



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

MEMOIRE

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

Option : Microbiologie Appliquée

THEME

**Etude des caractéristiques physico-chimiques,
biochimiques et la qualité microbiologiques du
lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le
lait camelin cru**

Présenté par : M^{elle} CHETHOUNA Fatma

Devant le jury :

Président:	Mr. CHEHMA A.	Professeur	U.K.M.Ouargla
Promotrice:	Mme SIBOUKEUR O.	Maitre de conférences A	U.K.M.Ouargla
Examineurs :	Mr. OULD-EL-HADJ M.D.	Professeur	U.K.M.Ouargla
	Mr. MERRAH M.	Maitre de conférences A	U.K.M.Ouargla
Invité :	Mme BOUDJNAH S.	Maitre de conférences A	U.K.M.Ouargla

Année universitaire 2010-2011

Remerciements

J'exprime mes remerciements et ma gratitude à Madame SIBOUKEUR Oumelkheir, maître de conférence de l'Université K.M. Ouargla pour m'avoir guidé et encouragé pendant toute la durée de mon travail, ainsi qu'à la confiance qu'elle m'a attribuée tout au long de mon étude.

Je remercie particulièrement Madame BOUDJNAH Saliha, maître de conférences de l'Université K.M. Ouargla pour m'avoir proposé ce sujet et m'avoir guidé tout au long de la réalisation de ce travail.

Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à Monsieur CHEHMA Abdelmadjid, Professeur de l'Université K.M. Ouargla, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider la commission d'examen de cette thèse.

A Monsieur OULED EL HADJ Mohamed Didi, Professeur de l'Université K.M. Ouargla pour m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être membre du jury.

Je voudrai remercier du plus profond de mon cœur Madame OULD-EL-HADJ- KHELIL Amina, maître de conférences de l'Université K.M. Ouargla, pour ses précieux conseils et pour avoir accepté de participer à notre jury de thèse.

Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements, Monsieur CHAABNA Ahmed pour ses innombrables services. Qu'il soit assuré de mon éternelle et profonde reconnaissance.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mon père et à ma mère

*Une réserve inépuisable de courage vous a permis d'accomplir votre devoir
tous les jours et de vous fier au bon DIEU pour le lendemain.
C'est que vous avez toujours compris que toute réussite déguise
une abdication. Puisse ce travail récompenser votre patience et
persévérance et tous les sacrifices que vous avez consentis
au nom de la famille*

A mes frères et sœurs

*Demain ne sera pas comme hier, il sera nouveau et il dépendra de nous.
Notre avenir comme notre passé doit être solidaire. C'est la plus
belle chose qui nous est donnée naturellement. Notre force
résidera toujours dans notre sincère entente
et notre esprit de fraternité.*

A mon amie : Balla Asma

Rien au monde, n'a pu ébranler notre amitié.

A tous mes amis,

*Pour notre amitié et tous les bons moments passés et à venir,
Pour votre présence, vos bons conseils et nos fous rires partagés
Un très grand merci à tous et à toutes.*

A tous ceux qui m'ont aidé lors de la réalisation de ce travail, merci à tous

Abstract :

The camel milk present a particular interest for the nomads and the population of the south, because it is perfectly in conformity with the requirements of the man seen its high content in nutriment of basis (proteins, lipids, lactose), in vitamin C and niacin. Its powerful natural protective system (lysozym, lactoperoxydase, lactoferrine, immunoglobulin, and protease-peptone 3) distinguish it of the reference milk. This milk can be consumed fresher, pasteurized, we can use it to produce other kinds of food. This study aims to investigate the effect of pasteurization on the physico-chemical, biochemical and microbiological camel milk. The work was to analyze four samples of raw and pasteurised milk to 60°C /20min, 72°C/15sec and 85°C/2min in laboratory conditions. A fifth sample comes from pasteurized dairy « Grazing M'ZEB » located in Ghardaia, the physico-chemical and biochemical analysis of raw and pasteurized milk have shown that pH, density and milk solids are increased after pasteurization and acidity decreased by against the fat content remain generally constant after pasteurization and the total protein and vitamin C decreases, but the lactose content seems to increase after pasteurization. Microbiological analysis of raw milk showed that it is contaminated. The evolution of milk during storage at room temperature (30°C) and 4°C confirmed that the high pasteurization (85°C/2min) is more attractive to camel milk samples analyzed as pasteurization low.

Key word : Camel / milk / pasteurized low / pasteurized high / Ghardaia.

ملخص:

حليب النوق يشكل بدون أدنى شك أهمية كبيرة خاصة بالنسبة للبدو وسكان الجنوب ، لأنه يتوافق مع متطلبات الإنسان وذلك بالنظر إلى ما يحتويه من مكونات أساسية (بروتين ودهون ولاكتوز) وفيتامين ث و النياسين . نظامه الوقائي الطبيعي (ليزوزيم_ لاكتوبيروكسيداز- لاكتوفرين- ايمينوقلوبلين- و البروتيتوزيببتون 3) يميزه عن حليب البقر , يمكن لهذا الحليب أن يستهلك طازجاً , مبسترأ أو محولاً إلى مشتقات الحليب . هذه الدراسة تهدف إلى دراسة تأثير البسترة على المكونات الكيميائية - الفيزيائية , الكيموحيوي والميكروبيولوجي لحليب الناقة . أخذت أربع عينات: حليب خام , حليب مبستر إلى 60 درجة مدة 20 دقيقة - 72 درجة مدة 15 ثانية - 85 درجة مدة 2 دقيقة في ظروف المختبر , و العينة الخامسة أخذت من ملبنة "مرعى الميزاب" بغرداية . أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيموحيوية للحليب الخام والمبستر أن كثافة المواد تزداد بعد البسترة و درجة الحموضة تنقص بينما الدهون تبقى ثابتة عموماً بعد البسترة , إما البروتين الكلي والفيتامين ث يتناقص و يظهر أن اللاكتوز يزداد بعد البسترة وأظهرت الاختبارات الميكروبيولوجية لعينات الحليب الخام أنها ملوثة . تطور الحليب أثناء التخزين في درجة حرارة الغرفة أي 30 درجة مئوية وفي 4 درجات مئوية أكد أن البسترة العالية (85 درجة مدة 2 دقيقة) أفضل من البسترة المنخفضة .

الكلمات المفتاحية : حليب الناقة / البسترة العالية / البسترة المنخفضة / غرداية .

Résumé

Le lait de chamelle présente sans aucun doute un intérêt particulier pour les nomades et les populations du sud, car il est parfaitement conforme aux exigences de l'homme vu sa haute teneur en nutriments de base (protéines, lipides, lactose), en vitamine C et en niacine. Son système protecteur naturel puissant (lysozyme, lactopéroxydase, lactoferrine, immunoglobulines et protéose-peptones³) le distingue du lait bovin. Le lait de chamelle peut être consommé cru, pasteurisé ou fermenté ou transformé en produits dérivés laitiers. La présente étude vise à étudier l'effet de la pasteurisation sur la composition physico-chimique, biochimique et microbiologique du lait de chamelle. Le travail a consisté à analyser quatre échantillons : lait cru, lait pasteurisé à 60°C/20min, 72°C/15sec et 85°C/2min dans les conditions de laboratoire. Un cinquième échantillon pasteurisé provient de la laiterie « Pâturage de M'ZEB » localisée à Ghardaïa. Les analyses physico-chimique et biochimique des échantillons du lait cru et pasteurisé ont montré que le pH, la densité et l'extrait sec du lait augmentent après la pasteurisation et l'acidité diminue. Par contre, la teneur en matière grasse reste globalement constante après la pasteurisation. Celle de protéines totales et celle de vitamine C diminue. La teneur en lactose semble augmenter après la pasteurisation. Les analyses microbiologiques des échantillons du lait cru ont révélé que celui-ci est contaminé. L'évolution du lait durant l'entreposage à température ambiante (30°C) et à (4°C) a permis de confirmer que la pasteurisation haute (85°C/2min°) est plus intéressante pour les échantillons du lait camelin analysés que la pasteurisation basse.

Mots clé: Lait / chamelle/ pasteurisation basse/ pasteurisation haute/ Ghardaïa.

Liste des abréviations

FAO	Organisation des Nation unies l'alimentation et l'agriculture.
OMS	Organisation Mondiale de la santé
AFNOR	Association Française de Normalisation
BSA	Sérum Albumine Bovin
Cn- α 1	Caséine α 1
Cn- α 2	Caséine α 2
Cn-B	Caséine B
Cn-k	Caséine K
Cn	Caséine
D°	Dégre dornic
DO	Densité Optique
mg	Milligramme

Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
I	Constantes physiques du lait de dromadaire et de vache (KAMOOUN, 1995)	7
II	Composition chimique globale (%) du lait de chamelle (selon différent auteurs cité par SIBOUKEUR, 2007); comparaison avec le lait de vache.	8
III	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.	9
VI	Composition en sels minéraux (mg/l) du lait de chamelle (selon différents auteurs cité par SIBOUKEUR, 2007) ; comparaison avec le lait de vache.	12
V	Milieus nutritifs et conditions de culture des différents groupes microbiens recherchés dans le lait camelin	34
VI	Analyse physico-chimiques et biochimiques des échantillons de lait camelin	38
VII	Tableau récapitulatif des résultats du test de la réductase	44
VIII	Tableau récapitulatif de résultats de dénombrement de quelque flore de lait camelin avant et après la pasteurisation	45

Liste des figures

N°	Intitulé	Page
1	Procédure expérimental	26
2	Pasteurisation du lait camelin au niveau du laboratoire	28
3	Etapes suivies pour l'isolement des protéines totales, caséines et protéines sériques du lait de chamelle collecté selon (SIBOUKEUR, 2007).	31
4(a)	Evolution du pH durant l'entreposage à la température ambiante (30°C).	50
4(b)	Evolution de l'acidité titrable durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	50
5(a)	Evolution du pH durant l'entreposage à 4°C	51
5(b)	Evolution de l'acidité titrable durant l'entreposage à 4°C.	51
6(a)	Evolution de la flore aérobie mésophile du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	53
6(b)	Evolution de la flore aérobie mésophile du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.	54
7(a)	Evolution de la flore lactique mésophile du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	55
7(b)	Evolution de la flore lactique mésophile du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.	55
8(a)	Evolution de la flore lactique thermophile du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	55
8(b)	Evolution de la flore lactique thermophile du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.	56
9(a)	Evolution des lactobacilles camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C)	56
9(b)	Evolution des lactobacilles camelins durant l'entreposage à 4°C.	57
10(a)	Evolution de la flore thermorésistante du lait camelin durant l'entreposage à 30°C.	57
10(b)	Evolution de la flore thermorésistante du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.	58
11(a)	Evolution des psychrotrophes du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	59
11(b)	Evolution des psychrotrophes du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.	59
12(a)	Evolution des coliformes du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	60
12(b)	Evolution des coliformes du lait camelin durant l'entreposage à 4C.	61
13(a)	Evolution des halotolérants du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	61
13(b)	Evolution des halotolérants du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.	62
14(a)	Evolution des entérobactéries du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).	62
14(b)	Evolution des entérobactéries du lait camelin durant l'entreposage à 4 °C	63

Sommaire

Sommaire

Introduction.....	1
I-Synthèse bibliographique.....	3
1.1 Regard sur les dromadaires d'Algérie.....	3
1.1.1 Origine de dromadaire d'Algérie.....	3
1.1.2 Importance de dromadaire dans les régions arides.....	4
1.1.3 Production de lait par le dromadaire.....	5
1.1.4 Les facteurs influençant la production laitière.....	6
1.2 Caractéristiques du lait de chamelle.....	7
1.2.1 Caractéristiques organoleptiques et physico-chimique.....	7
1.2.2 Composition chimique et biochimique.....	7
1.2.2.1 Matière grasse.....	9
1.2.2.2 Matière protéique.....	10
1.2.2.3 Vitamines.....	10
1.2.2.4 Sels minéraux.....	11
1.2.3 Utilisation médicinale et thérapeutique du lait de chamelle.....	12
1.2.3.1 Les facteurs antimicrobiens.....	13
1.2.3.2 Le facteur anticancéreux.....	15
1.2.3.3 Le facteur antidiabétique : l'insuline.....	16
1.2.3.4 Les facteurs stimulants : la vitamine C.....	16
1.2.4 Caractéristiques microbiologique du lait de chamelle.....	16
1.2.4.1 Microflore du lait de chamelle.....	17
1.2.4.1.1 Bactéries saprophytes.....	17
1.2.4.1.1.1 Flore lactique.....	17
1.2.4.1.1.2 Flore d'altération.....	18
1.2.4.1.2 Les bactéries pathogènes.....	20
1.2.4.2 Qualité microbiologique du lait camelin.....	22
1.3 Pasteurisation du lait de chamelle.....	23
1.3.1 Pasteurisation basse.....	24
1.3.2 Pasteurisation rapide à haute température, dite HTST (high temperature short time).....	24

II. Matériel et méthodes.....	25
2.1 Matériel.....	25
2.1.1 Echantillons de lait.....	25
2.1.2 Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques.....	25
2.1.3 Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques.....	25
2.2 Méthodes.....	26
2.2.1 Collecte du lait.....	27
2.2.2 Pasteurisation.....	27
2.2.3 esylanA physico-chimiques.....	28
2.2.3.1 Mesure du pH.....	29
2.2.3.2 Détermination de l'acidité Dornic.....	29
2.2.3.3 Extrait sec (E.S.).....	29
2.2.3.4 Détermination de la densité.....	29
2.2.4 Analyse chimiques et biochimiques.....	30
2.2.4.1 Dosage des protéines.....	30
2.2.4.2 Dosage de matière grasse.....	32
2.2.4.3 Dosage du lactose.....	32
2.2.4.4 Dosage de la vitamine C.....	32
2.2.5 Analyse microbiologique.....	33
2.2.5.1 Test de la réductase.....	33
2.2.5.2 Etude de la flore microbienne.....	33
2.2.5.2.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile (FAMT, flore « totale » ou « globale »).....	34
2.2.5.2.2 Dénombrement des micro-organismes thermorésistants.....	35
2.2.5.2.3 Dénombrement des micro-organismes psychrophiles.....	35
2.2.5.2.4 Dénombrement des germes halotolérants.....	35
2.2.5.2.5 Dénombrement des entérobactéries.....	35
2.2.5.2.6 Dénombrement des coliformes.....	35
2.2.5.2.7 Dénombrement des bactéries lactiques.....	35

III. Résultats et discussions.....	37
3.1. Enquête sur les potentialités laitières de la laiterie « Pâturage du M'ZEB »....	37
3.2 Caractéristiques organoleptiques.....	37
3.3 Qualité physico-chimique et biochimique.....	38
3.3.1 pH.....	39
3.3.2 Acidité titrable.....	39
3.3.3 Matière sèche.....	40
3.3.4 Densité.....	40
3.3.5 Teneur en matière grasse.....	41
3.3.6 Teneur en lactose.....	41
3.3.7 Teneur en vitamine C.....	42
3.3.8 Teneur en protéines totales.....	42
3.3.8.1 Teneur en protéines sériques.....	43
3.3.8.2 Teneur en caséines.....	43
3.4 Qualité microbiologique.....	44
3.4.1 Test réductase.....	44
3.4.2 Effets de la pasteurisation sur la flore microbienne de lait camelin.....	45
3.4.2.1 La flore mésophile aérobie totale.....	46
3.4.2.2 Flore pathogène.....	46
3.4.2.3 Flore d'altération.....	47
3.4.2.4 Flore lactique.....	48
3.4.3 Evolution du lait au cours de l'entreposage.....	49
3.4.3.1 Evolution du pH et de l'acidité du lait entreposé à différentes température	49
3.4.3.2 Evolution de la flore aérobie mésophile.....	53
3.4.3.3 Evolution de la flore lactique.....	54

3.4.3.4 Evolution de la flore thermorésistante.....	57
3.4.3.5 Evolution quantitatif de la flore psychrotrophe.....	58
3.4.3.6 Evolution quantitatif des coliformes.....	60
3.4.3.7 Evolution quantitative de la flore halotolérante.....	61
3.4.3.8 Evolution quantitative des entérobactéries.....	62
Conclusion.....	64
Référence bibliographique.....	68
Annexe.....	76

Introduction

Introduction

Le lait, de par sa composition, est un aliment de choix : il contient des graisses, du lactose, des protéines, des sels minéraux, des vitamines et 87% d'eau.

En Algérie, l'importation de lait en poudre a augmenté ces derniers temps, à cause de la croissance démographique et l'insuffisance de la production nationale. Même si un effort non négligeable est déployé pour endiguer cette importation en encourageant le développement du 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 peuplades nomades où sa richesse en vitamine C (dont la quantité se trouvant dans litre de lait couvre 40% des besoins) constituant un apport nutritionnel important dans les régions arides où les fruits et les végétaux contenant cette vitamine sont rares (SIBOUKEUR, 2007), il ressemble un peu à celui de vache et est plus proche de celui de femme (LASNAMI, 1986). Il est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuses, anti-cancéreuse, anti-diabétique et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents, (KANASPAYEVA, 2007).

La teneur élevée du lait de chamelle en facteurs antibactériens (Lactoferrine, Lactopéroxydase et Lysozyme) confère au lait de chamelle une capacité particulière à se conserver quelques jours à des températures relativement élevées (de l'ordre de 25 °C). De ce fait, YAGIL et al (1994) déduisent que la pasteurisation du lait de chamelle n'est pas indispensable si tous les dromadaires du troupeau sont en bonne santé.

La pasteurisation du lait est une technique qui consiste à le faire chauffer à une température suffisante pendant un temps suffisant pour détruire les micro-organismes pathogènes qu'il contient. Ce procédé à double objectif permet d'obtenir un lait sain et de prolonger sa conservation (CAROL, 2002).

De ce fait, nous nous sommes proposés de réaliser ce travail qui vise essentiellement l'étude de l'effet de la pasteurisation sur les qualités, microbiologique et biochimique du lait de chamelle.

La présente étude s'articule autour de trois volets d'investigations complémentaires :

1. Détermination la composition physico-chimique du lait camelin avant et après des traitements de pasteurisation ;
2. étude de la flore microbienne avant et après des traitements de pasteurisation ;
3. détermination de la durée de péremption du lait traité par pasteurisation en comparaison avec le lait cru

I. Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique

1.1 Regard sur les dromadaires d'Algérie

L'Algérie, avec ses 2.381.741km² de superficie totale (deuxième plus grand pays d'Afrique), partageant sa frontière occidentale avec le Maroc et le Sahara-Occidental, sa frontière méridionale avec le Niger, le Mali, la Mauritanie et sa frontière orientale avec la Libye et la Tunisie. Ses 1.200km de littoral septentrional courent le long de la Mer Méditerranée. Peuplée de 33 millions d'habitants en 2005, sa population est répartie dans 48 wilayat. Le dromadaire est présent dans 17 de ces wilayat (8 sahariennes et 9 steppiques) avec 268.560 têtes en 2005 (ANONYME 1, 2006), 75% du cheptel dans les Wilayat saharienne (Ouargla, Ghardaïa, El-Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf et Béchar et 25% du cheptel dans neuf wilayat steppiques (Biskra, Tebessa, Khenchela, Batna, Djelfa, El-Bayad, Naâma, Laghouat et M'sila) (BEN AISSA, 1989).

1.1.1 Origine de dromadaire d'Algérie

Le nom « dromadaire » dérive du terme grecque « dromados » qui veut dire course. Il est donné à l'espèce de chameau à une seule bosse (SIBOUKEUR, 2007).

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, continents où ils ont survécu pour donner naissance aux espèces modernes.

La famille des camélidés comprend, actuellement, 3 genres et 7 espèces vivantes:

- genre *Camelus*
 - *Camelus dromedarius* (dromadaire)
 - *Camelus bactrianus* (chameau de Bactriane)
 - *Camelus ferus* (chameau sauvage de Tartarie) qui depuis peu, est reconnu comme une espèce sensiblement différente de l'espèce domestique du Bactriane.
- genre *Lama*
 - *Lama glama* (lama)
 - *Lama guanicoe* (guanaco)
 - *Lama pacos* (alpaga ou alpaca)
- genre *Vicugna*
 - *Vicugna vicugna* (vigogne).

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 (6%) sont des « bactriens » (*Camelus bactrianus*) qui sont des chameaux à deux bosses peuplant les régions froides de l'Asie (SIBOUKEUR, 2007).

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

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

I.1.2 Importance du dromadaire dans les régions arides

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 domestique 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 8 à 10 jours et perdre jusqu'à 30 % de sa masse corporelle par déshydratation (YAGIL et ETZION, 1980; YAGIL, 1982; WILSON, 1984; YAGIL, 1985; RAMET, 1987).

