glucide majoritaire présent dans le lait camelin. Sa teneur (valeur maximale = 56g/kg) varie légèrement avec la période de lactation. Le changement de concentration du lactose explique la variation de la saveur du lait de chamelle (HASSAN *et al*, 1987; FARAH, 1993).

La teneur en lactose dans le lait camelin se situe entre 2,5 et 5,6% vers 4,8 à 5 % dans le lait de référence. Selon GNAN et SHEREHA, (1986) in SIBOUKEUR, (2007) ; BAYOUMI, (1990) in SIBOUKEUR, (2007), ces concentrations élevées en lactose, expliquent la saveur parfois sucrée du lait de chamelle.

I.3.2.6. Protéines :

Le lait de chamelle est une source considérable de protéines et de peptides capables de moduler diverses fonctions physiologiques. Sur le plan nutritionnel, il est de bonne qualité puisqu'on retrouve tous les acides aminés indispensables (AZZA *et al*, 2007).

Il présente une teneur protéique de l'ordre de 30-35g/l avec quelques variations selon les auteurs.

La fraction azotée du lait de chamelle, comme celle du lait de vache, est répartie en deux sous fractions : l'azote non protéique et l'azote protéique (Tableau VIII)

Tableau IX: Distribution des teneurs en azote (mg/100ml) des laits de dromadaire et de vache (MEHAIA et AL-KANHAL, 1992 cité par MAHBOUB, 2009).

Forme d'azote	Lait de chamelle	Lait de vache
L'azote protéique (PN)	436	509
L'azote non protéique (NPN)	49	31
L'azote total (TN)	485	540
NPN/TN (%)	10,1	5,7

I.3.2.6.1. Protéines sériques :

Les protéines lactosériques, possèdent une haute valeur nutritive et joue un rôle important dans l'auto-épuration du lait puisqu'elles possèdent pour la plupart une activité protectrice contre les attaques extérieures (BARBOUR *et al*, 1984 ; EL-SAYED *et al*, 1992).

Les protéines sériques ou protéines du lactosérum constituent la fraction soluble des protéines du lait. Leur concentration est de 20 à 28 % des protéines totales dans le lait camelin (MEHAIA *et al*, 1995). Excepté la β -Lactoglobuline (β -Lg), les principales protéines retrouvées dans le lait de chamelle sont communes aux autres espèces. On distingue l' α -Lactalbumine (α -La), l'albumine sérique, les Immunoglobulines (Ig), les protéose-peptones (PP), la Lactoferrine (LF), la Lactoperoxydase (LP) et le Lysozyme (LZ) (CONTI *et al*, 1985 ; ELAGAMY *et al*, 1992 et 1996 ; OCHIRKHUYAG *et al*, 1998 ; KAPPELER *et al*, 1999).

Les protéines lactosériques camelines, solubles à pH 4.3, se caractérisent par l'absence de la β -lactoglobulines, comme dans le cas du le lait humain (EL-AGAMY *et al*, 2009). Le sérum du lait camelin contient aussi d'autres composants importants tels que les immunoglobulines, le sérum albumine, la lactoferrine, la lactopéroxydase, l' α -lactalbumine le composant 3 des protéose-peptones... (FARAH, 1993; KAPPELER, HEUBERGER, FARAH et PUHAN, 2004; MERIN *et al*, 2001).

D'après le tableau **IX**, l'azote protéique du lait camelin est inférieur à celui du lait bovin.

I.3.2.6.2. Azote non protéique :

Cependant, le taux d'azote non protéique est nettement plus élevé (10,1% contre 5,7% de l'azote total, (tableau VIII) que celle généralement retrouvée dans le lait de vache. Cette fraction est caractérisée par une haute valeur biologique qui est due à sa richesse en acides aminés libres, en nucléotides et certains précurseurs de vitamines ainsi que des peptides, de l'acide urique, urée et créatine...etc.

Dans le lait camelin, les acides aminés libres les plus abondants sont : l'acide glutamique, l'alanine, la phosphosérine, la glutamine et la phénylalanine (TAHA et KIELWEIN, 1990 et MEHAIA et ALKANHAL, 1992). A côté de ceux-là, la taurine s'y trouve aussi à une teneur assez considérable (MEHAIA et ALKANHAL, 1992).

I.3.2.6.3. Caséines :

Les caséines représentent entre 72 et 76% des protéines totales du lait camelin et 80% du lait bovin, ovin, caprin et seulement 40% du lait humain (FOX, 2001).

Ces caséines, qui précipitent à leur pH isoélectrique (4,6 pour le lait bovin et 4,2 et 4,3 respectivement pour le lait caprin et camelin), (THOMPSON et *al*, 1965), sont constituées de 4 protéines différentes : (α_1 , α_2 , β et κ) dont les deux premières sont particulièrement sensibles au calcium (calcium sensitive caseins). Ces caséines ont tendance à s'associer en particules sphériques ou micelles, de taille variable et fortement hydratées et minéralisées. L'assemblage et la cohésion de cette structure micellaire sont assurés par des liens phosphocalciques (HAMBRAEUS, 1982).

A la différence des protéines solubles qui ont une structure globulaire compacte et résistante à l'attaque protéolytique, les caséines présentent une structure lâche et peu ordonnée qui les rend accessibles aux enzymes protéolytiques (SCHMIDT, 1982).

Plusieurs travaux ont été réalisés pour la séparation et la caractérisation des caséines camelines, notamment par chromatographie et électrophorèse (FARAH et FARAHRIENSEN, 1985; LARSON-RAZNIKIEWIEZ et MOHAMED, 1986; MOHAMED, 1990; OCHIRKHUYAG et *al*, 1997 ; KAPPELER et *al*, 1998). Les séquences nucléotidiques des ADN complémentaires qui codent pour les quatre caséines camelines ont été déterminées par KAPPELER et *al*, (1998). En comparant les caséines bovine et camelines, KAPPELER et *al*, (1998) déduisent que les dernières sont moins phosphorylées et moins riches en phosphate de calcium micellaire (BOUDJNAH, 2012). Selon leur solubilité ou non à pH 4,6 et à 20°C, WANGOH et *al*, (1998) ont étudié la précipitation des caséines à différents pH allant de 3,55 à 5,30 à 20°C. Ces auteurs ont constaté qu'une meilleure séparation entre les deux grands groupes de protéines a lieu à pH 4,3. Ce dernier pH (4,3) semble être le plus proche du pH isoélectrique des caséines du lait camelin.

Tableau X: Concentration moyenne des protéines du lait de différentes espèces en (mg/l) (KAPPELER et *al*, 2003) cité par BOUDJNAH.

Protéines	Chamelle	Vache	Fonction principale
α ₁ -Caséine	5000	12000	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
α ₂ -Caséine	2200	3000	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
β-Caséine	15000	10000	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
κ-Caséine	800	3500	Coagulation de la micelle de caséine
α-Lactalbumine	3500	1260	Synthèse du lactose
β ₁ -Lactoglobuline	-	350	Liaison et transport des acides gras et du rétinol
β ₂ -Lactoglobuline	157	-	Régulation dans la croissance épithéliale
Lactophorine (PP3)	950	300	Inhibition de la lipolyse
Lactoferrine	95↓↑	140↓↑	Anti-inflammatoire, nutritive
Lactoperoxydase	-	30	Anti-inflammatoire, activité bactéricide
Peptidoglycan recognition protein (PGRP)	107↑	-	Anti-inflammatoire
Lysozyme C	-	~100↓↑	Activité bactéricide, N-acétylmuramidase

↓ indique une variation de concentration de la période colostrale et au cours de lactation.

↑ indique une augmentation de concentration au cours des mammites.

❖ Caséine α₁ :

C'est la protéine la plus abondante du lait. Dans le lait de chamelle, elle représente 22% des caséines totales et contient 215 acides aminés pour une masse moléculaire de 25773Da et un point isoélectrique de 4,4 (KAPPELER et *al*, 1998).

❖ Caséine α S2 :

L' α S2 cameline est composée de 178 acides aminés pour une MM de 21 266 Da. Son point isoélectrique est de 4,58. Cette caséine présente des délétions au niveau de sa structure primaire au niveau d'une région de l'hélice α entre Glu49 et Asn89. Cette délétion entraîne la perte des sérines phosphorylées successives (Ser56, Ser57, et Ser58) qui sont impliquées dans la structure primaire de la caséine α S2 bovine. Ce qui n'est pas sans conséquences dans l'assemblage de la micelle, dans sa stabilité et dans ses propriétés nutritionnelles (FERRANTI *et al*, 1995).

❖ Caséine β :

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

❖ Caséine κ :

Bien que non majoritaire dans la micelle (3,3 g/l de lait) (RIBADEAU-DUMAS et GRAPPIN, 1989), elle est une des protéines laitières les plus étudiées, car elle joue un rôle fondamental dans le phénomène de stabilisation/déstabilisation de la micelle, particulièrement en faisant l'objet d'une coupure spécifique par la chymosine, dont le coagulum formé est nécessaire pour la fabrication de fromage à pâte pressée.

La caséine κ cameline est composée d'une séquence de 162 acides aminés. Sa masse moléculaire est de 18 254 Da et son point isoélectrique se situe à pH 4,11. Les sites de phosphorylation y sont présents en 2 positions (Ser 141 Ser 159). KAPPELER *et al*, (1998) considèrent que la caséine κ représente le constituant déterminant de la croissance des submicelles déterminant ainsi la taille de la micelle. Elle serait également « le facteur stabilisant » de celle-ci grâce à ses groupements C-terminaux hydrophiliques responsables des forces répulsives stériques (WALSTRA, 1990) qui s'opposent à la floculation des micelles. Les formes glycosylées qui sont prédominantes dans le lait camelin peuvent favoriser fortement les deux caractéristiques de la caséine κ citées ci-dessus grâce notamment aux répulsions stériques des groupements acides sialiques chargés et à l'hydrophobicité élevée (KAPPELER *et al*, 1998).

❖ Micelle de caséine :

La micelle de caséine permet, par un regroupement adéquat, de maintenir en solution des protéines non globulaires et de fixer en son sein une quantité importante de phosphate de

calcium et magnésium colloïdal. Pour comprendre comment ces protéines arrivent à s'organiser dans le lait et permettre les différentes transformations connues en produits dérivés du lait, trois modèles ont été proposés jusque-là :

- à noyau enveloppé de WAUGH et *al* (1970);
- à structure interne uniforme décrit par GARNIER et RIBADEAU-DUMAS (1970) ;
- en submicelles de SHMIDT, (1980), (**Figure 1**). Ce dernier, qui repose sur l'existence de submicelles de caséines, qui s'associent par pontage phosphocalcique, reste l'un des plus admis, car il est conforté par les essais de comportements des protéines dans diverses conditions (action enzymatique de la chymosine immobilisée, fixation de la β -lactoglobuline en surface induite par des traitements thermiques excessifs, action des détergents ...etc) (HOLT, 1992).

Néanmoins, l'observation, par balayage aux rayons X, pour la première fois de la structure des micelles de caséines sur un domaine étendu d'échelles de longueurs allant de 2nm à 1000 nm et l'analyse des courbes de diffusion qui en découlent n'ont pas confirmé la présence de ces structures "submicellaires" (PIGNON et *al*, 2004, MARCHIN et *al*, 2007).

Globalement dans ces représentations, la caséine κ est présente de façon prononcée en surface de la micelle, notamment avec son pôle fortement hydrophile et est de ce fait accessible à l'enzyme coagulante (cité par BOUDJNAH, 2012).

En ce qui concerne l'organisation structurale de la micelle de caséines cameline, les rares travaux publiés sur ce sujet ont concerné exclusivement l'aspect et la taille visualisée par microscopie électronique. Elle est de forme sphérique, de taille variable (25 à 400 nm selon GOUDA et *al*, (1984) et est composée d'un certain nombre de submicelles (FARAH et BACHMANN, 1987).

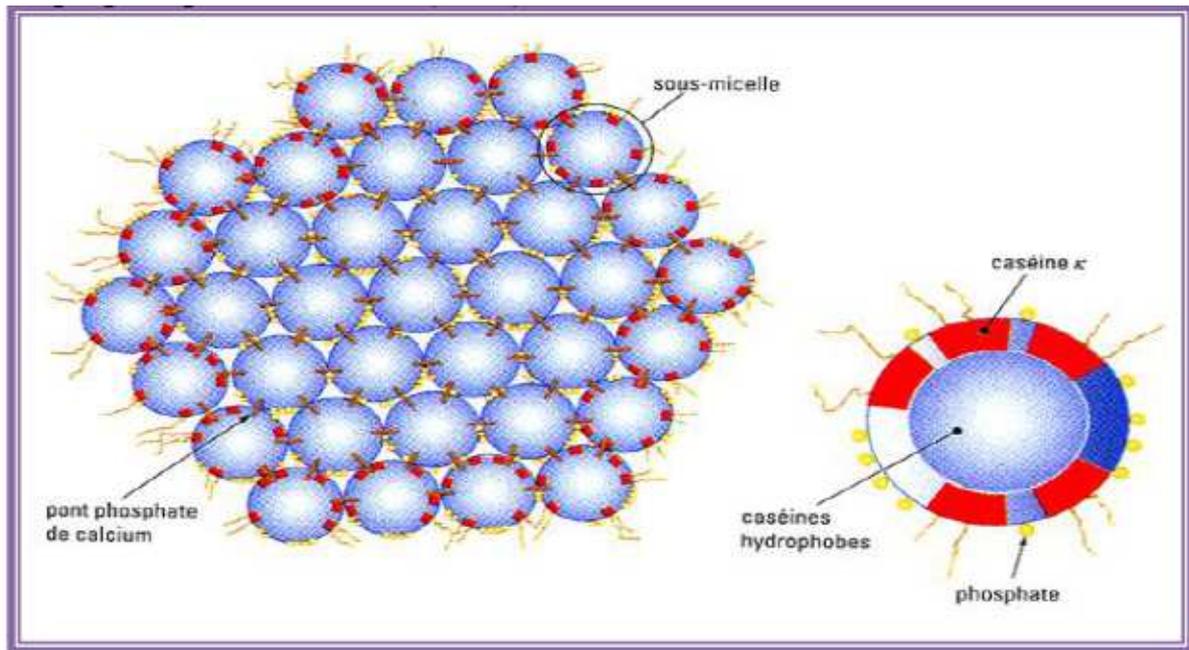


Figure 1 : Représentation de la micelle de caséine bovine selon le modèle de SCHMIDT, (1980).

I.3.3. Qualité microbiologique du lait camelin :

La qualité d'un aliment n'est pas uniquement définie par les différents teneurs en nutriments qu'il contient, ni par sa composition en matières premières ou sa digestibilité et son appétence, ni même par son apparence ou ses caractéristiques sensorielles, mais aussi et surtout par son état hygiénique (GAFNER, 2012).

A la sortie de la mamelle, le lait est à la température de l'animal (37 °C). Malgré cette condition favorable à la multiplication de nombreux germes, celle-ci est inexistante pendant les quelques heures qui suivent la traite, en raison du pouvoir bactériostatique du lait frais.

Le refroidissement du lait juste après la traite permet de ralentir la prolifération des microorganismes.

L'étude réalisée par BARBOUR *et al.*, (1984), in FARAH, (1996), met en évidence l'inhibition des bactéries pathogènes par le lait camelin. AL-MOHIZEA *et al.*, (1994), in FARAH, (1996), en s'appuyant sur la numération de quatre groupes de micro-organismes (la flore aérobie totale, les psychotrobes, les coliformes et bactéries sporulantes) déduisent que la qualité hygiénique du lait camelin est satisfaisante. Selon FARAH, (1996), les propriétés antimicrobiennes et protectrices des protéines du lait de chamelle permettent d'avoir un

produit frais à plus de 24 heures, si les conditions d'hygiène (lavage et désinfection des ustensiles) et de température (inférieure à 15°C) sont appliquées.

I.3.4. Caractéristiques microbiologiques du lait camelin en comparaison avec le lait bovin :

Le lait d'un animal parfaitement sain traité aseptiquement, est normalement dépourvu de micro-organismes. A la sortie de la mamelle le nombre de germes est très faible généralement inférieur à 5000/ml. Ils proviennent de l'extérieur et pénètrent dans la mamelle par le canal du trayon. Dans le cas d'infections de la mamelle, le nombre de germes augmente peu (sauf dans le cas de mammites cliniques). Ce sont en majorité des bactéries pathogènes, notamment des staphylocoques ou des streptocoques. Ainsi, hormis les maladies de la mamelle, la contamination du lait se fait pour l'essentiel au cours des diverses manipulations dont il est l'objet à partir de la traite.

Le lait est un substrat renfermant des concentrations satisfaisantes en protéines, en glucides, en lipides, en sels minéraux et en vitamines nécessaires à la croissance cellulaire.

Les microorganismes existant dans notre environnement, vont donc trouver dans ce bioproduit un substrat idéal pour leur développement. La présence de nombreux facteurs de croissance permet de satisfaire de nombreuses espèces microbiennes exigeantes et difficiles à cultiver dans un milieu moins complet (LARPENT et *al*, 1997). Le lait contient peu de microorganismes (3000 germes/ml) lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions et à partir d'un animal sain (SIBOUKEUR, 2011).

En raison de la grande diversité des bactéries présentes dans le lait, et en se basant sur un certain nombre de propriétés importantes qu'elles ont en commun, on les divise en deux catégories :

I.3.4.1. Microflore du lait camelin :

Le lait de chamelle peut êtreensemencé par de nombreuses espèces microbiennes. Pour certaines, il constitue un bon milieu de culture, ce qui leur permet de s'y développer. Pour d'autres germes banals ou pathogènes, il n'est qu'un véhicule occasionnel. En raison de la grande diversité des bactéries présentes dans le lait, et en se basant sur un certain nombre de propriétés importantes qu'elles ont en commun, on les divise en deux catégories: les bactéries saprophytes et les bactéries pathogènes.

I.3.4.1.1. Bactéries saprophytes :

Elles peuvent avoir un intérêt hygiénique, technologique ou être indifférentes.

I.3.4.1.1.1. Flore lactique (flore endogène) :

Les bactéries lactiques forment un groupe très hétérogène présentant les caractères généraux suivants (PILET et al, 1979) : elles sont à Gram +, micro-aérophiles ou anaérobies facultatifs, ne réduisant pas les nitrates, peu ou pas protéolytiques dans le lait. Elles fermentent les sucres dans des conditions diverses. Parmi les genres appartenant à cette flore, on cite les Streptococcus (ou lactococcus), les Lactobacillus, les Leuconostoc et le bifidobacterium

❖ Genre Streptococcus (Lactococcus) :

Le genre Lactococcus joue un rôle de conservateur dans le lait. En effet, les espèces telles que *Lactococcus lactis* et *Lactococcus cremoris* produisent respectivement de la « nisine » et la « diplococcine », bactériocines, inhibant les bactéries non lactiques au profit des bactéries lactiques d'où leur intérêt technologique (GREAUME, 1975). Une étude réalisée par (KARAM, 2006) met en évidence la présence dans le lait de chamelle, des espèces *lactococcus lactis ssp lactis* et *lactococcus lactis ssp cremoris* ayant une capacité inattendue de résister à une concentration de 6,5% de NaCl.

❖ Genre Lactobacillus :

Les lactobacilles occupent une place de choix en bactériologie appliquée parmi les «bactéries utiles». Ils appartiennent en effet, aux ferments lactiques et à ce titre, ils interviennent en industrie laitière (fabrication de yaourts, Kéfir, fromages) (NDIAYE, 1994). KARAM (2006), a montré la présence de *Lb. plantarum* comme seule espèce de lactobacilles retrouvée dans des échantillons de lait de chamelle étudiés. Cette espèce lactique, réputée être habituellement l'hôte de plantes, a été signalée comme espèce majoritaire de la flore lactique des laits crus de vache, de brebis ou de chèvre mais toujours auprès d'autres lactobacilles, comme par exemple *Lactobacillus casei* ou *Lactobacillus brevis* (BOUIX et LEVEAU, 1988).

❖ Genre *Leuconostoc* :

Ce sont des germes hétéro-fermentaires. Ils coagulent rarement le lait mais sont souvent à l'origine de répugnance des denrées pour le consommateur (MOUCHET, 1962). La présence des espèces, *Leuconostoc lactis* et *Leuconostoc dextranicum*, a été signalée dans le lait de chamelle (KARAM, 2006).

❖ Genre *bifidobacterium* :

La flore bifidogène connue pour ces exigences en matière de facteur de croissance est capable de dégrader les acides aminés libres et autres composés azotés non protéiques (NPN) dont le taux est plus élevé dans le lait camelin que dans le bovin (SIBOUKEUR, 2007). En effet, des travaux portant sur la culture de quatre espèces (*Bifidobacterium brevis* ; *B.bifidum* ; *B.longum* et *B.angulatum*), rapportent que le lait camelin est un excellent milieu de culture, naturel, pour les bifidobactéries. En outre, le stockage de ce lait à 4°C n'affecte pas leur viabilité et leur activité protéolytique est plus forte que dans le lait bovin. A cet effet, l'utilisation de la poudre de lait camelin comme milieu de pré-culture de cette flore à haut potentiel nutritionnel et thérapeutique est préconisée (ABU-TARBOUSH et al, 1998).

1.2.4.2. Flore de contamination :

La flore contaminante est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait accidentellement, de la traite jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène capable de provoquer des troubles de la santé chez des personnes qui consomment ces produits laitiers. On considère comme flore contaminante d'altération et pathogène du lait l'ensemble des microorganismes qui s'ajoutent au lait extrait du pis (Vignola, 2002).

1.2.4.2.1. Flore d'altération :

Ce sont des bactéries et champignons indésirables apportés par la contamination. Cette flore regroupe les bactéries thermorésistantes, les coliformes, les psychrotrophes, les levures et moisissures (DIENG, 2001).

***Flore thermorésistante :**

Un certain nombre de bactéries est capable de résister aux traitements thermiques usuels utilisés dans le but d'assainir ou de conserver le lait. Elles sont dites thermorésistantes.

Leur développement ultérieur peut altérer les produits et, parfois, être dangereux pour la santé. On distingue:

**La flore thermorésistante totale, définie comme la flore résiduelle après un traitement à 63°C pendant 30 minutes ou un traitement équivalent tel que la pasteurisation (72 °C pendant 15 secondes).

**La flore moyennement thermorésistante, qui n'est pas détruite par chauffage à 75 °C pendant 12 secondes.

**La flore fortement thermorésistante, qui n'est pas détruite par chauffage à 80°C pendant 10 minutes. Elle comprend notamment les spores bactériennes, qui nécessitent des températures supérieures à 100 °C.

Les composantes de cette flore sont les germes: *Micrococcus*, *Microbactérium* et *Bacillus* dont l'espèce *Bacillus cereus* produit une entérotoxine stable après pasteurisation. Le genre *Bacillus* réalise en, outre, des activités enzymatiques lactiques pouvant être responsables de l'acidification, la coagulation ou la protéolyse des laits de longue conservation.

***Les coliformes :**

D'un point de vue technologique, certains coliformes sont lactiques et fermentent le lactose sur un mode hétéro-fermentaire. Ils peuvent se retrouver dans tous les types de lait. Ce sont des germes qui vivent dans le tube digestif de l'homme et des animaux. Leur présence est un signe de contamination lors de la traite et pendant les manipulations et transvasements multiples que subissent les produits avant la commercialisation (BA DIAO, 2000).

***Les psychrotrophes :**

Le terme « psychrotrophe » désigne des micro-organismes qui ont la faculté de se développer à une température inférieure à 7°C, indépendamment de leur température de croissance plus élevée (LAHELEC et COLIN, 1991). Parmi les micro-organismes qui composent ce groupe, nous pouvons citer les genres à:

➤ □ GRAM (-) : Pseudomonas, Alcaligenes, Aeromonas, Serratia, etc ...

➤ □ GRAM (+) : Micrococcus, Corynebactérium, etc ...

Dans le lait de chamelle, c'est le genre Pseudomonas qui prédomine à l'instar de lait des autres espèces. Il est fortement psychrotrophe et il se multiplie par 100 en 48 heures à +4°C (MONSALLIER, 1994). Ces germes produisent des lipases et des protéases thermorésistantes ayant pour conséquence l'apparition de goûts très désagréables dans les produits laitiers: goût amer, rance, putride ...etc (SOUID, 2011).

* Levures et moisissures :

Les levures et les moisissures sont des cellules eucaryotes. Regroupées sous le vocable de « flore fongique », elles peuvent être retrouvées aussi bien dans le lait cru, le lait en poudre ainsi que dans tous les autres produits laitiers (ALAIS, 1984).

** Les levures :

De forme arrondie ou ovale, volumineuses ou unicellulaires, les levures sont utiles en industrie laitière car elles peuvent servir comme agents d'aromatisation. Elles sont aérobies facultatives et se développent en surface formant les boutons de nature mycélienne (ROZIER, 1990). Par contre, certaines levures *Kluyveromyces fragilis*, *Kluveromyces fragilis*, *Saccharomyces fragilis*, *Saccharomyces lactis*, peuvent avoir des effets néfastes dans les aliments. Les levures supportent des pH de 3 à 8 avec un optimum de 4,5 à 6,4. Ce qui explique leur présence dans le lait cru comme dans le lait caillé.

Elles entraînent des altérations rendant le produit final indésirable: aspect trouble, odeurs ou goûts anormaux, gonflement des produits ou de leur emballage.

**Les moisissures :

Les moisissures sont en général plus complexes dans leur morphologie et dans leur mode de reproduction. Elles peuvent être utiles ou indésirables en industrie alimentaire. Elles se développent en surface ou dans les parties internes aérées en utilisant le lactose. Cette propriété leur confère une utilité incontestable en fromagerie. C'est ainsi que le *Penicillium camemberti* et *Penicillium roqueforti* sont utilisés dans la fabrication de divers types de fromages. Mais le développement excessif de certaines moisissures comme *Géotrichum* à la surface des fromages, les rend glaireuses et coulantes, ce qui les déprécie fortement.

Certaines moisissures élaborent des mycotoxines thermostables et liposolubles donc difficiles à éliminer une fois formées. Dans ce contexte WISEMAN et APPLEBAUM, (1983) signalent la résistance de l'aflatoxine M₁, élaborée par *Aspergillus flavus*, à la pasteurisation des laits et produits laitiers.

1.2.4.2.2. Flore pathogène :

Le lait et les produits laitiers, de même que ceux ayant subi un traitement d'assainissement, peuvent contenir des germes pathogènes pour l'homme. L'animal, l'homme et l'environnement peuvent être à l'origine de cette contamination. Différentes espèces bactériennes sont capables de pénétrer dans la mamelle par le canal du trayon et sont excrétées dans le lait. Certains de ces germes en particulier, les streptocoques et staphylocoques, provoquent des mammites avec contamination du lait (KAGEMBEA, 1984).

a- Les staphylocoques :

Ils sont fréquemment retrouvés dans le lait et parfois en nombre important. L'origine de la contamination est la mamelle et plus fréquemment l'homme. Leur fréquence tend à augmenter du fait de leur antibiorésistance. Ils provoquent, par leur production de toxines thermostables, des intoxications de gravité variable pouvant être redoutables. Une fermentation suffisamment active les inhibe. Les staphylocoques pathogènes ont la particularité de posséder une coagulase, une phosphatase et une ADNase thermostable ou thermonucléase. Il faut cependant noter que les staphylocoques non pathogènes sont plus nombreux; ils sont coagulase (-) et non toxigènes. Seules certaines souches de staphylocoques appartenant aux espèces *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus intermedius* sont capables de produire des entérotoxines (DEBUYSER, 1991).

Les symptômes d'une toxi-infection à staphylocoques, apparaissent 2 à 4 heures après l'ingestion d'un aliment contaminé. Ils se manifestent par des coliques violentes, accompagnées de nausées et de vomissements suivis d'une diarrhée incoercible avec possibilité de perte de conscience (MAILLOT, 1985).

b- Les entérobactéries :

Les entérobactéries sont des bacilles ou coccobacilles, GRAM-, oxydase négative, catalase (+), asporulés. Ils réduisent les nitrates en nitrites. Ils sont anaérobies facultatifs

(GUIRAUD, 1998) et constituent l'une des plus grandes familles de bactéries. Les entérobactéries sont divisées en deux groupes :

- le lactose (-) : *Shigella*, *Salmonella*, *Serratia*, *Proteus*, *Yersinia*.
- le lactose (+) : *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Hafnia*.
- Les *Salmonelles* sont responsables de nombreuses toxi-infections. En effet, les toxi-infections alimentaires à *Salmonella typhimurium* et *Salmonella enteritidis* ont souvent pour origine la consommation de lait, crème, beurre, crème glacée, etc. n'ayant subi aucun traitement d'assainissement ou recontaminés.
- Les *colibacilles* telle que l'espèce *Escherichia coli*, dont certaines souches sont entéropathogènes, peuvent être responsables de graves toxi-infections suite à la consommation de produits laitiers et de lait infectés. La pollution par les coliformes est très fréquente ; même légère, elle présente un risque. Des coliformes banaux absorbés en quantité massive peuvent déclencher des troubles gastro-intestinaux.
- Les *Brucelles* sont souvent à l'origine de la contamination du lait de vache, chèvre et de beaucoup d'autres espèces dans les pays où il n'a pas été effectué de sérieuses campagnes d'éradication. Les brucelles sont néanmoins présentes de façon exceptionnelle dans les laits caillés (SEMASAKA, 1986). Ceci est d'ailleurs rapporté par (EZE, 1977) qui démontre qu'à pH 4,5 toutes les brucelles sont détruites dans le lait.
- Le *bacille tuberculeux (Mycobactérium)*, agent de la tuberculose, zoonose majeure, se contracte lors de consommation de lait provenant d'animaux malades principalement lors de tuberculose généralisée ou de mammite tuberculeuse des animaux.
- Le genre *Listeria*, notamment l'espèce *Listeria monocytogènes*, est un petit bacille à GRAM (+), non capsulé, non sporulé, de mobilité «en pirouette » caractéristique par examen à l'état frais. Elle fait partie des bactéries psychrotrophes pathogènes (SEMASAKA, 1986). *Listeria monocytogenes* est couramment retrouvée dans le lait cru. (BEERENS et LUQUET, 1987) rapportent qu'en France 50 % des échantillons de lait renferment des listérias.

I.4. Aptitude fromagère du lait de dromadaire en comparaison avec le lait bovin :

Il n'existe pas selon RAMET, (2001), de tradition fromagère véritable exploitant le lait de dromadaire. Pendant ces dernières décennies, les travaux menés sur ce lait ont permis de mieux cerner les difficultés et de les contourner en usant de quelques modifications des procédés utilisés (ABU-LEHIA, 1994). Certains auteurs (RAO et *al*, 1970; YAGIL, 1982) mentionnent la possibilité de fabriquer du fromage uniquement après avoir mélangé le lait de dromadaire à du lait de chèvre et de brebis. Par ailleurs, (GAST et *al*, 1969; MOHAMED et *al*, 1990) signalent la nécessité d'employer la présure à une concentration très élevée, correspondant à 50-100 fois la dose habituelle, pour obtenir un coagulum qui, malgré cela, reste très mou et friable.

Des recherches récentes confirment que la coagulation par la présure est de 2 à 4 fois plus lente dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache (RAMET, 1985 ; FARAH et FARAH-RIESEN, 1985 ; FARAH et BACHMANN, 1987 ; RAMET 1987 ; RAMET, 1987 ; MOHAMED et *al*, 1990).

Les observations de l'auteur (RAMET, 1985b, 1986, 1987a) ont confirmé cette difficulté à coaguler qu'implique de surdoser d'environ quatre fois la concentration en enzyme coagulante; il a en outre montré que cette difficulté peut être partiellement évitée par l'ajout au lait de chlorure ou de phosphate de calcium (RAMET, 1985b, 1987a); ces sels modifient l'environnement ionique de la micelle de caséine et entraînent un abaissement du pH du milieu qui favorise l'activité de la présure et le processus d'agrégation de la caséine qui conduit à la coagulation (RAMET, 1985a).

I.4.1. Relation entre la composition particulière du lait de dromadaire et son aptitude fromagère :

Cette aptitude limitée du lait du dromadaire à la coagulation par la présure a vraisemblablement pour origine principale la composition particulière des micelles de caséine.

A cet effet, des travaux ont montré que la caséine kappa, qui constitue la fraction de la micelle sensible à l'action des protéases coagulantes, possède une charge électrique moindre que celle de l'homologue dans le lait de référence, ce qui entraîne une mobilité électrophorétique plus faible (FARAH et FARAH-RIESEN, 1985 ; JARDALI, 1988 ; RAMET, 1993). De plus, l'équilibre des fractions de caséine est très différent de celui du lait

de vache. On note en particulier que la proportion de caséine kappa est limitée à 5% de la caséine totale alors qu'elle est de 13,6% pour le lait de vache (RAMET, 1993). Cette réduction de la proportion en cette protéine est un élément qui concoure à procurer une moindre stabilité aux micelles des caséines et une réduction d'autant de la capacité des enzymes coagulantes à l'hydrolyser et la déstabiliser en vue de l'obtention d'un coagulum « présure ». En conséquence, l'aptitude à la coagulation est moins bonne, les coagulums formés se caractérisent par une grande friabilité et des rendements fromagers faibles dus à une importante perte en matière sèche et surtout en matière grasse dans le lactosérum (ABI AZAR, 2007).

Dans ces particularités physico-chimiques susceptibles d'avoir une relation avec cette faible aptitude à la coagulation, notons que les caséines du lait de dromadaire se trouvent sous forme de micelles de plus grande taille (300 μ m de diamètre) que celles rencontrées dans le lait de vache (160 μ m), (FARAH et BACHMAN, 1987 ; FARAH et RUEGG, 1989; JARDALI et RAMET, 1991). Le pHi des caséines camelines est égal à 4,3 à cause du diamètre plus important de ces micelles qui nécessite une quantité plus importante en acide pour déstabiliser les micelles (SIBOUKEUR, 2007).

La transformation du lait de chamelle en fromage est confrontée selon plusieurs auteurs à d'autres obstacles :

La faible teneur en extrait sec (KAMOUN et RAMET, 1989 ; KAMOUN, 1995), particulièrement en caséines (*K*-CN) ainsi que la grande taille des micelles des caséines (ATTIA et *al*, 2000) alliée à la pauvreté du lait en calcium, ne rendent la coagulation possible qu'après l'ajout de grandes quantités de présure.

On sait également que les propriétés rhéologiques du coagulum sont étroitement dépendantes de la teneur en matière sèches ; plus celle-ci est élevée plus grande est la fermeté. Tous les composants de la matière sèche ne participent pas de la même manière à la formation du gel ; le taux de caséines a le rôle majeur : plus il est important, plus la trame du réseau micellaire constitué lors de la coagulation est dense, et plus les propriétés rhéologiques sont améliorées. La matière grasse a un rôle passif lors de la constitution du réseau de caséines ; les globules gras se trouvent emprisonnés dans le maillage du gel, ils constituent des points de discontinuité et affaiblissent sa rigidité. Pour des teneurs en matière grasse comparables et lorsque les globules sont petits, la friabilité du gel est accrue par rapport à un coagulum renfermant des globules gras plus gros. Les substances solubles ne participent directement à la

structuration du gel, elles n'influencent que très faiblement la viscosité du lactosérum dans les espaces intermicellaires du réseau protéique.

Dans le cas du lait de dromadaire, l'analyse montre que la teneur en matière sèche est variable selon l'origine des laits, il en est de même des teneurs en protéines et en matière grasse ; les valeurs moyennes sont toutefois plus faibles que celles mesurées pour le lait de vache, elles expliquent la moindre qualité des gels formés, notamment lorsque le lait est récolté en saison chaude et que les animaux subissent un stress hydrique qui accroît la teneur en eau du lait. Il a été noté que le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau fait chuter très sensiblement le taux de matière sèche totale de 14,3% à 8,8% ; dans les mêmes conditions le taux de protéines diminue de 4,6% à 2,5% et celui de la matière grasse est abaissé de 1,3% à 1,1% (YAGIL et ETZION, 1980).

La taille réduite des globules gras du lait de dromadaire qui est comprise entre 1,2 μm et 4,2 μm (DONG WEI, 1980 ; KNOESS et *al*, 1986) alors qu'elle est de 1 à 10 μm dans le lait de vache (RAMET, 1985) explique également la moindre fermeté des gels. Le comportement du lait de dromadaire est en ce sens voisin de celui d'un lait de vache ayant subi une homogénéisation préalable de son émulsion de matière grasse.

CHIBAH, (2012), affirme que plus de 20% de la matière grasse cameline sont retenues dans le petit-lait du fromage, résultant en premier produit à faible rendement, ce qui pourrait être dû à la petite dimension des globules gras.

Un pouvoir antibactérien du lait de dromadaire : KAMOUN, (1990) avait montré que le lait de dromadaire comparé à celui de vache comporte une résistance particulièrement élevée à la prolifération bactérienne, 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.

Une autre caractéristique originale du lait de dromadaire est son pouvoir tampon qui apparaît un peu plus important que celui du lait bovin qui ralentit l'acidification du lait (RAMET, 1987; FARAH et *al*, 1990).

I.4.2. Production de fromage camelin :

Certains fromages traditionnels de lait camelin sont fabriqués chez les nomades localisés à l'Ahaggar ainsi qu'à la péninsule du Sinaï, en Tunisie et au Kenya (YAGIL et *al*,

1994). Ces fromages sont élaborés par thermo-coagulation des protéines et obtention d'une pâte humide en forme de galette à consommer rapidement ou après séchage naturel et/ou salage (GAST et al, 1969 ; YAGIL, 1982 ; MOHAMED et al, 1990). Notons également que MOHAMED et al, (1990) ont obtenu un fromage à pâte dure de type "GRANA" à partir du lait de chamelle non standardisé. Ces auteurs n'ont signalé aucune difficulté lors de sa fabrication et estiment que les divergences des résultats observés d'un auteur à un autre sont attribuables aux origines très différentes des laits utilisés.

D'autres types de fromages (secs) nommés «Afig et Oqgt» sont fabriqués, respectivement, au Kenya et en Arabie Saoudite (AL-RUQAIE et al, 1987 ; MEHAIA, 1994b).

I.4.3. Coagulation du lait camelin par voie enzymatique :

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

Plusieurs observations (RAMET, 1985 ; 1990) ont montré que la pepsine bovine présente la meilleure affinité pour coaguler le lait de dromadaire ; la présure de veau et la protéase coagulante de *Mucor miehei* présente une affinité analogue, mais plus faible que celle de la pepsine bovine ; la chymosine et la protéase coagulante de *Endothia parasitica* ont l'affinité la plus faible. D'autres agents coagulants sont proposés : il s'agit de la présure cameline (EL-ABBASSY, 1987 ; EL-BATAWY et al, 1987) et de l'extrait coagulant issu de caillettes de dromadaires (SIBOUKEUR et al, 2005).

Des essais de coagulation réalisés dans des conditions homologues à l'aide de lait de vache reconstitué à partir d'une poudre « basse température » (pH=6,65) et de lait frais de dromadaire (pH= 6,55), ont montré une prolongation sensible des temps de floculation dans le lait de dromadaire par rapport à ceux observés dans le lait de vache, en présence de présure, de l'enzyme coagulante de *Mucor miehei*, de chymosine et de la protéase coagulante de *Endothia parasitica*. Inversement en présence de pepsine bovine, le temps de floculation a été 5 fois plus court. Ce comportement original de la pepsine s'explique à la fois par son affinité plus grande pour le lait de dromadaire ainsi que par son activité limitée à pH voisin de la neutralité.

L'ajout de la présure au lait camelin entraîne une réaction de protéolyse de la caséine dont l'évolution peut être suivie par mesure du taux d'azote non protéique libéré (MEHAIA,

1987). Il semble par contre que la réaction secondaire, qui correspond à l'agrégation des micelles de caséine préalablement hydrolysées, se déroule d'une manière particulière dans le lait de dromadaire où l'association de micelles de caséine est plus tardive et le réseau formé est plus lâche et moins compact (RAMET, 1993).

Il est vraisemblable que cette aptitude réduite à la polymérisation des micelles de caséine du lait du dromadaire résulte d'une faible potentialité du substrat à l'établissement de ponts calciques entre les micelles du fait que les grosses micelles sont moins minéralisées que les petites (RAMET, 1993), et qu'en particulier dans le lait de dromadaire recueilli en saison chaude, le taux de calcium insoluble lié à la caséine et colloïdal est plus faible (35% du calcium total) que dans le lait de vache (65% du calcium total) (JARDALI, 1988). De plus, les propriétés rhéologique du coagulum sont étroitement dépendantes de la teneur en matière sèche du lait : plus celle-ci est élevée, plus grande est la fermeté. Dans ce cadre, tous les composants de la matière sèche ne participent pas de la même manière à la formation du gel mais le taux de caséine a le rôle majeur : plus il est important, plus la trame du réseau micellaire constitué lors de la coagulation est dense et plus les propriétés rhéologiques sont améliorées (FAMELART et *al*, 2009).

Des travaux ont montré que ce comportement à la coagulation peut être amélioré moyennant soit un apport de CaCl_2 (FARAH et BACHMAN, 1987), soit un ajout de lait d'autres espèces (chèvres, brebis ou bufflesse), ou enfin par l'utilisation parallèle de ferments lactiques (MOHAMED et *al*, 1990).

Il en ressort cependant de tous ces travaux, qu'un meilleur coagulum est obtenu en utilisant soit des enzymes gastriques de dromadaires, soit la pepsine bovine. Ceci résulterait d'une meilleure affinité de ces extraits enzymatiques pour les caséines camelines, comme semblent le suggérer les travaux de KAPPELER et *al*, (1998), où il est montré que le site de coupure de la chymosine est différent selon les caséines κ considérées (bovines et camelines), **(Figure 3)**.

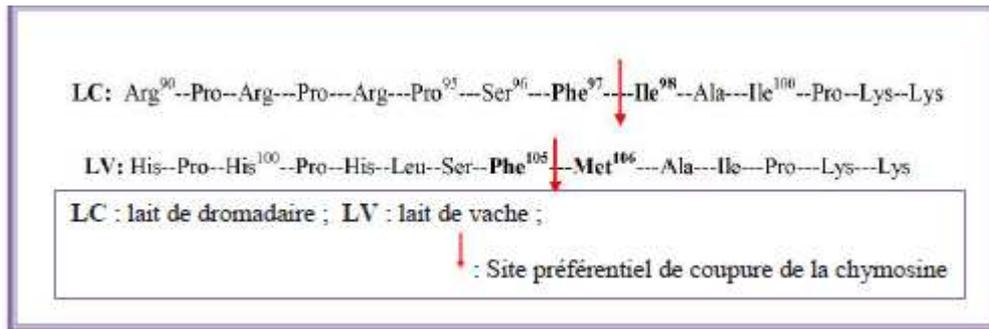


Figure 02 : Comparaison des régions de la caséine κ sensibles à la chymosine dans les laits de dromadaire et de vache (KAPPELER et *al*, 1998).

Il existe Selon (VIA FRANCK et *al*, 2003), des produits commerciaux sous forme de ferment (Camifloc) permettant de coaguler le lait de dromadaire et valoriser l'excédent laitiersous forme de fromage dans les pays du sahel en Afrique.

I.4.4. Mécanisme de coagulation du lait par la présure :

La coagulation du lait est provoquée par la dénaturation de la caséine, protéine majoritaire du lait. La matière grasse et les séroprotéines ont un rôle passif.

Les différentes caséines sont organisées en micelles qui sont des agrégats de plusieurs molécules de caséine. C'est un complexe de protéines phosphorées précipitant à pH 4,6, ou bien sous l'action d'enzymes spécifiques — comme la chymosine, extrait de macération de la caillette du veau qui, avec une autre enzyme, la pepsine, forment la présure. (FLORIAN, 2012).

I.4.4.1. Coagulation présure :

La présure animale est constituée de deux enzymes dont la proportion varie selon l'âge de la bête : la chymosine et la pepsine. Cette dernière n'agit pas principalement sur la coagulation du lait. En général, la présure commerciale est très majoritairement composée de chymosine (à au moins 85 %). Il existe également des présures végétales, microbiennes et de synthèse [4].

I.4.4.2. La stabilité des micelles de caséines :

Les caséines sont des protéines qui constituent la majeure partie des composants azotés du lait. Celui-ci étant une émulsion – ici, un mélange aqueux de lactosérum, de

globules gras et de micelles de caséines dispersées – il devrait y avoir décantation des éléments au cours du temps. La formation de micelles grâce à la caséine kappa, ou k-caséine, permet une homogénéité du lait et donc une stabilisation de son émulsion.

Les micelles de caséines doivent leur stabilité à deux facteurs :

– La charge de surface : les caséines ont un caractère acide très net. Au pH normal du lait (6,55 pour du lait de vache UHT demi-écrémé), elles ont un fort excès de charges négatives. Les micelles sont alors elles aussi chargées et de fortes répulsions électrostatiques empêchent leur rapprochement.

– Le degré d'hydratation : l'eau fixée par les micelles est importante (3,7g pour 1g de protéines). Une partie de cette eau forme autour de chaque micelle une enveloppe d'hydratation protectrice.

C'est la caséine kappa qui porte les charges négatives et le caractère hydrophile de la caséine. Elle constitue ainsi la tête hydrophile. Les autres caséines ne constituent pas la tête des micelles, qui se repoussent les unes des autres, empêchant ainsi tout agrégat.

I.4.4.3. La phase primaire ou phase enzymatique :

Il existe différentes enzymes capables d'hydrolyser la liaison Phe (105)-Met(106) de la k-caséine. Cette hydrolyse coupe la molécule en deux. On obtient d'une part le CMP (Caseino-Macro-Peptide) hydrophile et soluble, diffusé à l'extérieur de la micelle de caséines ; d'autre part le PCK (Para-Caséine-Kappa) hydrophobe, qui lui reste à l'intérieur. La chymosine est une hydrolase permettant cette coupure protéolytique [5, 6]. La rapidité du déroulement dépend du pH et de la température. L'action optimale de la présure est à 40°C et à pH 4,6.

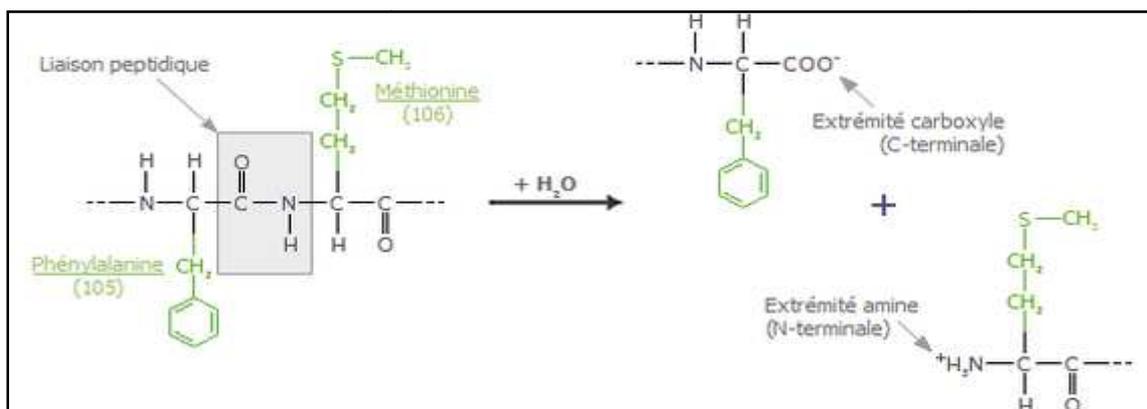


Figure 03 : Hydrolyse de la k-caséine [9,10].