Cette sobriété remarquable résulte de l'existence d'un métabolisme de base très lent ainsi que de plusieurs mécanismes assurant une économie en eau. Les pertes par la respiration et la transpiration sont très réduites en raison de la possibilité que possède le dromadaire de supporter, sans difficulté apparente, une variation de sa température interne de l'ordre de 6 degrés Celsius. Ainsi la chaleur excédentaire, accumulée en période très chaude pendant le jour ou à la suite d'un travail musculaire intense, est restituée ultérieurement par rayonnement, conduction et convection lorsque l'animal est au repos et lorsque l'atmosphère se refroidit pendant la nuit. Par ailleurs, ses pertes en eau par respiration et transpiration sont très faibles en proportion de la masse de l'animal; l'excrétion d'eau par voies fécale et urinaire est également très limitée (WILSON, 1984; YAGIL, 1986). La morphologie de l'animal caractérisée par la longueur des membres et du cou et par la forme cylindro-conique de l'abdomen, crée une grande surface favorable aux échanges thermiques, la conductivité thermique générale du corps semble également être favorisée par la localisation des réserves adipeuses au niveau de la bosse (WILSON, 1984; YAGIL, 1986). Une seconde contrainte imposée par le milieu aride est la rareté et la médiocre qualité alimentaire de la flore végétale rencontrée sur les parcours. 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).

I.1.3 Production de lait par le dromadaire

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 chamelles 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 7 000 à 12 000 litres selon certaines sources en Asie du Sud. La courbe de lactation est comparable à celle des bovins avec une persistance meilleure. La durée de la lactation est très variable (de huit à 18 mois en général), soit des durées plus importantes en moyenne que les vaches laitières dans les mêmes conditions. La productivité laitière des chamelles (250 kg/Unité Bétail Tropical/an) est supérieure à celle des petits ruminants (220 kg) et à celle des zébus (100 kg) (FAYE, 2003).

I.1.4 Les facteurs influençant la production laitière

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

- **Type d'alimentation**

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

- **Rang et stade de 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).

- **La pratique de traite**

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

- ***La race**

Concernant l'effet de race, il est rapporté une production annuelle moyenne 2,6 fois plus élevée chez les races asiatiques que chez celles provenant du continent africain (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 huit à 16 mois, soit une production de l'ordre de 2 000 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 (ISMAIL 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).

I.2 Caractéristiques du lait de chamelle

I.2.1 Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques

Le lait de chamelle est de couleur blanche mate, goût un peu salé et d'un aspect plus visqueux que le lait de vache, qui est de couleur jaunâtre. Ces caractéristiques et surtout le goût du lait de chamelle diffère selon l'alimentation des animaux et la disponibilité en eau. L'ingestion de fourrages comme la luzerne, donne un goût sucré, certaines plantes halophytes le rendent salé (FARAH et BACHMAN, 1987).

Le pH du lait camelin se situe autour de 6,6 et l'acidité est de l'ordre de 15°Dornic. Sa densité oscille entre 0,99 et 1,034 avec une viscosité moyenne de 2,2 centipoises (HASSAN *et al*, 1987 cité par SIBOUKEUR 2007). Selon (KAMOUN, 1995), le lait de dromadaire est plus acide et moins dense et sa viscosité est plus faible que le lait de vache (tableau I).

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

	Dromadaire (n=183)		Vache (n=10)	
	Moyennes	E. types	Moyennes	E. types
Hp	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

I.2.2 Composition chimique et biochimique

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

Origine du lait	Constituants					Références
	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 – 13,0	4,8 – 5,0	3,4 – 4,4	2,9 – 3,5	MIETTON <i>et al</i> , 1994

N.B : MST = matière sèche totale – MG = matière grasse.

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

La composition en vitamines du lait de dromadaire (tableau III) 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 B₁₂

Tableau III : Composition en vitamines (µg/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 <i>et al</i> (1984)	FARAH <i>et al</i> (1992)	MEHAIA (1994 b)	KAPPELER (1998)	FARAH (1993)
A (Rétinol)	150	100	--	150	170-380
B1 (Thiamine)	330	-	--	600	280-900
B2 (Riboflavine)	416	570	--	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	--	530	100-200
C (Acide ascorbique)*	24	37	25	24-36	3-23

I.2.2.1 Matière grasse

Le lait de chamelle est en moyenne plus faible en matière grasse que le lait de vache. Cependant, les globules gras du lait de chamelle sont de très petite tailles (1,2 à 4,2 μ de diamètre) et restent donc en suspension même après 24 heures de repos, contrairement au lait de vache dans lequel ces globules constituent une couche grasse en surface au bout de quelques heures.

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

I.2.2.2 Matière protéique

Le taux de caséine totale est un peu plus faible dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache; il représente 75 à 79 pour cent de la matière protéique contre 77 à 82 pour cent pour le lait de vache (JENNESS ET SLOAN, 1963; MEHAIA, 1987). De plus l'équilibre entre les différentes fractions caséiniques est très différent et se caractérise par une proportion limitée à 5 pour cent de caséine Kappa alors qu'elle est de 13,6 pour cent dans le lait de vache (JARDALI, 1988; JARDALI et RAMET, 1991). La composition en acides aminés de ces fractions caséiniques n'est pas non plus la même que pour le lait de vache (SAWAYA, 1984; LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1986; FARAH et RUEGG, 1989; MOHAMED, 1990). Une autre particularité de la caséine du lait de dromadaire est qu'elle est distribuée sous forme de micelles ayant un diamètre double de celui du lait de vache (FARAH ET BACHMANN, 1987; JARDALI, 1988; FARAH et RUEGG, 1989; JARDALI et RAMET, 1991). La composition des protéines solubles du lait de dromadaire est également différente de celle du lait de vache; leur quantité est supérieure (0,9 à 1 pour cent contre 0,7–0,8 pour cent). Deux types d' α -lactalbumine (CONTI et *al.*, 1985) et une protéine originale (BEG et *al.*, 1987) y ont été décelés; de plus la présence de β -lactoglobuline est controversée.

I.2.2.3 Vitamines

Le lait de chamelle se singularise par sa richesse relative en vitamines B3 (niacine) et en vitamine C (Tableau III). Même si des variations importantes (de 25 à 60 mg/l) de la teneur de cette dernière dans les laits camelin 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 chameau que des populations locales, qui vivent dans un environnement où l'apport en ce type de vitamine est particulièrement limité (SIBOUKEUR, 2007).

I.2.2.4 Sels minéraux

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

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, 1980a ; SAWAYA *et al*, 1984 ; ELAMIN et WILCOX, 1992 ; MEHAIA *et al*, 1995 ; GORBAN et IZZELDIN, 1997 ; BENGOUMI *et al*, 1994).

Tableau VI : Composition en sels minéraux (mg/l) du lait de chamelle (selon différents auteurs cité par SIBOUKEUR, 2007) ; comparaison avec le lait de vache.

Origine du lait	Ca	Mg	P	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn	I	Pb	Références
Lait de Chamelle	1060	120	630	690	1560	2,6	4,4	1,6	0,2	--	--	YAGIL et ETZION, (1980a)
	1078	122	641	702	1586	2,64	4,47	1,63	0,20	--	--	SAWAYA <i>et al</i> , (1984)
	1310	140	510	270	450	0,4	0,1	0,02	--	--	--	GNAN et SHEREHA, (1986)
	1160	80	710	360	620	--	--	--	--	--	--	HASSAN <i>et al</i> , (1987)
	300	45	--	431	725	2,8	--	--	--	--	1,8	ELAMIN et WILCOX, (1992)
	1462	108	784	902	2110	3,4	2,9	0,1	2,0	0,1	--	BENGOUMI <i>et al</i> , (1994)
	1180	125	889	688	1464	2,34	6,00	1,42	0,80	--	--	MEHAIA <i>et al</i> , (1995)
	1182	74	769	581	1704	1,3	5	--	0,1	--	--	GORBAN et IZZELDIN, (1997)
	1230	90	1020	660	1720	--	--	--	--	--	--	ATTIA <i>et al</i> , (2000)
Lait de Vache	°100-1500	°100-150	°750-1200	°350-1000	°1200-1800	*0,20-0,50	*2,00-5,00	*0,02-0,15	*0,03-0,05	*0,01-0,05	*0,04-0,08	(°) et (*)

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

1.2.3 Utilisation médicinale et thérapeutique du lait de chamelle

Le lait de chamelle est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuse, anti-cancéreuse, anti-diabétique et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents. Ces propriétés relèvent cependant le plus souvent d'observations empiriques dont les fondements scientifiques mériteraient d'être précisés. Ces observations, bien qu'empiriques, peuvent être reliées à la composition du lait de chamelle. Certains des composants tant sur le plan quantitatif que qualitatif, pourraient être associés à ces propriétés particulièrement les facteurs anti-bactériens, l'insuline et la vitamine C. A cela s'ajoutent les propriétés probiotiques des bactéries lactiques présentes dans les produits fermentés camelins.

1.2.3.1 Les facteurs antimicrobiens

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). Sur le plan des propriétés physiques, 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 pour cent de la valeur initiale, contre 1,2 pour cent pour le lait de vache et 0 pour cent pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (ELAGAMY, 2000). La LF n'est pas une protéine spécifique du lait. On la trouve dans la plupart des sécrétions (larmes, salive, sécrétions utérines, sang, sécrétions nasales, urines, fluide amniotique, plasma séminal) des mammifères. Elle est cependant 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. Le lysozyme contient une chaîne polypeptidique de 129 acides aminés, avec un poids moléculaire d'environ 14 000. 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. En revanche, les bactéries, telles que *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus lentus*, *Staphylococcus epidermis*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Actinomyces viscosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Fusobacterium nucleatum*, *Serratia marcescens*, *Micrococcus luteus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus stearothermophilus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Listeria monocytogenes*, *Pasteurella pseudotuberculosis*, *Yersinia enterocolitica*, *Bordetella bronchiseptica*, *Bacteroides fragilis*, *Capnocytophaga gingivalis*, *Helicobacter pylori*, les levures, telles que *Candida krusei*, *Candida parapsilosis*, *Candida albicans*, *Candida glabrata*, et le virus *Herpès simplex* sont sensibles au lysozyme (KANUSPAYEVA *et al.*, 2003).

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, mais plus faible que celle de l'oeuf (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 pour cent de la valeur initiale, contre 26 pour cent pour le lait de vache et 18 pour cent pour le lait de bufflesse dans les mêmes conditions (ELAGAMY, 2000).

❖ Immunoglobulines

Les IgG jouent un rôle dans le système immunitaire chez les nouveau-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: Ig1, qui est composée 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. Le premier produit de l'oxydation est l'ion hypothiocyanate (OSCN⁻), puis différents acides se succèdent, dont l'action inhibitrice varie en fonction des espèces microbiennes. L'action de la lactoperoxydase est susceptible d'être renforcée artificiellement en optimisant les concentrations des éléments qui entrent en jeu. Des bactéries, telles que *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Shigella sonnei*, *Listeria monocytogenes*, *Acinetobacter spp.*, *Neisseria spp.*, *Haemophilus influenzae*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Capnocytophaga ochracea*, *Selenomonas sputigena*, *Wolinella recta*, *Enterobacter cloaca*, des virus, tels que *Herpès simplex*, *virus d'immuno-déficiência*, *virus respiratoire syncytial*, et la levure *Candida albicans*, sont sensibles au système lactoperoxydase. Cette enzyme du lait de chamelle est considérée comme étant une des plus thermorésistantes par rapport au lait de vache. La lactoperoxydase du lait de chamelle a 78 kDa de masse moléculaire (ELAGAMY *et al.*, 1996).

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 laitière 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).

1.2.3.2 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 aux processus de prolifération et de différenciations 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.

1.2.3.3 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 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 ceux 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).

1.2.3.4 Les facteurs stimulants : la vitamine C

Le taux de vitamine C dans le lait de chamelle est 3 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 de 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)

1.2.3 Caractéristiques microbiologique du lait de chamelle

Le lait d'un animal parfaitement saint trait 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 (ANONYME 2, 1992).

1.2.3.1 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 (ANONYME 2, 1992).

1.2.3.1.1 Bactéries saprophytes

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

1.2.3.1.1 .1 Flore lactique

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

a - 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.

b - 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).

c - 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)

d- Genre bifidobacterium

La flore bifidogène connu 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 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 préculture de cette flore à haut potentiel nutritionnel et thérapeutique est préconisée (ABU-TARBOUSH *et al.*, 1998).

1.2.3.1.1 .2 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).

a- 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 HTST (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: *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.

b- Les coliformes

D'un point de vue technologique, certains coliformes sont lactiques et fermentent le lactose sur un mode hétérofermentaire. 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).

c- 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 ...

En général dans le lait, c'est le genre *Pseudomonas* qui domine. 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 ...

d- 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, d'autres levures - *Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces 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 (BOUIX et LEVEAU, 1988). 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.

I.2.3.1.2 Les bactéries pathogènes

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 (KAGEMBEGA, 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 (KAGEMBEGA, 1984). Une fermentation suffisamment active les inhibe. Les staphylocoques pathogènes ont la particularité de posséder une coagulase, une phosphatase et une DNase thermostable ou thermonucléase. Il faut cependant noter que les staphylocoques non pathogènes sont plus nombreux; ils sont coagulase (-) et non toxigènes (NDAO, 1996).

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 (2) :

- les lactose (-) : Shigella, Salmonella, Serratia, Proteus, Yersinia ;
- les 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 (SEMASAKA, 1986).
- Le genre *Listeria*, notamment l'espèce *Listeria monocytogenes*, 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 (EZE, 1977).

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.

1.2.3.2 Qualité microbiologique du lait camelin

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. Dans la mesure où l'on dispose des moyens nécessaires, il est hautement souhaitable de profiter de cette période pour refroidir le lait afin de ralentir la prolifération des micro-organismes dès la phase bactériostatique passée (ANONYME 2, 1992)..

L'étude réalisée par BARBOUR *et al* (1984) met en évidence l'inhibition des bactéries pathogènes par le lait camelin. AL-MOHIZEA *et al* (1994), en s'appuyant sur la numération de quatre groupes de micro-organismes (la flore aérobie totale, les psychrotrophes, les coliformes et bactéries sporulantes) déduisent que la qualité hygiénique du lait camelin est satisfaisante. selon FARAH (1996) et KAPPELER(1998), 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. Dans le cas contraire, le lait subit une détérioration. Cette détérioration est plus prononcée dans le cas du lait de vache (BONFOH *et al.*, 2003).L'activité anti-microbienne du lait de chamelle, due à la présence des protéines protectrices citées précédemment (Lysozyme, lactopéroxydase, lactoferrine...), serait responsable de cet état (BARBOUR *et al*, 1984).

Dans ce contexte, d'autres auteurs ont montré l'effet inhibiteur du lysozyme extrait et purifié à partir du lait camelin, sur *Escherichia coli* et *Micrococcus lysodeikticus* en le comparant à celui de l'ovalbumine (DURHAIMAN, 1988). Dans le même ordre d'idée, l'efficacité de l'activité des protéines protectrices du lait de chamelle contre *Lactococcus lactis subsp cremoris*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et rotavirus, a été également signalée (EL-SAYED *et al*, 1992). Par ailleurs, on reconnaît depuis longtemps, aux bactéries lactiques, la propriété de produire des substances antagonistes tels que les acides organiques (acide lactique et acide citrique), le peroxyde d'hydrogène et des protéines antimicrobiennes (KLAENHAMMER *et al*, 1994).

YAGIL *et al* (1994) soutiennent que la pasteurisation du lait de chamelle n'est pas indispensable si tous les dromadaires du troupeau sont en bonne santé. Cependant, selon MALE *et al*,(2003) la pasteurisation serait indispensable pour réduire une charge microbienne élevée due aux mauvaises conditions d'hygiène lors de la traite ou de la l'exposition du lait aux fortes températures qui règnent dans les zones arides et semi-arides et qui sont favorables à la croissance des micro-organismes.

I.4 Pasteurisation du lait de chamelle

Le lait cru surtout s'il est en vrac, provenant de plusieurs animaux est susceptible de contenir des micro-organismes pathogènes pour l'homme. A moins qu'on ne soit certain que les animaux producteurs sont parfaitement sains, l'hygiène moderne requiert que le lait cru, et notamment le lait cru en vrac,soit traité de façon à prévenir non seulement son altération rapide mais aussi tout risque de contamination du consommateur. De nombreuses années d'expérience et d'essais ont montré que le traitement généralement le plus satisfaisant à ces deux fins, celui qui provoque le minimum de changement dans la composition, la saveur et l'acceptabilité du lait, est la pasteurisation (KAY,1953).

Si la pasteurisation du lait bovin a fait l'objet de nombreuses études, cela est loin d'être le cas du lait camelin où quelques travaux seulement lui sont consacrés. L'une des raisons principales de cette carence est la relative absence des moyens matériels et humains (laboratoires mobiles, chercheurs...) sur les lieux de collecte, généralement très éloignés des zones urbaines. L'étude réalisée par ABDERRAHMANE (1994) a montré que le lait de chamelle pasteurisé a gagné des parts clientèles sur le lait UHT, grâce à sa qualité organoleptique.

La pasteurisation est une des opérations les plus importantes du traitement du lait. Si elles sont effectuées correctement, ces opérations prolongeront la durée de conservation du lait.

La température et le temps de pasteurisation sont des facteurs très importants que l'on devra choisir avec précision, en fonction de la qualité du lait, de la durée de conservation requise etc. Trois types de pasteurisation sont pratiqués en fonction des couples temps/température : pasteurisation basse (15-30 min/60-65°C), pasteurisation rapide à haute température (HTST) (15-40 sec/70-75°C) et pasteurisation haute (1-2min/85-95°C) (LARPENT, 1997 ; JEANTET et al,2006).

1.4.1 Pasteurisation basse :

Le lait chauffé dans une vaste chambre à double paroi chauffée par circulation de vapeur ou d'eau chaude. La température à laquelle le lait doit être porté, puis maintenu pendant au moins 30 minutes, varie de 60°C à 65,5 suivant les pays (c'est-à-dire suivant la conception des marges de sécurité). Le lait est alors refroidi à 10°C ou moins (KAY,1953).

1.4.2 Pasteurisation rapide à haute température (high temperature short time ou HTST)

C'est un procédé continu dans lequel le lait est rapidement porté à 71°- 72°C et maintenu à cette température pendant au moins 15 secondes ; il est ensuite refroidi rapidement à 10°C ou moins. Cette association de température et de temps assure une bonne marge de sécurité ; le chauffage est habituellement obtenu par circulation d'eau chaude et l'échange thermique rapide a lieu à travers des plaques en acier inoxydable ou dans autre type d'appareil, par passage du lait dans un espace annulaire entre des tubes concentriques chauffés par de l'eau qui circule (KAY,1953).

1.4.3 Pasteurisation haute

Le lait est chauffé à une température comprise entre 85°C et 95°C pendant 1-2 minute, soit directement par contact direct avec la vapeur soit le plus souvent, pour des raisons énergétiques, indirectement en flux continu (transmission de la chaleur entre les liquides chauffants et le lait) par des échangeurs de chaleur tubulaires ou à plaques.

II. Matériel et méthodes

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Echantillons du lait

Le lait utilisé dans la présente étude provient de la laiterie « Pâturage du M'ZAB » située dans la wilaya de GHARDAIA. Il est collecté, à partir d'un troupeau de dromadaires, en bonne santé, vivant en semi-extensif. Deux échantillons, l'un de lait cru et l'autre de lait pasteurisé, ont été prélevés et transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire de « Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides, Faculté des SNV/STU, Université K.M.Ouargla ».

2.1.2 Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques et biochimiques

- verrerie usuelle (erlenmeyers, béchers, fioles, pipettes graduées, tube à essais, burettes, entonnoirs, verre de montre...).
- pH-mètre (INOLAB, Allemagne)
- centrifugeuse (SIGMA, Allemagne)
- spectrophotomètre visible / UV (SCHIMADZU, Japon)
- Densimètres, agitateur magnétique non chauffant de paillasse, bain marie, balance électronique.
- solvants (acide acétique, acide sulfurique).
- sels (acétate de zinc, carbonate de sodium, chlorure de sodium, hexacyanoferrate de potassium, sulfate d'ammonium, sulfate de cuivre, sulfate de potassium, tartrate double de sodium et potassium).
- colorants et réactifs spécifiques (réactif de Folin-Ciocalteu, phénophtaléine, Sérum Albumine Bovine (BSA)).

2.1.3 Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques

- verrerie usuelle (pipettes pasteur, tube à essai, boîte pétri stérile ...).
- **Appareils** : étuve, autoclave, compteur de colonies, four pasteur, réfrigérateur.
- **Milieux de culture** : PCA, MRS, ELLIKER, Desoxycholate, CHAPMAN.

2.2 Méthodes d'analyses

La méthodologie de travail adoptée dans cette étude est récapitulée dans la figure 1 comme suit :

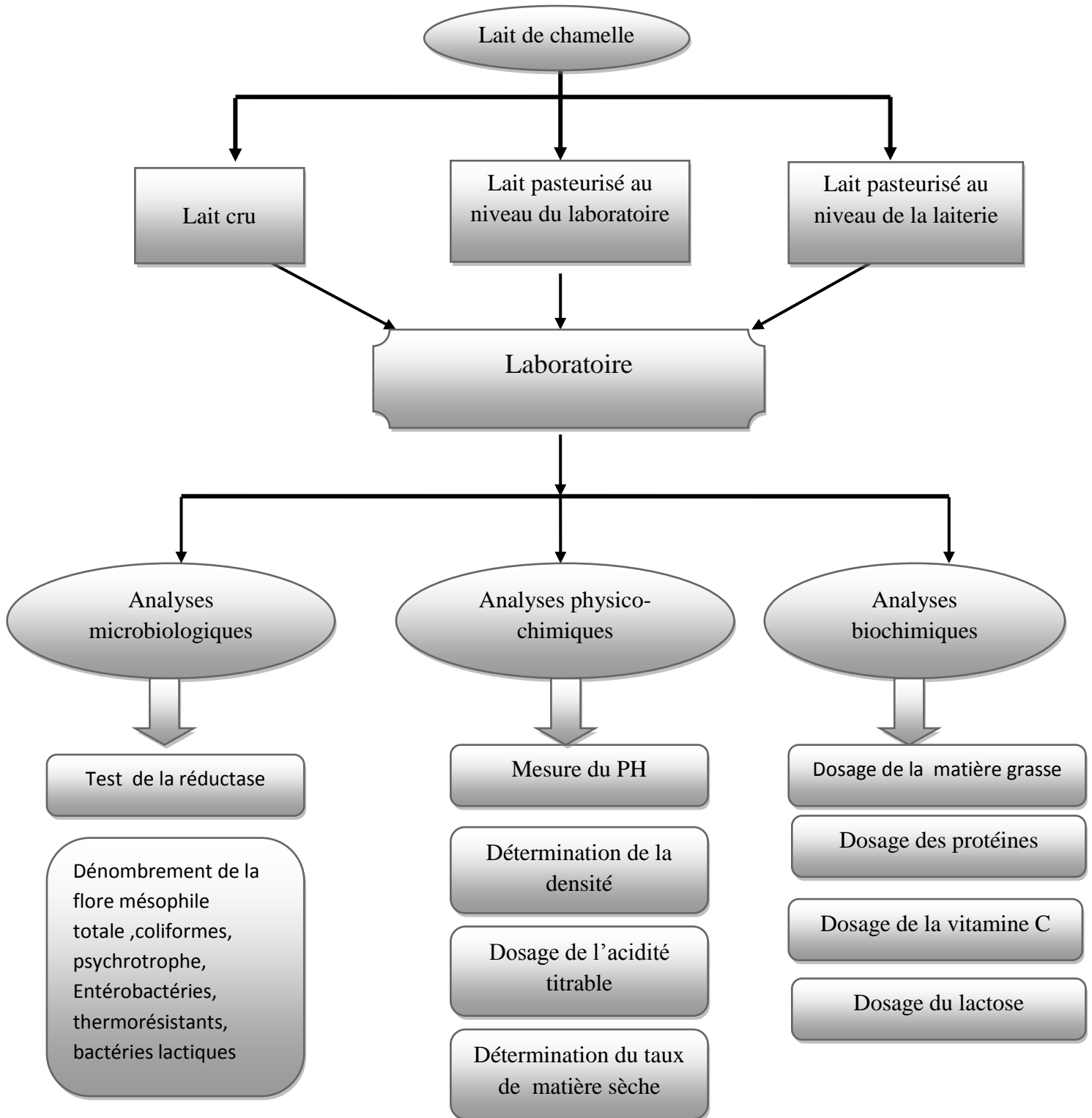


Figure1 : Procédure expérimental

2.2.1 Collecte du lait

Le lait est traité à partir de chèvres saines, les échantillons de lait sont conservés à 4°C et transportés aussitôt au laboratoire où ils sont analysés. À l'arrivée, des mesures de pH, d'acidité sont réalisées. Une partie du lait soumise à une pasteurisation selon trois couples température/temps : 63°C/20min, 72°C/15 sec et 85°C/2min (LARPENT, 1997). Les échantillons ainsi traités sont répartis en petites fractions et congelés jusqu'à leur utilisation ultérieure.

II.2.2 Pasteurisation

Contrairement à la stérilisation qui se fait à une température de 100 °C et qui a pour but de détruire tous les microorganismes pouvant se développer dans le produit, la pasteurisation se fait à une température inférieure à 100 °C et ne vise à détruire que les bactéries pathogènes présentes sous forme végétative (CAROLE, 2002).

Dans la présente étude nous avons utilisé des échantillons pasteurisés au niveau de la laiterie de (Pâturage de M'ZAB) à 65°C pendant 30 minutes dans un pasteurisateur à plaque.

Concernant les échantillons pasteurisés au niveau de laboratoire, la technique est résumée comme suit :

Une partie de lait cru est répartie dans des flacons de 125 ml bien fermés, à raison de 100 ml de lait par flacon. Ils étaient alors placés dans un bain marie maintenu à $63^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ pendant 20 min, puis refroidis successivement dans de l'eau froide puis dans de l'eau glacée.

La pasteurisation à 72°C/15sec et à 85°C/2min est réalisée de la même manière (figure 2).

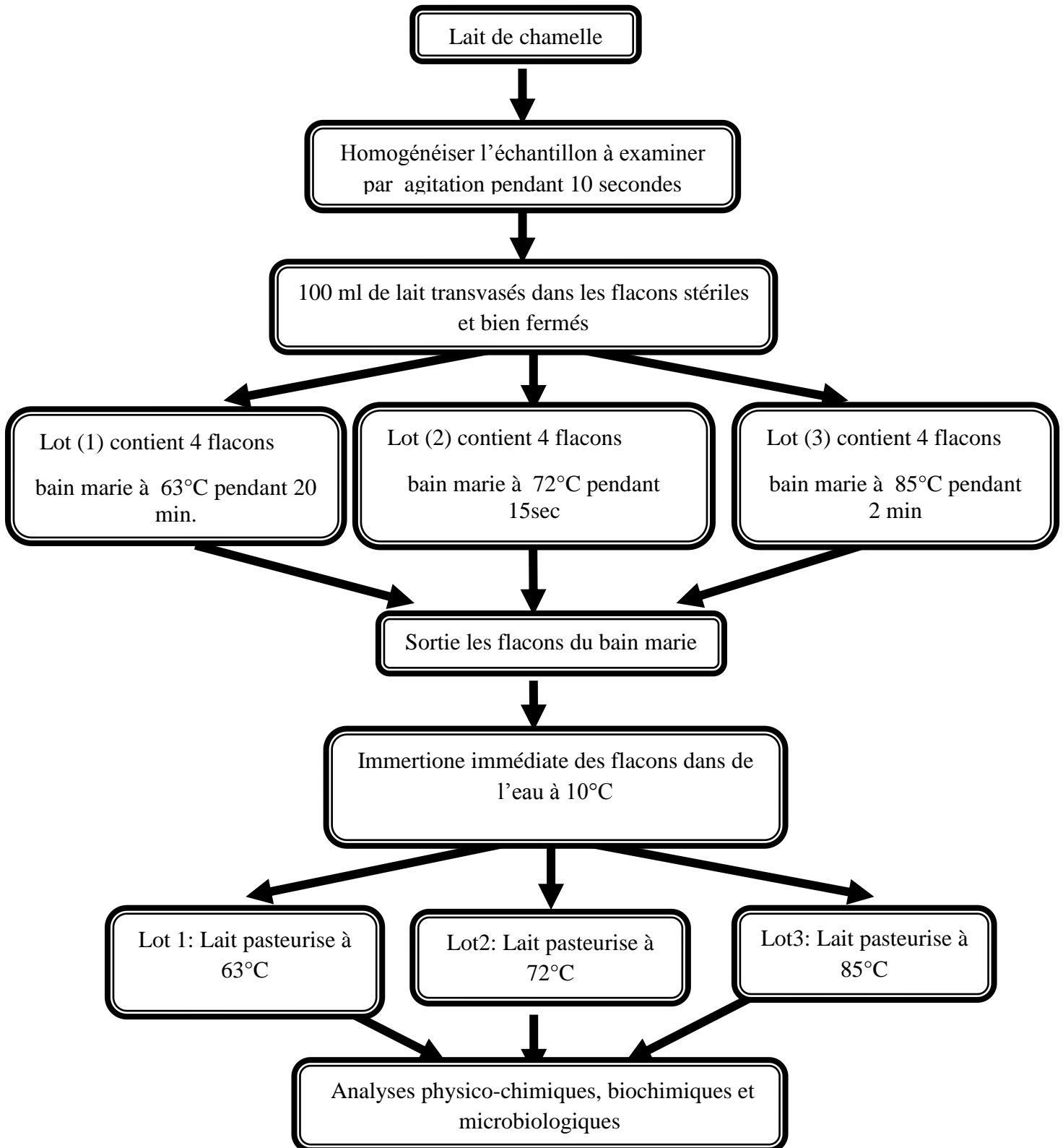


Figure2 : Pasteurisation du lait camelin au niveau du laboratoire

2.2.3 esylanA physico-chimiques

2.2.3.1 Mesure du pH

Le pH du lait 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).

2.2.3.2 Détermination de l'acidité Dornic

L'acidité peut être titrée de façon précise à l'aide de la soude Dornic (N/9). Un échantillon précis de 10 ml de lait est placé dans un bécher de 100 ml en présence de 0,1 ml de phénolphthaléine à 1% dans l'alcool à 95%. La soude Dornic (N/9) est rajoutée (à la burette) jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes (GUIRAUD, 1998). L'acidité du lait peut être exprimée de plusieurs façons :

- En degré Dornic (°D) : le degré Dornic correspond au nombre de $1/10^{\circ}$ de ml de soude Dornic N/9 nécessaire pour assurer le virage de la phénolphthaléine ;
- en gramme d'acide lactique (PM= 90), il faut une mole de soude (1litre de NaOH 1 X N) pour neutraliser 1g d'acide lactique, il faudra $1/90$; 1 ml de soude Dornic correspond donc à 10mg d'acide lactique. Pour une prise d'essai de 10 ml, le titre de l'acide lactique en g/l sera donné par le volume de soude Dornic en ml nécessaire pour la neutralisation, soit le $1/10^{\circ}$ du degré Dornic.

2.2.3.3 Extrait sec (E.S.)

Dans une capsule préalablement pesée on introduit 5 ml de lait à l'aide d'une pipette jaugée puis on la place dans une étuve réglée à $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 3 heures dans un dessiccateur garnie d'annhydride phosphorique ou un autre déshydratant efficace, après dessiccation les capsules refroidies sont pesées, la différence entre les deux poids est multipliée par 200.

2.2.3.4 Détermination de la densité

La densité nous renseigne sur le taux de matières solides et sur la viscosité de la solution. La densité du lait dépend de tous ses constituants. Elle varie avec le taux butyreux et la teneur en matière sèche dégraissée. Diminuant lorsque le taux butyreux augmente et augmentant en même temps que la teneur en matière séchée dégraissée. 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).

La mesure de la densité est réalisée à l'aide de densimètres sur le lait maintenu au repos. Le principe consiste à plonger un densimètre dans une éprouvette de 100ml remplie de lait à analyser. Lorsqu'il se stabilise, une lecture directe, nous donne le résultat.

2.2.4 Analyse chimiques et biochimiques

II.2.4.1 Dosage des protéines

La teneur en protéines (protéines totales, protéine sériques et caséines) est déterminée par la méthode de LOWRY (1957) . Le principe repose sur le développement d'une coloration bleue foncée suite à l'addition à la solution protéique d'un sel de cuivre en milieu alcalin, puis du réactif de Folin-Ciocalteu. La coloration résulte de la réaction du cuivre avec les liaisons peptidiques et la réduction de l'acide phospho-tungstomolybdique par la tyrosine, le tryptophane et la cystéine. Les espèces réduites absorbent la lumière à 750nm. Le dosage des protéines est réalisé par l'emploi d'un spectrophotomètre visible. La concentration en protéines de l'échantillon analysé est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie en employant de l'albumine sérique bovine (BSA) (GUILLOU *et al*, 1986).

La séparation des protéines sérique et caséines s'effectue selon les étapes récapitulées sur la figure 3

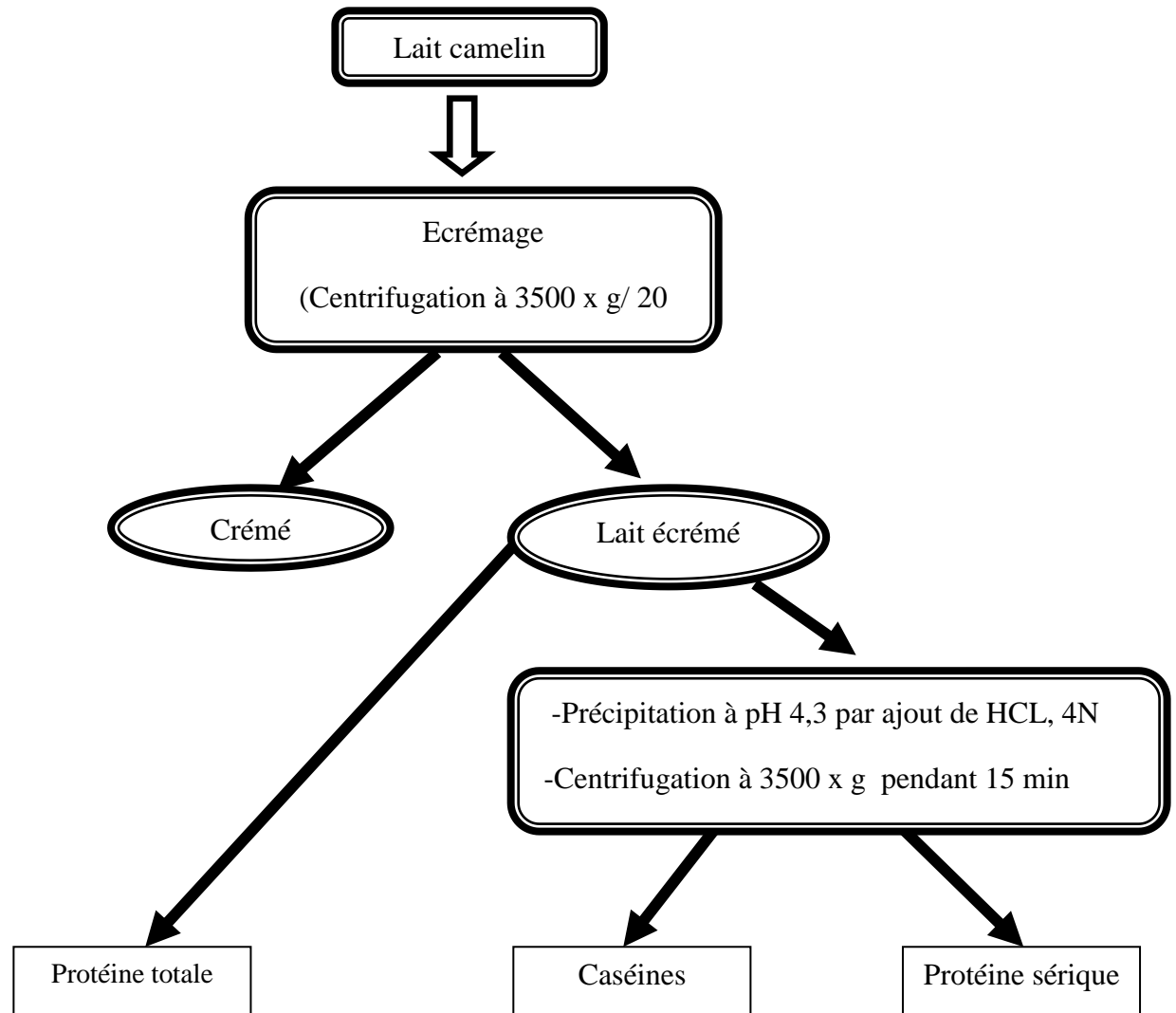


Figure N° 3: Etapes suivies pour l'isolement des protéines totales, caséines et protéines sériques du lait de chamelle collecté selon (SIBOUKEUR, 2007).

L'écrémage, est réalisé par centrifugation du lait à 3500 x g / 20 min à 4°C. Le lait est préalablement porté pendant 10 min au bain marie à 30-35°C, en utilisant une agitation douce, afin de permettre la remontée de la matière grasse en surface. La centrifugation à basse température permet ainsi d'avoir une bonne prise en masse de cette matière grasse en surface (SIBOUKEUR, 2007). La séparation entre les caséines et les protéines sériques est obtenue par précipitation du lait à pH 4,3, en présence d'une solution d'acide chlorhydrique, 4N, suivie d'une centrifugation à 3500xg /15 min. Cette opération est répétée deux fois afin d'assurer une meilleure qualité des séparations.

2.2.4.2 Dosage de la matière grasse

La matière grasse du lait se compose principalement de glycérides (99%), de phospholipides, de cérébrosides, du cholestérol et des acides gras libres (CAROLE,2002). Les lipides sont généralement solubles dans les solvants organiques (éther, chloroforme), mais peu ou non miscible dans les milieux aqueux. La détermination de la matière grasse peut se faire directement sur le lait par méthode acido-butyrométrique (GERBER) (norme AFNOR : NFV04-210 de décembre 1974). Cette technique de dosage rapide, applicable au lait entier et partiellement écrémé, n'est pas applicable aux laits homogénéisés tels les laits UHT.

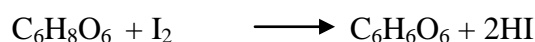
Les protéines du lait sont dissoutes par l'acide sulfurique, les matières grasses, résistantes à l'action de l'acide sulfurique concentré sont séparées par centrifugation, à chaud en présence d'alcool isoamylique (3-méthyl-1-butanol) qui facilite la séparation. On en mesure le volume vers 65-70°C dans un butyromètre de Gerber.

2.2.4.3 Dosage du lactose

On classifie généralement les glucides en trois groupes : les monosaccharides, les oligosaccharides et les polysaccharides. Les glucides du lait sont essentiellement constitués de lactose et de quelque autres sucres en faible quantité, dont le glucose. Le lactose est un disaccharide qui comprend le glucose et galactose. La détermination du lactose est réalisée sur le filtrat. Après défécation au ferrocyanure de zinc, par la méthode de Bertrand (1988) (norme FIL-IDF1974/28A). Une solution cupro-alkaline est réduite à chaud par le filtrat obtenu. Le précipité d'oxyde cuivreux formé est oxydé par une solution de sulfate ferrique et le sulfate ferreux formé est dosé par manganimétrie en présence d'orthophénantroline ferreuse comme Indicateur.

2.2.4.4 Dosage de la vitamine C :

Le lait de chamelle se singularise par sa richesse relative en vitamines B3 (niacine) et en vitamine C (SIBOUKEUR ,2007) Deux substances ont une activité vitaminique C: l'acide L-ascorbique et sa forme oxydée l'acide L-dehydroascorbique. 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 titrimétrie à l'aide d'une solution d'iode à 0,1 N .Une molécule d'iode réagit avec une molécule de vitamine C selon la réaction suivante :



Lorsqu'il n'ya plus de molécules 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 d'un composé bleu de grande intensité. Ce composé est formé par l'iode et l'amidon.

2.2.5 Analyse microbiologique

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

2.2.5.1 Test de la réductase

Le test de la réductase permet d'estimer la charge microbienne du lait frais. Son principe est basé sur la décoloration du bleu de méthylène. La rapidité de cette décoloration est directement proportionnelle au nombre de germes présents (LARPENT *et al*, 1997).

2.2.5.2 Etude de la flore microbienne

Nous avons procédé dans cette étude au dénombrement de quelques groupes susceptibles d'évoluer dans les échantillons de lait chamelle cru et pasteurisé entreposés à la température ambiante et à 4°C. Les ensemencements ont été réalisés en triple exemplaire, 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) pour cela il est nécessaire de procéder à des dilutions de l'échantillon de lait (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}). Le tableau V résume les conditions de culture utilisées.

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

Microorganismes recherchés	Milieux de culture	Type d'ensemencement (S: superficie) (P: profondeur)	Température et durée d'incubation
Flore aérobie mésophile	PCA	P	30°C/2h
Bactéries thermorésistantes	PCA	P	30°C/3 jours
Bactéries psychrotrophe	Gélose nutritive	p	5°C/ 7à 10 jours
Bactéries halotolérantes	CHAPMAN	S	30°C / 48 h
Entérobactéries	VRBG	P	37°C / 24 à 48 h
Coliformes	Désoxycholate-lactose	P	37°C / 48 h
Bactéries lactiques mésophiles	Elliker	P	30°C / 48 h
Bactéries lactiques thermophiles	Elliker	P	45°C / 48 h
Lactobacilles	MRS	P (Double couches)	35°C / 72 h

2.5.2.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile (FAMT, flore « totale » ou « globale »)

Cette flore appelée aussi « flore aérobie mésophile revivifiable » (FAMT) est un bon indicateur de la qualité générale et de la stabilité des produits ainsi que la qualité (propreté) des installations (GUIRAUD, 1998). 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.