I.4.4.4. La phase secondaire ou de formation du caillé :

La perte des Caséino-Macro-Peptides dans les micelles de caséines fait que les k-caséines ne se repoussent plus : le caractère hydrophobe des micelles augmente. Le fractionnement du phospho caséinate laisse des liaisons libres qui peuvent être occupées par le calcium ionisé (cation bivalent) qui va former des ponts calciques; on pense possible la formation de ponts disulfures. C'est une réaction irréversible qui produit un gel souple : c'est le caillé présure. La vitesse de formation du coagulum ainsi que de son durcissement augmente avec la température. Elle est très faible à 15°C et très forte à 55°C. La partie liquide restante est principalement constituée du lactosérum qui est lui-même composé de lactose, de 20 % des protéines du lait, ainsi que de divers molécules et vitamines. Elle est non utilisée en fromagerie.

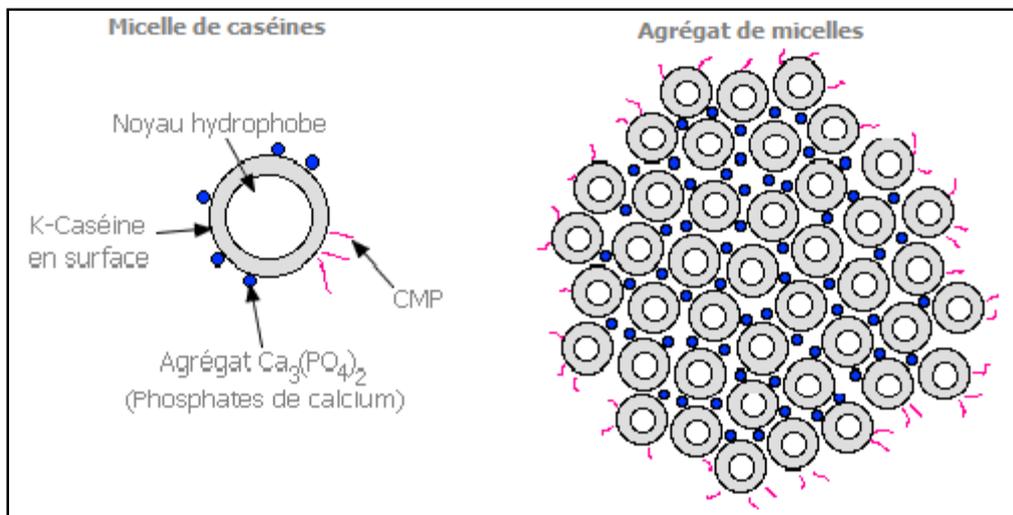


Figure 04 : Flocculation micellaire du lait [11,12].

Cette phase est le début de la synérèse. La synérèse est la contraction du caillé qui peut se faire grâce aux liaisons. Plus elle est avancée, plus le caillé est dur. Elle est très faible pour une coagulation lactique.

➤ Rappel du diagramme de fabrication du fromage :

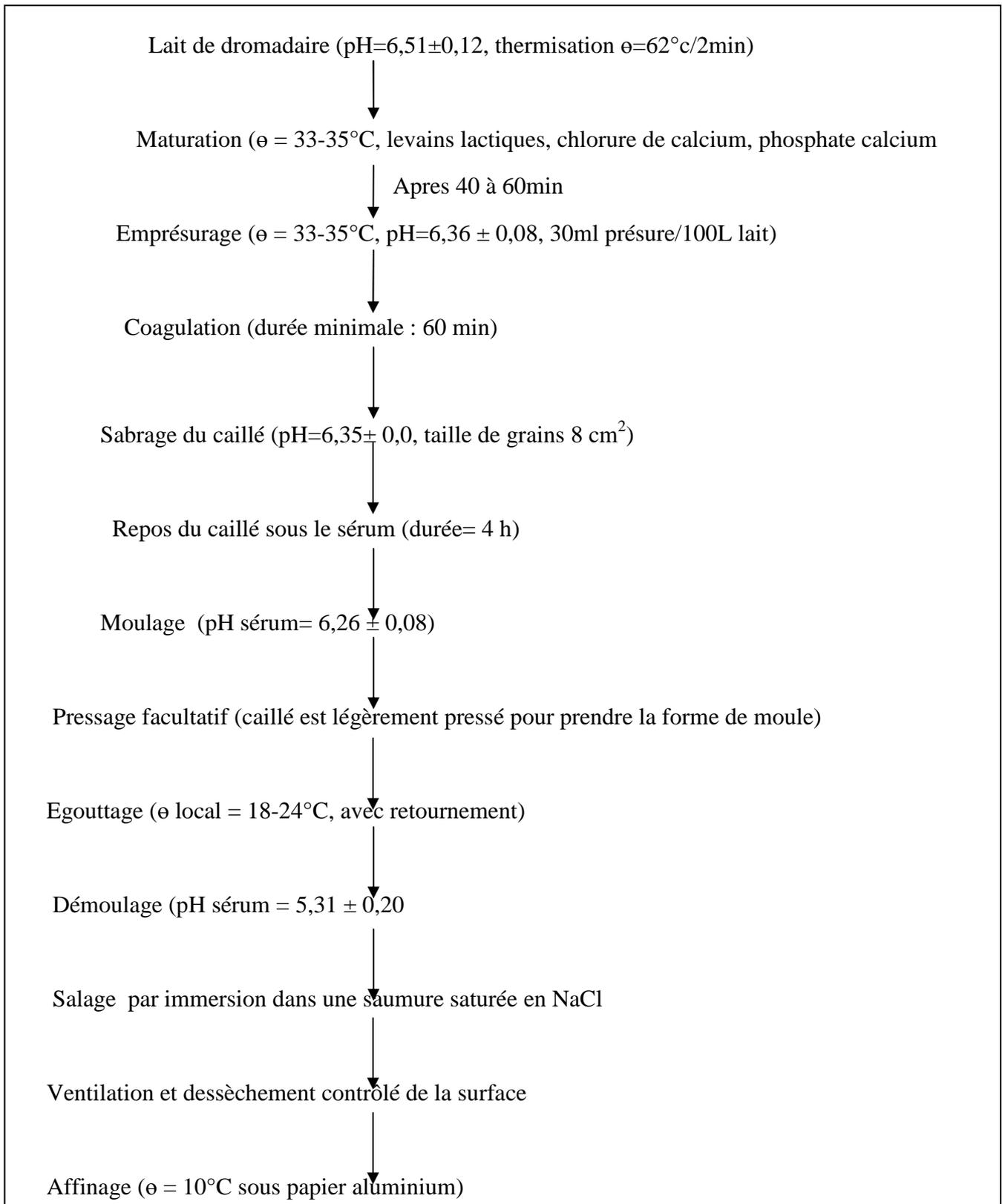


Diagramme de fabrication du fromage de dromadaire (pâte non cuite légèrement pressée). M.KAMOUN et CH. OUIZINI, Projet dromadaire (DG12 TS2/0233/C) CEE-CIHEAM-ESA Mateur.

I.4.5. Formation et propriétés rhéologiques des gels obtenus :

L'étape de la coagulation, bien qu'indispensable, n'est toutefois pas suffisante à elle seule pour juger de l'aptitude globale d'un lait à la production de fromage. En effet, il faut connaître en outre les propriétés rhéologiques des gels formés, suivre l'évolution de l'égouttage et de l'affinage ainsi qu'évaluer les rendements obtenus (RAMET, 1985a).

Les différentes observations réalisées pour fabriquer du fromage à partir de lait de dromadaire mentionnent la difficulté de mesurer précisément le début de la coagulation ; l'appréciation empirique des propriétés physiques du lait lors de la phase de transition liquide-gel est peu aisée en raison de la persistance d'un pseudo-gel très diffus à l'état floconneux. La structuration ultérieure du gel reste très lente et peu prononcée. (Ramet, 1985 ; Farah et Bachman, 1977 ; Ramet, 1991).

Ce comportement rhéologique particulier a été observé par des méthodes empiriques (GAST *et al*, 1969 ; RAMET, 1985 ; 1987 ; MOHAMED *et al*, 1990) et également confirmé et quantifié par plusieurs méthodes instrumentales appropriées.

La texture du gel se caractérise en outre par une très faible élasticité et une grande friabilité ; cette friabilité du gel est encore accrue lorsqu'il ya développement simultané de l'acidification par voie fermentaire (RAMET, 1987).

Ce comportement rhéologique original du coagulum du lait de dromadaire implique, en pratique fromagère, de procéder à des coagulations rapides pour éviter toute friabilisation excessive du gel consécutive au développement de l'acidification lorsque la technologie de fabrication du fromage comporte, lors de l'égouttage ultérieur, des opérations mécaniques énergiques.

I.4.6. Aptitude à l'égouttage :

I.4.6.1. Propriétés des gels et synérèse :

L'aptitude à l'égouttage des gels formés est directement conditionnée par les propriétés rhéologiques observées après la phase de durcissement du coagulum qui suit la coagulation et en particulier par la dureté ou fermeté du gel et par son élasticité.

L'extrême fragilité des coagulums de lait de dromadaire entraîne une destruction du gel lors des opérations mécaniques du tranchage et du moulage, de ce fait une grande partie de

la matière sèche du lait n'est pas retenue dans le fromage et est perdue dans le lactosérum ; le taux de récupération est limité à environ 30%, alors qu'il se situe au voisinage de 50% pour des fabrication homologues au lait de vache et à plus de 68% pour le lait de brebis connu comme le lait le plus apte à la fabrication fromagère (Ramet, 1990).

L'égouttage du coagulum au lait de dromadaire est caractérisé par une synérèse très rapide par rapport au comportement des gels de lait de vache. Cette situation apparaît consécutive à un faible pouvoir de rétention d'eau par le coagulum au lait de dromadaire résultant de sa teneur relative limitée en caséines. De plus la pauvreté de la micelle en caséine Kappa très hydrophile ainsi que sa surface spécifique, réduite en raison de sa voluminosité élevée, réduisent sensiblement les capacités d'hydratation des gels correspondants (JARDALI, 1988 ; SCHER, 1988). Il convient de remarquer que des relations très significatives analogues ont été observées en analysant de manière fine les variations saisonnières de composition de la micelle de caséine du lait de vache. En été, les micelles de caséine sont plus grosses, plus pauvres en caséines Kappa, et les coagulums obtenus présentent un pouvoir de rétention d'eau plus faible qu'en saison froide (SCHER, 1988).

I.4.7. Aptitude à l'affinage des fromages au lait de dromadaire :

Il n'existe qu'un nombre limité d'observations relatives à l'affinage de fromages faits au lait de dromadaire ; toutes ont été réalisées à partir de fabrications expérimentales, elles ne permettent de dégager que des tendances.

Pour les fromages à humidité élevée (80-85%) de types pâtes fraîches obtenus par coagulation acide dominante, la qualité des produits a été jugée satisfaisante ; la texture onctueuse a été appréciée ; le goût acidulé caractéristique a été jugé satisfaisant (RAMET, 1987). Pour des fromages à extrait sec plus élevé (20-30%), des caractéristiques voisines ont été notées ; certains dégustateurs ont remarqué une texture légèrement rugueuse et crayeuse qui peut s'expliquer par le taux réduit de matière grasse existant dans la pâte par suite des pertes très élevées dans le sérum, ainsi que par la capacité d'hydratation limitée de la caséine. Le fromage possède donc de ce fait des caractéristiques physiques proches de celles de fromages au lait partiellement écrémé. Ces mêmes défauts de texture granuleuse et cassante ont été également retrouvés par ailleurs dans des fromages à pâte pressée non cuite et à pâte dure (RAMET et KAMOUN, 1988 ; MOHAMED et *al*, 1990). Cette observation confirme une notion bien connue en fromagerie, qui indique que le risque de défaut, dû à un manque

d'onctuosité de la pâte, s'accroît lorsque les teneurs en eau et en matière grasse du fromage diminuent.

Un second défaut de texture parfois relevé, concerne un caractère très collant de la pâte. Lors de la mastication, le fromage tant à adhérer fortement dans la bouche : cette sensation se maintient après déglutition et s'apparente à une sensation de persistance d'un film de matière grasse sur les différentes parois de la cavité buccale. Aucune relation précise n'a été avancée jusqu'ici pour expliquer l'origine du défaut ; on sait toutefois que la composition de la matière grasse du lait de dromadaire se caractérise par une teneur élevée en acides gras à courte chaîne (JARDALI, 1988) ; de ce fait les points de fusion et de solidification de la phase grasse sont très élevés et se situent respectivement à 41,9 °C et 30,5 °C contre 32 °C et 22,8 °C pour le lait de vache (ABU LEHIA, 1987) ; il est donc vraisemblable de l'état physique de l'émulsion de matière grasse soit déterminant dans la genèse du phénomène du collage.

L'apparition de goût amer a été noté de manière transitoire ou permanente dans plusieurs fabrications de fromage (RAMET, 1987 ; RAMET et KAMOUN, 1988). La plupart du temps le défaut ne devient perceptible qu'après déglutition du bol alimentaire d'où la qualification fréquente d'arrière-goût amer ; cette perception tardive de l'amertume est liée à l'implantation particulière des cellules sensorielles sensibles aux saveurs amères sur la partie supérieure et postérieure de la langue.

On sait que les substances susceptibles de provoquer des goûts amers n'appartiennent pas exclusivement à une famille chimique donnée. Dans les produits laitiers les causes sont variées et sont attribuées soit, à la présence de sels de calcium et de magnésium apportés lors du salage par du chlorure de sodium insuffisamment purifié, soit à l'accumulation de certains peptides issus de la protéolyse de la caséine, soit à la présence d'alcaloïdes provenant de l'ingestion par l'animal de certaines plantes. La cause la plus fréquente d'amertume est liée à la formation de peptides amers qui apparaissent lorsque l'activité protéolytique, dues aux enzymes coagulantes résiduelles fixées dans la pâte est élevée, et lorsque le pH du fromage est acide. Or, dans le fromage de dromadaire, la quantité d'enzymes coagulante retenue est probablement importante en raison de la nécessité pratique de surdoser l'enzyme pour obtenir la coagulation dans des délais acceptables ; elle induit un risque non négligeable d'accumulation de peptides amers.

Partie expérimentale

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1. Cadre de l'étude :

Le présent travail a été réalisé au niveau la S.A.R.L INTERLAIT, une fromagerie qui se situe à Tala Alam TIZI-OUZO pendant la période allant du mois de juillet jusqu'au mois de septembre.

II.1.1. Matériel biologique :

Des échantillons de lait utilisés proviennent des chamelles (*Camelus dromedarius*) de la population sahraouie en élevage extensif dans des parcours naturels de région d'AIN OUASSARA au stade d'une année de lactation. Ils ont été collectés au mois de juillet dans des conditions hygiéniques, mis dans des boîtes stérilisées et acheminés dans une glacière.

Concernant le lait de vache, il a été récolté chez des éleveurs de la région de Boumerdes au stade d'une année de lactation.

Ces échantillons frais ont été acheminés au laboratoire le jour même de la traite et ont subi une analyse préliminaire (pH, densité et acidité titrable). Ils sont ensuite congelés jusqu'à leur utilisation ultérieure. Parallèlement, pour les besoins de comparaison des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des échantillons de lait vache sont utilisés et traités dans les mêmes conditions.

II.1.2. Petit matériel :

Un certain nombre d'accessoires et petit matériel spécifique est utilisé dans le cadre de cette étude :- éprouvettes (10ml, 1L), gants, différents types de verrerie (béchers, pipettes graduées, tubes à essais). (Annexe 16).

II.1.3. Appareillage :

Les différents appareils utilisés pour les différentes analyses sont cités dans l'annexe 16.

II.2. Méthodes d'analyses : les différentes méthodes d'analyses utilisées sont représentées dans la figure 05.

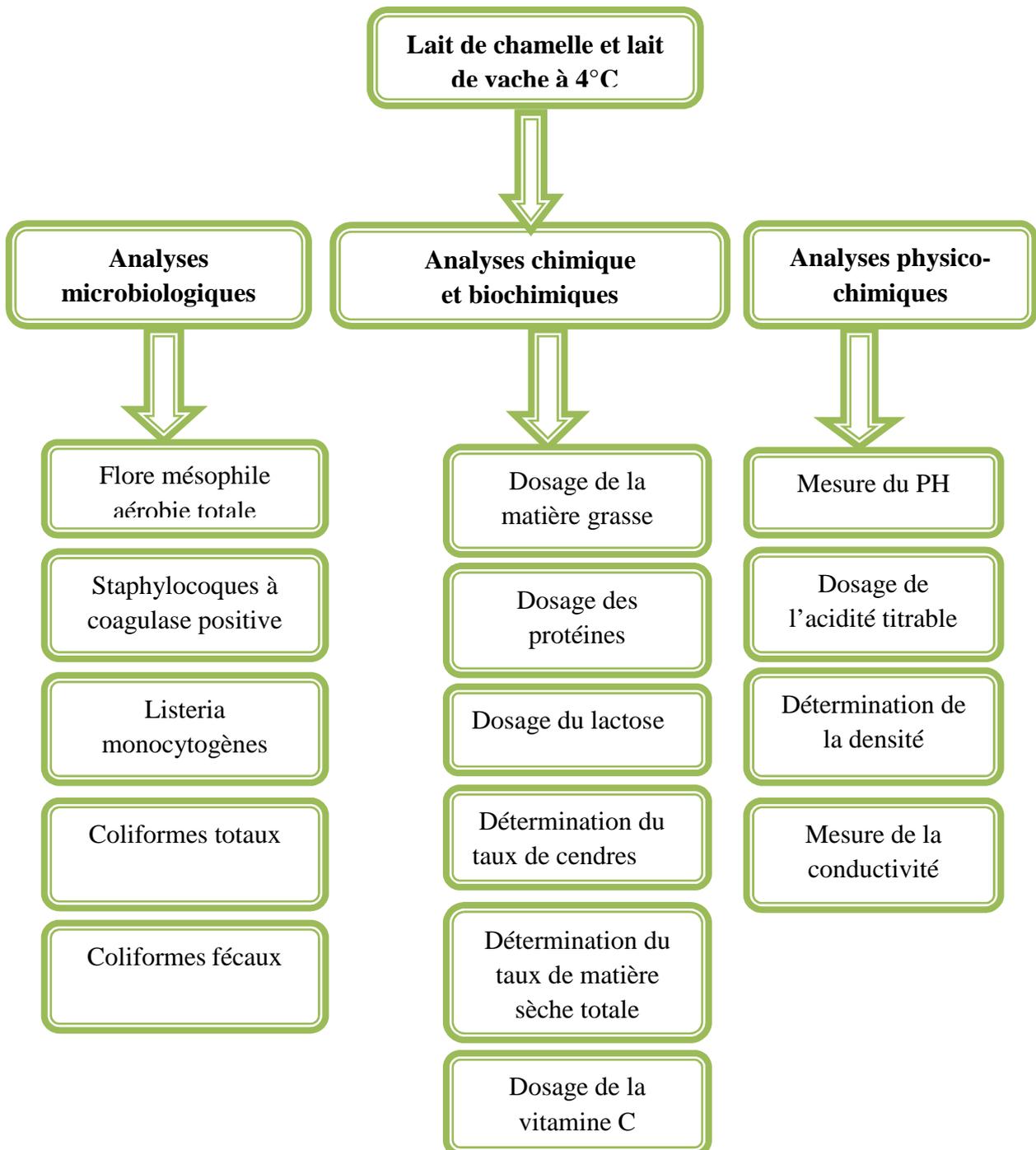


Figure 05: Procédure expérimentale suivie pour les analyses effectuées.

II.2.1. Méthodes d'analyses physicochimiques :

Nous avons à cet effet mesuré la densité, l'acidité Dornic et le pH du lait ainsi que la conductivité électrique.

II.2.1.1. Mesure du pH :

La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'elle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (MATHIEU, 1998). On détermine le pH à l'aide de pH-mètre (INOLAB, pH 720, Germany). L'électrode de référence pour la mesure de la concentration en ions H⁺ (donc du pH) est l'électrode à l'hydrogène. Celle-ci en platine, spécialement traitée est immergée dans la solution dont le pH doit être mesuré (LEHNINGER, 1981) (**Annexe 03**).

II.2.1.2 Mesure de l'acidité :

L'acidité titrable du lait ou d'un produit laitier est la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique en présence de bactéries lactiques.

L'acidité est exprimé en **degré Dornic**, c'est le nombre de ml d'hydroxyde de sodium 0,1 N nécessaire pour neutralise 10 ml de lait en présence de la phénolphtaléine comme indicateur coloré (1°D correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait). (**Annexe 04**)

II.2.1.3. Mesure de la densité :

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du même volume d'eau. (Pointurier, 2003).

Pour une même espèce la densité n'est pas constante. Elle dépend de la richesse du lait en éléments dissouts et en suspension ainsi que de la teneur en matière grasse. Elle est également variable en fonction de la température (Seydi, 2004)

Elle est déterminée à l'aide d'un lactodensimètre de type (WIDDER, Germany), sur le lait maintenu au repos. Le principe consiste à plonger un lactodensimètre dans une éprouvette de 1000 ml rempli de lait à analysé. Lorsqu'il stabilise, une lecture directe nous donne le résultat. (**Annexe 05**)

La densité permet de soupçonner un mouillage ou un écrémage du lait puisque celui-ci l'augmente et l'addition d'eau a un effet inverse (MATHIEU, 1998).

II.2.1.4. Détermination des antibiotiques :

Leur présence dans le lait est interdite. S'ils sont réglementés, c'est parce que l'on craint des accidents d'allergie (SONNA et MENARD, 1994). (Annexe 06).

II.2.1.5. La conductivité électrique :

Elle est utilisée pour évaluer la teneur ionique totale du lait et est définie comme la mesure de la résistance électrique de la solution en ohms réciproques. Les éléments qui contribuent le plus à la conductivité sont le sodium, le potassium et les ions de chlorure. Elle est mesurée à l'aide d'un Lactoscan ultrasonic milk analyzer (Annexe 07).

II.2.2. Méthodes d'analyses biochimiques :

II.2.2.1. Teneur en matière grasse :

Comparée au lait de vache, la matière grasse du lait de chamelle contient moins d'acides gras à courtes chaînes. Cependant sa teneur en acides gras volatils et en acides gras non saturés est importante. Par ailleurs, la matière grasse du lait de chamelle apparaît liée aux protéines. (SIBOUKEUR, 2007). Elle est mesurée à l'aide d'un Lactoscan ultrasonic milk analyzer (Annexe 07).

II.2.2.2. Teneur en protéine :

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 élevé que dans le lait de vache qui est d'environ 0,2 (KAPPELER, 1998).

Selon leur sensibilité ou non au pH, les protéines du lait de dromadaire se scindent en deux fractions : la première précipite à son pH isoélectrique se situant à 4,3 correspond aux caséines (WANGO et al, 1998); alors que l'autre reste soluble dans cette zone de pH considérée représentant les protéines du lactosérum (FARAH, 1993).

La détermination de la teneur en protéines du lait de chamelle et du lait de vache est effectuée à l'aide d'un Lactoscan ultrasonic milk analyzer. (Annexe 07).

II.2.2.3. Teneur en lactose :

On classifie généralement les glucides en trois groupes : les monosaccharides, les disaccharides et les polysaccharides. Les glucides du lait sont essentiellement constitués de lactose et de quelque autres sucres en faible quantité, dont le glucose. Comme dans le lait bovin, le lactose est le glucide majoritaire présent dans le lait camelin. Sa teneur (valeur maximale = 56 g/kg) varie légèrement avec la période de lactation (HASSAN et *al*, 1987; FARAH, 1993). Elle est mesurée à l'aide d'un Lactoscan ultrasonic milk analyzer (Annexe 07).

II.2.2.4. Taux de cendres :

Les sels minéraux présents dans le lait de chamelle sont aussi diversifiés que ceux rencontrés dans le lait de vache. On y dénombre en effet des macros et des oligoéléments qui se trouvent sous forme de sels (phosphates, chlorures et citrates) ou de métaux divers (sodium, potassium, magnésium, calcium, fer, cuivre, zinc...etc.) (SIBOUKEUR, 2007).