2.2.5.2.2 Dénombrement des micro-organismes thermorésistants

MOURGUES et AUCLAIR (1973) ont montré qu'en l'absence de toute récontamination post-pasteurisation, la qualité de conservation du lait pasteurisé était limitée par des bactéries provenant du lait cru, donc thermorésistantes. Pour leur dénombrement, on emploie le milieu conseillé pour le dénombrement des germes aérobies du lait (PCA). L'incubation est réalisée à 30 °C pendant 3 jours (LARPENT, 1997).

2.2.5.2.3 Dénombrement des micro-organismes psychrotrophe

Certains micro-organismes sont capables de se développer à des températures inférieures à 7 °C. Les opérations de dénombrement classique sont utilisées. Le milieu de culture utilisé est de la gélose nutritive. Les boîtes de pétriensemencées sont placées pendant 7 à 10 jours au réfrigérateur à 5 °C. Certains auteurs recommandent une incubation d'une durée de 16 heures à 17 °C puis de 4 ou 5 jours à 5 °C pour accroître la rapidité des résultats (GUIRAUD, 1998).

2.2.5.2.4 Dénombrement des germes halotolérants

Les bactéries halotolérantes se développent sur le milieu hypersalé de Chapman Mannitol Salt Agar (M.S.A.DIFCO) (MARCHAL *et al*, 1982). 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 (SIBOUKEUR, 2007).

2.2.5.2.5 Dénombrement des entérobactéries

Leur dénombrement s'effectue sur gélose biliée, au cristal violet et au rouge neutre (VRBG), après ensemencement en profondeur et incubation à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

2.2.5.2.6 Dénombrement des coliformes

Les coliformes sont des micro-organismes d'altération. Leur présence indique une faute hygiénique relevant soit d'une mauvaise qualité du lait utilisé, soit de la malpropreté du matériel de fabrication (LARPENT, 1997). 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).

2.2.5.2.7 Dénombrement des bactéries lactiques

Le dénombrement des lactobacilles est réalisé sur le milieu de De Man Rogosa et Sharpe (MRS) (MARCHAL *et al*, 1982 ; GUIRAUD, 1997). L'ensemencement est réalisé en profondeur en doubles couches. L'incubation a lieu à 30°C, pendant 72h (LARPENT, 1997). Le dénombrement des lactocoques se fait sur milieu Elliker (LEVEAU et BOUIX, 1980). Ce milieu permet aussi le développement des Streptocoques lactiques. L'ensemencement se fait en profondeur. L'incubation est réalisée à 30°C pendant 48 heures pour les bactéries lactiques

mésophiles et à 45°C pendant 48 heures pour les bactéries lactiques thermophiles (HASSOUNA et MASRAR, 1995 in SIBOUKEUR, 2007).

III. Résultats et discussions

III. Résultats et discussions

3.1. Enquête sur les potentialités laitières de la laiterie « Pâturage du M'ZEB »

La laiterie « Pâturage du M'ZEB » se situe à EL-ATEF, dans la région de GHARDAIA, sud-est Algérien. Elle a débuté la fabrication de lait camelin pasteurisé depuis deux ans. La laiterie « Pâturage de M'ZEB » collecte du lait auprès de cinq éleveurs et procède à sa pasteurisation. La quantité collectée par jour est de l'ordre de 300 à 500 litre. Le lait est collecté à partir des chamelles appartenant à trois populations différentes sahraoui, tergui, reguibi, où la population sahraoui est dominante.

La collecte du lait se fait deux fois par jours. Les véhicules de collecte déposent les bidons en inox avant l'heure de la traite chez chaque éleveur. Une fois la traite terminée et les bidons remplis, les véhicules font le trajet inverse pour ramener les bidons à la laiterie. Le type d'élevage pratiqué par ces éleveurs est semi-extensif ; l'alimentation des dromadaires est variée entre des plantes spontanées « âacheb » des parcours sahariennes et des compléments apportés telles que dattes de faible valeur marchande, des rebuts et noyaux de dattes, de l'orge et du foin.

3.2 Caractéristiques organoleptiques

Le lait de chamelle est de couleur blanche mate, d'un goût légèrement salé et d'un aspect plus visqueux que celui du lait de vache. Ces caractéristiques notamment le goût du lait de chamelle diffèrent selon l'alimentation des animaux et la disponibilité en eau (FARAH, 1993). L'ingestion de fourrages comme la luzerne, donne un goût sucré, et certaines plantes halophytes le rendent salé (FARAH et BACHMAN, 1987). Dans notre cas le pâturage étant riche en plantes halophile, les échantillons présentent un goût relativement sale. Il est important de signaler que les échantillons de lait pasteurisé n'ont pas de goût de cuit et que leur couleur n'a pas été affectée.

3.3 Qualité physico-chimique et biochimique

Le tableau VI regroupe les résultats relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et biochimiques (moyenne de 7 échantillons de lait camelin cru et pasteurisé de la population sahraoui)

Tableau VI: Analyse physico-chimiques et biochimiques des échantillons de lait camelin

Lait camelin	Lait cru		Lait pasteurisé							
			à 63°C/ 20min		à 65°C/30min		à 72°C/ 15sec		à 85°C/2min	
Paramètres	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart Type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart Type
pH	6,37	0,06	6,41	0,05	6,42	0,06	6,42	0,06	6,43	0,05
Acidité dornic	18	0,79	18	0,93	17,5	0,88	17,42	0,62	17,35	1, 32
Densité	1,022	0,002	1,022	0,001	1,023	0,008	1,023	0,001	1,024	0,001
Extrait sec total (g /l)	102,42	6,52	103,2	5,38	109	8,66	106,28	5,67	111,1	5,49
Matière grasse (g/l)	29,33	0,51	28,83	0,75	28,66	0,51	28,83	0,75	28,16	1, 32
Lactose (g/l)	40,8	1,30	42,5	2,15	42,8	1,89	42,9	1,85	43	2,57
Protéines totales (g/l)	28,25	0,54	27,15	0,44	26,44	0,39	24,59	0,94	24,46	0,95
Protéines sériques (g/l)	8,64	0,20	7,19	0,16	5,64	0,22	5,30	0,13	5,37	0,22
Caséines (g/l)	20,84	2,05	19,40	1,22	18,95	1,23	18,24	0,27	17,98	0,79
Vitamine C (mg/l)	60,06	6,89	57,16	6,54	56,98	7,10	56,76	7,19	57,18	6,34

3.3.1 pH

La valeur moyenne du pH du lait de chamelle cru analysé, est égale à $6,37 \pm 0,06$. Le lait camelin serait légèrement plus acide que les laits humain (7.01) et bovin (6.6).

Les valeurs de pH relevées dans la présente étude se rapprochent de celles rapportées par certains auteurs tels que SIBOUKEUR, 2007 (pH= $6,31 \pm 0,15$) et SBOUI *et al* (2009) (pH=6,41), SAWAYA *et al* (1984) et ABU-TARBOUSH *et al* (1998), en Arabie Saoudite (pH= 6.49 ± 0.024 ; 6.48). D'autres auteurs avancent des valeurs plus élevées, tels que MEHAIA (1993 a) en Arabie Saoudite (pH = 6.61 ± 0.02), KAMOUN (1995) en Tunisie (pH = 6.51 ± 0.12), ABULEHIA (1994) en Arabie Saoudite (pH = 6.55 ± 0.04).

Le pH ainsi que le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau (GORBAN et IZZELDIN 1997). SALEY (1993), estime que la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de dromadaire, serait à l'origine du pH bas. Par ailleurs, le pH bas du lait camelin peut être attribué à la forte concentration en acide gras volatils (YAGIL, 1985).

Les échantillons du lait pasteurisé à différentes températures présentent des valeurs de pH moyennes plus élevées que le lait cru, ceci est probablement dû à la réduction de la charge microbienne sous l'effet de la température, ce qui entraîne l'abaissement de la production d'acide lactique par ces bactéries. Selon CAROLE (2002), le pH dépendrait également de la présence de caséines et d'anions phosphoriques et citrique.

3.3.2 Acidité titrable

Les échantillons de lait camelin cru analysés (tableau VI), présentent une acidité titrable de l'ordre de $18^{\circ}\text{D} \pm 0,79$. Cette valeur plus élevée par rapport à celle du lait bovin qui est de l'ordre de 15°D (SAWAYA *et al*, 1984), 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) $17,2^{\circ}\text{D}$.

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

Dans notre étude les échantillons du lait camelin cru analysé est légèrement acide, car il contient des substances acides (caséine, vitamine C, acide organiques, phosphates), il peut présenter ensuite une acidité développée, provoquée par l'acide lactique et les autres acides issus de dégradation du lactose par des microorganismes.

Si on compare les valeurs moyennes de l'acidité titrable du lait camelin cru avec celle de lait camelin pasteurisé à différentes températures (tableau VI), nous constatons que l'acidité titrable diminue avec l'augmentation de la température, ceci est probablement dû à la réduction de la charge microbienne sous l'effet de la température, ce qui entraîne l'abaissement de la production d'acide lactique par les bactéries lactiques.

3.3.3 Matière sèche

La teneur en matière sèche totale des échantillons de lait cru analysés est égale à $102,42 \pm 6,52$ (tableau VI). Celle-ci semble plus faible par rapport à celle du lait bovin (128 g/l selon ALAIS, 1984) et humain (129 g/l) (SIBOUKEUR, 2007). Elle se situe dans la fourchette des travaux de GNAN *et al* (1994b) (95.6 g/l) et de SIBOUKEUR (2007) ($113,11 \pm 10,58$).

RAMET, 1994 a indiqué que l'une des principales caractéristiques du lait camelin est en effet, sa teneur en matière sèche réduite par rapport à celle des laits d'autres espèces. Cette teneur varie également 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 (ANONYME 3, 1995).

Concernant, les échantillons de lait camelin pasteurisés présentent des valeurs supérieures par rapport au lait camelin cru, du fait de la réduction de la charge microbienne par la pasteurisation. dans ce sens (HRDING,1999) a indiqué que la réduction dans le taux de la matière sèche durant le stockage est dû de l'effet des micro-organisme fermentative.

3.3.4 Densité

La valeur de la densité des échantillons de lait de chamelle cru (tableau VI) est égale à $1,022 \pm 0,0022$, elle est comparable aux valeurs cités par SIBOUKEUR (2007) $1,023 \pm 0,0045$ et KAMOUN(1995) $1,028 \pm 0,002$, FARAH (1993) cité une fourchette de 1.0250-1.0320 avec une moyenne de 1.0290. Par ailleurs, les échantillons de lait camelin pasteurisé présente des valeurs légèrement supérieures que celle cru. La densité dépend directement de la teneur en matière sèche, liée fortement à la fréquence d'abreuvement (SIBOUKEUR, 2007). Ce qui semble explique cette petite différence de densité entre le lait cru et le lait pasteurisé.

3.3.5 Teneur en matière grasse

La teneur moyenne en matière grasse du lait cru analyse, est égale à 29,33g/l \pm 0,51. Elle semble légèrement plus faible que celles des laits bovin (37g/l) et humain (45 g/l).

Elle est comparable 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 \pm 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).

Les résultats enregistrés a montré que la teneur en matière grasse, reste globalement constante après la pasteurisation.

La matière grasse du lait camelin renferme des acides gras essentiels tels que l'acide linoléique contrairement à celle du lait bovin dans laquelle les acides gras à courtes chaînes non saturées prédominent (SIBOUKEUR, 2007).

3.3.6 Teneur en lactose

D'après les résultats compilés sur le tableau II, la teneur moyenne en lactose du lait camelin cru est égale à 40,8 \pm 1,30 g/l. Cette teneur paraît comparable à celle du lait bovin (44.13 g/l), mais elle est plus faible que celle du lait humain (70 g/l). 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).

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).

Les échantillons de lait pasteurisé présentent des valeurs moyennes qui semblent légèrement supérieures par rapport à celle de lait cru (tableau VI). Il faut signaler que certains micro-organismes dégradent le lactose en acide lactique, ces micro-organismes sont plus nombreux dans le lait cru que pasteurisé, ce qui explique la diminution la plus importante dans la teneur de lactose dans l'échantillon de lait cru que pasteurisé.

3.3.7 Teneur en vitamine C

La teneur en vitamine C des échantillons de lait cru est égale à $60,06 \pm 6,89$ mg/l. FARAH *et al* (1992) rapportent des variations importantes de (26,2-61,6 mg/l) en vitamine C avec valeur moyenne de 37,4 mg/l et SIBOUKEUR (2007) présente une teneur en vitamine C égale 41.40 mg/l ± 8.20 , alors que MEHAIA (1994) fait état de proportions nettement plus faibles (24.9 mg/l).

Malgré cette variabilité, il demeure entendu que la teneur en vitamine C du lait camelin est très largement au delà du seuil relevé dans le lait bovin (qui se situe autour de 20 mg/l). Cette caractéristique rehausse davantage l'intérêt nutritionnel du lait de dromadaire pour son apport important en cette vitamine au bénéfice des populations relativement privée d'apport important en fruits et légumes frais (SIBOUKEUR,2007).

Cependant, la teneur en vitamine C de lait pasteurisé semble légèrement inférieure par rapport au lait cru (tableau VI). RENNER, (1989) a signalé que la perte en vitamine C après traitement de pasteurisation est de (10-25%), par contre WERNEY *et al.*, (2005) a indiqué que la réduction de la concentration en vitamine C, après pasteurisation de lait de chamelle a été minime, ce qui est semble en accord avec notre résultats (tableau VI).

3.3.8 Teneur en protéines totales

Les résultats consignés dans le tableau VI indiquent une teneur moyenne en protéines totales de lait cru est égale à $28,25 \pm 0,54$ g/l. Celle-ci se rapproche de celles du lait bovin (32 g/l) et est deux fois plus élevée par rapport à celle du lait humain (12 g/l). 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 KAMOUN (1994) soit 34.3 g/l ± 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 KAMOUN (1994), les deux premiers mois de lactation se caractérisent par une diminution des taux, protéinique 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. Néanmoins, la teneur en protéines totales dans les échantillons de lait pasteurisé semble légèrement inférieure à celle du lait cru.

Il est important de signaler à ce niveau que la digestibilité des protéines dénaturées à la chaleur est supérieure à celle des protéines natives, Les protéines chauffées précipitent dans le milieu acide de l'estomac en particules plus fines et donc plus dispersées. Elles sont ainsi plus accessibles aux enzymes hydrolytiques qui agissent plus facilement sur une protéine dénaturée (ANONYME 2, 1992).

3.3.8.1 Teneur en protéines sériques

La teneur en protéines sériques du lait camelin cru analysé est égale à $8,64 \pm 0,20$ g/l. (tableau VI), ce qui représente 32,66 % des protéines totales. Ce taux semble se rapprocher de celui des laits, bovin (6 g/l) et humain (7 g/l).

Ce taux comparable à celui rapporté par KIHAL *et al* (1999) soit 8.59g/l, semble légèrement supérieur à celui rapporté par SIBOUKEUR (2007) soit 7,51g/l $\pm 0,50$ et par FARAH (1993) soit (7g/l). Des teneurs supérieures sont évoquées par d'autres auteurs soient 10g/l, selon BAYOUMI (1990), et $11,2 \pm 0.6$ g/l pour la race *Majaheem*, selon ABU-LEHIA (1994).

Concernant les échantillons du lait pasteurisé, présente des valeurs plus faibles que le lait cru (tableau VI), on remarque parallèlement une diminution dans la teneur en protéines sériques avec l'augmentation de la température de pasteurisation (tableau VI) ce qui est semblable en accord avec les résultats rapportés par la littérature (FARAH, 1986 ; ANONYME1,1992). La pasteurisation dénature de 10 à 20 pour cent des protéines de lactosérum, selon ces auteurs.

Par ailleurs FARAH (1986), a conclu que la sensibilité à la chaleur des protéines du lactosérum camelin est deux fois plus faible que celle des protéines lactosériques bovines.

3.3.8.2 Teneur en caséines

La teneur moyenne en caséines des échantillons de lait cru analysés est égale à $20,84 \pm 2,05$ g/l, soit 79,23 des protéines totales. Elle est plus faible que celles des caséines bovines (26g/l), soit 81 % des protéines totales. Elle est, en revanche nettement supérieure à celle du lait de femme qui est égale à (5g/l), soit 42 % des protéines totales. Cette teneur est située dans la fourchette citée par ABULEHIA (1987) 19g/l et KAMOUN (1995) (23 g/l), et semble plus faible que celle rapportée par certains auteurs tels que SIBOUKEUR (2007) $28,15 \pm 5,28$, soit 79% des protéines totales et KIHAL *et al* (1999), en Algérie avec 24.53 g/l soit 74.1% des protéines totales.

Les échantillons de lait pasteurisé semblent présenter des teneurs en caséines, légèrement inférieures à celle du lait cru (tableau VI), cette teneur semble d'autant plus faible que la température est élevée. Toutefois, selon ANONYME1(1992) les caséines du lait bovin résisteraient à l'effet thermique.

3.4 Qualité microbiologique

3.4.1 Test réductase

La plupart des bactéries en se multipliant dans le lait sont capables, grâce à l'action de leur réductase, d'abaisser le potentiel d'oxydo-réduction jusqu'à la décoloration d'un indicateur rédox. On utilise généralement le bleu de méthylène dont la forme réduite est incolore. Cette méthode d'estimation est approximative. En effet, l'activité réductrice des cellules microbiennes dépend non seulement de leur nombre, mais aussi des espèces présentes et de leur état physiologique (les streptocoques de mammites ne décolorent pas le bleu de méthylène). De plus, le colorant peut être réduit par les cellules somatiques de l'animal qui peuvent se trouver dans le lait (GUIRAUD, 1998).

Afin d'estimer l'efficacité de la pasteurisation du lait camelin, nous avons pratiqué le test réductase sur les échantillons de lait camelin cru et pasteurisé. Les résultats ont été récapitulés dans le tableau VII.

Tableau VII: Tableau récapitulatif des résultats du test de la réductase

Lait camelin	Temps de décoloration au bleu de méthylène
Cru	2 heures et demie
Pasteurisé à 63°C/20 min	Plus de 5 heures
Pasteurisé à 65°C/30 min	Plus de 5 heures
Pasteurisé à 72°C/15 sec	Plus de 5 heures
Pasteurisé à 85°C/2 min	Plus de 5 heures

Il ressort de ce tableau que la décoloration de lait cru ayant survenue après deux heures et demi et que celle des échantillons pasteurisé après plus de Cinq heures, ce qui peut être expliqué par la réduction du nombre de bactéries par la chaleur.

3.4.2 Effets de la pasteurisation sur la flore microbienne de lait camelin

Afin de déterminer l'effet de la pasteurisation sur la qualité microbiologique de lait camelin, nous avons procédé au dénombrement de quelques groupes bactériens du lait avant et après la pasteurisation selon les différents barèmes. Les résultats sont compilés dans le tableau VIII

Tableau VIII : Tableau récapitulatif de résultats de dénombrement de quelque flore de lait camelin avant et après la pasteurisation

Groupe de micro-organisme	Nombre des germes (UFC/ml)				
	Lait de chamelle cru	Lait pasteurisé à 63°C/20min	Lait pasteurisé à 72°C/15 sec	Lait pasteurisé à 65°C/ 30min	Lait pasteurisé à 80°C/2min
Flore aérobie mésophile	$9,5 \times 10^6$	$3,6 \times 10^5$	$3,7 \times 10^3$	$9,5 \times 10^4$	$1,45 \times 10^3$
Bactéries thermorésistantes	$4,3 \times 10^3$	5×10^3	4×10^3	$5,2 \times 10^3$	$4,5 \times 10^3$
Bactéries psychrotrophes	$5,1 \times 10^3$	$7,5 \times 10$	2×10	$3,5 \times 10$	$1,5 \times 10$
Bactéries halotolérantes	$3,75 \times 10^4$	-	-	-	-
Entérobactéries	$5,5 \times 10^4$	-	-	-	-
Coliformes	$3,25 \times 10^5$	$3,5 \times 10$	-	-	-
Bactéries lactiques mésophiles	$3,2 \times 10^5$	-	-	-	-
Bactéries lactiques thermophiles	$6,5 \times 10^3$	$5,2 \times 10^3$	$4,7 \times 10^3$	5×10^3	$1,2 \times 10^3$
Lactobacilles	$2,15 \times 10^4$	$8,5 \times 10$	$2,8 \times 10$	$3,7 \times 10$	2×10

- : absence totale des germes

3.4.2.1 La flore mésophile aérobie totale

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale dans le lait nilemac cru révèle une quantité de $9,5 \times 10^6$ UFC (tableau VIII). Ces résultats indiquent que les échantillons du lait de chamelle analysés sont chargés en micro-organismes que le lait de vache (9×10^4 UFC/ml) au jour du conditionnement et 3×10^5 UFC/ml à la date limite de consommation, selon JOFFIN et JOFFIN (1992). Selon de nombreux auteurs, comme FARAH (1986) et FAYE (1997), le lait de chamelle a des propriétés anti-bactériennes élevées 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 et semi-arides favorables à la croissance des micro-organismes.

Par contre les échantillons du lait camelin pasteurisé présentent des valeurs acceptables, ce qui montre la nécessité de pasteurisation du lait camelin cru. La pasteurisation à ($63^\circ\text{C}/20\text{min}$) et à ($65^\circ\text{C}/30\text{min}$) a toutefois donné des résultats peu intéressants puisque le taux de la FMAT est resté élevé ($3,6 \times 10^5$) et ($9,5 \times 10^4$) respectivement. Donc pour assurer une bonne pasteurisation du lait de chamelle, il faut lui appliquer un couple de température/temps plus important que celui-ci.

3.4.2.2 Flore pathogène

D'après le tableau VII la flore pathogène du lait, parmi laquelle, les coliformes, les entérobactéries, les bactéries halotolérantes et les Staphylocoques est complètement détruite, après la pasteurisation quel que soit le barème utilisé. Ces bactéries étant sensibles à la chaleur, constituent un bon témoin de l'efficacité des traitements thermiques et/ou d'une recontamination (GUIRAUD, 1998). Signalons que cette flore pose des problèmes divers sur la santé humaine :

- les entérocoques, tels que (*Salmonella*, *Escherichia coli*, *Shigella*, *Yersinia*) sont responsables de nombreuses toxi-infections et troubles intestinaux;
- les bactéries halotolérantes sont des micro-organismes qui peuvent se reproduire en absence de sel et tolèrent une concentration jusqu'à 15% tel que (les Staphylocoques halotolérants), elles provoquent par leur production des toxines thermostables, des intoxications de gravité

variable, une fermentation lactique suffisamment active, les inhibes. Mais le risque subsiste s'il ya eu accumulation préalable de toxines en quantité suffisante (ANONYME 2,1992).

-les coliformes totaux absorbés en quantité massive (1 million à 1 milliard de germes) peuvent déclencher des troubles gastro-intestinaux.

3.4.2.3 Flore d'altération

Cette flore regroupant les bactéries thermorésistantes, les psychrotrophes. la flore thermorésistante est capable de résister aux traitements thermiques usuels comme la pasteurisation (ANONYME2,1992), ce qui est montré sur le tableau VIII . Dans ce sens (MOURGUES, 1983) a indiqué que le nombre de thermorésistant du lait cru conditionne, non seulement la teneur en germes du lait pasteurisé mais aussi sa durée de conservation dans le cas où il n'y a pas une récontamination après la pasteurisation.

D'ailleurs, La flore thermorésistante est notamment apportée dans le lait par le sol les ensilages, les fèces et les résidus dus à l'insuffisance de nettoyage et de désinfection du matériel en contact avec le lait (ANONYME2,1992). Leur développement ultérieur peut altérer les produits et, peut parfois, être dangereux pour la santé. Les composantes de cette flore sont: *Micrococcus*, *Microbactérium* et *Bacillus* dont l'espèce *cereus* produit une entérotoxine stable après pasteurisation (DIENG,2001).

Le taux de réduction de la flore psychrotrophe par la pasteurisation est égale 49,43%, 58,36%, 64,91% et 68,28% pour une couplement température/temps 63°C/20min, 65°C/30min, 72°C/15sec et 85°C/2min respectivement. On peut expliquer la légère résistance de la flore psychrotrophe à la pasteurisation, par la présence de quelque espèce thermorésistante. Parmi les micro-organismes qui composent ce groupe on peut citer *Micrococcus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Corynebactérium*, le genre *Pseudomonas* étant prédominante (DINGUE,2001), Ces germes peuvent produire des lipases et des protéases thermorésistantes ayant pour conséquence l'apparition de goûts très désagréables dans les produits laitiers: goût amer, rance, putride, etc.

3.4.2.4 Flore lactique

La flore lactique a une grande importance en laiterie. Sa principale propriété est de produire de l'acide lactique par fermentation du lactose; certaines produisent en outre du gaz carbonique et divers composés, dont certains contribuent à l'arôme des produits laitiers.

D'après le tableau VIII, la flore lactique qui regroupe les bactéries lactiques mésophiles et thermophiles et les lactobacilles représente une sensibilité différente à la pasteurisation selon les espèces.

Par exemple, les bactéries lactiques mésophiles tel que le genre *Lactococcus* a montré une sensibilité très importante à la pasteurisation avec un taux de réduction de 100% pour tous les barèmes de pasteurisation utilisés au cours de cette étude. Ces bactéries sont utilisées pour la production de lait fermenté présentent des caractéristiques organoleptiques spécifique (BOURGEOIS, 1996).

Par contre, les bactéries lactiques thermophiles tels que l'espèce (*Streptococcus thermophilus*) présente une résistance à la pasteurisation comme montre le tableau VIII avec des taux de réduction est égale 2,54% ;2,98% ;3,69% ;19,24% pour des couple température/temps 63°C/20min, 65°C/30min, 72°C/15sec et min,85°C/2min respectivement. Ces bactéries sont utilisées pour la fabrication des fromage à pate pressée cuite (BOURGEOIS,1996).

Par ailleurs, le taux de réduction des lactobacilles est 55,6% ;63,80% ;66,59% ;69,97% pour un couple température/temps égales 63°C/ 20min, 65°C/30min,72°C/15sec et 85°C/2min respectivement. Il semble que cette flore représente une certaine résistance à la pasteurisation. On peut expliquer cette constatation par la présence probablement d' espèce thermophile telle que *lactobacillus delbruecku subs lactis* bien que KARAM (2006) a indiqué l'absence de cette espèce dans le lait camelin.

Enfin, on peut dire que la pasteurisation permet d'amélioré la qualité hygiénique du lait. Cependant, il faut prendre les mesures de prévention contre la présence et le développement des germes pathogènes et/ou d'altération (thermorésistants et psychrotrophes).

3.4.3 Evolution du lait au cours de l'entreposage

3.4.3.1 Evolution du pH et de l'acidité du lait entreposé à différentes température

L'évolution du pH et de l'acidité, d'échantillon de lait cru (Ech A) et pasteurisés (Ech B, Ech C, Ech D, Ech E), a fait l'objet d'un suivi. Afin d'estimer la durée de conservation, les échantillons du lait camelin cru et pasteurisé sont entreposé à température ambiante (30°C) et à 4°C.

La valeur de pH mesurées pour l'échantillon de lait cru ($\text{pH} = 6,37 \pm 0,06$) est similaire à celles rapportées par d'autres auteurs qui mentionnent que le pH du lait frais camelin est légèrement plus faible que celui des laits d'autres espèces, notamment bovines ($\text{pH}=6,6$; YAGIL, 1984) et humaine, ($\text{pH}=7,0$; KAMOUN, 1994). Ceci serait dû à la richesse particulière de ce lait en acide ascorbique (YAGIL *et al*, 1984 ; KNOESS, 1979).

Les valeurs de pH des échantillons du lait pasteurisé (Ech B) et (Ech C),(Ech D) et (Ech E) sont $6,41 \pm 0,05$; $6,42 \pm 0,06$; $6,42 \pm 0,06$; $6,43 \pm 0,05$ respectivement , elles paraient légèrement supérieure par rapport au lait cru, ceci est probablement dû au réduction de la charge microbienne pendant le traitement thermique.

L'acidité titrable, qui témoigne de l'état de fraîcheur du lait et de sa richesse relative en caséines, phosphates, citrate, hydrogéo-carbonate et lactates, varie en sens inverse avec le pH. La valeur de l'acidité titrable du lait cru relevée $18^{\circ}\text{D} \pm 0,79$, se rapproche de celles rapporté par SIBOUKEUR (2007) ($18,2^{\circ}\text{D} \pm 2,93$), concernant les échantillons de lait pasteurisé (Ech B) et (Ech C), (Ech D) et (Ech E), il présente des valeurs suivant $18^{\circ}\text{D} \pm 0,93$, $17,5^{\circ}\text{D} \pm 0,88$, $17,42^{\circ}\text{D} \pm 0,62$, $17,35^{\circ}\text{D} \pm 1,32$ respectivement. Ces valeurs semblent inférieures par rapport à celles du lait cru.

Toutefois, nous pouvons estimer que les échantillons du lait analysé sont de qualités hygiéniques acceptables, vu que l'acidité globale ne dépasse pas 21°D (GUIRAUD, 1998).

- **Evolution du pH et l'acidité titrable des échantillons entreposés a température ambiante (30°C)**

Les échantillons de lait sont entreposés à température du laboratoire ($30 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Le pH et l'acidité titrable sont mesurés chaque jour jusqu'à acidification du lait. Les résultats obtenus sont illustrés par les figures (4 a et 4 b).

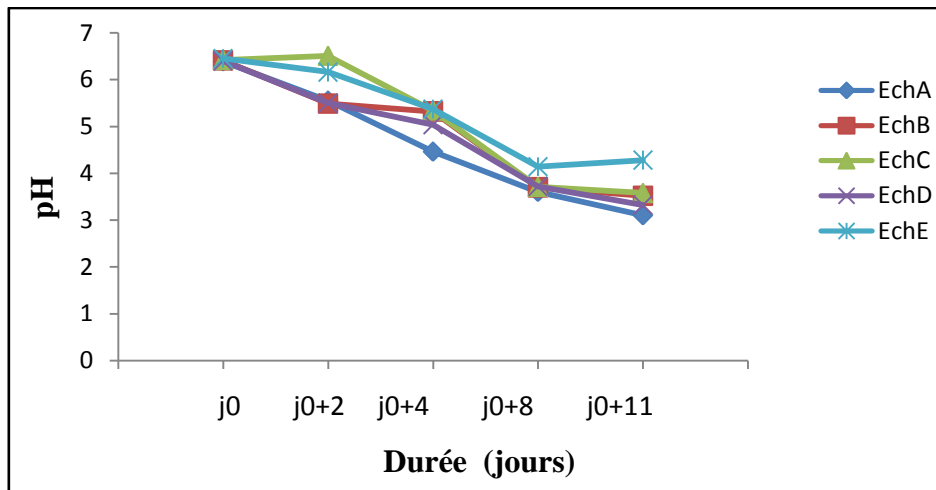


Figure 4 (a) : Evolution du pH durant l'entreposage à la température ambiante (30°C).

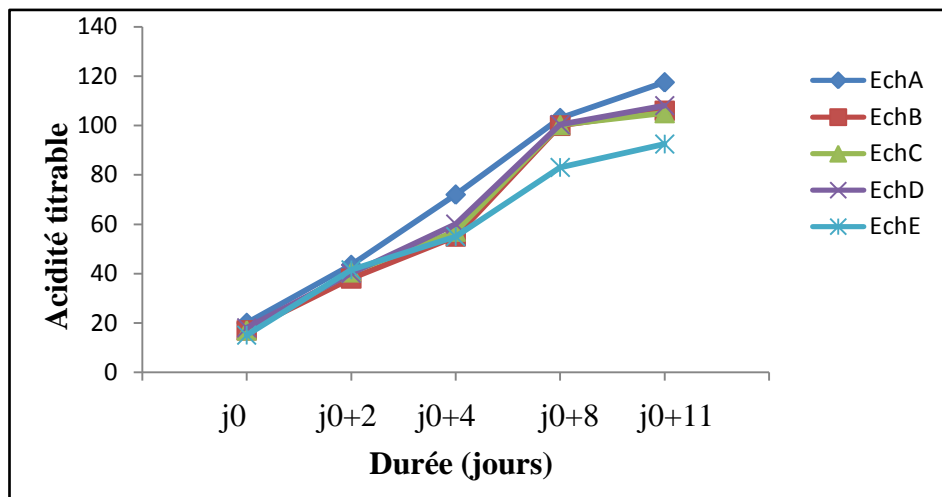


Figure 4 (b) : Evolution de l'acidité titrable durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

EchA : échantillon de lait cru

EchB : échantillon de lait pasteurisé à 63°C/20 min

EchC : échantillon de lait pasteurisé à 65°C/30 min

EchD : échantillon de lait pasteurisé à 72°C/15 sec

EchE : échantillon de lait pasteurisé à 85/2 min

Au cours de l'entreposage du lait, les variations mesurées au jour J0, J0+2, J0+4, J0+8, J0+11 (figures 4a et 4b), montrent que le lait de chamelle cru a tendance à s'acidifier plus vite que le lait pasteurisé. Ceci qui peut être expliqué par l'augmentation de la charge microbienne durant l'entreposage dans le lait cru plus que celle pasteurisé.

La figure (4a) montrée que le pH diminue mais assez lentement. Au bout du 4^{ème} jour d'entreposage, tous les échantillons de lait pasteurisés présentent des pH supérieurs au pH isoélectrique des caséines camelines (pH=4,3). Seul l'échantillon de lait cru atteint la valeur de 4,46. Entreposés 7 jours encore dans les mêmes conditions, le pH des échantillons donnent des valeurs qui se situent autour de 4,28 et 3,1.

L'acidité titrable confirme cette lente tendance à l'acidification où nous constatons que les valeurs ne dépassent pas 40°D au bout de 4 jours d'entreposage. Cette acidité atteint au bout du 11^{ème} jour, des valeurs situées entre 92,5 et 100°D pour les échantillons de lait pasteurisé. Cette acidification lente de lait de chamelle peut être expliquée principalement par le pouvoir tampon du lait camelin relativement plus élevé par rapport à celui du lait des autres espèces (SAWAYA *et al.*, 1984).

On peut constater que le lait de chamelle pasteurisé peut se conserver plus de 4 jours à température ambiante (30°C), par contre le lait cru ne peut se conserver que deux jours. Cependant la durée de conservation de lait de chamelle est nettement plus élevée si l'on compare la durée de conservation de ce lait avec celui de la vache. En effet, un lait bovin de bonne qualité au moment de la traite (moins de 10⁶ germes /ml) ne peut se conserver plus de 24 heures à 15,5°C et encore moins à 25 °C. Son pH atteint alors, des valeurs proches de 5.2 et son acidité se situe déjà entre 55 et 60 °D (SIBOUKEUR, 2007).

- **Evolution du pH et l'acidité titrable des échantillons entreposés à 4°C**

Le suivi est arrêté lorsqu'on remarque une modification de l'aspect du lait : coagulation et odeur désagréable. Les résultats obtenus sont illustrés dans les figures (5 a et 5b). Ils montrent qu'après 7 jours de conservation à 4°C l'acidité titrable des échantillons du lait (cru et pasteurisé) se situe encore dans les normes. Celle du lait cru est égale (32,5°D), correspondant à un pH =6,18, et pour les échantillons de lait pasteurisé (Ech B) et (Ech C), (Ech D) et (Ech E), elle est égale à 22°D, 27,5°D, 24°D, 24,5°D respectivement.

Par ailleurs, cette lente acidification du lait de chamelle par rapport à celle du lait bovin, peut être expliquée par l'activité antimicrobienne du lait de chamelle qui est supérieure à celle du lait de vache liée à sa richesse en protéines protectrices (lysozyme et en lactoperoxydase, lactoferrine, pp₃, immunoglobuline) ce qui prolonge sa durée de conservation.

Les résultats indiquent que le lait de chamelle pasteurisé peut conserver jusqu'à 8 jours à 4°C ; le lait bovin pasteurisé ne peut se conserver qu'à 2 à 3 jours à 4°C.

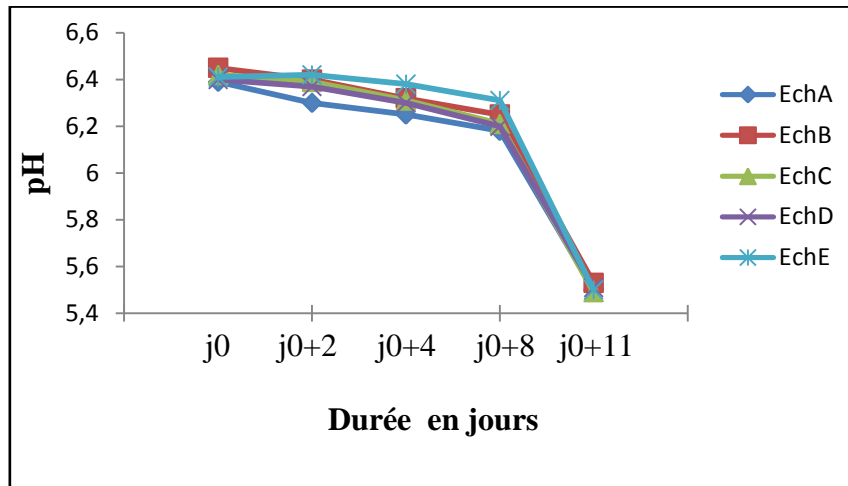


Figure 5 (a) : Evolution du pH durant l'entreposage à 4°C.

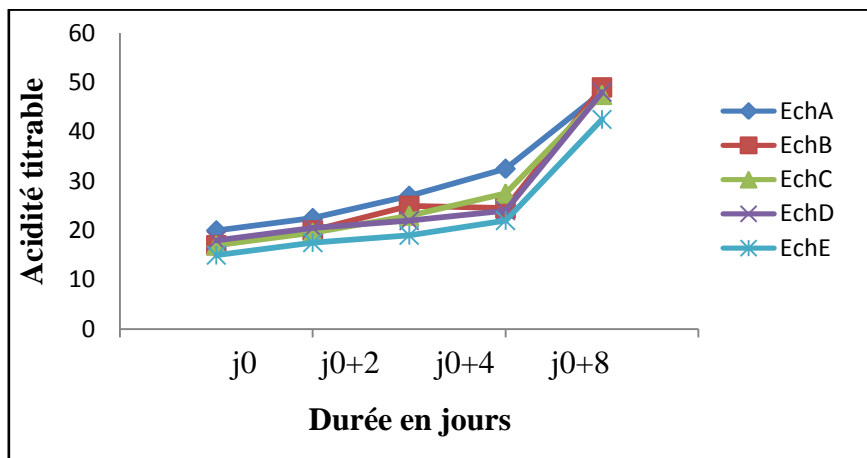


Figure 5 (b) : Evolution de l'acidité titrable durant l'entreposage à 4°C.

3.4.3.2 Evolution de la flore aérobique mésophile

Les résultats relatifs à l'évolution de la flore aérobique mésophile du lait camelin cru et pasteurisé entreposé à température ambiante et à 4°C sont illustré par les figures (6 a et 6 b) respectivement. L'évolution de la flore aérobique mésophile (FAMT) cultivé sur milieu PCA à 30°C/48h, est rapide pour les échantillons du lait cru et pasteurisé entreposé à température ambiante (30°C), dés le deuxième jour d'entreposage, cette flore trouvent des conditions favorable à leur développement (température 30°C, pH).

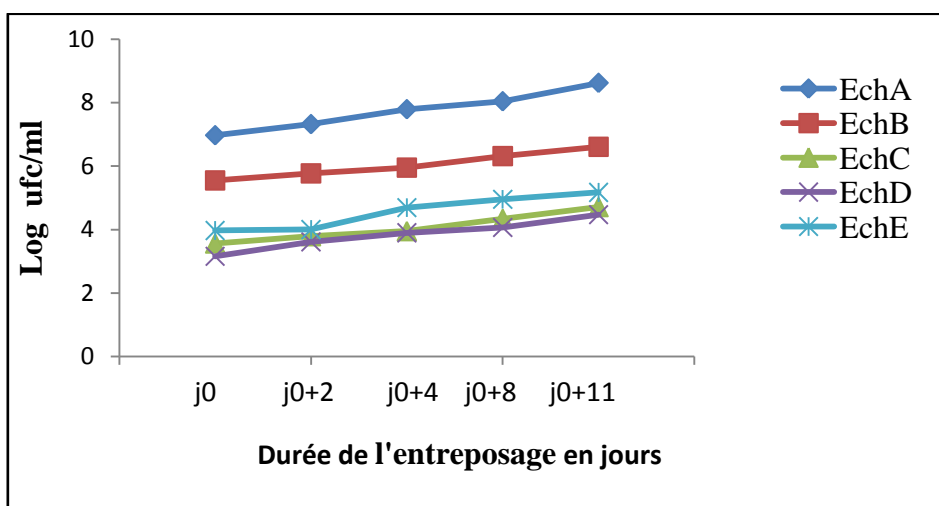


Figure 6 (a) : Evolution de la flore aérobique mésophile du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

Par contre, l'évolution de la flore aérobique mésophile des échantillons entreposés à 4°C, lente durant les quatre premiers jours pour tous les échantillons. L'effet bactériostatique exercée par la réfrigération est plutôt semble responsable. Après J0+4, l'evolution est relativement plus rapide. Ceci peut être dû au développement de la flore psychrotrophe qui poursuit son développement devenant progressivement plus nombreuse et dépassent le nombre de germes 'totaux' initial du lait (WEBER, 1989).