Selon (KAPPELER, 1998) ; (GORBAN et IZZELDIN, 1997) le lait de chamelle présente des teneurs plus élevées en sels minéraux que le lait bovin. Sa richesse particulièrement en fer et en manganèse lui confère une valeur nutritive appréciable dans l'alimentation humaine. La teneur en cendres des deux laits étudiés est mesurée par le Lactoscan ultrasonic milk analyzer (Annexe 07).

II.2.2.5. L'extrait sec total :

C'est l'ensemble des substances présentes dans le lait à l'exclusion de l'eau. La teneur en extrait sec du lait diffère selon l'espèce. La cause de cette différence est essentiellement due à la teneur en matière grasse (ALAIS, 1984).

On entend par matière sèche du lait le produit résultant de la dessiccation du lait dans les conditions décrites par la présente norme (AFNOR, 1985).

Le principe de la méthode utilisée consiste à une dessiccation à l'étuve à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 3 heures; comme réalisé par (SBOUI et *al*, 2009), d'une quantité déterminée de lait (5ml) dans une coupelle préalablement pesée, suivie d'une pesée du résidu sec total après refroidissement dans un dessiccateur garni d'anhydride phosphorique. (Annexe 08). La valeur de l'E.S.T exprimée en g/l de lait, est donnée par la relation suivante :

Où :

$$\text{MST} = (\text{M1} - \text{M0}) \times 1000 / \text{V}$$

M0 : la masse en grammes, de la coupelle vide.

M1 : la masse en grammes, de la coupelle et du résidu après de dessiccation et refroidissement.

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

II.2.2.6. Teneur en vitamine C :

L'acide ascorbique est un agent réducteur très puissant qui s'oxyde très rapidement, surtout à des températures élevées et dans des solutions alcalines, le dosage de la vitamine C se fait par méthode titrimétrie à l'aide d'une solution d'iode à 0,1 N (MULTON, 1991). En présence d'empois d'amidon dont une molécule d'iode réagit avec une molécule de vitamine C selon la réaction suivante :



Cette méthode a été choisie pour sa simplification, sa rapidité et sa fiabilité. Toutefois, avant le dosage, une défécation est indispensable à l'aide de l'acétate basique de Plomb (10%) pour éliminer les macromolécules. lorsqu'il n'y a plus de vitamine C, les molécules d'iode vont s'accumuler dans la solution, cette accumulation indique la fin du titrage et est mise en évidence par la formation de l'amidon (composé bleu-violet). Les étapes sont détaillées dans (l'annexe 09).

II.2.3. L'analyse microbiologique :

II.2.3.1. L'objectif du contrôle microbiologique :

L'analyse microbiologique permet de détecter les microorganismes existants dans les produits alimentaires notamment les pathogènes afin de garantir pour le consommateur une sécurité hygiénique et un niveau appréciable de qualité organoleptique. Ces analyses se font toujours dans les meilleures conditions d'asepsie (BOSGIRAUD, 2003). Dans ce cas, la mise en évidence d'une bactérie végétative serait une preuve d'une mauvaise qualité de la matière première.

L'objectif assigné à cette partie du travail vise à étudier quelques groupes microbiens susceptibles de faire partie de la flore originelle et de contamination, du lait camelin et du lait bovin lors de son entreposage à 4°C.

II.2.3.2. Qualité microbiologique du lait camelin et du lait bovin :

Pour la qualité microbiologique du lait nous avons retenu la qualité globale représentée par la recherche et dénombrement de la flore mésophile totale et la qualité hygiénique qui englobe les coliformes thermotolérants ainsi que la qualité sanitaire qui portera sur la recherche des Salmonelles et *Listeria monocytogenes*. Afin d'interpréter les résultats des analyses microbiologiques, nous nous sommes référés au journal officiel de la république Algérienne N° : 039 du 02-07-2017 fixant les spécifications microbiologiques auxquelles doivent satisfaire les denrées alimentaires.

II.2.3.3. Etude de la flore microbienne :

Nous avons procédé dans cette étude au dénombrement de quelques groupes susceptibles d'évoluer dans les échantillons de lait de chamelle et de vache crus entreposés à 4°C. Les ensemencements ont été réalisés en triple exemplaires, en boîtes de pétri. Les dénombrements ont été effectués à l'aide d'un compteur de colonies. On ne tient compte que des boîtes contenant un nombre convenable c'est-à-dire compris entre 30 et 300 colonies par boîte (GUIRAND et GALZY, 1980 ; LEVEAU et ROUX, 1981). Le tableau XI résume les conditions de culture utilisées. Concernant les méthodes d'analyses microbiologiques nous nous sommes référés au journal officiel de la république Algérienne N° :039 du 02-07-2017.

Tableau XI: Milieux nutritifs et conditions de culture des différents groupes microbiens recherchés dans le lait camelin et le lait bovin:

Microorganismes Recherchés	Milieux de culture	Type d'ensemencement (S: superficie) (P: profondeur)	Température et durée d'incubation
flore aérobie mésophile totale (FAMT)	PCA (Plate Count Agar)	P	30°C/72h
Staphylocoques à coagulase +	Baird Parker	S	37°C/24 à 48h
Coliformes thermotolérants	VRBL (Violet Red Bile et au rouge neutre)	v	44°C/24
Salmonella	Gélose Hektoen	S	37°C/18 à 24h
<i>Listeria monocytogenes</i>	Milieu Fraser Gélose Oxford	S	37°C/24 à 48h

II.2.3.4. Méthodes d'analyses microbiologiques :

II.2.3.4.1. Préparation de la suspension mère :

On prend 25g de lait, les introduire dans 225ml de TSE, ce dernier ne doit pas induire de variation quantitative ni qualitative dans la flore microbienne présente, il doit assurer la survie de tous les microorganismes sans favoriser leur multiplication (BOURGOIS et al, 1990). Cette suspension est homogénéisée et constitue la suspension mère (SM) qui correspond à la dilution 1/10.

II.2.3.4.2. Préparation des dilutions décimales (NF EN ISO 6887-1) :

A partir de la solution mère (SM), on prépare une série de dilutions allant de 10^{-2} , 10^{-3} (voire parfois jusqu'à 10^{-5}), puis on répartit d'une manière aseptique les dilutions décimales à l'aide d'une pipette pasteur (figure 06).

1. On introduit 1 ml de la solution mère dans 9 ml de TSE (dilution à $1/100$ ou 10^{-2}) ;
2. On prélève ensuite 1 ml de la dilution 10^{-2} que l'on introduit dans 9 ml de TSE (dilution $1/1000$ 10^{-3}).

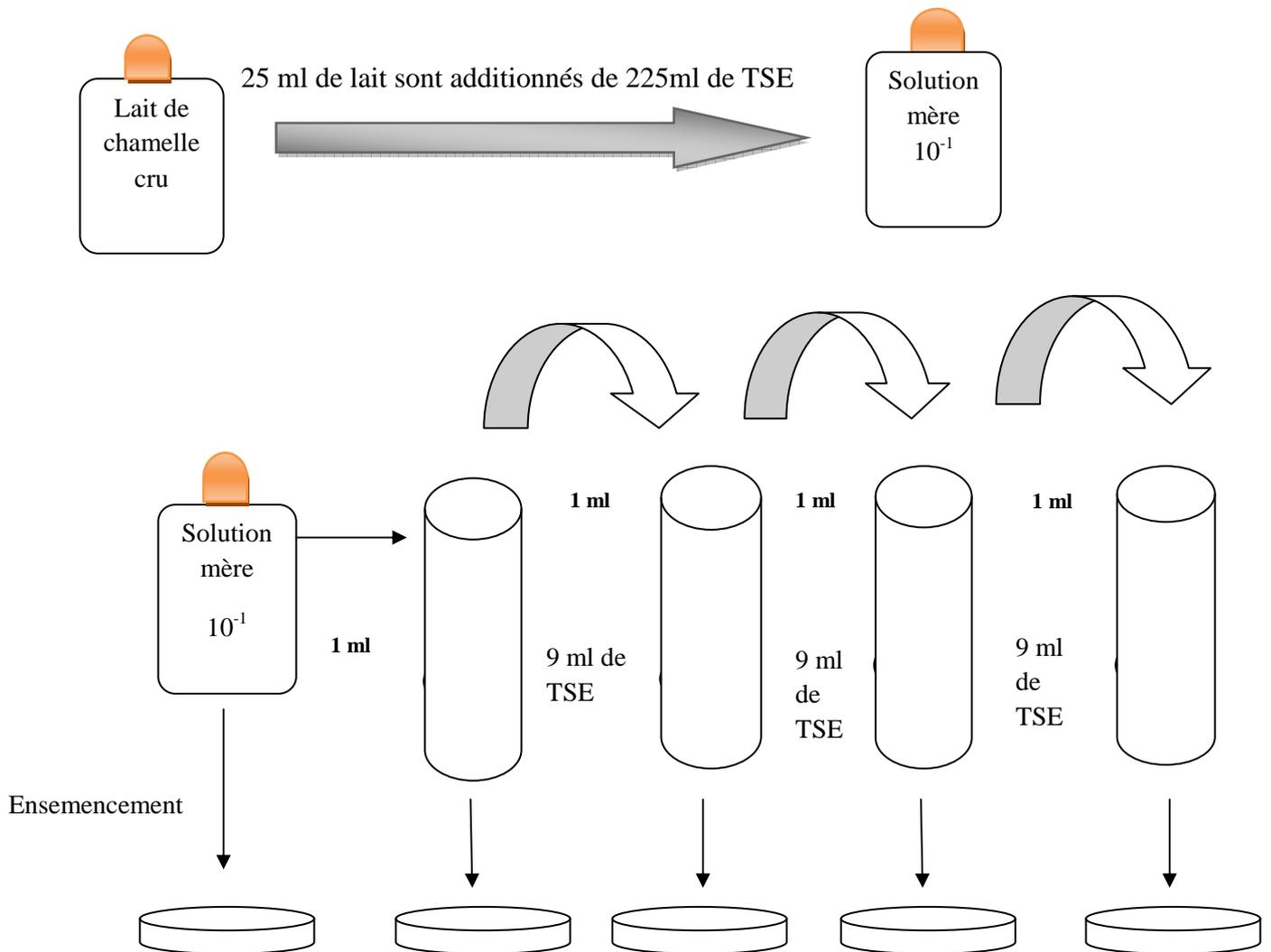


Figure 06 : Préparation des dilutions décimales à partir du lait camelin et du lait bovin et ensemencement des cultures dans les boîtes de pétri.

II.2.3.4.3. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale:

Cette flore appelée aussi « flore aérobie mésophile revifiable » (FAMT) est un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité des produits ainsi que la qualité (propreté) des installations (GUIRAUD, 1998). Le dénombrement des microorganismes aérobies mésophiles permet de savoir quel est le degré de contamination de l'aliment. Leur dénombrement est effectué par la méthode classique en milieu gélosé dont les ensemencements sont réalisés en plaçant 1ml de la dilution choisie dans une boîte de pétri vide et on ajoutant le milieu gélosée (PCA) que l'on mélange ensuite soigneusement. (Annexe 10).

II.2.3.4.4. Recherche et dénombrement Staphylocoques à coagulase :

Les Staphylocoques appartiennent à la famille des Micrococcaceae, ce sont des microorganismes de forme sphérique à ovoïde se divisant en plusieurs plans et formant des paquets et des amas plus ou moins réguliers, ils sont immobiles, à Gram positif, aéro-anaérobies facultatifs, à coagulase et catalase positifs, non sporulés et leurs colonies sont souvent pigmentées (LEBRES, 2002). C'est un germe mésophile dont la température optimale de croissance est entre 30 et 35°C et le pH optimal est entre 7 et 7,5. Ils sont très répandus dans la nature. Ce sont des commensaux excréments fréquents dans la peau et des cavités naturelles de l'homme et des animaux. (PILET et al, 1978).

Les entérotoxines produites par certaines souches de Staphylocoques dorés peuvent provoquer des intoxications alimentaires.

Les Staphylocoques à coagulase positive possèdent une enzyme (une coagulase) qui permet de les identifier. Ce groupe se compose essentiellement de Staphylocoques dorés (*Staphylococcus aureus*), bactéries parfois capables de synthétiser des entérotoxines nocives pour la santé humaine.

Staphylocoque à coagulase positive est une bactérie formant des colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques à la surface d'un milieu de culture sélectif et donnant une réaction positive à la coagulase ou une réaction spécifique au plasma de lapin sur un milieu gélosé au plasma de lapin et au fibrinogène. Leur dénombrement se fait selon la méthode décrite dans l'annexe 11.

II.2.3.4.5. Recherches et dénombrement des Coliformes thermotolérants:

Les coliformes sont des Enterobactéries fermentant le lactose (avec production de gaz) à 30°C. Les bactéries correspondantes appartiennent aux genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, et *Enterobacter*. On entend par le terme coliformes thermotolérants (ou coliformes fécaux), l'ensemble des coliformes fermentant le lactose (avec production de gaz) à 44°C (JOFFIN C. et JOFFIN J.N. 1999).

Selon la définition ISO, les coliformes sont des bacilles à gram-, non sporulés, oxydase, aérobies ou anaérobies facultatives, leur présence dans les aliments traduit une contamination fécale par le manque d'hygiène (BOURGEOIS et al, 1996).

Les coliformes présentent des risques d'infections pour le consommateur et ils ont des conséquences technologiques négatives : fermentation des sucres avec production de gaz, d'acides et d'autres substances visqueuses à saveur souvent désagréable. C'est pour cela qu'on devrait s'assurer que leur nombre dans le produit alimentaire ne dépasse pas les normes.

Pour leur dénombrement, le milieu au -désoxycholate-lactose est utilisé. L'ensemencement est effectué en profondeur et les cultures sont incubées à 34°C pendant 24 à 48 heures (SIBOUKEUR, 2007). (Annexe 12).

II.2.3.4.6. Recherche et dénombrement des Salmonelles :

Ce sont des Bacilles à gram négatif, anaérobies facultatifs, habituellement mobiles grâce à des flagelles péritriches ; mais des mutations immobiles, non sporogènes, catalase positive, oxydase négative. (MULTON, 1992 ; BOURGEOIS, 1996). Leur température optimale de croissance est de 35/37°C mais peuvent supporter des variations importantes (inférieur à 10°C jusqu'à 45°C), les salmonelles figurent parmi les bactéries responsables de toxi-infections alimentaires (AVRIL, 1991).

Les entérocoques, tels que (*Salmonella*, *Shigella*, *Yarsinia*) sont responsables de nombreuse toxi-infection et trouble intestinaux, ces bactéries se développent sur le milieu sélectif Hektoen (gélose) (JOFFIN, 2006). L'ensemencement se fait en surface par étalement de 0.1 ml d'inoculum. L'incubation est réalisée à 37°C pendant 24 à 48 heures.

La recherche des salmonelles a pour but de voir si le produit est dangereux ou pas à la consommation car ce sont des bactéries pathogènes provoquant chez l'homme des

gastroentérites (JOFFIN, 1999). La recherche des Salmonelles se fait en trois étapes : pré-enrichissement, enrichissement et isolement. (Annexe 13).

II.2.3.4.7. Recherche et dénombrement de *Listeria monocytogenes* :

Listeria monocytogenes est l'agent causal de la listériose humaine, une infection fatale d'origine alimentaire. *L. monocytogenes* cause aussi des maladies chez les vaches laitières, incluant les avortements et les infections du système nerveux central (KONGO, et al, 2006).

Tous les membres du genre *Listeria* sont largement distribués dans la nature. On considère que son biotope naturel est le sol, où elle se développe en saprophyte sur des végétaux en décomposition. Elle est principalement rencontrée dans les aliments végétaux crus et les produits à base de lait cru. Les animaux fermiers et leur environnement peuvent présenter une source importante de contamination alimentaire et d'infections pour les humains. Les *Listeria* en général et particulièrement *L. monocytogenes* sont aussi utilisés comme indicateurs d'hygiène dans toutes les étapes de la chaîne de transformation alimentaire (BORNERT, 2000 ; JEMMI T., STEPHAN R, 2006).

Les *Listeria* sont des bactéries Gram positives ubiquistes non-sporulantes. Dans les essais de culture traditionnelle, il est très difficile de détecter et d'énumérer *L. monocytogenes* dans les aliments surtout quand celle-ci est largement sur-passée en nombre par les autres *Listeria spp.* Spécialement *L. innocua*. Par conséquent, la détection de *Listeria spp.* est souvent utilisée comme indication de la présence de *L. monocytogene*. (COCOLIN et al, 2002).

L. monocytogenes peut se développer entre 1 et 44°C. L'optimum de croissance se situe vers 35°C (le temps de doublement à 35°C est de 40 min), mais *Listeria* se développe entre + 3 et + 4°C voire même à -2°C (le temps de doublement à + 4°C est de 15 heures). La croissance à + 4°C est une particularité qui peut être utilisée comme procédé d'enrichissement. La conservation à la température de réfrigération élimine les bactéries concurrentes, et stimule donc la croissance de *L. monocytogenes*. L'habilité à persister dans les environnements du processus alimentaire et à se multiplier aux températures de réfrigération fait de *L. mono-* cytogènes une menace significative pour la santé publique (JEMMI T., STEPHAN R., 2006).

Leur dénombrement se fait selon la méthode décrite dans l'annexe (Annexe 14).

II.2.4. Réalisation d'un essai de coagulation du lait camelin :

Les résultats acquis montrent que la consommation du lait de dromadaire peut être différée dans le temps en réalisant sa conservation sous forme de fromages. Comparativement aux autres types de laits habituellement utilisés, l'aptitude à la coagulation, qui conditionnent directement les phases ultérieures de la transformation, apparaît moins bonne que pour les laits de vache, de chèvre et de brebis, d'où la nécessité de surdoser l'enzyme coagulante. Cette situation résulte vraisemblablement de la composition et de la structure particulière des micelles de caséine, qui présente une taille moyenne différente, ainsi que des fractions caséiniques qui sont, par leurs proportions et par leur charge électrique, autres que celles du lait de vache.

Les équilibres minéraux du sodium et du calcium, dont on connaît respectivement le rôle inhibiteur et l'effet activateur sur la coagulation, interviennent également probablement de manière déterminante. Une autre particularité du lait utilisé pour les essais expérimentaux est sa faible teneur en matière sèche ; celle-ci entraîne une fermeté moindre et une friabilité excessive des gels.

Ces écueils peuvent être évités en partie par des adaptations technologiques adéquates telles que l'ajout d'un sel de calcium au lait permettant de limiter le surdosage du coagulant et la prolongation des temps de coagulation et d'égouttage avant moulage. Ces sels induisent à la fois un renforcement de la concentration en calcium ionisé et un abaissement du pH du milieu favorisant l'activité de la présure. Moyennant ces ajustements, il a été possible de réaliser dans des conditions satisfaisantes et simples, des fromages de différents types présentant une bonne qualité organoleptique. (RAMET, 1989).

Le lait cru de dromadaire produit en élevage extensif traditionnel, peut être coagulé par voie enzymatique par la présure de veau en poudre dénommée ALBAMAX GRANULAR.

Pour réaliser nos essais de coagulation du lait de vache et de chamelle en vue de comparer les coagulums obtenus à partir de ces deux laits aux aptitudes technologiques différentes, nous avons prélevé quatre échantillons de 100 ml de chaque lait. Ensuite on a empréuré et rajouté les chlorures de calcium.

Les différentes doses de présure et de chlorures de calcium utilisé pour les deux laits sont résumées dans le tableau **XV** dans la partie résultats et discussions.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques :

Les échantillons de laits camelin et bovin ont subi les mêmes tests physicochimiques consistant en la détermination du pH, l'acidité titrable, la densité, la conductivité électrique et la température.

Les résultats relatifs à ces paramètres sont indiqués dans le tableau XII :

Tableau XII: Comparaison entre les paramètres physico-chimiques du lait camelin et bovin :

Paramètres physico-chimiques	Lait camelin	Lait bovin
pH	6,29±0,008	6,60±0,013
Acidité Dornic (°D)	17	17,2±0,83
Densité	1028,6±0,28	1029,6±0,31
Antibiotiques	Négatif	Négatif
Conductivité électrique (mS/cm)	5,83±0,23	5,4±0,13

Les valeurs représentent la moyenne de cinq essais.

III.1.1. pH :

La valeur moyenne du pH du lait camelin collecté est égale à 6,29±0,008. Le lait camelin serait légèrement plus acide que le lait bovin analysé qui a un pH de 6,60±0,013. Les valeurs du pH du lait camelin relevées dans la présente étude se rapprochent de celles rapportées par certains auteurs tels que SIBOUKEUR, 2007 (6.31) et CHETHOUNA, 2011 (6.37). D'autres auteurs avancent des valeurs plus élevées, on peut citer KIHAL et al, 1999 à BECHAR (6.57), MAHBOUB et al, 2010 à Ouargla (6.65), SOUID, 2011 (6.54) et BOUDJENAH, 2012 (6.53).

Cette caractéristique du pH est due à la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de dromadaire qui serait à l'origine du pH bas (SALEY, 1993) ; cette particularité lui confère un goût particulier pouvant être masqué par une saveur amère ou acide selon la nature des plantes broutées.

D'après GORBAN et IZZELDIN (1997), le pH et le goût du lait peuvent être affectés par l'alimentation et la disponibilité en eau et le stade de lactation et de l'état sanitaire de la

mamelle (MATHIEU, 1998). Selon CAROLE (2002), le pH dépendrait également de la présence de caséines et d'anions phosphoriques.

Un faible changement de pH du côté acide à des effets importants sur l'équilibre des minéraux (formes solubles et insolubles) (ALAIS et LINDEN, 1997). Ce pH bas du lait camelin est dû à la fois à sa composition et sa forte concentration en acide gras volatiles (YAGIL, 1985), à sa richesse en acides organiques divers (acide citrique, acide orotique et acide butyrique (HADDADINET *et al*, 2007).

Le lait camelin est caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (ABUTARBOUSCH, 1996).

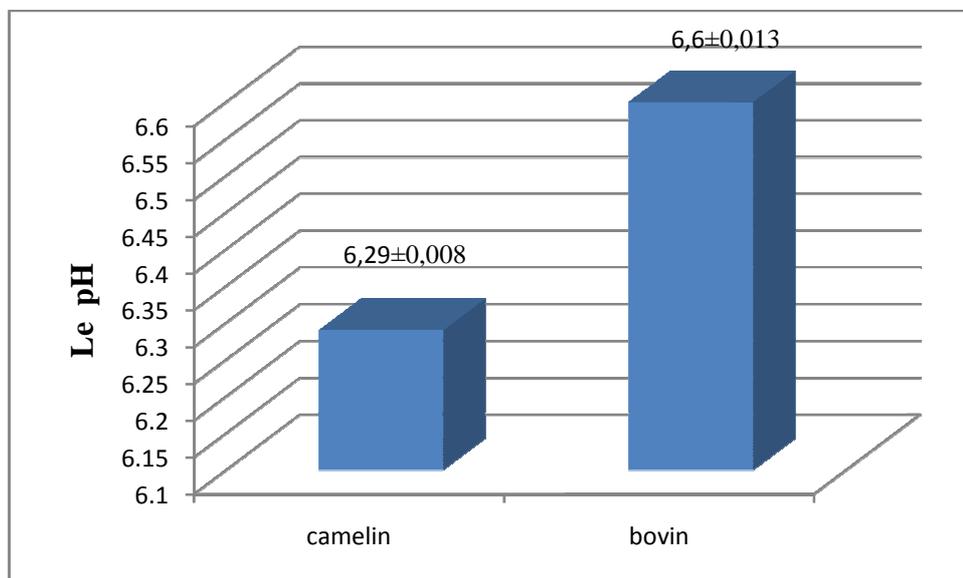


Figure 07 : pH du lait camelin comparé à celui du lait bovin.