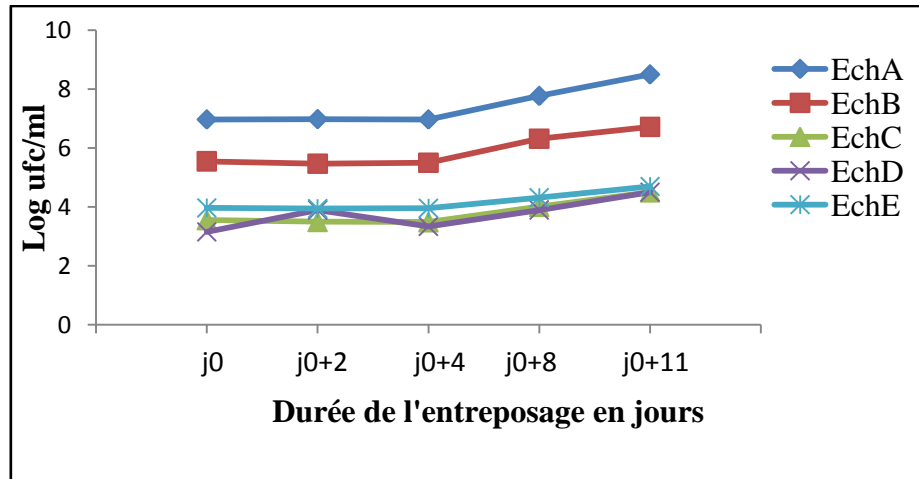


Figure 6(b) : Evolution de la flore aérobie mésophile du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.

3.4.3.3 Evolution de la flore lactique

Les résultats relatifs à l'évolution de la flore lactique du lait camelin cru et pasteurisé entreposé à température ambiante et à 4°C sont illustrés par les figures (7, 8 et 9). L'évolution des bactéries lactiques mésophiles et thermophiles cultivées sur milieu ELLIKER, respectivement à 30 et 45 °C/48 heures, est relativement lente durant les deux premiers jours de l'entreposage (J0+2) à température ambiante (30°C) ce qui correspond à la phase de latence de la croissance bactérienne où les bactéries lactique produisent des substance inhibitrice (peroxyde d'hydrogène et bactériocines) contre les autres germes.

A partir de J0+2, leur nombre commence à augmenter, plus nettement dans le cas des thermophiles, puisque le traitement thermique (la pasteurisation) a détruit les bactéries lactiques mésophiles.

Dans les échantillons de lait réfrigéré, l'évolution des bactéries lactiques mésophiles et thermophiles est lente durant les deux premiers jours, puis a tendance à se stabiliser sous l'action du froid.

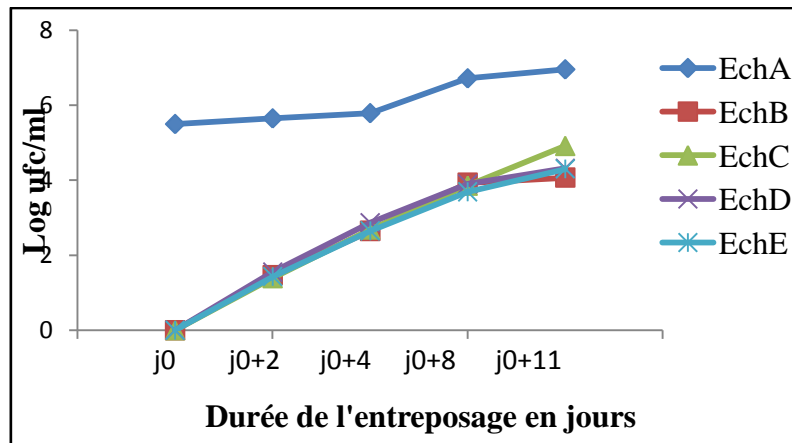


Figure 7 (a) : Evolution de la flore lactique mésophile du lait camelindurant l'entreposage à température ambiante (30°C).

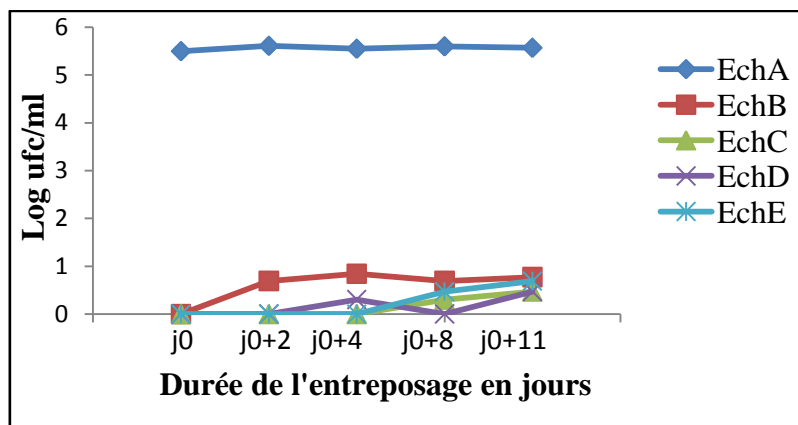


Figure 7 (b): Evolution de la flore lactique mésophile du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.

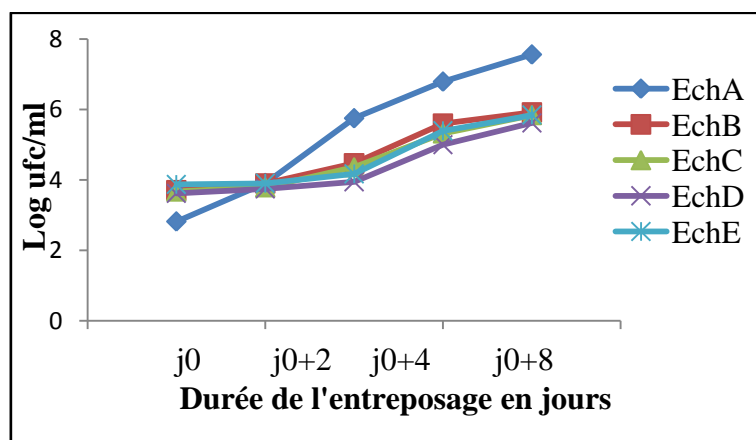


Figure 8 (a) : Evolution de la flore lactique thermophile du lait durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

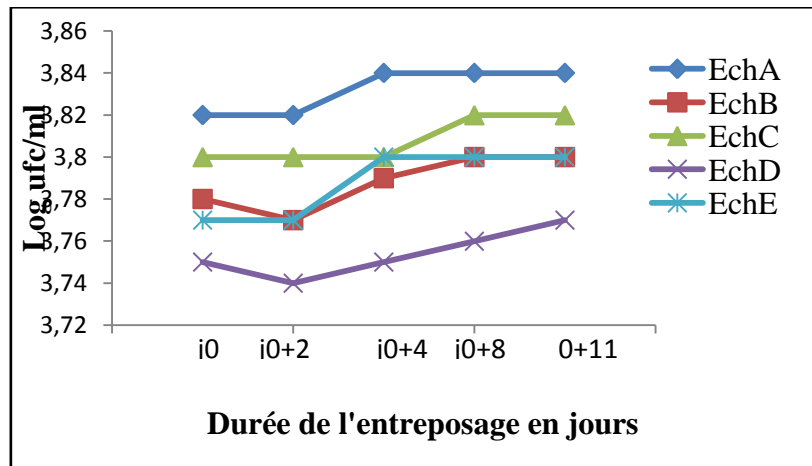


Figure 8 (b) : Evolution de la flore lactique thermophile du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.

Le nombre de lactobacilles (cultivé sur milieu MRS) augmente lentement pendant les deux premiers jours d'entreposage à température ambiante (figure 9a), puisque les lactobacilles nécessitent un milieu acide pour leur développement, à partir de J0+4, leur nombre commence à augmenter, et s'arrête durant J0+11, BOURGEOIS et LARPENT, (1996) ont indiqué que les lactobacilles ont une bonne croissance dans un milieu à pH entre 4,5 - 6,4 mais s'arrête à pH=4,0-3,6, ce qui explique cette constatation.

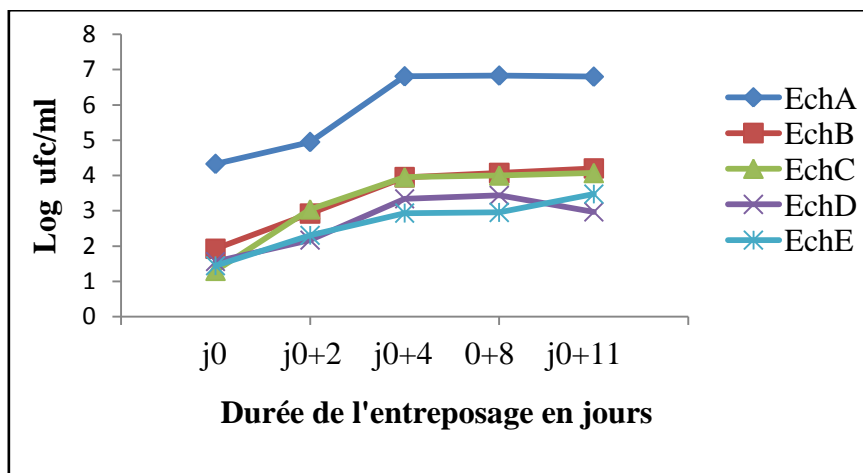


Figure 9 (a) : Evolution des lactobacilles camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

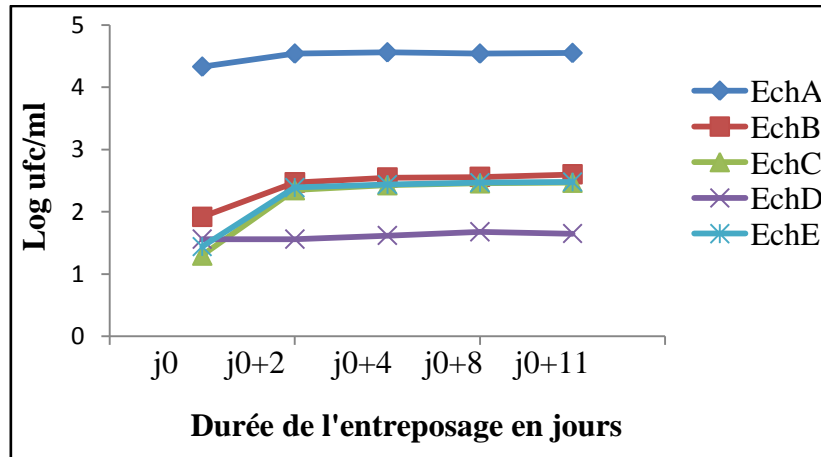


Figure 9(b): Evolution des lactobacilles camelins durant l'entreposage à 4°C.

3.4.3.4 Evolution de la flore thermorésistante

L'évolution de la flore thermorésistante figures (10a et 10b) similaire pour les échantillons considérés, indique que la pasteurisation n'a aucun effet sur cette flore. leur taux connait une augmentation durant l'entreposage à température ambiante de l'ordre de 10^3 à j_0 à 10^7 à j_0+11 et de 10^3 à j_0 à 10^5 J_0+11 durant le stockage à 4°C. Ceci montre le rôle primordial de la température d'entreposage dans la durée de conservation.

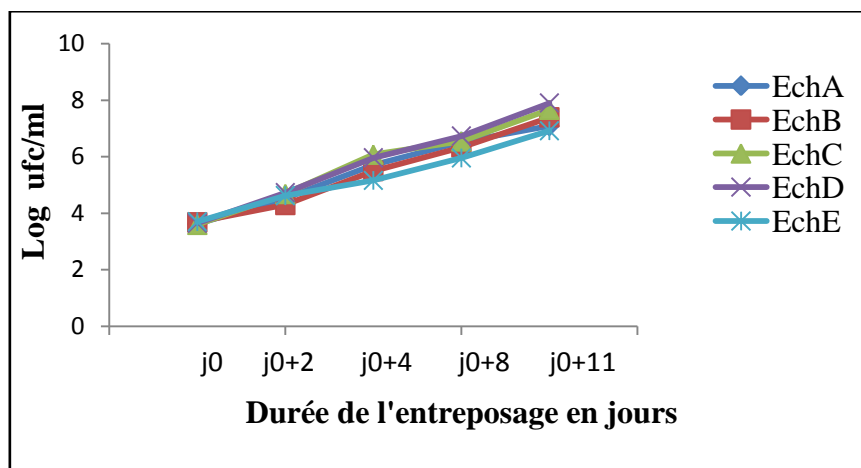


Figure 10 (a) : Evolution de la flore thermorésistante du lait camelin durant l'entreposage à 30°C.

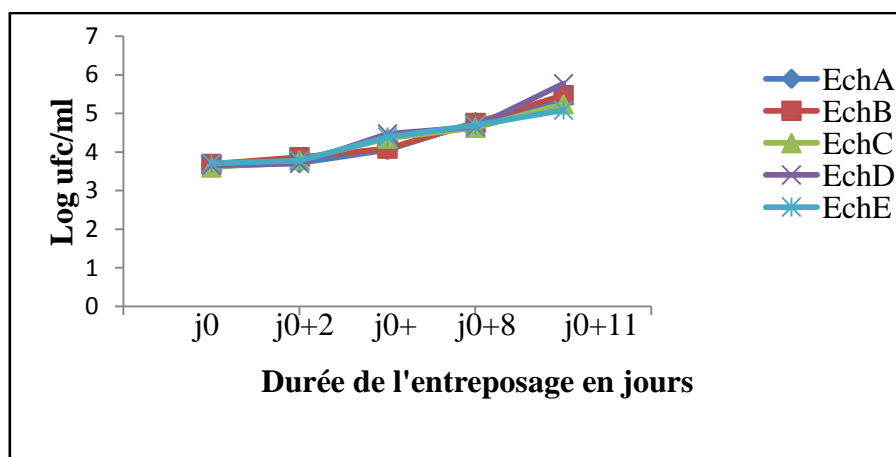


Figure 10 (b) : Evolution de la flore thermorésistante du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.

Comme indiqué précédemment, il est possible de prévoir, suivant le nombre de thermorésistants du lait cru la durée maximale de conservation du lait pasteurisé. Ainsi, si le nombre de thermorésistants du lait cru atteint un certain niveau (30 000 germes/ml), on peut pas espérer obtenir une longue durée de conservation, quelque soient , les soins d'hygiène pris au niveau des circuits post-pasteurisation (MOURGUE,1989).

3.2.3.5 Evolution quantitatif de la flore psychrotrophe

L'évolution de la flore psychrotrophe des échantillons de lait cru et pasteurisé entreposés à température ambiante (30°C) et à (4°C) est illustrée par les figures (11a et 11b) respectivement. Cette évolution importante du fait que les psychrotrophes sont des micro-organismes capables de se développer à une température égale ou inférieure à 7°C, quelque soit leur température de croissance (0°C- 35°C).

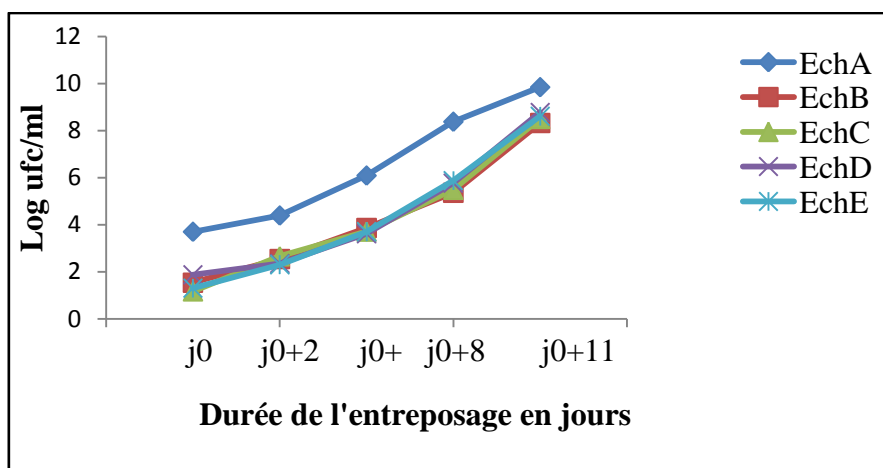


Figure 11(a) : Evolution des psychrotrophes du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

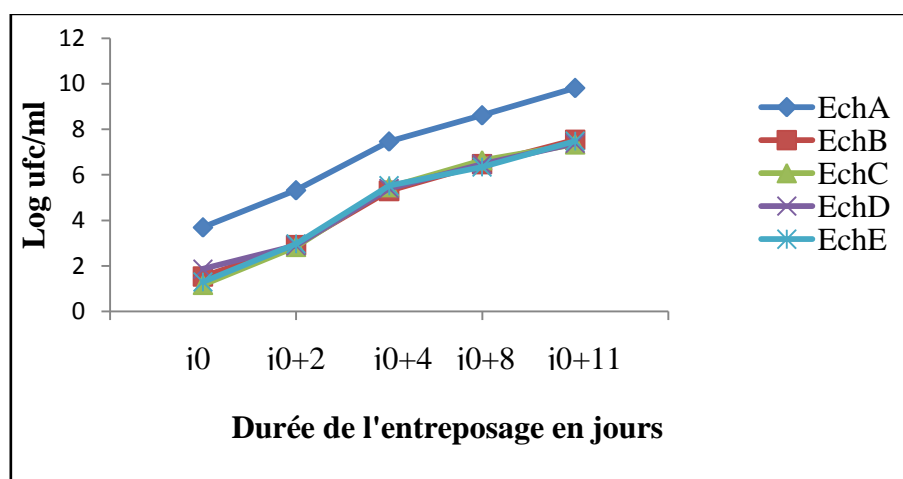


Figure 11(b) : Evolution des psychrotrophes du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.

Parmi les microorganismes psychrotrophes, on trouve des Moisissures, des Levures et des bactéries appartenant à des genres et à des espèces variées. Ce sont les bactéries qui offrent le plus d'importance du point de vue technologique car elles constituent la flore dominante du lait réfrigéré et sont les plus aptes à s'y développer et à y provoquer des altérations. La multiplication des bactéries psychrotrophes s'accompagne d'une activité métabolique notable. Parmi celles-ci, de nombreuses, notamment des *Pseudomonas* produisent des enzymes lipolytiques ou protéolytiques. Certaines possèdent les deux caractères.

3.4.3.6 Evolution quantitatif des coliformes

L'évolution des coliformes dans les échantillons de lait cru et pasteurisé entreposé à température ambiante (30°C) et à (4°C) est illustré par les figures (12 a et 12b) respectivement. Cette flore de contamination, cultivée sur milieu au désoxycholate-lactose, diminue sensiblement au cours de l'entreposage soit à (30°C) ou à (4°C). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par SIBOUKEUR (2007).

Ces germes sont absent au bout du 2^{ème} jour d'entreposage à 4°C pour tous les échantillons (de lait cru et pasteurisé) et les échantillons de lait pasteurisé entreposé à 30°C. L'échantillon de lait cru entreposé à 30°C a montré une diminution des coliformes qui au bout de 4^{ème} jour d'entreposage disparaissent. Le taux de coliformes présents devient faible après le 2^{ème} et 4^{ème} jour, même si l'acidité développée n'est pas très élevée (entre 40 et 70°D).Ce résultat suggère que cette flore n'est pas inhibée par l'acidité mais probablement par d'autres facteurs présents dans le milieu tels que les protéines et peptides à activités antimicrobiennes, dont la présence et le rôle dans le lait camelin ont été signalés par différents auteurs (BARBOUR *et al*, 1984 ; KAMOUN,1994).