III.1.2. Acidité Dornic :

Le lait fraîchement trait est légèrement acide. Cette acidité provient essentiellement, des protéines, des phosphates et du CO₂ dissous. Il acquiert ensuite une acidité, dite acidité développée car elle est provoquée par l'acide lactique et autres acides issus de la dégradation par des micro-organismes (BADAOU, 2000).

Les variations dans la valeur de l'acidité sont généralement dues à la variation de l'alimentation des animaux, aux conditions environnementales ainsi qu'à la période de lactation (ABU-TARBOUSH, 1996).

L'acidité titrable du lait dépend du nombre de moles d'acides présents dans ce produit, elle est inversement proportionnelle à son pH (MATHIEU, 1998).

Les échantillons de lait camelin analysés présentent une acidité titrable de l'ordre de 17°D , elle est similaire à celle du lait bovin auquel il est comparé ($17,2\pm 0,83$). Elle se rapproche de celle rapportée par SIBOUKEUR (2007) soit $18,2^{\circ}\text{D} \pm 2,93$. Toutefois, de nombreux auteurs rapportent des valeurs supérieures ou égales à 15°D , tels que ABU-LEHIA (1994) en Arabie Saoudite ($15^{\circ}\text{D} \pm 4$) ; KAMOUN (1994) en Tunisie ($15,6^{\circ}\text{D} \pm 1,4$) et SBOUI *et al* (2009) ($17,2^{\circ}\text{D}$).

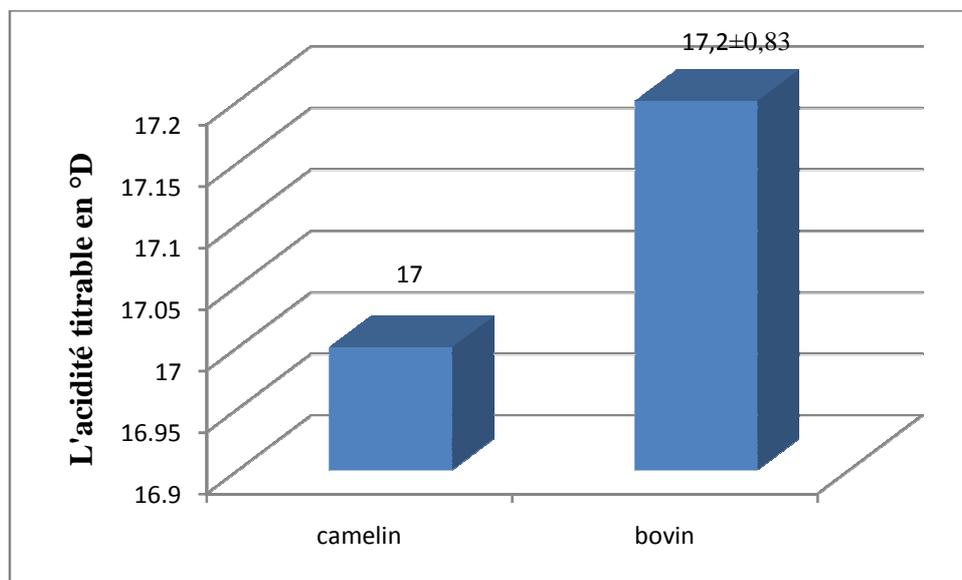


Figure 08: Acidité titrable du lait camelin comparée à celle du lait bovin.

III.1.3. Densité :

Le taux de matière sèche du lait camelin est plus faible que celui du lait bovin (KAMOUN, 1989). Ceci explique la faible densité enregistrée dans la présente étude pour le lait camelin qui est de l'ordre de $1028,6\pm 0,28$, inférieure à celle du lait de vache ($1029,6\pm 0,31$).

Elle est comparable à celles rapportées par KAMOUN (1995), ABIDI (2001), SIBOUKEUR (2007) et MAHBOUB (2010) soit respectivement 1.028 ± 0.002 , 1.020 ± 0.004 , 1.023 ± 0.0045 et 1.027 ± 0.006 . La densité dépend directement de la teneur en matière sèche qui est liée fortement à la fréquence de l'abreuvement.

La densité dépend de la teneur en matière sèche qui est fortement liée à la fréquence de l'abreuvement (SIBOUKEUR, 2007). Elle dépend aussi du taux de matière grasse, de

l'augmentation de la température de l'air ambiant et des disponibilités alimentaires (LABIOUI, 2009).

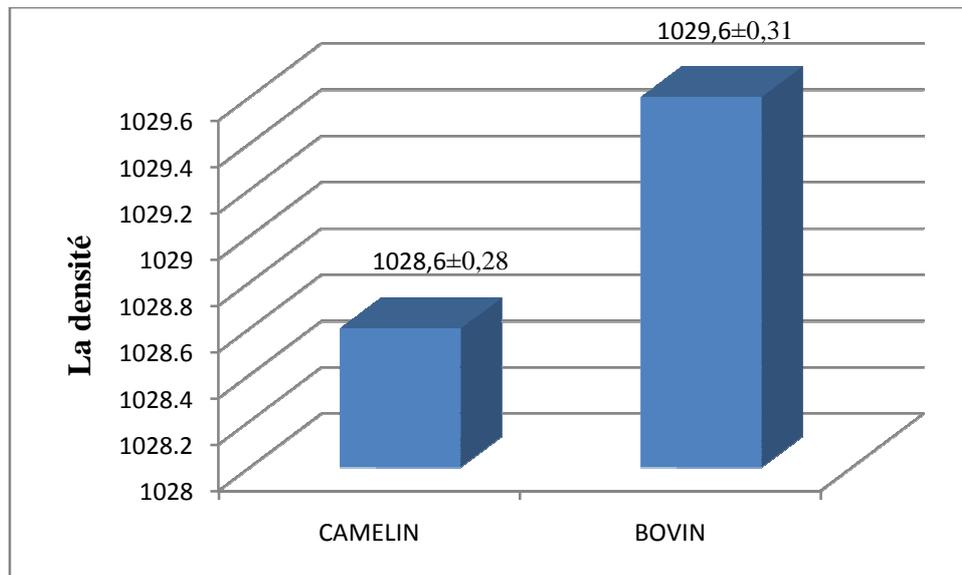


Figure 09: Densité de lait camelin comparée à celle du lait bovin.

III.1.4. Les antibiotiques :

Le résultat du test est négatif. L'utilisation des antibiotiques (ATB) dans le traitement est l'un des grands progrès de la médecine humaine et vétérinaire moderne. Cependant, ces traitements ont un effet résiduel sur les produits d'origine animale entre autre les produits laitiers. Ces résidus peuvent être nocifs pour la santé humaine. Aujourd'hui, il est généralement reconnu qu'il ne faut tolérer aucune trace d'antibiotiques, aussi légère soit elle dans le lait et les aliments destinés à la consommation humaine (JEPSEN, 1962).

III.1.5. Conductivité électrique :

La conductivité électrique est la mesure de la résistance d'un corps au courant électrique. Elle est définie comme l'inverse de la résistance et se mesure en milli-Siemens par centimètre (mS/cm). Dans notre étude, la valeur de la conductivité du lait camelin est plus élevée (5,83 mS/cm±0,23) que celle du lait bovin analysé (5,4mS/cm ±0,13). Elle est supérieure à celle obtenue par (EL-AGAMY, 2006) (4.6 mS/cm).

D'après (HAMANN et ZECCONI, 1998), la « race » avait une influence sur la composition ionique du lait et donc indirectement sur la conductivité qui varie avec la température (BOUBEZARI, 2010). Il a été montré qu'il y a une nette augmentation de la conductivité électrique lorsque l'on passe d'une température du lait de 10°C à 30°C (Billon et

al, 2003). La ration alimentaire peut aussi avoir une influence indirecte sur la conductivité électrique du lait, non pas, par effet sur la concentration en ions, mais plutôt par son effet sur la teneur en protéines et surtout en lipides du lait (BILLON et al, 2003). Dans le lait, la présence d'électrolytes minéraux (chlorures, phosphates, citrates), principalement, et d'ions colloïdaux, secondairement, diminue la résistance au passage du courant. Les ions potassium, sodium et chlore réalisent avec le lactose, l'équilibre de pression osmotique du lait dans la mamelle vis à vis de la pression sanguine. Ils subissent des variations importantes en cas de mammite (HANZEN, 2010), la concentration du lait en lactose et en ions K^+ diminue tandis que la concentration en ions Na^+ et Cl^- augmente). Ceci afin de maintenir l'équilibre osmotique de la mamelle. Ce changement d'équilibre ionique se traduit par une brusque augmentation de la conductivité du lait.

Si l'on considère que les variations de conductivité du lait au cours de la traite résultent des variations de composition du lait et notamment que la conductivité diminue lorsque le taux de matière grasse augmente (MABROOK et PETTY, 2001), il semblerait alors plus cohérent que la conductivité électrique du lait diminue au cours de la traite en raison du taux de matière grasse plus important en fin de traite plutôt qu'en début.

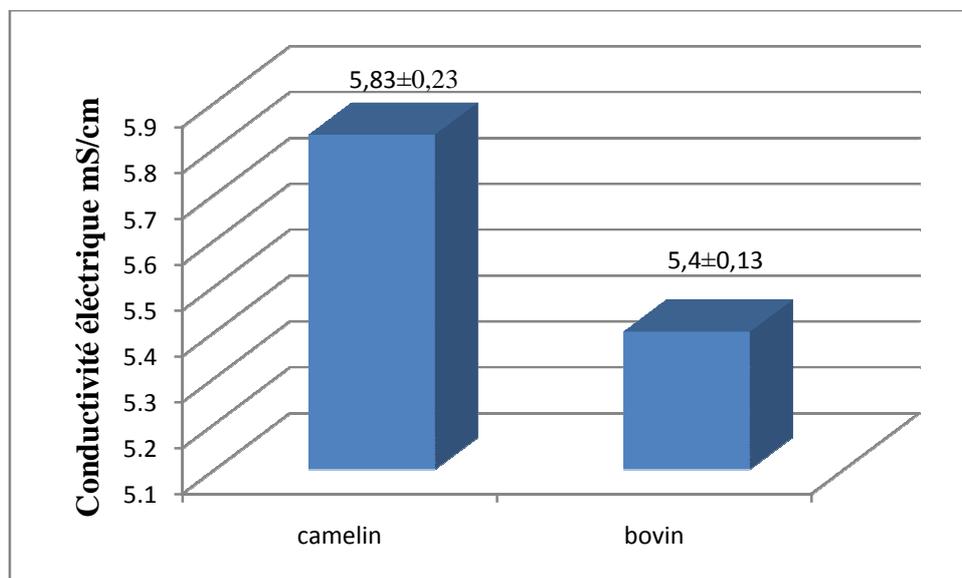


Figure 10: Conductivité électrique du lait camelin comparée à celle du lait bovin.

III.2. Résultats des analyses biochimiques :

Le tableau suivant présente les résultats des analyses des composants chimiques et biochimiques des laits camelin et bovins.

Tableau XIII : Comparaison entre les paramètres chimiques et biochimiques du lait camelin et bovin :

Composition chimique et biochimique	Lait camelin	Lait bovin
Matière grasse (g/l)	23,24 ±1,099	33,54 ±1,076
Protéines (g/l)	31,1±1,60	26,22±0,10
Lactose (g/l)	45,32±3,04	39,44±0,18
Cendres (g/l)	7,80±0,48	6,75±0,08
Matière sèche totale (g/l)	100,56±2,67	109±1,58
Vitamine C (mg/l)	35,85±1,93	22,76±1,008

Les valeurs représentent la moyenne de cinq essais.

III.2.1. Matière grasse :

La teneur moyenne en matière grasse du lait camelin cru analysé est de 23,24 g/l±1,099. Elle semble légèrement plus faible que celle du lait bovin étudié (33,54 g/l ±1,076).

Les valeurs de la présente étude sont plus faibles que celles rapportées par SIBOUKEUR en 2007 (28g/l ±6) et CHETHOUNA en 2011 (29,33g/l ±0,51).

Elle est également inférieure à celle rapportée par MEHAIA et *al*, (1995) pour la race Hamra (28.5 g/l) et celle rapportée par SIBOUKEUR (2007) pour la race Sahraoui (28g/l ±6). Il est établi qu'en dehors de la race, le rang de la traite influe sur le taux de matière grasse. En effet, la traite du matin donne un lait relativement pauvre en matière grasse en comparaison avec celui des autres traites, bien que quantitativement plus important (KAMOUN, 1994). Sans oublier d'autres facteurs comme la saison et le stade de lactation (ELAMINE et WILCOX, 1992). La matière grasse du lait camelin peut atteindre 32 à 35g/l (ELLOUZE et KAMOUN, 1989 ; GORBAN et IZZELDIN, 2001) et voire 37,8 g/l (KAMAL et *al*, 2007).

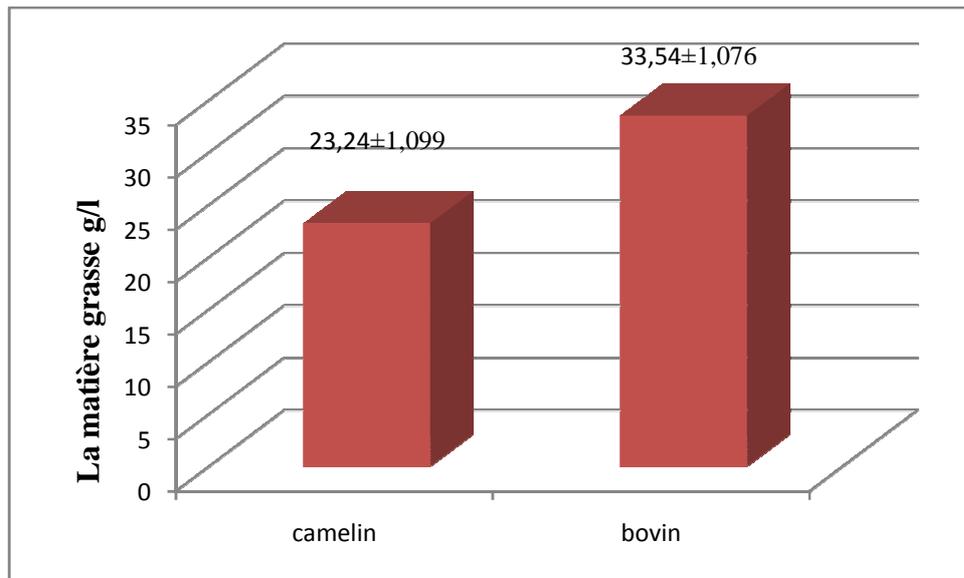


Figure 11: La teneur en matière grasse du lait camelin comparée à celle du lait bovin.

III.2.2. Teneur en protéines totales :

Les résultats consignés dans le tableau XII indiquent une teneur moyenne en protéines totales du lait camelin cru égale à 31,1 g/l \pm 1,60. Celle-ci est supérieure à celle du lait bovin 26,22 g/l \pm 0,10. Le taux que nous avons relevé lors de la présente étude se situe dans la fourchette des travaux cités par MOHAMED et *al* (1989) et GNAN et *al* (1994) à savoir 46g/l et 21.5 g/l respectivement. Il est plus faible que celui rapporté par SIBOUKEUR (2007) 35,68 g/l \pm 5,64 et KAMOOUN (1994) soit 34.3 g/l \pm 4.4. Il est toutefois comparable à celui rapportés par MEHAIA et *al* (1995) pour les races *Majaheem* et *Hamra* (29.1 g/l et 25.2 g/l).

La teneur protéique, varie en fonction des stades de lactation. Selon KAMOOUN (1994), les deux premiers mois de lactation se caractérisent par une diminution des taux, protéiniques et butyreux du lait camelin. Ces derniers atteignent une valeur minimale coïncidant avec le pic de lactation, puis retrouvent, en fin de lactation, un niveau comparable à celui de départ.

Il est important de rappeler que la matière azotée du lait, camelin en l'occurrence, existe sous forme d'azote protéique majoritaire (90 % de l'azote total) et d'azote non protéique (10% en moyenne de l'azote total) (ABU-TARBUSH et *al*, 1997 ; SIBOUKEUR, 2007).

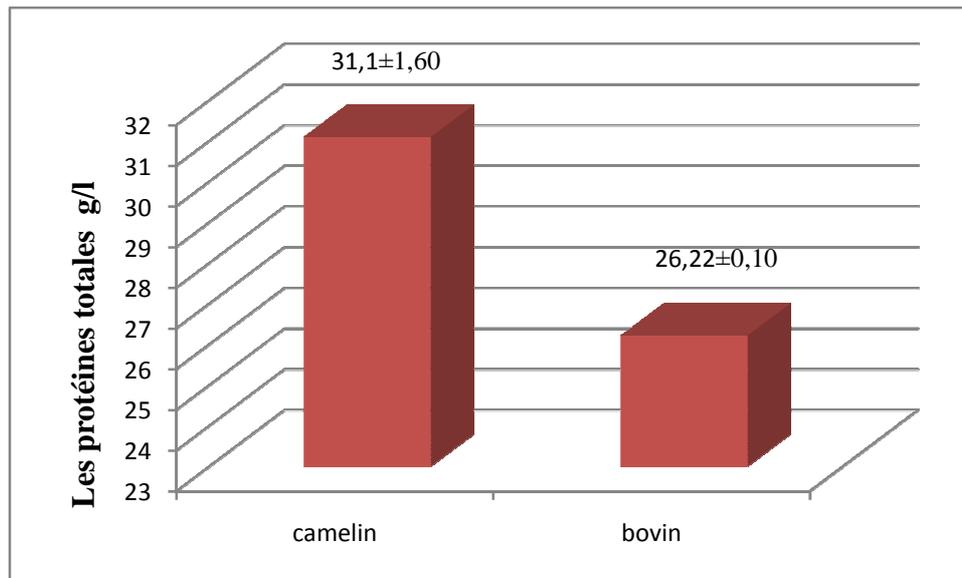


Figure 12: La teneur en protéines totales du lait camelin comparée à celle du lait bovin.

III.2.3. Teneur en lactose :

D'après les résultats compilés sur le tableau XII, la teneur moyenne en lactose du lait camelin cru est égale à 45,32 g/l \pm 3,04. Cette valeur est plus importante que celle du lait bovin analysé qui est de l'ordre 39,44 g/l \pm 0,18. Elle se situe dans la fourchette des travaux rapportés par SIBOUKEUR (2007) (43,87 g/l \pm 3,10 pour la race Sahraoui) et MEHAIA et *al*, (1995) pour les races Hamra, Majaheem et Wardah (44 g/l, 44.3 g/l et 44.4g/l respectivement).

Les modifications dans les teneurs en lactose, sont responsables du goût sucré et parfois amer du lait de chamelle (YAGIL, 1982). Ces variations sont très faibles en fonction de la saison (HADDADIN et *al*, 2007).

La teneur en lactose du lait camelin semble dépendre non seulement de la race mais aussi du stade de lactation et de l'état d'hydratation. Elle est faible pendant les premières heures qui suivent le vêlage et subit une augmentation de 36 % de la teneur initiale, 24 heures après. Une diminution de 37 % de la teneur initiale a été constatée en cas de déshydratation des chamelles (YAGIL et ETZION 1980b in SIBOUKEUR, 2007).

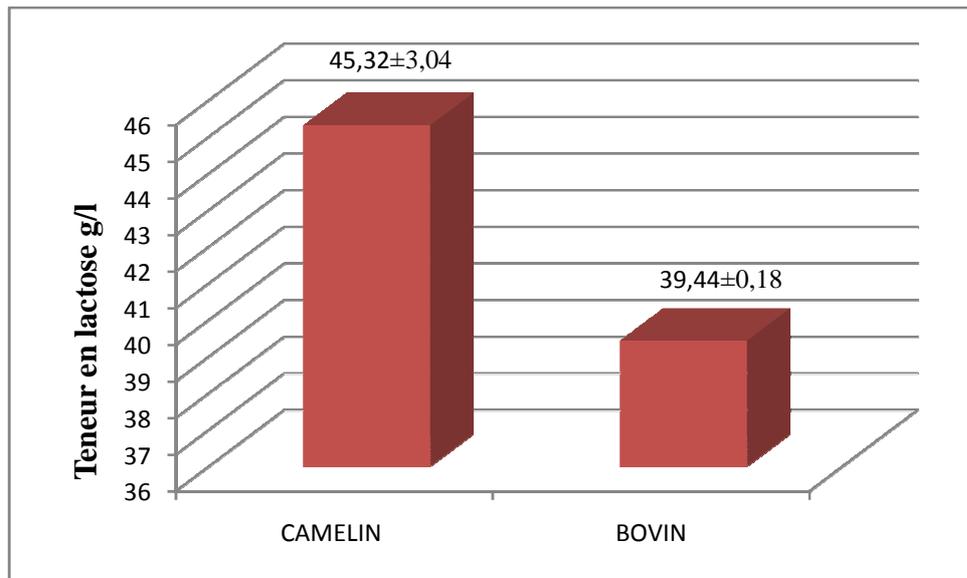


Figure 13: Taux de lactose du lait camelin en comparaison avec le lait bovin.

III.2.4. Cendres:

D'après les résultats illustrés dans le tableau XII, la teneur en cendres des échantillons de lait camelin analysé est égale à $7,80 \text{ g/l} \pm 0,48$. Elle paraît donc légèrement supérieure que celle du lait bovin auquel elle est comparée ($6,75 \text{ g/l} \pm 0,08$).

Cette valeur se rapproche de celles rapportées par BADAOUÏ (2000) soit $7,22 \text{ g/l}$ et par SIBOUKEUR en 2007 ($7,28 \text{ g/l} \pm 0,68$), mais elle est supérieure à celle rapportée par LARSSON-RAZNIKIEWWICZ et MOHAMED en 1994 (6 g/l).

D'après YAGIL (1985), le taux de cendre du lait varie dans une large mesure selon l'apport alimentaire, il diminue en cas de privation d'eau. Il varie également en fonction du stade de lactation (FARAH, 1993) et serait proportionnel aux quantités de lait produites (EL-AMIN et WILCOX, 1992).

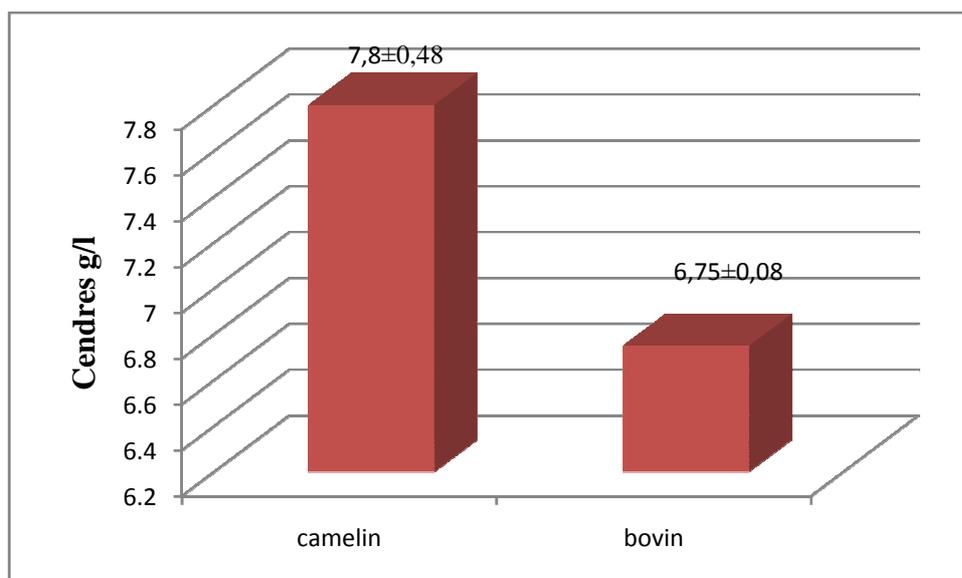


Figure 14: Taux de cendres du lait camelin en comparaison avec le lait bovin.

III.2.5. L'extrait sec total :

La teneur moyenne, en matière sèche totale du lait camelin qui est de l'ordre de ($100,56 \pm 2,67$ g/l) est inférieure à celle du lait bovin étant de ($109 \pm 1,58$ g/l).