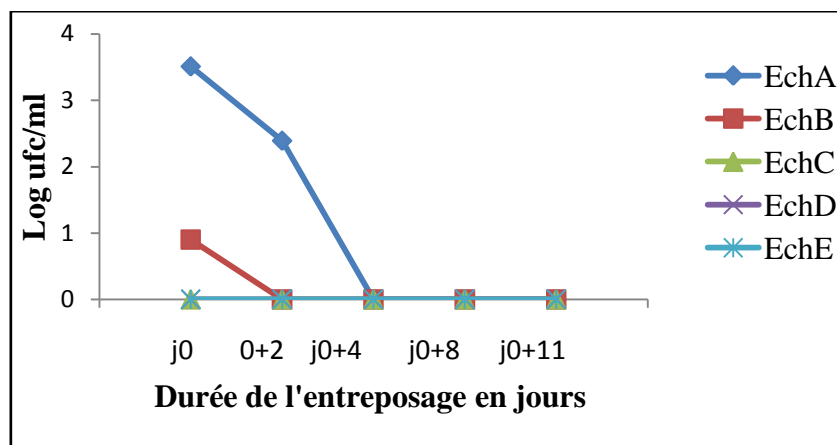


Figure 12(a) : Evolution des coliformes du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

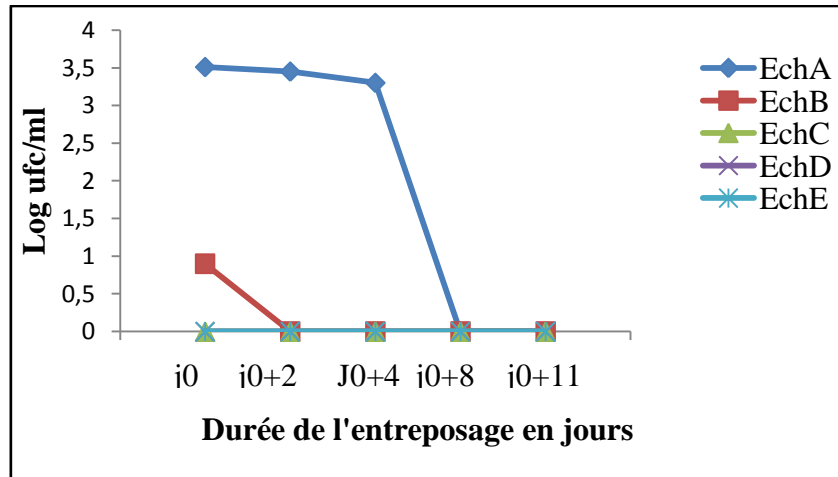


Figure 12(b) : Evolution des coliformes du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.

3.4.3.7 Evolution quantitative de la flore halotolérante

Les germes halotolérants, dont le taux initial est égale à $3,75 \times 10^4$ ufc/ml pour l'échantillon A (lait cru), ont tendance à diminuer progressivement en fonction de la durée de l'entreposage à (30°C) et à (4°C) plus nettement pour l'échantillon entreposé à 4°C que celui entreposé à 30°C ,figure (13 a et 13 b). Ceci suggère un effet anti-microbien du lait camelin contre cette flore. EL-SAYED *et al* (1992) ont également constaté un effet bactériostatique du système protecteur naturel du lait camelin contre la flore à GRAM +.

Cependant, les échantillons du lait camelin pasteurisé montre une absence totale de cette flore durant l'entreposage à (30°C) et à (4°C), ce qui est expliqué par la destruction de cette flore par la pasteurisation

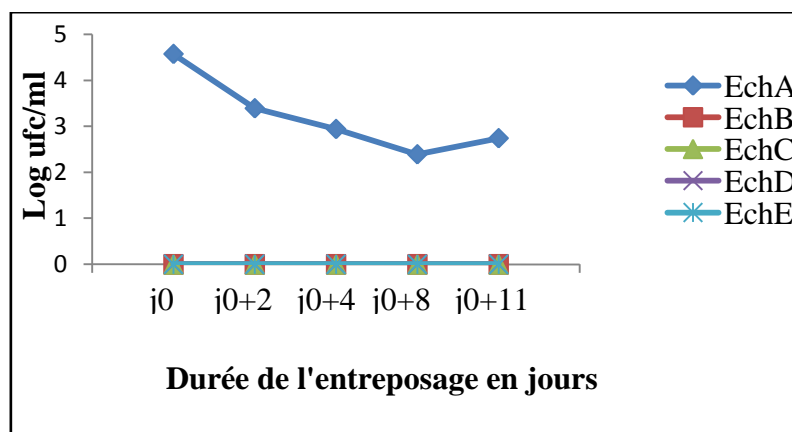


Figure 13(a) : Evolution des halotolérants du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

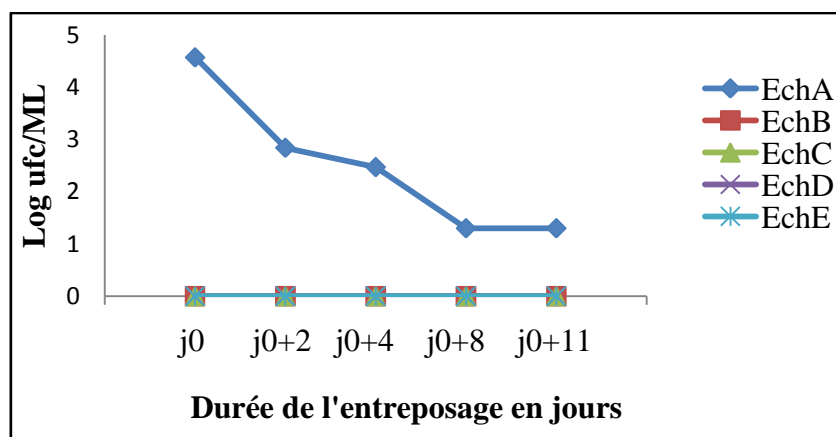


Figure 13(b): Evolution des halotolérants du lait camelin durant l'entreposage à 4°C.

3.4.3.8 Evolution quantitative des entérobactéries

Les entérobactéries présent dans l'échantillon A, entreposé à (30°C) et à (4°C) connaît une diminution durant l'entreposage, figures (14 a et 14 b), plus nettement pour les échantillons entreposé à 30°C que ceux à 4°C. Leur diminution durant le stockage, a vraisemblablement pour origine l'effet des bactériocines produites par les bactéries lactiques et les substances inhibitrices naturelles du lait camelin. Les bactéries lactiques sont en effet, de très bons producteurs de ces substances antibactériennes de nature peptidique ou protéique (SIBOUKEUR, 2007).

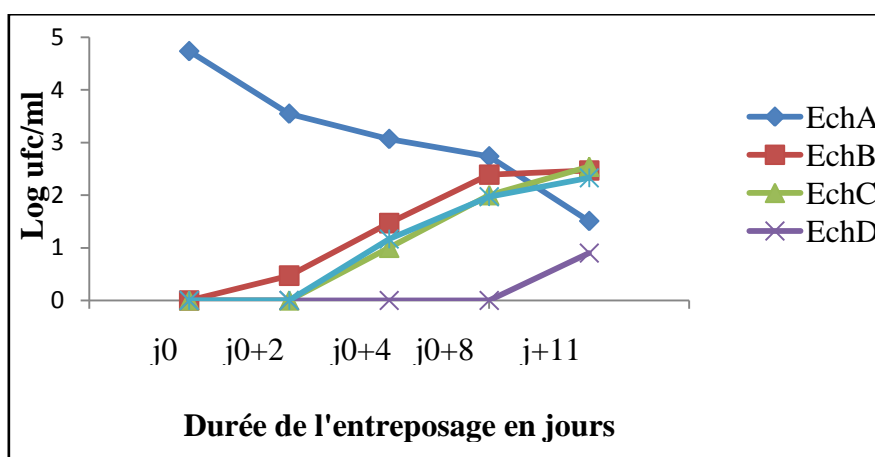


Figure 14 (a): Evolution des entérobactéries du lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

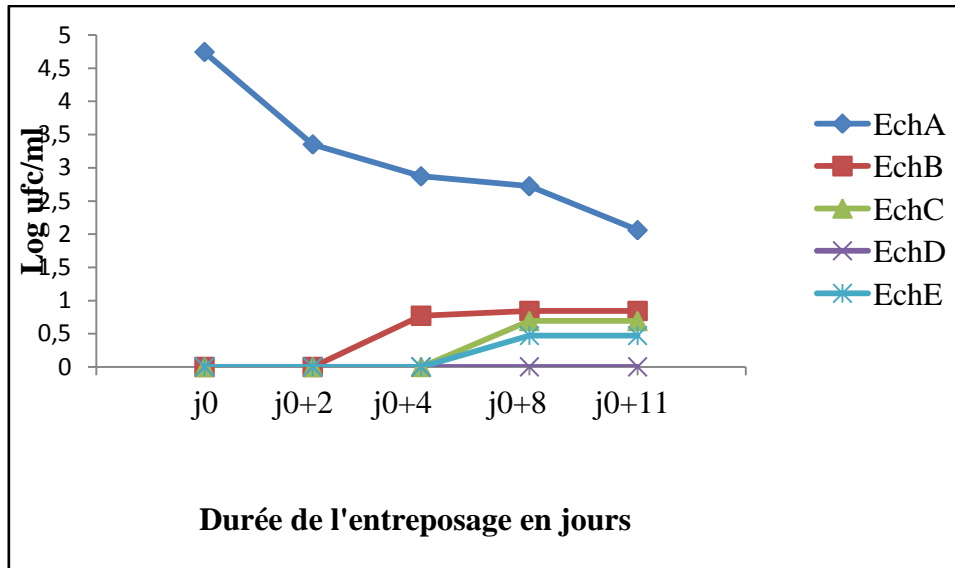


Figure 14 (b): Evolution des entérobactéries du lait camelin durant l'entreposage à 4 °C

Conclusion

Conclusion

Le lait de chamelle, comme celui des autres mammifères, est un milieu de composition chimique et physique complexe qui permet au jeune chamelon de couvrir ses besoins énergétiques et nutritionnels pendant la première étape de son existence. Ce milieu est toutefois éminemment périssable par suite de sa forte teneur en eau, de son pH voisin de la neutralité et de sa richesse en lactose ($40,8 \pm 1,30$ g/l) qui le rendent rapidement altérable par voie microbienne et par voie enzymatique. Sa composition chimique est caractérisée par sa teneur importante en matière protéique ($28,25 \pm 0,54$ g/l) ainsi qu'en vitamines C ($60,06 \pm 6,89$ mg/l). Toutefois ces concentrations varient selon l'alimentation, le stade de lactation ainsi que les conditions environnementales.

Comme l'utilisaient les nomades ou les habitants des milieux arides, le lait de chamelle présente une grande valeur nutritive à l'état frais. Néanmoins cette valeur nutritive et cette composition particulière peuvent se maintenir ou pas intactes après la pasteurisation, cette méthode peut satisfaire à l'un des soucis de l'homme qui tente à trouver des procédés de conservation de 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 travers cette étude, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution en étudiant l'effet de la pasteurisation sur la qualité du lait camelin et en recherchant un barème convenable. Pour ce fait nous avons procédé à l'analyse physico-chimique, biochimique et microbiologique avant et après la pasteurisation.

L'étude préliminaire a consisté à collecter des renseignements auprès de la laiterie « Pâturage de M'ZEB » a montré que :

- les dromadaires appartenant de trois populations (sahraoui, réguebri, tergué), la population sahraoui y est prédominante ;
- la production laitière est de 3 l/j à 6 l/j selon le stade de lactation. La période de lactation est en moyenne de 18 mois.
- l'élevage est semi-extensif.

L'analyse physico-chimique et biochimique de lait camelin avant et après la pasteurisation a montré que la valeur de pH augmente après la pasteurisation où le pH de lait cru est ($6,37 \pm 0,06$) et celle pasteurisée à $63^\circ\text{C}/20\text{min}$ et à $65^\circ\text{C}/30\text{min}$ et à $72^\circ\text{C}/15\text{sec}$, à $85^\circ\text{C}/2\text{min}$ sont $6,41 \pm 0,05$ et $6,42 \pm 0,06$ et $6,42 \pm 0,06$ et $6,43 \pm 0,05$ respectivement, par contre l'acidité a diminué après la pasteurisation, dont la valeur moyenne de l'acidité titrable dans le lait cru est $18 \pm 0,79$ et celle pasteurisée à $63^\circ\text{C}/20\text{min}$ et à $65^\circ\text{C}/30\text{min}$ et à

72°C/15sec, à 85°C/2min sont $18\pm 0,93$ et $17,5\pm 0,88$ et $17,42\pm 0,62$ et $17,35\pm 1,32$ respectivement.

Cependant, la densité du lait augmente après la pasteurisation, où la valeur moyenne de la densité dans l'échantillon de lait camelin cru est $1,022\pm 0,002$ et celle pasteurisé à 63°C/20min et à 65°C/30min et à 72°C/15sec, à 85°C/2min sont $1,022\pm 0,001$ et $1,023\pm 0,008$ et $1,023\pm 0,001$ et $1,024\pm 0,001$ respectivement. Même l'extrait sec a augmenté après la pasteurisation, dont la teneur en extrait sec dans le lait cru est $102,42\pm 6,52$ celle pasteurisé à 63°C/20min et à 65°C/30min et à 72°C/15sec, à 85°C/2min sont $103,2 \pm 5,38$ et $109\pm 8,66$ et $106,28\pm 5,67$ et $111,1\pm 5,49$ respectivement.

Par ailleurs, la pasteurisation ne semble pas avoir un effet significatif sur la teneur en matière grasse. Ainsi, la teneur en matière grasse dans l'échantillon de lait cru est égale à $29,33\pm 0,51$ g/l et celle pasteurisé de l'ordre de $28,83\pm 0,75$ et $28,66\pm 0,51$ et $28,83\pm 0,75$ et $28,16\pm 1,32$ pour une couple température /temps, 63°C/20min et à 65°C/30min et à 72°C/15sec, à 85°C/2min respectivement. Par contre la teneur en protéine a diminué après la pasteurisation. Dans l'échantillon de lait cru elle est de l'ordre de $28,25 \pm 0,54$ et dans les échantillons pasteurisés elle est égale à $27,15\pm 0,44$; $26,44\pm 0,39$; $24,59\pm 0,94$; $24,46\pm 0,95$ pour une couple température /temps 63°C/20min et à 65°C/30min et à 72°C/15sec, à 85°C/2min respectivement. Il faut signaler à ce niveau que la digestibilité des protéines dénaturées à la chaleur est supérieure à celle des protéines natives.

En plus, dans cette étude nous avons pratiqué le dosage du lactose et de la vitamine C avant et après la pasteurisation. Les résultats montrent que la teneur en lactose augmente après la pasteurisation en passant par $40,8\pm 1,30$ g/l dans le lait cru à $42,5\pm 2,15$ g/l ; $42,8\pm 1,89$ g/l ; $42,9\pm 1,85$ g/l ; $43\pm 2,57$ g/l pour une couple température /temps 63°C/20min et à 65°C/30min et à 72°C/15sec, à 85°C/2min respectivement. La teneur en vitamine C diminue par contre après la pasteurisation en passant de $60,06\pm 6,89$ mg/l pour l'échantillon de lait cru à $57,16\pm 6,54$ mg/l ; $56,98\pm 7,10$ mg/l ; $56,76\pm 7,19$ mg/l ; $57,18\pm 6,34$ mg/l pour une couple température /temps 63°C/20min et à 65°C/30min et à 72°C/15sec, à 85°C/2min respectivement. La thermolabilité de la vitamine C en est responsable.

Cette étude a permis de confirmer que la qualité organoleptique et la valeur nutritionnelle peuvent se maintenir presque intactes après la pasteurisation.

Dans ce cadre et dans le but de trouver le barème de pasteurisation le plus intéressant, permettant de donner une durée de conservation la plus longue possible, nous avons essayé de suivre le pH et l'acidité, des échantillons de lait camelin pasteurisés à différents couples température/temps entreposés à la température ambiante (30°C) et à (4°C) jusqu'à

acidification du lait. Nous avons remarqué qu'après la pasteurisation à 85°C/2min (pasteurisation haute) le lait peut se conserver plus de 7 jours à la température ambiante et plus de 11 jours à 4°C. La pasteurisation haute est plus efficace pour le lait camelin, mais il y a de risque de perdu sa qualité nutritionnelle par destruction des protéines protectrices (lysozyme, lactopéroxydase, lactoferrine, immunoglobuline) à cette température.

Concernant la qualité hygiénique de ce lait, le teste réductase montre que le taux de bactéries mésophile aérobie totale est égale à $9,5 \times 10^6$ et celui des coliformes est $3,25 \times 10^5$. Le temps de réduction du bleu de méthylène est estimé de 2 heures et demi, ce qui montre que le lait fourni à la laiterie « Pâturage de M'ZEB » est contaminé.

En plus, le suivi de l'évolution de la flore banale et de contamination des échantillons de lait cru et pasteurisé durant l'entreposage à température ambiante (30°C en moyenne) et à 4°C a permis de mettre en évidence la nécessité de disposer d'une matière première (lait cru) de bonne qualité microbiologique. En effet, montre que même après la pasteurisation le lait peut contenir des germes de contamination tels que les thermorésistants et des psychrotrophes. Les vecteurs potentiels de contamination du lait sont nombreux et variés: animaux malpropres, mamelles souillées, vaisselle laitière contaminée, vêtements et mains du trayeurs sales, récipients de collecte et de stockage du lait mal nettoyés et désinfectés. L'observation de pratiques hygiéniques est donc indispensable pour optimiser la qualité du lait.

Les règles à observer pour obtenir un lait de bonne qualité microbienne sont les suivantes :

- La mamelle est souvent fortement souillée par la litière ou les excréments; un nettoyage préalable à la traite est donc indispensable; celui-ci peut être réalisé à sec à l'aide d'une serviette en papier à usage unique ou à l'aide d'un linge à usage multiple préalablement trempé dans une solution désinfectante, tiède; la mamelle doit ensuite être séchée ;
- Les premiers jets de lait provenant de chaque quartier de la mamelle sont toujours plus fortement chargés en germes; il y a lieu de les collecter séparément et de ne pas les mélanger au lait recueilli ultérieurement ;
- une contamination microbienne peut être également provoquée par le trayeur lorsque celui-ci ne possède pas la technique requise. Les précautions suivantes sont nécessaires pour l'obtention d'un lait de bonne qualité:
 - choisir une personne en bonne santé et ne présentant pas de plaies sur les mains;
 - se laver soigneusement et se sécher les mains avant la traite ;

- ne pas toucher les matériels (manchons trayeurs-vaisselle laitière) avec des mains souillées;
- pratiquer un nettoyage et une désinfection rigoureux de tous les matériels en contact avec le lait;
- réaliser la traite dans un local propre, clair, exempt de poussières, d'insectes, de fumier, d'eaux stagnantes, etc ;
- assurer une réfrigération rapide du lait (0-4° C), si la transformation ou la consommation n'intervient pas dans les 5–8 heures suivant la collecte.

Il est sûr que si ces règles sont respecté une pasteurisation basse (63°C/20min) suffirait. La pasteurisation basse a pour avantage de ne pas détruire les protéines du lait.

Références
Bibliographiques

Référence bibliographique

ABDEIRRAHMANE-JONES N., (1994): La pasteurisation du lait de chamelle une expérience en Mauritanie. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

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

AGRAWAL R.P., SWAMI S.C., BENIWAL R., KOCHAR D.K., SAHANI M.S., TUTEJAF.C. et GHOURI S.K., (2003): Effect of camel milk on glycemic control risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study *Camel. Res. Pract.*, 10, 45-50.

AHMED A.A., AWAD Y.L., et 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, Paris.

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

ANONYME1. (2005) :Avantages et risques potentiels du système lactoperoxydase pour la conservation du lait cru Rapport d'une réunion technique FAO/OMS Siège de la FAO Rome, Italie 28 novembre -

ANONYME 2. (1993) : Le lait et produits laitiers dans la nutrition humaine, FAO, Rome.

ANONYME 3. (1995) : Le lait et produits laitiers dans la nutrition humaine, FAO, Rome.

BA DIAO M., (2000) : La qualité du lait et produits laitiers. Communication à l'atelier de restitution de l'étude sur la filière lait au Sénégal. GRET / ENDA-GRAF Dakar,

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

BEERENS H. et LUQUET F. M., (1987) : Guide pratique d'analyse microbiologique des laits et produits laitiers. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

BEG O.U., VON BAHR-LINSTROM H., ZAIDI Z.H. et JORNVALL H., (1987) : Characterization of a heterogenous camel milk whey non-casein pro-protein. *Fed. European Bioch. Society Letters*, 2, 270–274

BEN-AISSA M. (1989) : Le dromadaire en Algérie. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (02), 19-28.