Cette teneur est inférieure à celle rapportée par ALLOUI-LOMBARKIA et *al* (2007) sur du lait provenant des régions steppiques de notre pays ($129,98 \pm 4,75$) ainsi que celle signalée par HADADDIN et *al* (2007) en Jordanie (123 g/l $\pm 12,7$). Elle est également inférieure à celle rapportée par certains auteurs en Tunisie (ELLOUZE et KAMOUN, 1989 ; KAMOUN, 1995 et ATTIA et *al*, 2001) dont les taux varient entre 96 et 116 g/l.

La teneur en matière sèche du lait varie en fonction du stade de lactation (BENGOUMI et *al*, 1994). Ainsi, elle diminue durant le mois suivant le vêlage, puis augmente suite à l'accroissement des taux de matière grasse et azotée (FAO, 1995). Selon RAMET (1989), cet écart est plus marqué en saison chaude, lorsque les animaux subissent un stress hydrique qui accroît la teneur en eau du lait. En outre, il a été montré que le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau entraîne une chute de la teneur en matière sèche totale de 14.3 à 8.8% et qu'en cas de privation ou d'abreuvement insuffisant, la teneur en eau du lait camelin augmente et passe de 87 à 91 %. Ceci constitue selon YAGIL et ETZION (1980).

En effet, la dilution du lait en période chaude traduit un phénomène d'adaptation au désert du dromadaire et par lequel le chamelon est supplémenté en éléments nutritifs

suffisants et en eau (NARJISSE, 1989 ; KHASHKHELI et *al*, 2005 ; HADDADIN et *al*, 2007). D'un autre côté, la teneur en eau du lait camelin est affectée par le contenu en eau des plantes ingérées par la chamelle (KHASHKHELI et *al*, 2005).

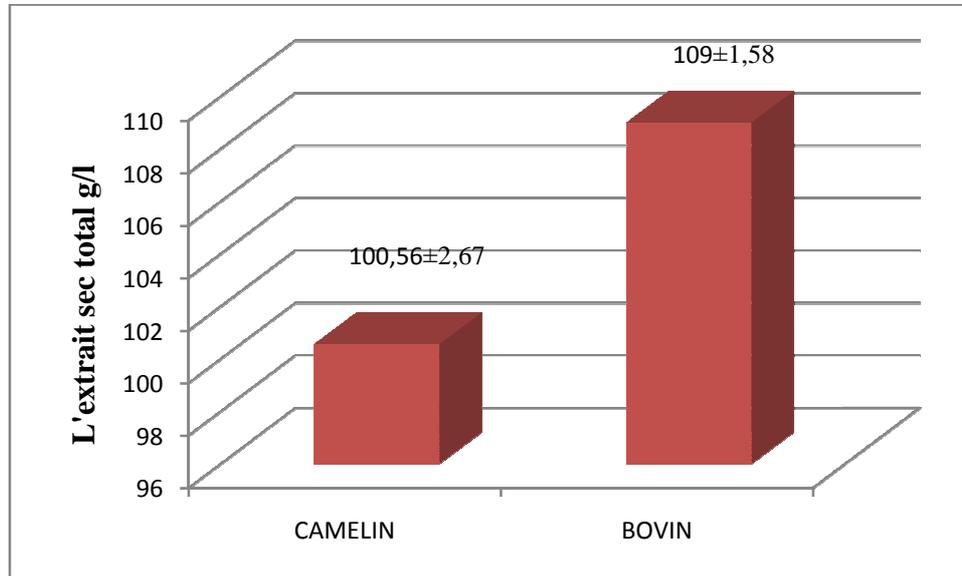


Figure 15 : Teneur en matière sèche du lait camelin comparée à celle du lait bovin.

III.2.6. La vitamine C :

La teneur en vitamine C de l'échantillon du lait camelin est égale à 35,85 mg/l \pm 1,93, au temps que le lait bovin enregistre une valeur égale à 22,76 mg/l \pm 1,008. Les valeurs obtenues sont plus élevés par rapport à celle rapporté par (FARAH et *al* 1992) (26,2 mg/l \pm 1,004), (MEHAIA, 1994) 24.9 \pm 1,06 mg/l. Elle est inférieurs à celle réalisée par (SIBOUKEUR, 2007) 41.40 mg/l \pm 8.20. La variation de la teneur en vitamine C peut être due aux plusieurs facteurs tel que la variabilité de l'alimentation du dromadaire, le stade de lactation, la race, la saison et le climat (STAHL et *al*, 2006).

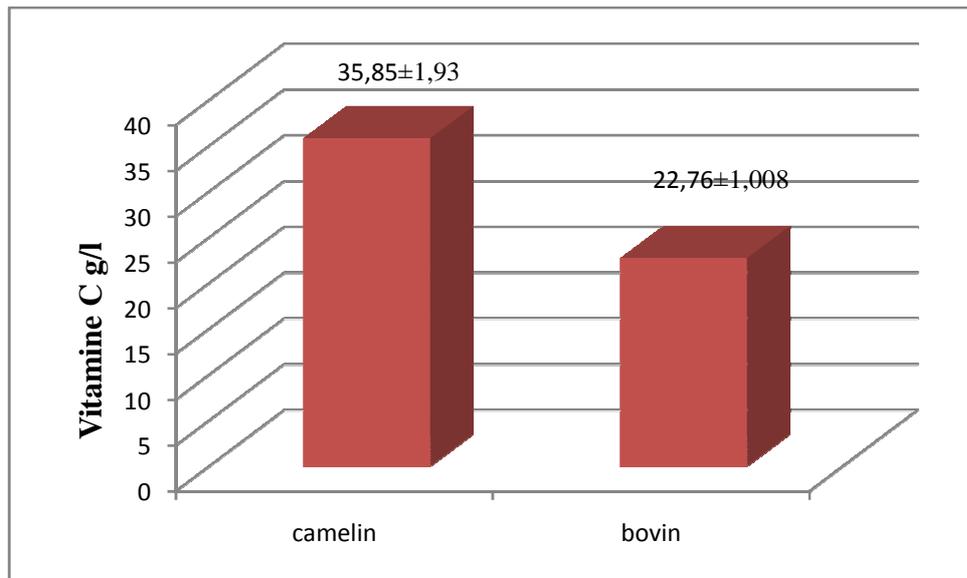


Figure 16: La teneur en vitamine C du lait camelin comparée à celle du lait bovin.

III.3. Résultats des analyses microbiologiques : (annexe 17)

Tableau XIV : Résultats des analyses microbiologiques du lait camelin et du lait bovin :

Germes recherchés	Lait camelin (UFC/ml)	Lait bovin (UFC/ml)	Journal officiel de la république algérienne N° 39 du 02-07-2017
La flore aérobie mésophile totale	$>10^6$	$6,1.10^2$	3.10^5
Staphylocoques à coagulase positive	0	0	10^2
Coliformes thermotolérants	0	0	5.10^2
Salmonelles	0	0	Absence dans 25 ml
Listeria monocytogenes	0	0	100

Le lait contient peu de microorganismes (moins de 10^3 germes / ml) lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (GUIRAUD et GALZY, 1980). Il s'agit de la flore indigène ou originelle constituée essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores.

III.3.1. La flore mésophile aérobie totale :

D'après GUIRAUD (1998), le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel.

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale dans le lait camelin cru révèle une quantité supérieure à 10^6 UFC/ml (tableau XIV). Ces résultats indiquent que les échantillons de lait de chamelle analysés sont chargés en micro-organismes par rapport au lait de vache ($6,1 \times 10^2$ UFC/ml). Selon de nombreux auteurs, comme FARAH (1986) et FAYE (1997), le lait de chamelle a des propriétés antibactériennes qui lui assurent une bonne conservation au frais sans fermentation immédiate. Ce constat s'oppose à la charge microbienne anormalement élevée dans les échantillons analysés. Dans ce sens, CALVO et OLANO (1992) signalent que quand le lait est collecté sous des conditions hygiéniques convenables, sa flore totale ne dépasse pas 10^3 à 10^4 UFC/ml. Cette charge microbienne élevée dans le lait de chamelle serait due à plusieurs facteurs: les mauvaises conditions d'hygiène lors de la traite ou de la conservation qui entraînent une contamination du lait et les fortes températures dans les zones arides favorables à la croissance des microorganismes.

III.3.2. Staphylocoques à coagulase + :

Pour les Staphylocoques à coagulase +, on remarque que pour les deux types de laits ce germe est absent, ces résultats sont conformes à la norme requise pour le lait cru selon le J.O.R.A. et reflètent une bonne qualité sanitaires des laits analysés.

Selon DODD et BOOTH, (2000), le *Staphylococcus* est considéré comme une bactérie pathogène majeure, causant des infections mammaires, ces dernières s'accompagnent d'une augmentation de la perméabilité entre le compartiment sanguin et le lait qui a pour conséquence des modifications de la composition du lait les principales sources de contamination sont, en premier lieu la mamelle. Les infections mammaires à staphylocoques représentent la principale source de contamination du lait à la production, d'autres sources de contaminations sont également à considérer tel que la machine à traire (THIEULON, 2005).

III.3.3. Coliformes thermotolérants :

La présence des coliformes fécaux (thermotolérants) est considérée comme un indice de contamination fécale, il s'agit donc plutôt de marqueurs de mauvaise maîtrise d'hygiène et de mauvaise manipulation (GUIRAUD et ROSEC, 2004).

MOCQUOT et GUITTONNEAU (1939) ont démontrés que les coliformes fécaux sont les plus fréquents dans les excréments des vaches laitières. Ils contaminent le lait directement (par contact direct avec le pis).

Pour les échantillons de lait de chamelle et de vache analysés, nous avons enregistré l'absence des coliformes fécaux. Ces résultats sont conformes aux normes exigées par le J.O.R.A et ils reflètent une qualité hygiénique acceptable pour les deux laits étudiés.

III.3.4. Les Salmonelles :

Les résultats des analyses portant sur le dénombrement des Salmonelles révèlent leur absence dans les échantillons de lait de chamelle et de vache, ce qui est conforme à la norme indiquée dans le J.O.R.A., donc on peut conclure que les deux laits présentent une bonne qualité sanitaire.

L'étude réalisée par BARBOUR et *al* (1984) a mis en évidence l'inhibition des bactéries pathogènes par le lait camelin qui est caractérisé par son activité antimicrobienne, qui est due à la présence des protéines protectrices (Lysozyme, lactopéroxydase, lactoferrine et autres).

La flore de contamination indicatrice d'une mauvaise qualité hygiénique, qui ne provoque généralement pas de maladies chez l'homme adulte, est souvent associée à des entérobactéries pathogènes comme les *Salmonella* ou les *E-coli* pathogènes (GUIRAUD ,1998). Selon FLORAND, (1988) d'autres germes pathogènes peuvent être présents originellement dans le lait suite à la traite d'un animal malade.

III.3.5. *Listeria monocytogenes* :

Les analyses effectuées pour le dénombrement de *Listéria monocytogenes* confirment leur absence totale dans les échantillons des deux laits étudiés, ce qui permet de dire que les deux laits analysés sont d'une bonne qualité hygiénique et ne présentent pas de risque sanitaire pour le consommateur.

Les entérocoques comme notamment *Listeria monocytogenes* peuvent être véhiculés par l'environnement, l'eau de la traite et les ustensiles.

La contamination par *Listeria monocytogenes* des fourrages conservés, et notamment des fourrages fermentés (balles rondes enrubannées, ensilages), est la première étape de la principale voie de contamination du lait dans les élevages. [1]

La contamination du lait cru peut avoir lieu par une contamination interne et directe, ou par une contamination externe et indirecte celle-ci, viendra de l'environnement contaminé en *Listeria* à savoir le paillage, les matières fécales, les trayons souillés de la vache, le matériel de traite mal nettoyé et mal désinfecté et ce, pendant la traite ou juste après. Cette voie externe semble la principale source de contamination du lait cru à la ferme.

Des études effectuées aux USA sur 650 échantillons de lait cru et au Canada sur 315 échantillons de lait cru, ont montré que respectivement 1,3 et 5,4 % des tanks à lait étaient contaminés par *Listeria monocytogenes*. [2].

D'après ces résultats des analyses microbiologiques on peut conclure que :

- Les échantillons de lait de vache analysés sont de qualité microbiologique satisfaisante selon les paramètres soumis à l'analyse.
- Les échantillons de lait de chamelle analysés sont de qualité microbiologique non satisfaisante selon les paramètres soumis à l'analyse et selon les valeurs de critères indiqués.

III.4. Résultats des essais de coagulation du lait de vache et du lait de chamelle :

Tableau XV : Doses de présure et de chlorures de calcium utilisées pour les essais de coagulation du lait de vache et du lait de chamelle et temps de floculation.

Doses et temps de floculation Essais	Présure (g/ 100 ml)	Chlorure de calcium Ca cl ₂ (ml/100ml)	Temps de floculation pour le lait de vache (seconde)	Temps de floculation pour le lait de chamelle (seconde)
Essai 1	0,0025	0,004	0,09	0,46
Essai 2	0,005	0,008	0,09	0,33
Essai 3	0,0075	0,012	0,09	0,21
Essai 4	0,01	0,016	0,09	0,09

D'après le tableau, pour les mêmes doses de présures et les mêmes quantités de chlorure de calcium additionnées pour les quatre essais, on remarque que :

-Pour les échantillons de lait de vache, le temps de floculation est le même (0,09 secondes) pour les différentes doses, cela veut dire que le lait de vache s'est coagulé pour la plus faible dose de présure et de sel de calcium utilisées, soit 0,0025 g/100 ml et 0,004 ml/100 ml respectivement.

-Concernant le lait de chamelle, les concentrations en présure et en chlorure de calcium nécessaires pour le coaguler dans les mêmes temps que le lait de vache, sont d'environ quatre fois supérieures ; c'est le cas de l'essai n° 4 qui sont respectivement de 0,01g/100ml et 0,016 ml/100ml.

L'apport d'un sel de calcium soluble permet de réduire sensiblement les temps de floculation.

Des recherches récentes confirment que la coagulation par la présure est de 2 à 4 fois plus lente dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache (RAMET, 1985 ; FARAH et FARAH- RIESEN 1985 ; FARAH et BACHMAN, 1987 ; RAMET, 1987, MOHAMED et al, 1990).

III.4.1. Description des coagulums (caillée) obtenus :

- Les caillés obtenus à partir du lait de vache sont d'une texture ferme.
- Les caillés formés par le lait de chamelle se caractérisent par une très grande friabilité ; et sont moins fermes que ceux obtenus par le lait de vache, la transition liquide-gel, permettant de définir visuellement le temps de floculation est difficile, l'appréciation est rendue plus aisée en observant la formation de petits floculants de para caséine sur une lame en verre ou en acier inox plongée dans le milieu.

La quantité de lactosérum exsudée dans le cas du lait de chamelle est plus importante par rapport à celle obtenue dans le cas du lait de vache, donc le rendement fromager est moindre pour le lait de chamelle.

Les particularités du lait camelin expliquent les différences observées dans la texture des caillés bovins et camelins obtenus. Telles que la nature des caséines car ces dernières se distinguent selon leur degrés de phosphorylation et donc par leur capacité de liaison aux minéraux ce qui est considéré comme un élément fondamental de constitution de la structure et de la texture des fromages (GAUCHERON, 2005).



Caillé obtenu par le lait de vache



Caillé obtenu par le lait de chamelle

Conclusion générale

Conclusion générale

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

Pour contribuer à une meilleure connaissance de cette matière et afin de proposer une méthode appropriée pour l'amélioration de son aptitude fromagère, nous avons procédé par une étude comparative entre ce lait si apprécié et le lait de vache suivie d'un test de coagulation des deux laits par la présure de veau.

Concernant les analyses physicochimiques préliminaires portées sur le lait de dromadaire nous avons constaté que notre lait collecté présente globalement une composition similaire à celles des laits de la même espèce présentées par plusieurs auteurs dans différentes régions du monde avec de légères variations qui peuvent être attribuée généralement à la variabilité génétique et aux conditions d'élevage.

Le pH moyen mesuré est légèrement inférieure ($6,29 \pm 0,008$) à celui de la vache ($6,60 \pm 0,013$), concernant l'acidité titrable les valeurs relevées sont comparables pour les deux laits.

Les analyses biochimiques indiquent que le lait camelin renferme des teneurs appréciables en protéines, lactose et en cendres, celle-ci sont supérieures à celles contenues dans le lait bovin soient $31,1 \text{ g/l} \pm 1,60$; $45,32 \text{ g/l} \pm 3,04$ et $7,80 \text{ g/l} \pm 0,48$ contre $26,22 \text{ g/l} \pm 0,10$; $39,44 \text{ g/l} \pm 0,18$ et $6,75 \text{ g/l} \pm 0,08$ respectivement. Concernant le taux de matière grasse, le lait de vache en est plus riche ; nous avons relevé un taux de $33,54 \text{ g/l} \pm 1,076$ et pour le lait de chamelle il n'excède pas $23,24 \pm 1,099$. Malgré la pauvreté de l'alimentation qu'il reçoit, le dromadaire procure un lait particulièrement riche en vitamine C, son dosage nous a donné un valeur moyenne de $35,85 \text{ g/l} \pm 1,93$ qui est supérieure à celle du lait de vache à savoir $22,76 \text{ g/l} \pm 1,008$.

Du point de vue microbiologique, le lait bovin analysé est jugé d'une qualité hygiénique satisfaisante puisqu'il renferme une charge en FAMT inférieure à la norme indiquée dans le J.O.R.A, et il ne contient aucun agent pathogène. En ce qui concerne le lait camelin, les analyses microbiologiques effectuées ont révélé que ce dernier est chargé en germes aérobies dont la valeur dépasse la norme exigée par le J.O.R.A, ce qui peut être expliqué par le manque d'hygiène lors de la traite, mais ce lait reste d'une qualité microbiologique acceptable vue l'absence totale des germes pathogènes (Salmonelles, Staphylocoque, et Listeria). On note également que les deux laits sont exempts d'Antibiotiques.

La coagulation du lait camelin par la présure de veau, nous a permis d'obtenir un caillé comparable à celui obtenu par le lait de vache après avoir quadruplé la dose de présure et la quantité du chlorure de calcium rajoutés, ces essais ont aussi montré que la réduction du temps de floculation est possible en ayant recours à cette méthode adoptée.

On peut conclure que le lait de dromadaire peut bien se transformer dans les fabrications fromagères, moyennant quelques ajustements physico-chimiques, permettant par ce procédé de mieux conserver ce lait pour différer dans le temps et dans l'espace sa consommation et ainsi ne pas le limiter aux habitants des milieux arides.

A l'avenir, nous préconisons d'approfondir cette étude en apportant des procédés permettant de transformer ce lait aux valeurs nutritionnelles et thérapeutiques précieuses en fromage, surtout que le potentiel de lait produit n'est pas négligeable et que la disponibilité et le coût de cette matière ne se pose pas.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

ABDEL-RAHIM A.G. (1987) : The chemical composition and nutritional value of camel (*Camelus dromedarius*) and goat (*Capra hircus*) milk. *World Rev. Anim. Prod.*, 23, 9-11.

ABI AZAR, (2007). *Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier, Propriétés technologiques des coagulums obtenus.* Thèse De doctorat de AgroParisTech, 159p.

ABU LEHIA, 1987). Lactation of camels and composition of milk in Kenya. *Milchwissenschaft*, 42, 368-371.

ABU-LEHIA I. H, (1989). Physical and chemical characteristics of camel milk fat and its fraction. *Food Chemistry*, 34, 261-71.

ABU-LEHIA I.H. (1994) : Recombined camel's powder. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

ABU-TARBOUSH H M., AL-DAGAL M.M and AL-ROYLI M.A. (1998): Growth, viability and proteolytic activity of Bifidobacteria in whole camel milk. *J. Dairy Sci.*, 81, 354-361.

AGRAWAL P.P ; SWAMI S.S. ; BENIWALI L.R. ; KOCHAR D.K. ; SAHANI M.S.; TUTEJA F.C and GHOURI S.K, (2003). Effect of raw camel milk on glycemic control, risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study. *Journal of Camel Practice and Research* 10 (1), 45-50.

AHMED A.A., AWAD Y.L., and FAHMY F. (1977): Studies on some minor constituents of camel milk. *Vet. Med. J.*, 25, 51–56.

ALAIS C, (1984). *Science du Lait ; Principe des Techniques Laitières.* SEPAIC,4 ème Ed, Paris.

AL-AWADI F. M., SRIKUMAR T. S, (2001). Trace elements and their distribution in protein fractions of camel milk in composition to other commonly consumed milks. *Journal of Dairy Research*, 68(3) 463-469.

AL-MOHIZEA I. S., ABU-LEHIA I. H., EL-BEHERI M, (1994). Bacterial growth pattern in pasteurized camel's milk. *Egypt. J. Dairy. Sci.*, **22**, 243-252.

AL-RUQAIE I.M., EL-NAHHAL H.M. and WAHDAN A.N. (1987). Improvement in the quality of the dried fermented milk product « oggtt ». *Journal of Dairy Science*, **54**, 429-435.

ALWAN A.A and TARHUNI A H, (2000). *The effect of camel milk on Mycobacterium tuberculosis in man.* Proceeding 2nd Int Camelid Conf. "Agroeconomics of camelid farming", 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.100.

ANONYME (2006). Review of the literature on pastoral economics and marketing. North Africa.

ATTIA H., KHEROUATOU N., NASRI M. and KHORCHANI T. (2000): Characterization of the dromadary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *Lait*, **80**, 503-515.

AZZA M. K., SALMA O. A., 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), 226-234.

BADAOUI Dj. (2000) : Contribution à la connaissance du lait de chamelle : Essai de caractérisation des protéines par Electrophorèse sur Gel de Poly-Acrylamide (PAGE). Thèse d'Ingénieur. Institut d'Agronomie Saharienne. Université d'Ouargla.

BAIDAR KHAN B. and IQBAL A. (2001). Production and composition of camel milk: review. *Pakistani Journal of Agriculture Science*, **38**, 3-4.

BARBOUR E. K., NABBUT N. H., FRERICHS W. M. and AL NAKHLI H. M. (1984). Inhibition of pathogenic bacteria by camel's milk: Relation to whey lysozyme and stage of lactation. *Journal of Food Protection*, **47**, 838–840.

BARBOUR E.K., NABBUT N.H., FRERICHS W.N. and AL NAKHLI H.M, (1984). Inhibition of pathogenic bacteria by camel's milk ; relation to whey lysozyme and stage of lactation. *Journal Food Protect*, **47**, 838-840.

BAYOUMI S. (1990): Studies on composition and rennet coagulation of camel milk. *Milchwirtschaftliche Forsch.*, **42**, 3-8

BEERENS H. et LUQUET F. M. (1987). Guide Pratique d'Analyse Microbiologique des Laits et Produits Laitiers. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

BEKELE T., ZEKELE M. and BAARS R.M.T.(2002). *Milk production performance of the one humped camel (Camelus dromedarius) under pastoral management in semi-arid eastern Ethiopia. Livestock Prod. Sci.*, **76**, 37-44.

BEN-AISSA M. (1989). Le dromadaire en Algérie. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires*, (2), 19-28.

BENGOUMI M., FAYE B. et TRESSOL J.C, (1994). Composition minérale du lait de chamelle du sud marocain. In : Actes du Colloque : "*Dromadaires et chameaux animaux laitiers* », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

BOUDJNAH-HAROUN S, (2012). *Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaire.* Thèse Doctorat en Sciences biologiques, TIZI OUZOU, 99 p.

BOUIX M. et LEVEAU J. Y., (1988) : Les microflores responsables des transformations ; In : techniques d'analyses et de contrôle dans les IAA : le contrôle microbiologique. Vol. III, Tec. et Doc., Paris.

BOURGOIS, C.M., MESCLE J.C., ZUCCA J., 1990. Microbiologie alimentaire. T1. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire, Ed. Tec et Doc, LAVOISIER, Paris, p201.

CHETHOUNA F. (2011) : Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologique du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Thèse de Magister en Sciences Biologiques Université Kasdi Merbah Ouargla.

CHIBAH A, (2012). *Extraction et caractérisation électrophorétiques des protéines membranaires des globules gras du lait de chamelle.* Mémoire magistère en sciences biologiques, université TIZI OUZOU,74p.

CHILLARD Y, (1989). Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire. *In : « Options Méditerranéennes »,* Ed CIHEAM, 101-110.

CHISSOV V.I. et YAKUBOVSKAYA R.I., (1995): Cite par KANUSPAYEVA et al 2003.

CONTI A., GODOVAC-ZIMMERMANN J., NAPOLITANO L. et LIBERATORI J., (1985): Identification and characterization of two - lactalbumins from Somali camel milk. *Milchwissenschaft, 40, 673–675.*

DEBUYSER M. L. (1991): Méthodes d'évaluation des microflore à incidence sanitaire: les Staphylocoques coagulase +. *In : techniques d'analyse et contrôle dans les IAA, Le contrôle microbiologique, Tec. & Doc., Vol.3 : 2 ème Ed, Lavoisier. Paris*

DIARRA M.S., PETITCLERC D. et LACASSE P., (2002) : Effect of lactoferrin in combination with Penicillin on the Morphology and the Physiology of *Staphylococcus aureus* Isolated from Bovine Mastitis. *J. of Dairy Sci. 85, 1141-1149*

DICK A, SLEMENE, EL KORY M , EL KORY O ., (2011) .La variabilité de la teneur doctorat en science des aliments. Université de Montpellier II, France.

DIENG M. (2001) : Contribution a l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industrielle commercialisés sur le marché Dakarais *Th. Méd. Vét., n°10, Dakar, Sénégal*111p.

DILANYAN S. H, (1959). Utilization of mares, ewes, camels and yaks milk in the USSR. *Report Int. Comm. Dairying in warm countries. Brussels, Belgium : International Dairy Federation.*

DREIUCKER J. and VETTER W. (2011). Fatty acids patterns in camel, moose, cow and human milk as determined with GC/MS after silver ion solid phase extraction. *Food Chemistry, 126, 762-771.*

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

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

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

EL-AGAMY E. I., ABOU-SHLOUE Z. I., ABDEL-KADER Y. I, (1998). Gel electrophoresis of proteins, physicochemical characterization and vitamine C contenent of milk of different species, *Alexandria J. Agric. Res*, 43 (2), 57-70.

ELAGAMY E.I., RUPPANNER R., ISMAIL A., CHAMPAGNE C.P.et ASSAF R., (1996) : Purification and characterization of lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme and immunoglobulins from camel's milk. *Int. Dairy J.*, 6, 129-145.

ELAMIN F.M and WILCOX C.J, (1992). Composition of majaher camels. *Journal of Dairy science* 75, (11), 3155-3157.

EL-BATAWY M.A., AMER S.N. and IBRAHIM S.A. (1987). Camel Abomasum as a source of rennet substitute. *Egyptian Journal of Dairy Science*, **15**, 93-100.

EL-HADI SULIEMAN A., ILAYAN A. A., EL FAKI A. E, (2006). Chemical and microbiological quality of Garris, Sudanese fermented camel's milk product. *International Journal of Food Science and Technology*, **41**, 321-328.

ELLOUZ S. et KAMOUN M. (1989): Evolution de la composition du lait de dromadaire en fonction du stade de lactation. *Options Méd.*, **6**, 307-323.

EL-SAYED et al, (1992). Ont montré l'efficacité des protéines protectrices du lait camelin contre, *Lactococcus lactis subspcremoris*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et rotavirus.

EREIFEJ K. I., ALLU'DATT M. H., ALKHALIDY H. A., ALLI I. and RABABAH T. (2011). Comparison and characterization of fat and protein composition for camel milk from eight Jordanian locations. *Food Chemistry*, xx, xxx-xxx. Article in press.

EZE E.N. (1977) cité par DIENG (2001)

FAMELART M-H., GAUVIN G., PÂQUET D. and BRULÉ G. (2009). Acid gelation of colloidal calcium phosphate-depleted preheated milk. *Dairy Science and Technology*, **89**, 335-348.

FARAH Z. (1996). Camel milk: properties and products. SKAT, St. Gallen. Switzerland.

FARAH Z., RETTENMAIER R. and ATTKINS D. (1992). Vitamin content of camel milk. *International Journal of Vitamins and Nutrition Research*, **62**, 30-33.

FARAH Z., STREIFF T and BACHMAN M.R, (1990). Preparation and consumer acceptability tests of fermented camel milk in Kenya. *Journal Dairy Research* , **57**, 281-283.

FARAH Z and BACHMAN M.R, (1987). Rennet coagulation properties of camel milk. *Milchwissenschaft*, **42**, 689-692.

FARAH Z. and FARAH RIESEN M. (1985). Separation and characterization of major components of camel milk caseins. *Milchwissenschaft*, **40**, 669-671.

FARAH et FARAH-RIESEN, 1985 FARAH Z and RÜEGG M.W, (1989). The size distribution of casein micelles in camel milk. *Food Microstruct*, **8**, 211-116.

FARAH Z. (1989), composition and characteristics of camel Milk ;review . *J. DairyRes* .

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

FARAH Z. (1996). Camel Milk Properties and Products. Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management, SKAT, Switzerland.

FAYE B., KONUSPAYEVA G., NARMURATOVA M. and LOISEAU G. (2008). Comparative fatty acid gross composition of milk in bactrian camel and dromedary. *Journal of Camelid Sciences*, **1**, 48-53.

FAYE B. (2003). Performances et productivité laitière de la chamelle : les données de la littérature « lait de chamelle pour l'Afrique ». Atelier sur la filière laitière cameline en Afrique. *Comptes rendus de la FAO*, Niamey.

FERRANTI P ; MALORNI A;NITTI G; LAEZZA P; PIZZANO R ; CHIANESE L and ADDEO F,(1995). Primary structure of ovine α -caseins: localization of phosphorylation sites and characterization of genetic variants A, C, and D. *J Dairy Res* ,**62**, 281-296.

FLORIAN RONEZ. (2012). *Le lait et sa coagulation* [archive], extrait thèse de doctorat.

FOX P.F. (2001). Milk proteins as food ingredients. *Int.J.Dairy Tec.*, **54**(2), 41- 55. 1379-1400.

GAFNER Jean-Louis.(2012). La qualité microbiologique des aliments pour animaux, Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

GARNIER J. and RIBADEAU DUMAS B. (1970). Structure of the casein micelle. A proposal model. *Journal of Dairy Research*, **37** (3), 493-505

GAST M., MAUBOIS J.L et ADDA J, (1969). - *Le lait et les produits laitiers en Ahaggar.* Ed Paris, Arts et mé tiers graphiques, Paris, 69 p.

GLASS R. L., TROOLIN H. A., JENNESS R, (1967). Comparative biochemical studies of milks ; IV : constituent fatty acids of milk fats. *Comp. Biochem. Physiol.*, **22**, 415-425.

GNAN S.O. and SHERIHA A.M. (1986). Composition of Libyan camel milk. *Australian Journal of Dairy Technology*, **41**, 33-35.

GONZALEZ P. (1949) : L'alimentation du dromadaire dans l'Afrique Française.

GORBAN A. M. S., IZZELDIN O. M, (1999). Study on cholesteryl ester fatty acids in camel and cow milk lipid. *International Journal of Food Science and Technology*, **34** (3), 229-234.

GORBAN A. M. S., IZZELDIN O. M, (2001). Fatty acids and lipids of camel milk and colostrum. *Journal of Food Science and Nutrition*, **52**, 283-287.

GORBAN A.M.S. and IZZELDIN O.M.(1997). Mineral content of camel milk and colostrum. *J. Dairy Techn.*

GOUDA J., EL ZAYAT A. and EL-SHABRAWY S.A. (1984). Electron microscopy study on the size distribution of caseins micelles, fat globule membrane of camel milk. *Annals of Agricultural Science. Ain Shams University, Egypt*, **29** (2), 755-762.

GREAUME A., (1975): Le lait cru : ce qu'il doit être, comment l'obtenir. Th. Méd. Vét., Toulouse, n° 102,90 p.

GUIRAUD J.P. (1998) : Microbiologie des principaux produits alimentaires ; in :«Microbiologie Alimentaire, Techniques de Laboratoire » Dunod, Paris.

HADADDIN M. S. Y., GAMMOH S. I. and ROBINSON R. K. (2007). Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *Journal of Dairy Research*, **75**, 8-12.

HAMBRAEUS L., (1982). Nutritional aspects of milk proteins. *Journal of Food and Nutrition*, **39**,1-13.

HARTELY B.J,(1980). *Camels in the horn of Africa*. I.F.S. Workshop on camels, Khartoum, Sudan.

HASSAN A. A., HAGRASS A. E., SORYAL K. A., EL SHABRAWY S. A, (1987). Physico-chemical Properties of camel milk during lactation period in Egypt. *Egyptian Journal Food Science*, 15 (1), 1-14.

JARDALI Z et RAMET J.P, (1991). Composition et taille des micelles du lait de dromadaire. Lait.

JARDALI Z, (1988). *Contribution à l'étude de la composition du lait de dromadaire*. DEA présenté à l'ENSAIA, Nancy, France.

JOFFIN C. (1999). Microbiologie alimentaire. Ed : dictionnaire des tec. 132, 139p. ISBN : 2-86617-342-2.

JOFFIN C. et JOFFIN J.N, 1999. Microbiologie alimentaire, 5^e édition, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 213p.

JOUAN P , (2002). *Lactoprotéines et Lactopeptides : propriétés biologiques*. Ed Quae, Amazon Media EU S.à.r.l, 128p.

KAGEMBEGA J. M. (1984): Contribution à l'étude de la salubrité des laits caillés et yaourt à Dakar. Th. Pharm., Dakar, n° 24.

KAMOUN M, (1995). Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. In : « *Option Méditerranéenne* », *CIHEAM*, **13**, 81-103.

KAMOUM M et RAMET J.P, (1989). Conservation et transformation du lait de dromadaire. In : « *Option Méditerranéenne* » CIHEAM, **6**, 229-231.

KAMOUM M, (1990). La production de fromage à partir du lait de dromadaire. In : « *Option Méditerranéenne* », CIHEAM, **12**, 119-124.

KAMOUM M, (1994). Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation : conséquences technologiques. In : Actes du Colloque « *Dromadaires et chameaux animaux laitiers* », 24-26-octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie.

KANDIL H.M., 1984: Studies on camel nutrition. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Egypt, 76p.

KANUSPAYEVA G., FAYE B. et SERIKBAEVA A., (2003): Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie centrale. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger.

KAPPELER S., FARAH Z and PUHAN Z, (1998). Sequence Analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins. *J Dairy Res.*, **65**, 206-222.

KAPPELER S.R., FARAH Z. and PUHAN Z. (1999a). Alternative splicing of lactophorin mRNA from lactating mammary gland of the camel (*Camelus dromedarius*). *Journal of Dairy Science*, **82**, 2084-2093.

KAPPELER S.R., FARAH Z and PUHAN Z, (2003). Flanking Regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. *Journal of Dairy Science*, **86**, 498-508. Cité par **BOUDJNAH**.

KARRAY N; CHRISTELLE L; PIERRE L and MICHEL O, (2004). Dromadary milk fat thermal and structural properties 1 cristalline formsobaind by slow cooling , *L ait* ,**84**,399-416.

KARRAY N., LOPEZ C., OLLIVON M. and ATTIA H. (2005). La matière grasse du lait de dromadaire: composition, microstructure et polymorphisme. *Revue OCL*, **12**, 439-446.

KARRAY N., DANTHINE S., BLECKER C. and ATTIA H. (2006). Contribution to the study of camel milk fat globule membrane. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **57** (5/6), 382-390.

KARUE C.N. (1994). The Dairy Characteristics of Kenya Camel. Acts du colloque : «Dromadaires et chameaux animaux laitiers », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

KARUE C. N. (1998). The dairy characteristics of the Kenyan camel. In Bonnet P. (Ed.), Actes du colloque, Dromadaires et chameaux, animaux laitiers/Dromedaries and camels, milking animals, CIRAD Publishing, Nouakchott, Mauritania.

KHASKHELI M., ARAIN M. A., CHAUDHRY S., SOOMRO A. H. and QURESHI T. (2005). Physic chemical quality of camel milk. Journal of Agriculture and Social Sciences, 01 (2), 164-166.

KNOESS K.H., MAKJDUN A.J., RAFIG M. and HAFEEZ M. (1986): Milk Production Potential of the Dromadary with special reference to the province of Penjab. World Anim. Rev., 57, 11 -21.

KNOESS K.H., (1977): The camel as a meat and milk animal. World Animal Rev., 22, 39–44.

KONUSPAYEVA G., LEMARIE E., FAYE B., LOISEAU G. and 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**, 327-340.

KONUSPAYEVA G ; FAYE B ; SERIKBAEVA A, (2003). *Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie centrale.* In : « Lait de chamelle pour l'Afrique », Niamey, 71 - 82.

KONUSPAYEVA G; LOISEAU G; FAYE B, (2004). Le plus value "santé " du lait de chamelle cru et fermenté l'expérience du kazakhstan *.Rencontre de recherche Ruminants*, **11**, 47-50.

KONUSPAYEVA, G, (2007). *Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (Camelus bactrianus, Camelus dromedarius et hybrides) au Kazakhstan.* Thèse Doctorat en Sciences des Aliments, Université Montpellier II, 255p.

LAHELEC C. et COLIN P. (1991) : Méthode d'évaluation des différentes microflores à incidence technologique: la flore psychrotrophe. In : techniques d'analyses et contrôle dans les *IA A, Tee. & Doc.*, Vol.3, 2^{ème} Ed., Lavoisier, Paris.

LARPENT J.P., COPIN M.P., GERMONVILLE A., JACQUET M. et THETAS J.L. (1997). Microbiologie du lait et des produits laitiers ; in : « Microbiologie Alimentaire ed. Larpent, Technique et Documentation, 1^{ère} Ed., Lavoisier, Paris.

LARSON-RAZNIKIEWICZ M. and MOHAMED M.A., (1986). Analysis of the casein content in camel (*Camelus dromedaries*) milk. *Swedish Journal of Agriculture Research*, **13**, 16-18.

LARSSON-RAZNIKIEWICZ M and MOHAMED M.A, (1994). Camel's (*Camelus dromedarius*) Milk : properties important for processing procedures and nutritional value. Actes du Colloque : « *Dromadaires et chameaux animaux laitiers* », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

LASMANI K. (1986). Le dromadaire en Algérie, perspective d'avenir. Thèse de Magister en Sciences agronomique, Institut National Agronomique d'El-Harrach. Alger.

MARCHIN S., PUTAUX J.L., PIGNON F. and LÉONIL J. (2007). Effects of the environmental factors on the casein micelle structure studied by Cryo-TEM and SAXS/USAXS". *The Journal of Chemical Physics*, **126**, 95-101.

MATHIEU J, (1998). *Initiation à la Physico-Chimie du Lait*. Ed Tec Doc Lavoisier, Paris.

MEHAIA M.A, (1987). Studies on camel milk casein micelles ; treatment with soluble and immobilized chymosin. *Milchwissenschaft*, **42**, 706-708.

MEHAIA M.A; HABLAS M.A ; ABDELRAHMAN K.M ; EL-MOUGY S. A, (1995). Milk composition of mayahem wadiah and hamra camels in Saudi Arabia . *Food chemistry*, **5**,115-122.

MEHAIA M.A. and ALKANHAL M.A. (1992): Taurine and free amino acids in milk camel, goat, cow and man. *Milchwissenschaft*, **47**, 351-353.

MEHAIA M. A. (1993a). Fresh soft white cheese (Domiaty-Type) from camel milk: composition, yield, and sensory evaluation. *Journal of Dairy Science*, **76**, 2845-2855.

MEHAIA M.A. (1994b). Vitamin C and riboflavin content in camels milk: effects of heat treatments. *Food Chemistry*, **50**, 153-155.

MEHAIA M.A., HABLAS M.A., ABDEL-RAHIM K.M. and MOUGY S.A. (1995). Milk composition, Wada and Hamra camels in Saudi Arabia. *Food chemistry*, **52**, 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**, 297-301.

MOHAMED M.A., LARSSON-RAZNIKIEWICZ M and MOHAMUD M.A, (1990). Hardcheese making from camel milk. *Milchwissenschaft*, **45**, 716-718.

MOSLAH M. (1994) : La production laitière du dromadaire en Tunisie. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

NARJISSE, H, (1989). Nutrition et production laitière chez le dromadaire. *In : « Options Méditerranéennes » Ed CIHEAM*, **2**, 163-166.

OCHIRKHUYAG B., CHOBERT J. M., DALGALARRONDO M., CHOISSET Y.and HAERTLE T. (1997).Characterization of caseins from Mongolian Yak, Khainak and Bactrian camel.*Lait*, **77**, 601-613

OCHIRKHUYAG, B., CHOBERT, J.M., DALGALARRONDO, M., CHOISSET, I.Y. and HAERTLE, T. (1998). Characterization of whey proteins from Mongolian Yak, Khainak, and Bactrian Camel. *Journal of food Biochemistry*, **22**, 105-124.

PEYER D.E et FABREGUES B, (1989). Le dromadaire dans son milieu naturel. *Elev Méd Vét Pays Trop*, **42**, 127–132.

PIGNON F., BELINA G., NARAYANAN T., PAUBEL X., MAGNIN A. and GÉSANGUIZIOU G. (2004). Structure and rheological behavior of casein micelle suspensions during ultrafiltration process. *The Journal of Chemical Physics*, **121**(16), 8138-8146.

PILET C., BORDON J. L., TOMA B., MARCHAL M.,BALBASTRE C. (1979): Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne, 2 ème Ed., DOIN, Paris.

RAMET J.P, (1985). *La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen.* Etude FAO production et santé animales ,**48**.Rome, Italie.

RAMET, (1987): Production de fromages à partir de lait de chamelle en Tunisie. Rapport mission FAO, Rome, 1–33.Rev. Elev. Méd. Vét. des Pays Trop., **44**, 325-334.

RAMET, (1987) : Use of bovine calf rennet to coagulate raw camel milk. Wld Anim. Rev ; 61 :11-16.

RAMET J.P, (1985). *La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen.* Etude FAO production et santé animales ,**48**.Rome, Italie.

Ramet J.P. (1990). Processing of Dairy Production from Camel Milk. Mission Report, FAO, 1-43.

Ramet J.P. (1991). La transformation fromage du lait de dromadaire. Rev.Mond. Zootech., **67**, 21-28.

RAMET J.P, (1993). *La technologie des fromages au lait de dromadaire (Camelus dromedarius).* Etude FAO Production et santé animales, 113, Rome.

RAMET, 1993 .P (1993): la technologie de fromages au lait de dromadaire (camelus dromedarius) .Etude F.A.O.,production et santé animales,113.

RAMET J. P. (2003) : Aptitude à la conservation et à la transformation fromagère du lait de chamelle. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre,Niamey, Niger.

RAO M.B; GUPTA R.C and DASTUR N.N, (1970). - Camel's milk and milk products. *Indian J. Dairy Sci*, **23**, 71–78.

RIBADEAU-DUMAS B. and GRAPPIN R. (1989): Milk protein analysis. Lait, **69**, 357-416.

RICHARD D. et GERALD D. (1989): La production laitière des dromades Dankali (Ethiopie). Rev. Elev. Méd. Vét.Pays Trp., **42**, 97-103.

SABUMUKAMA C.(1997): Recherche d'enzymes adaptées pour la vérification de la pasteurisation du lait de dromadaire et mise au point d'un test simple de contrôle. Rapport de stage au CIRAD-SAR et ENSIA, France.

SAITMURATOVA et al, (2007).

SAWAYA W. N; KHALIL J. K; AL SHALHAT A and AL MOHAMMAD H,(1984). Chemical compositional and nutritional quality of camel milk . *journal of food science*, **49**, 744-747.

SCHMIDT D.G, (1982). *Association of caseins and casein micelle structure*. Developments in dairy chemistry, Applied science publisher, London, 61-86.

SCHMIDT-NIELSEN K. (1964): the camel in desert animals: Physiological problems of heat and water. Clarendon presse Oxford

SEMASAKA G. (1986): Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés commercialisés dans la région de Dakar. Th. Méd. Vét., Dakar, n° 6, 133 p.

SIBOUKEUR O; MATI A et HESSAS B, (2005). Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait camelin (*Camelus dromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers d'étude et de recherches francophones Agricultures*, Ed John Libbey, **5**(14), 473-478.

SIBOUKEUR O, (2007). - *Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation*. Thèse Doctorat en Sciences Agronomique, EL-HARRACH-ALGER, 135p.

SIBOUKEUR O., (2011).Potentiel nutritif du lait collecté localement à partir de chamelle « Population Sahraoui » : un atout pour la sécurité alimentaire de la population locale, Université KASDI MERBAH - Ouargla- Algérie,

SIMPKIN S.P., ROWLINSON P., TULLU D. and LESORO-GOL P. 1997: A comparison of two traditional camel calf management system in Kenya and their implications for milk production. *Journal. Camel practices. Research.* **4**: 229-234.

VIA FRANCK S.G., BONFOH B., GARBA M., ILOU I., KAMIL H and FAYE B, (2003). Valorisation du lait de chamelle au Sahel : Opération "fromages camelins" dans le Tadsit (Niger) et à Tombouktou (Mali). In : Actes de l'Atelier International « *Lait de chamelle pour l'Afrique* », 5-8 novembre, Niamey, Niger.

VIGNOLA C. (2002). Science et technologie du lait éd. Presses Internationales polytechnique.

WALSTRA P, (1990). On the stability of casein micelles. *Journal of Dairy Science*, **73**, 1965-1979.

WANGOH J., FARAH Z and PUHAN Z, (1998). Iso-electric focusing of camel milk proteins. *International Dairy Journal*, **8**, 617-621.

WILSON R.T, (1984). *The camel*. Ed Longman publisher, London, p 223.

YAGIL R., ZAGORSKI 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.

YAGIL R et ETZION Z., (1980). Effect of drought conditions on the quality of camelmilk. *J. Dairy. Res.*, **47**, 159-166.

YAGIL R. et ETZION Z. (1980a). Effect of drought conditions on the quality of camel milk. *J. Dairy. Res.*, **47**, 159-166.

YAGIL R, (1982). *Camels and Camel Milk*. FAO Animal production and Health paper , **26**, 1-13.

YAGIL R, (1985). *The Desert camel ; comparative physiological adaptation*. Ed KARGER, 109-120.

ZAGULKI T., (1989): Lactoferrin can protect mice against a lethal dose of *Escherichia coli* in experimental infection in vivo. *Br.J.Exp.Pathol.* 70697-704 *Br. J. Exp. Pathol.*, **70**, 697-704.

ZELEKE Z. M. (2007). Non genetic factors affecting milk yield and milk composition of traditionally managed camels (*Camelus dromedarius*) in eastern Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, **19** (6).

Sites web :

1. <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1007776>
2. <http://www.sante.dz/ipa/Lebres.pdf>
3. [http://www.Catalogue produit chimique.Antibiotiques dans le lait \(detection Beta-star S/Beta-star Combo\).](http://www.Catalogue produit chimique.Antibiotiques dans le lait (detection Beta-star S/Beta-star Combo).)
4. [https://www.scribd.com/doc/24144901/Agents-Coagulants.](https://www.scribd.com/doc/24144901/Agents-Coagulants)
5. <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/chem.html> [archive]
6. <http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/fr/K-Casein>
7. <http://www.chups.jussieu.fr/polys/biochimie/DGbioch/POLY.Chp.7.6.html> [archive]
8. <http://www.pep.chambagri.fr/caprins/html/contenu/pdf/mail%20du%202dec08>
9. http://www.inra.fr/inra_cepia/vous_recherchez/des_resultats/la_structure_de_la_micelle_de_caseines
10. <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/chem.html>

Annexes

Annexe 01 : La chamelle est répartie sur 17 wilayas (figure 03), avec près de 92% soit 155961 têtes dans les huit wilayas sahariennes, et les 5% restant (12511 têtes) dans les neuf Wilayas steppiennes (M.A.D.R, 2006).

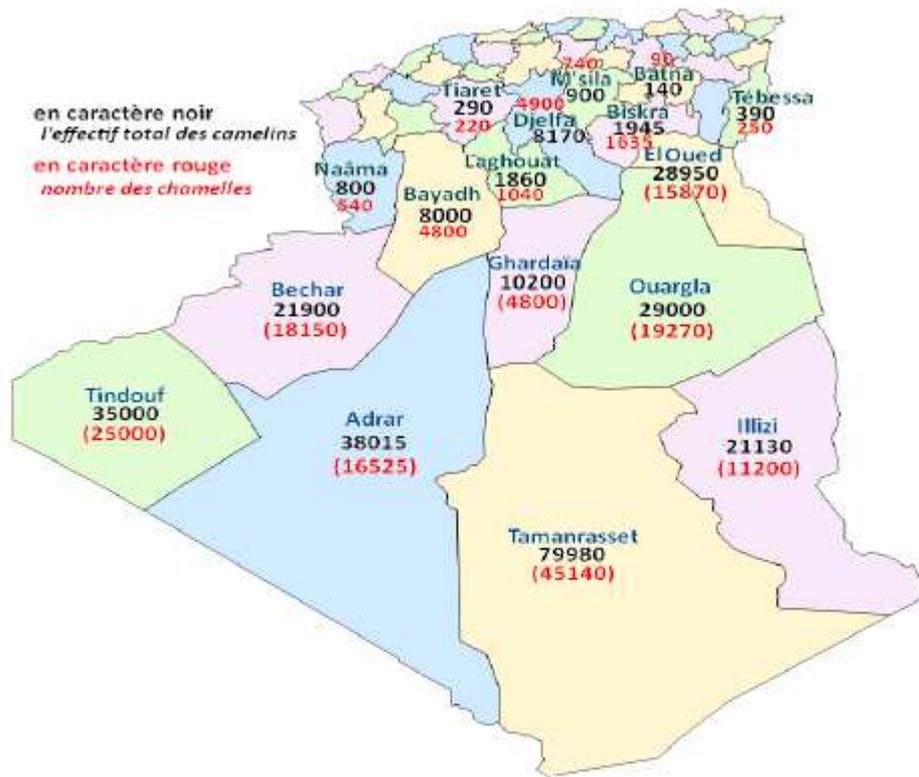
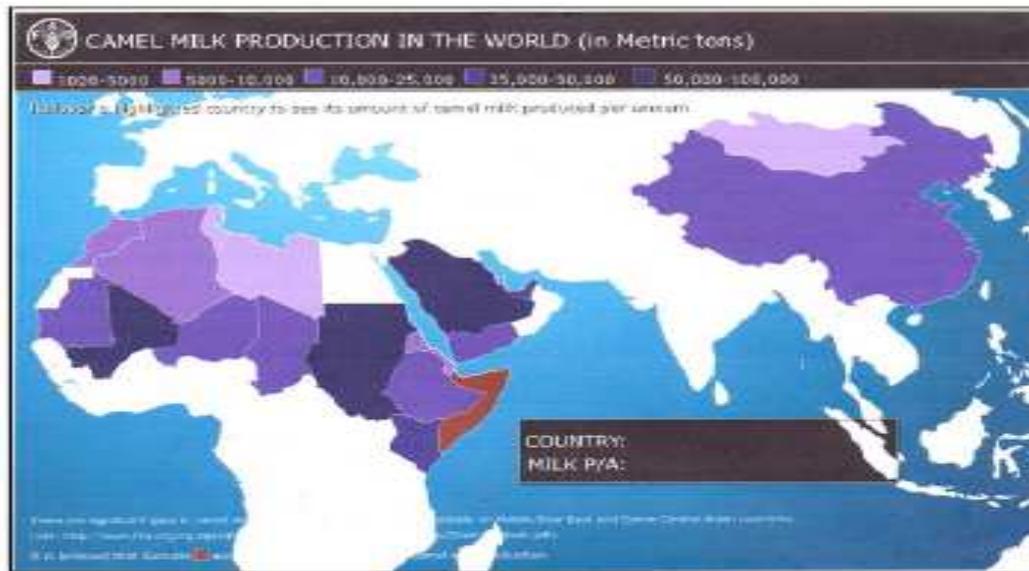


Figure 01: la carte des effectifs camelins et leur répartition en Algérie (en têtes, Données 2006- M.A.D.R).

Annexe 02 : Production du lait de chamelle dans le monde, données FAO (2009).



Quantité de lait produite selon les pays (tonnes de lait/ an) :

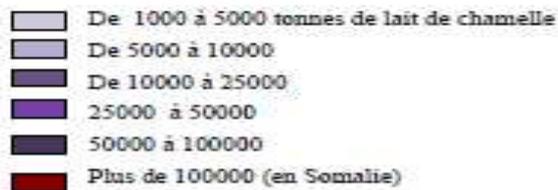


Figure 02 : Production du lait de chamelle dans le monde, données (FAO, 2009).

Annexe 03 : Détermination du pH :

1. Matériel et produit :

- PH-mètre.
- Bécher.
- 50 ml de lait camelin et bovin

2. Mode opératoire :

- Plonger l'électrode dans un bécher contenant 50 ml du lait.
- La valeur affichée sur l'écran de l'appareil correspond au pH du lait à 20°C

Annexe 04 : Détermination de l'acidité Dornic

1. Réactifs :

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

2. Appareillage :

- Pipettes de 10 ml.
- Bécher de 50 ml.

3. Mode opératoire :

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

La valeur de l'acidité titrable exprimée en degré Dornic ($^{\circ}\text{D}$), est donnée par l'expression suivante :

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

Annexe 05 : Détermination de la densité :

1. Matériels :

- Un densimètre
- Un thermomètre
- Une éprouvette de 1000 ml

2. Mode opératoire:

Le principe consiste à plonger un densimètre dans une éprouvette de 1000 ml rempli de lait à analyser, Lorsqu'il stabilise, une lecture directe donne le résultat (**SBOUI et al. 2009**).

3. Expression des résultats:

La densité est lue directement sur le densimètre.

Si la détermination de la densité n'a pas été effectuée exactement à la température de 20 °C, le résultat doit être réajusté. La correction de la densité se fait comme suit :

- Si la $T > 20^{\circ}\text{C}$, Densité corrigé = densité lue + 0, 2(température du lait-20)
- Si la $T < 20^{\circ}\text{C}$, Densité corrigé = densité lue - 0, 2(température du lait-20)
- si la $T = 20^{\circ}\text{C}$, Densité corrigé = densité lue (MATHIEU, 1998).

Annexe 06 : Détermination des antibiotiques :

Recherche des résidus des Beta-lactames et des Tétracyclines : méthode de type « Receptor Assaye » basé sur l'emploi d'un récepteur spécifique lié a des particules d'or.

1. Principe :

Le test se réalise se réalise en une seule étape : un volume de lait donné est introduit dans un tube, puis déposé dans un incubateur.

La bandelette est ensuite introduite dans le tube pour démarrer le test. Au cours de l'incubation, le lait migre le long de la bandelette en entraînant les réactifs présents au pied de celle-ci. En présence des antibiotiques, les réactifs de détection vont êtres complètement ou partiellement bloqués .L'intensité de la couleur de la réponse correspondant à là où les lignes antibiotiques seront plus faibles, montrant un résultat positif pour le ou les antibiotiques.

2. Mode opératoire :

Ajouter 300µl de lait à analyser dans un tube jetable, introduit une bandelette. Incuber 5 min à 47,5°C. Puis lire la bandelette.

3. Lecture :

La présence de trois traits rose assure l'absence des antibiotiques.

Annexe 07: Fiche technique du Lactoscan ultrasonic milkalyzer

La conductivité électrique, la teneur en matière grasse, protéines, lactose ainsi que le taux de cendres sont mesurés à l'aide d'un Lactoscan ultrasonic milkalyzer.

1. Principe de mesure :

Pour commencer la mesure :

- Verser l'échantillon préalablement préparé dans le porte-échantillon de l'analyseur ;
- Placer le porte-échantillon dans la cavité de l'analyseur ;
- Appuyez sur la touche ENTER ;

L'Analyseur de lait ultrasonique 04.11.09 17/102 suce le lait, effectue la mesure et retourne le lait dans le réservoir de liquide résiduaire. Pendant la mesure, la température de l'échantillon est affichée sur l'afficheur. Ignorez les résultats reçus immédiatement après avoir allumé l'analyseur et après avoir mesuré l'eau distillée. Effectuer une deuxième mesure avec une nouvelle portion du même échantillon.

Lorsque la mesure est terminée, l'échantillon revient dans le porte-échantillon et l'afficheur indique les résultats.

Annexe 08 : Détermination de l'extrait sec total :

1. Mode opératoire:

- Peser une coupelle métallique séchée, soit M₀ ;
- Introduire une prise d'essai de 5ml de lait (pour la détermination de EST) dans cette coupelle ;
- L'introduire dans l'étuve réglée à 105 ± 2°C et laisser pendant 3h ;
- La mettre dans le dessiccateur et laisser refroidir jusqu'à la température ambiante ;
- La peser encore une fois, soit M₁.

Expression des résultats:

$$(M_1 - M_0) \times 1000 / V$$

EST ou ESD, exprimés en g/l de lait est donné par :

Où : M1 : est la masse en g, de la coupelle vide.

M0 : est la masse en g, de la coupelle et du résidu après dessiccation et refroidissement.

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

Annexe 09: Détermination de la vitamine C :

1. Matériel et produit :

- Verrerie usuelle.
- Acétate basique de Plomb 10%.
- Carbonate de sodium.
- Acide sulfurique à 10%.
- Eau distillée.
- Amidon.
- Solution d'iode 0,1 N.

2. Mode opératoire :

▪ Défécation :

- Prendre 50 ml de lait dans un erlenmeyer.
- Ajouter 10ml d'acétate basique de Plombe (10%).
- Agité bien puis filtré.
- Ajouté ensuite 1g de carbonate de sodium dans un erlenmeyer.

▪ Titrage :

- Verser 5ml de filtrat obtenus dans un erlenmeyer
- Compléter avec l'eau distillé jusqu' a 100 ml.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique à 10%.
- Titrage est effectuer à l'aide d'une solution d'iode (0,1 N) en présence d'amidon jusqu'à la coloration (bleu-violet).

3. Calcul :

$$\text{Teneur en vitamine C (mg/l)} = n. t. 8,805 / 5. 0,1$$

Sachant que :

t : Titre de la solution d'iode = 0,1 mol/l

n : chute de burette

Annexe 10 : Dénombrement de la flore mésophile totale :

1. Mode Opérateur :

Le dénombrement des est réalisé en mettant 1 ml de chaque dilution (10^{-3} et 10^{-4}) au centre des boîtes de pétri puis on fait couler environ 15 ml de la gélose PCA préalablement fondue et refroidie à 45°C. Mélanger soigneusement l'inoculum dans le milieu de culture en forme de « 8 » et laisser les boîtes se solidifier sur la palliasse. La flore est dénombrée après 72 heures d'incubation à 30°C.

Annexe 11: Recherche et dénombrement Staphylocoques à coagulase positive :

1. Mode opératoire :

1.1. Ensemencement :

Etaler 1 ml de lait à la surface du milieu Baird Parker préalablement coulé sur les boîtes de pétri. Attendre 15 minutes avant de placer les boîtes de Pétri retournées dans une étuve à $37^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ pendant 24 à 48 heures.

1.2. Sélection des boîtes et choix des colonies :

Après 24 et 48 heures d'incubation, marquer sur le fond des boîtes les colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques :

1.3. Colonies caractéristiques : Colonies noires, brillantes, convexes, entourées d'une zone transparente qui peut être translucide. Après 24 heures, peut apparaître dans cette

zone transparente un anneau opalescent immédiatement au contact des colonies.

1.4. Colonies non caractéristiques : Colonies noires, brillantes convexes ou gris noirâtre ayant parfois un aspect mat et une texture sèche, dépourvues de zone transparente (excepté certaines colonies gris noirâtre).

1.5. Retenir pour comptage :

- les boîtes contenant moins de 250 colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques par boîte de 140 mm.
- 150 colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques par boîte de 90 ou 100 mm.

Prélever en vue de l'épreuve de la coagulase un nombre maximum de cinq colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques en tenant compte de leur nombre respectif.

De manière identique, dix colonies au maximum seront prélevées dans le cas d'un volume réparti en trois fractions ou en double.

2. Epreuve de la coagulase :

Ensemencer la colonie dans un bouillon cœur et incuber dans une étuve à 37 ° C durant 20 à 24 heures. Pour l'épreuve de la coagulase, utiliser un plasma de lapin contenant de l'E.D.T.A. (acide éthylène diamine tétra-acétique), à défaut ajouter une solution d'E.D.T.A. de sorte que la concentration finale dans le plasma réhydraté soit de 0,1 %. L'épreuve est reconnue positive lorsque le coagulum occupe plus des trois quarts du volume initial.

Annexe 12: Recherches et dénombrement des coliformes thermotolérants :

1. Mode Opérateur :

Après avoir préparé les dilutions (10^{-1} , 10^{-2}), déposer 1ml dans une boîte de pétri vide, puis couler en dessus une couche de VRBL pré-fondue et refroidi à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires pour bien mélanger la gélose et l'inoculum. Laisser la gélose se solidifier puis incuber les boîtes à 44°C pendant 24 heures.

2. Lecture:

Les coliformes thermotolérants apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge cerise. Le nombre trouvé est multiplié par l'inverse de la dilution et exprimés en nombre de germes par ml ou g de produit.

3. Interprétation :

Seules les boîtes de pétri renfermant un nombre de colonies compris entre 30 colonies et 150 colonies sont retenues.

Annexe 13 : Recherche et dénombrement des Salmonelle :

1. Milieux de culture :

Bouillon d'eau peptonnée tamponnée, milieu Rappaport, milieu sélectif (Hektoen) + additif, milieu TSI.

2. Mode Opérateur :

2.1. Pré-enrichissement :

-On introduit aseptiquement 25g de l'échantillon à analyser dans 225ml d'eau péptonnée tamponnée.

-Le flacon à visée stérile est incubé à 37°C pendant 16 à 20 heures.

2.2. Enrichissement primaire :

On porte 0,2 ml du pré-enrichissement sur un tube contenant 5ml de milieu Rappaport et qui sera incubé à 37°C pendant 18 à 24h.

2.3. Isolement :

Le flacon de résultat positif fera l'objet d'un isolement en stries sur milieu gélose Héktoen (milieu préalablement coulé dans les boîtes de pétri à raison de 15 à 18 ml, puis séché) en utilisant une anse de platine.

3. Lecture des boîtes et identification :

Les salmonelles se présentent sous forme de colonies souvent gris bleu à centre noir sur gélose Héktoen.

Annexe 14 : Recherche et dénombrement de Listeria monocytogenes :

1. Principe :

En général, la recherche de *Listeria monocytogenes* nécessite au moins quatre étapes successives :

1.1.Enrichissement primaire en milieu sélectif liquide :

Prise d'essai de 25 gr ou 25 ml d'échantillon dans le milieu sélectif Fraser au demi. Incubation à 30°C pendant 18 à 24 h.

1.2. Enrichissement secondaire et isolement primaire :

Après la période d'incubation du milieu procéder :

* d'une part, à l'enrichissement secondaire dans du bouillon Fraser en tubes à raison de 0,1 ml de la solution obtenue et incubé à 37°C pendant 24h.

* et d'autre part, à l'isolement primaire par stries sur une plaque de gélose Oxford ou Palcam. L'incubation se fera à 37°C pendant 24 à 48 heures.

1.3. Confirmation :

Après la période d'incubation des milieux procéder :

* d'une part, à l'isolement secondaire par stries sur une plaque de gélose Oxford ou Palcam, à partir du bouillon d'enrichissement secondaire. L'incubation se fera à 37°C pendant 24 à 48 heures,

* et d'autre part, à la lecture des plaques de gélose Oxford ou Palcam. Observer les colonies caractéristiques, repiquer trois à cinq d'entre elles sur milieu TSYEA en vue d'une purification. L'incubation des plaques de gélose TSYEA se fera à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Annexe 15 : Appareillage, petit matériel, réactifs et milieux de culture.

Tableau XVI: Présentation des appareils et matériels utilisés pour les différentes analyses.

Appareillage	Petit matériel
<ul style="list-style-type: none">• Acidimètre• Bain marie• Balance analytique (Kern)• Balance de précision• Bec- bunsen• Désiccateur• Etuves• Hotte à flux laminaire et hotte à flux vertical• Incubateur• Lactodensimètre• Lactoscan• pH-mètre (INOLAB)• Thermomètre	<ul style="list-style-type: none">• Bêchers• Coupelle métallique• Eprouvettes• Erlenmeyer.• Fioles• Flacons• Pipettes graduées• Tubes à essais

Tableau XVII : Liste des réactifs et milieux de cultures utilisés :

Réactifs	Milieux de culture
<ul style="list-style-type: none">• Acétate basique de Plomb 10%.• Acide sulfurique à 10%.• Amidon.• Bandelettes pour antibiotiques• Carbonate de sodium.• Eau distillée.• Phénophtaléine à 1%.• Solution d'iode 0,1 N• Solution de (NaOH, N/9)• Chlorure de calcium• Présure	<ul style="list-style-type: none">• Bouillon au sélénite-cystine• Bouillon cœur• Bouillon d'eau peptonnée tamponnée• Bouillon Fraser• Gélose Oxford• Gélose Palcam• Gélose PCA• Hektoen• Milieu Rappaport• Milieu sélectif (Hektoen)+additif• Milieu TSI• Milieu TSYEA• TSE• VRBL

Annexe 16 :



Photo 01 : pH-mètre

Photos 02 : Lactodensimètre

Photo 03 : Densité obtenue



Photo 04 : Acidimètre

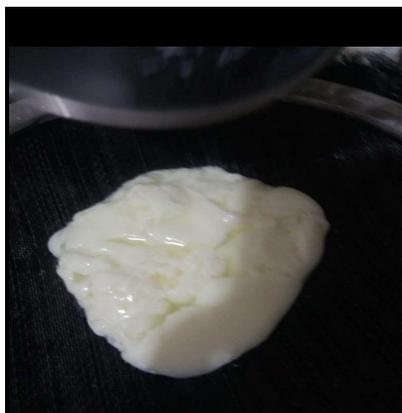
Photo 05: Test de l'Antibiotique



Photo 06 : Lactoscan

Photo 07 : Résultats donnés par le Lactoscan

Photo 08 : Les caillés obtenus pour le lait de vache :



Essai n° 01



Essai n° 02



Essai n° 03



Essai n° 04

Photo 09 : Les caillés obtenus pour le lait de chamelle



Essai n° 01



Essai n° 02



Essai n° 03



Essai n° 04

Photo 10 : Les différentes espèces de dromadaire :



Photo 7. *Vicugna vicugna*



Photo 8. *Camelus ferus*



Photo 9. *Lama pacos*



Photo 4. *Lama glama*



Photo 5. *Lama guanicoe*



Photo 2. *Camelus bactrianus*



Photo 1. *Camelus dromedarius*

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 par rapport au lait bovin. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à comparer les caractéristiques physicochimiques et microbiologiques d'échantillons de laits crus de chamelle et de vache au même stade de lactation, pour cela nous avons procédé à la détermination du pH, de l'acidité titrable, de la densité, de l'extrait sec total, des teneurs : en cendres, en matière grasse, en protéines et en vitamine C. Les résultats obtenus montrent que le pH du lait camelin collecté est légèrement plus faible ($\text{pH} = 6,29 \pm 0,008$) par rapport au lait bovin. Son acidité Dornic est égale à 17 °D, elle est similaire pour les deux laits. La densité du lait camelin ($1028,6 \pm 0,28$) inférieure à celle du lait de vache ($1029,6 \pm 0,31$). Parallèlement, les analyses montrent que le lait camelin contient un taux en cendres ($7,80 \text{ g/l} \pm 0,48$) légèrement supérieure que celle du lait bovin ($6,75 \text{ g/l} \pm 0,08$) et une teneur en matière sèche totale ($100,56 \pm 2,67 \text{ g/l}$) inférieure à celle du lait camelin ($109 \pm 1,58 \text{ g/l}$). La conductivité du lait camelin est plus élevée ($5,83 \text{ mS/cm} \pm 0,23$) que celle du lait bovin analysé ($5,4 \text{ mS/cm} \pm 0,13$). Le lait camelin contient aussi une teneur en matière grasse ($23,24 \text{ g/l} \pm 1,099$) qui est légèrement plus faible que celle du lait bovin étudié ($33,54 \text{ g/l} \pm 1,076$). La teneur en protéines du lait de chamelle ($31,1 \text{ g/l} \pm 1,60$) est inférieure à celle du lait bovin ($26,22 \text{ g/l} \pm 0,10$). La teneur moyenne en lactose du lait camelin cru est égale à $45,32 \text{ g/l} \pm 3,04$. Cette valeur est plus importante que celle du lait bovin analysé qui est de l'ordre $39,44 \text{ g/l} \pm 0,18$. Ce lait comprend une teneur en vitamine C égale à $35,85 \text{ mg/l} \pm 1,93$, au temps que le lait bovin enregistre une valeur égale à $22,76 \text{ mg/l} \pm 1,008$. Pour l'essai de coagulation du lait de chamelle par la présure et l'enrichissement en sels il suffit d'augmenter la dose quatre fois plus que celui de vache pour avoir un coagulum manipulable.

Les mots clés : lait, chamelle, vache, caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques

Abstract : Camel milk, despite its richness and its significant production remains a relatively little consumed product and little processed, because insufficiently studied and developed compared to bovine milk. In our work, we were interested in comparing the physicochemical and microbiological characteristics of raw camel milk and cow milk samples at the same stage of lactation, for which we proceeded to the determination of pH, titratable acidity, the density, total dry extract, contents: ash, fat, protein and vitamin C. The results obtained show that the pH of camel milk collected is slightly lower ($\text{pH} = 6.29 \pm 0.008$) in relation to bovine milk. Its acidity Dornic is equal to 17 ° D, it is similar for the two milks. The density of camel milk (1028.6 ± 0.28) is lower than that of cow's milk (1029.6 ± 0.31). At the same time, the analyzes show that camel milk contains an ash content ($7.80 \text{ g/l} \pm 0.48$) slightly higher than that of bovine milk ($6.75 \text{ g/l} \pm 0.08$) and a content of total dry ($100.56 \pm 2.67 \text{ g/l}$) lower than that of camel milk ($109 \pm 1.58 \text{ g/l}$). The conductivity of camel milk is higher ($5.83 \text{ mS/cm} \pm 0.23$) than that of the bovine milk analyzed ($5.4 \text{ mS/cm} \pm 0.13$). Camel milk also contains a fat content ($23.24 \text{ g/l} \pm 1.099$) which is slightly lower than that of the studied bovine milk ($33.54 \text{ g/l} \pm 1.076$). The protein content of camel milk ($31.1 \text{ g/l} \pm 1.60$) is lower than that of bovine milk ($26.22 \text{ g/l} \pm 0.10$). The average lactose content of raw camel milk is $45.32 \text{ g/l} \pm 3.04$. This value is greater than that of the bovine milk analyzed, which is of the order of $39.44 \text{ g/l} \pm 0.18$. This milk contains a vitamin C content equal to $35.85 \text{ mg/l} \pm 1.93$ at the time that the bovine milk has a value equal to $22.76 \text{ mg/l} \pm 1.008$. For the test of coagulation of camel milk by rennet and enrichment in salts it is sufficient to increase the dose four times more than that of cow to have a manipulable coagulum.

Key words: milk, camel, cow, physicochemical characteristics, microbiological, coagulation.