- BENGOUMI M., FAYE B. et TRESSOL J-C. (1994)** : Composition minérale du lait de chamelle du sud marocain. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26- octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- BOIVERT C. D. C. (1980)** : Contribution à l'étude de la contamination du lait: mise en évidence de virus dans le lait cru par la microscopie électronique. Th. Méd. Vét., Toulouse, n° 66, 81 p.
- BONFOH B., SCHELING E., VIAS G.F., KAMIL H., FAYE B., FARAH Z. et ZINSSTAG J.(2003)** : Les facteurs de valorisation du lait de chamelle dans les pays du Sahel. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger.
- BORNERT G. (2000)** : Importance des bactéries psychrotrophes en hygiène des denrées alimentaires. Rev. Méd. Vét., 1004-1005.
- BOUIX M. et LEVEAU J. Y., (1988)** : Les microflores responsables des transfonnations ; In : techniques d'analyses et de contrôle dans les IAA : le contrôle microbiologique. Vol. III, Tec. et Doc., Paris
- CAROLE L. VIGNOLA, (2002)** : Science et technologie du lait.
- CHISSOV V.I. et YAKUBOVSKAYA R.I., (1995)**: Cite par KANUSPAYEVA et al 2003.
- CISSE S. A. (1997)**: Contribution à l'étude de la pasteurisation du lait: faisabilité technique et contrôle de la qualité dans la région de Kolda. Th. Méd. Vét., Dakar, n°9, 111 p.
- 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 microflores 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
- DIENG M. (2001)** : Contribution a l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industrielle commercialises sur le marche Dakarois Th. Méd. Vét., n°10, Dakar, Sénégal 111p.
- DUHAIMAN A.S. (1988)**: Purification of camel milk lysozyme and its lytic effect on *Escherichia coli* and *Micrococcus lysodeikticus*. *Comp. Bioch. Physiol.* Vol 91B, No 4, 793-796.

-
- EI AGAMY 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.
- EL-AGAMY E.I. (2000)**: Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors : a comparison with cow's and buffalo. *Food Chem.*, 68, 227-232.
- EL-AMIN F. M. et WILCOX J. (1992)**: Composition of Majaheim camels. *J. Dairy Sci.*, 75, 3155-3157
- ELLOUZE S. et KAMOUN M. (1989)**: Evolution de la composition du lait de dromadaire en fonction du stade de lactation. *Options Méd.*, 6, 307-323.
- EZE E.N. (1977)** cité par **DIENG (2001)**
- FAYE B. et MULATO O.C.,(1991)**: Facteurs de variation des paramètres protéo-énergétiques, enzymatiques et minérales chez le dromadaire de Djibouti. *Rev. Elev. Méd. Vét. des Pays Trop.*, 44, 325-334
- FAYE B., (1997)**: Guide d'élevage du dromadaire (CIRAD.EMVT) 1° édition. France
- FAYE B., (2003)**: Performances et productivité laitière de la chamelle: les données de la littérature. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger
- FARAH Z. et BACHMAN M.R. (1987)**: Rennet coagulation properties of camel milk. *Milchwissenschaft*, 42, 689-692.
- FARAH Z. et RÜEGG M.W. (1989)**: The size distribution of casein micelles in camel milk. *Food Microstruct.*, 8, 211-116.
- FARAH Z. et RÜEGG M.W. (1991)**: The creaming properties and size distribution of Fat globules in camel milk. *J. Dairy Sci.*, 74, 2901-2904.
- FARAH Z., RETTENMAIER R. et ATKINS D. (1992)**: Vitamin content of camel milk. *Internat. J. Vitam. Nutr. Res.*, 62, 30-33.
- FARAH Z. (1993)**: Composition and Characteristics of Camel Milk ; review. *J. Dairy Res.*, 60, 603-626.
- GORBAN A.M.S. et IZZELDIN O.M.(1997)**: Mineral content of camel milk and colostrum. *J. Dairy Techn.*, 64, 471-474.
- GREAUME A.,(1975)**: Le lait cru : ce qu'il doit être, comment l'obtenir. Th. Méd. Vét., Toulouse, n° 102,90 p
- GUILLOU H., PELISSIER J.P. et GRAPPIN R.(1976)** :Méthodes de dosage des protéines du lait de vache *.Le Lait*,66, 143-175
-

-
- GUIRAND J. et GALZY P. (1980):** Analyses Microbiologiques en Industries Alimentaires. Ed. l'Usine Nouvelle, Paris.
- GUIRAUD J.P. (1998) :** Microbiologie des principaux produits alimentaires ; in : «Microbiologie Alimentaire, Techniques de Laboratoire » Dunod, Paris.
- HASSAN A.A., HAGRASS A.E., SORYAL K.A. et EL-SHABRAWY S.A. (1987),** cité par **SIBOUKEUR (2007)**
- HASSOUNA et MASRAR, (1995)** cité par **SIBOUKEUR (2007)**
- HULSEBUS C., 1999.** Cité par **KANUSPAYEVA G. (2007)**
- Ismail, M.D., Al-Mutairi S.E. (1998):** Milk production potential of dairy camels in Northern Saudi Arabia. Dans Dromadaires et chameaux, animaux laitiers: actes du colloque de Nouakchott, Mauritanie, 24-26 octobre 1994, Coll. Colloques, CIRAD, Montpellier, France, 35-40.
- JARDALI Z. (1988) :** Contribution à l'étude de la composition du lait de dromadaire. DEA présenté à l' ENSAIA, Nancy, France.
- JARDALI Z. et RAMET J.P. (1991)** cités par **RAMET (1993)**
- JENNESS R., SLOAN R.E., (1969):** The composition of milk of various species ; a review. Dairy Sci. Abst., 32, 599–612
- JOUAN P., (2002)** Cité par **KANUSPAYEVA G. (2007)**
- KAGEMBEA 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. *Option Médit.*, **13**, 81-103.
- 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
- KANUSPAYEVA G., (2007):**Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* et hybrides) au Kazakhstan. Thèse de doctorat en science des aliments. Université de Montpellier II, France.
- KAPPELER S., FARAH Z. et PUHAN Z. (1998):** Sequence Analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins. *J. Dairy Res.*, **65**, 206-222.
- KAPPELER S.,(1998):** Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. Diss. ETH n° 12947, Zurich, Suisse.
-

-
- KARAM N-E et KARAM H. (2006) :** Bactéries lactique du lait de chamelle d'Algérie: mise en évidence de souche de *Lactococcus* résistante au sel. *Tropicultua*,24, 153-156.
- KAY H. D., C.B.E., F.R.S.,(1953) :** La pasteurisation: exposé général des techniques-méthodes de contrôle. Twyford laboratoires.Ltd., Twyford Road, Londres, Angleterre.261-272
- KLAENHAMMER T.R., FREMAUX C. et HECHARD Y. (1994):** Activités antimicrobiennes des bactéries lactiques ; in " Bactéries Lactiques I". de Roissard et Luquet, Tech. Doc., Lavoisier, Paris.
- KNOESS K.H., (1977):** The camel as a meat and milk animal. *World Animal Rev.*, 22, 39–44
- KNOESS K.H., MAKJDUN A.J., RAFIG M. et HAFEEZ M. (1986):**Milk Production Potential of the Dromadary with special reference to the province of Penjab *World Anim. Rev.*, **57**, 11 -21
- 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 IAA, Tee. & Doc., Vol.3, 2^{ème} Ed., Lavoisier, Paris
- LARSSON-RAZNIKIEWICZ M. et MOHAMED M.A., (1986):** Analysis of the casein cotent in camel (*Camelus dromedarius*) milk. *Swedish J. Agric. Res.*, 16, 13–18.
- LASNAMI K. (1986):** Le dromadaire en Algérie (perspectives d'avenir). Thèse de magistère en science agronomique. INA El-harrach
- LINDEN G. (1994).** Cité par KANUSPAYEVA G. 2007
- MAILLOT M. (1985) :** Les toxi-infections alimentaires par les produits laitiers Th. Méd. Vét., Toulouse, n° 85, 99 p.
- MALE M., FRANK S. G. VIA G.F. et BENGOUNI M. (2003) :** Contrôle enzymatique de la pasteurisation du lait de chamelle et mise au point d'un test pratique Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre,Niamey, Niger
- MARCHAL N., OBRE A., BUTTION R., BOUDON J.L. et RICHARD C.L. (1982):** Les Milieux de Cultures pour l'Isolement et l'Identification Biochimique des Bactéries. DOIN, 2ème Ed., Paris.
- MARTINEZ D., (1989):** Note sur la production de lait de dromadaire en secteur périurbain en Mauritanie. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 42, 115–116
- MATHIEU J. (1998) :** Initiation à la Physico-Chimie du Lait. Tec. Doc., 1ère Ed., 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. (1995):** The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. *Milchwissenschaft*, 50, 260-263
- MOHAMED M.A., LARSSON-RAZNIKIEWICZ M., et MOHAMUD M.A. (1990):** Hard cheese making from camel milk. *Milchwissenschaft*, 45, 716-718.
- MONOTE S. E. (1977):** Contribution à la détermination de la valeur marchande du lait en poudre commercialisé au Sénégal. Th. Pharm., Dakar, n° 77, 68 p.
- MONSALLIER G., (1994) cité par DIENG (2001)**
- MOUCHET F., (1962):** Essai sur le dénombrement des bactéries indologènes et coiiiformes dans le lait pasteurisé conditionné. Th. Méd. Vét., Lyon, , n° 40, 75 p.
- MOURGUESR. et AUCLAIR J. (1973):** Durée de conservation à 4° C et à 8° C du lait pasteurisé conditionné aseptiquement. *Le Lait*, 53, 481-490.
- NDAO S. (1996):** Contribution à l'étude de la contamination des laits caillés artisanaux sénégalais par les staphylocoques présumés pathogènes. Th. Méd. Vét., Dakar, n° 18, 61 p.
- NDIAYE A. (1994) cité par DIENG (2001)**
- PEYRE DE FABREGUES B. (1989):** Le dromadaire dans son milieu naturel. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 42, 127-132.
- PILET C., BORDON J. L., TOMA B., MARCHAL M.,BALBASTRE C. (1979):** Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne, 2^{ème} Ed., DOIN, Paris.
- PISSANG T. (1992) :** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits et produits laitiers commercialisés au Togo. Th. Méd. Vét., Dakar, , n° 19,85 p.
- RAMET, (1987):** Production de fromages à partir de lait de chamelle en Tunisie. Rapport mission FAO, Rome, 1–33.
- RAMET J.P. (1990):** Processing of Dairy Production from Camel Milk. Mission Report, FAO, 1-43..
- RAMET J.P., (1991):** La transformation en fromage du lait de dromadaire. *Rev. Mond. Zootech.*, 67, 21-28.
- RAMET J.P. (1993) :** La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). Etude F.A.O., Production et santé animales, 113
-

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.

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

ROZIER J. (1990) cité par **DIENG (2001)**

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.

SAWAYA W.N., KALIL J.K., AL-SHALHAT A. et AL-MOHAMED H., (1984): Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *J. Food Sci.*, 49, 744–747

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 .K., (2007): Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation.thèse de doctorat en Sciences Agronomiques université INA ELHarrach-Alger

SMAIL R., RACHEK S., SIBOUKEUR O.K. et MATI A. (2002): Comportement électrophorétique des protéines du lait camelin collecté dans deux régions du sud algérien Ouargla et Tamanrasset. Actes du 26ème Congrès Mondial de Laiterie, 24-27 septembre, Paris.

WANGO H J., FARAH Z. PUHAN Z. (1998): Iso-electric focusing of camel milk proteins. *Int. Dairy J.*, 8, 617-621.

WILSON R.T., (1984): The camel. Ed. Longman, London.

WISEMAN D. W. et APPLEBAUM T. (1983): Distribution and resistance to pasteurisation of aflatoxin M1. In naturally contamination, whole milk, cream and skin milk. *Journal of food prod.*, 46 , 530-532.

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

YAGIL R. et ETZION Z. (1980b): Milk Yields of Camel (*Camelus dromedarius*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 67, 207-209.

YAGIL R. (1982): Camels and Camel Milk. FAO, Animal Production and Health, Paper N° 26, 1-69.

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

YAGIL R., (1986): The camel : self-sufficiency in animal protein in drought stricken areas. World Animal Rev., 57, 2–10.

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

ZAGULKI T., LIPINSKI P., ZAGULSKA A., BRONIEK S.et JARZABEK Z., (1989): Lactoferrin can protect mice against a lethal dose of Escherichia coli in experimental infection in vivo. Br.J.Exp.Pathol. 70697-704Br. J. Exp. Pathol., 70, 697-704

Annexes

Annexe 1 : Les différentes espèces de dromadaire



Photo 1. *Camelus dromedarius*



Photo 2. *Camelus bactrianus*



Photo 3. *Camelus ferus*



Photo 4. *Lama glama*



Photo 5. *Lama guanicoe*

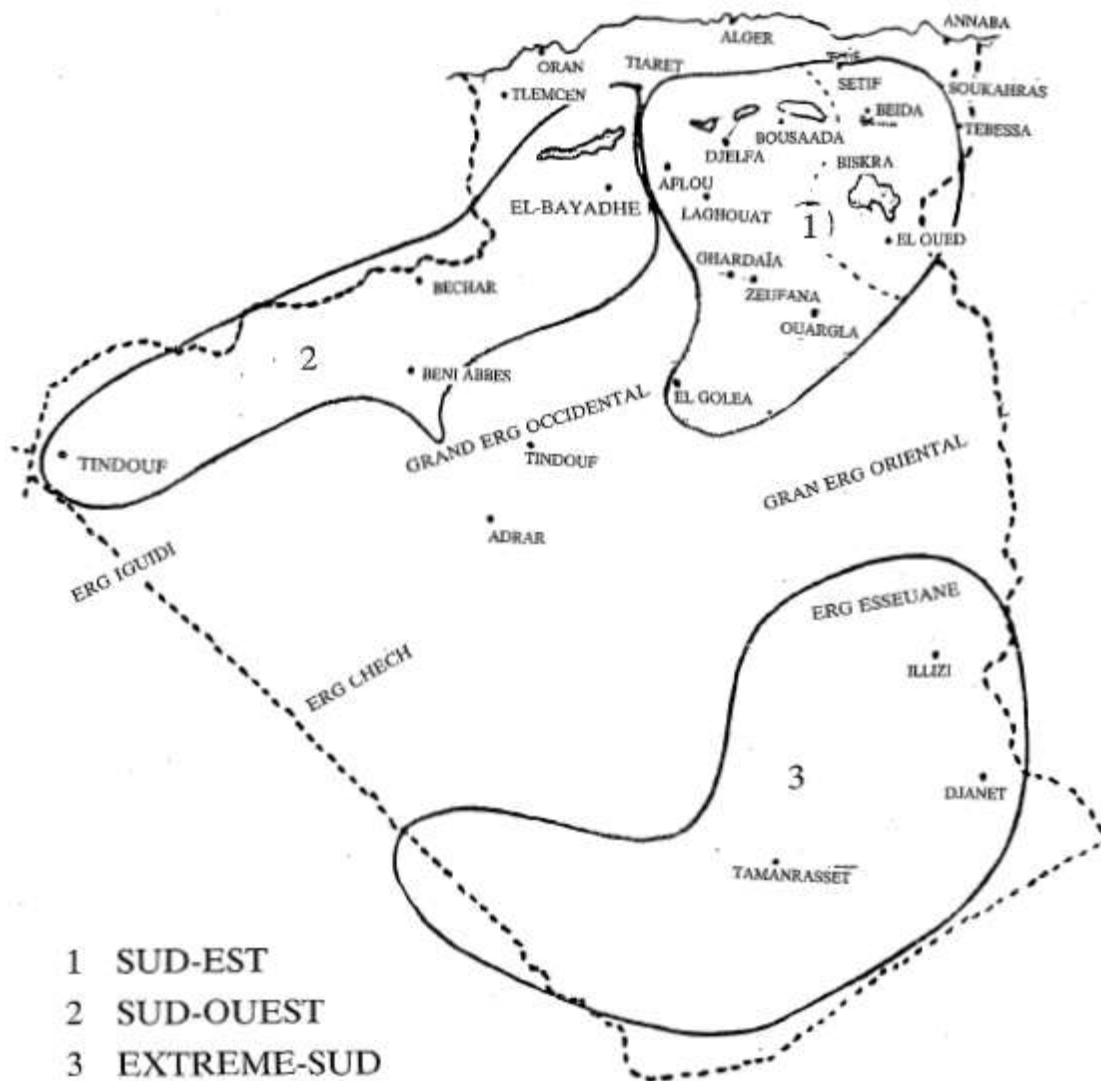


Photo 6. *Lama pacos*



Photo 7. *Vicugna vicugna*

Annexe 2 : Aires de distribution du dromadaire en Algérie



Annexe N°3 : dosage des protéines par la méthode de LOWRY (GUILLOU et al.,1986)**Réactifs :**

Solution alcaline (A)	Solution cuivrique (B)	Solution (C)
500 ml de soude 0,1 N (02 g / 500 ml) + 10 g carbonate de sodium anhydre	02 ml de sulfate de cuivre (0,32 g /100ml) + 02 ml de tartrate de sodium et potassium (01g/100ml)	50 ml de la solution (A) + 01 ml de la solution (B)

Appareillage

Verrerie usuelle

Spectrophotomètre UV visible

Mode opératoire

- Prendre 01 ml d'échantillon
- Ajouter 05 ml de solution (C)
- Laisser 10 min à température ambiante
- Ajouter 0,5 ml de réactif de folin-ciocalteu
- Laisser 30 min à l'obscurité

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

Courbe d'étalonnageOn utilise le sérum albumine bovine pour tracer la courbe d'étalonnage $Do = F (C)$

Annexe N°4 : dosage de lactose par méthode de BERTRND selon (KANASPAYEVA, 2007)

Préparation des réactifs.

N°	Solution	Composition
1	Solution aqueuse d'hexacyanoferrate (II) de potassium	(K ₄ Fe (CN) ₆ · 3 H ₂ O) 15 g + Eau distillée 100 mL
2	Solution aqueuse d'acétate de zinc	(Zn (CH ₃ COO) ₂ · 2 H ₂ O) 30 g + Eau distillée 100 mL
3	Solution cuivrique	(CuSO ₄ · 5 H ₂ O) 40 g (H ₂ SO ₄ ρ 20 = 1,83 g/mL) 2 mL eau distillée 1000 mL
4	Solution tartro-alkaline	(Na K (H ₄ C ₄ O ₆), 4 H ₂ O) 200 g -(NaOH) 150 g eau distillée 1000 mL
5	Solution ferrique	(Fe ₂ (SO ₄) ₃) 50 g -(H ₂ SO ₄ ρ 20 = 1,83 g/mL) 200 g -eau distillée 1000 mL Avant emploi, oxyder exactement, s'il y a lieu, par addition d'une solution de permanganate de potassium 0,1 N, la petite quantité de sel ferreux éventuellement présente dans cette solution de sel ferrique.
6	Solution de kmg	Solution titrée de permanganate de potassium 0,1 N. 1 mL de cette solution correspond à 6,35 mg de cuivre.

Mode opératoire

Prélever à la pipette, sur l'échantillon préparé, 20 mL de lait, ou peser à 1 mg près, environ 20 g de lait. Dans la fiole jaugée de 200 mL, introduire successivement

la prise d'essai,

- 2 ml de solution d'hexacyanoferrate (II) de potassium (1). Agiter.
- 2 ml de solution d'acétate de zinc (2). Agiter.

Compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée tout en mélangeant. Ajouter alors à la pipette 2 ml d'eau distillée (pour tenir compte du volume du précipité).

Agiter, laisser reposer 10 à 15 minutes et filtrer. Filtrer à nouveau si le filtrat n'est pas absolument limpide.

Dans la fiole conique, introduire :

- 10 ml du filtrat obtenu après défécation, exactement mesuré
- 10 ml d'eau distillée.

Ensuite

- 20 ml de solution cuivrique (3),
- 20 ml de solution tartro-alcaline (4).

Porter le mélange à ébullition modérée et maintenir celle-ci pendant exactement 3 minutes. Refroidir ensuite immédiatement le contenu de la fiole sous un courant d'eau froide et laisser déposer le précipité d'oxyde cuivreux formé. Le liquide surnageant doit demeurer de couleur bleue. Dans le cas contraire, recommencer la détermination sur une dilution appropriée.

Verser le liquide surnageant sur un filtre en amiante ou en verre fritté en activant la filtration par aspiration. Il faut éviter d'entraîner le précipité avec le filtrat et de le laisser au contact de l'air.

Laver trois fois le précipité d'oxyde cuivreux avec 20 mL d'eau distillée bouillie froide, décanté et filtrer à chaque fois le liquide sur le filtre. Rejeter ce filtrat.

Dissoudre ensuite le précipité par une quantité suffisante de solution ferrique (5) (20 à 30 mL). Filtrer la solution obtenue sur le même filtre en ayant soin de dissoudre complètement tout le précipité et de recueillir le filtrat dans la fiole conique à filtrer propre. Rincer la fiole et le filtre avec trois fois 20 mL d'eau distillée bouillie froide, titrer par la solution de permanganate de potassium (6). Le virage est obtenu lorsque la couleur passe du vert pâle au rose. Soit V le nombre de millilitres de solution (6) nécessaires.

L'addition de l'indicateur à l'orthophénantroline peut être supprimée. Le virage se produit alors du. Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon préparé. **Calcul et formule**

La teneur en lactose, exprimée en grammes de lactose hydraté par litre de lait est égale à :

$$m = \frac{M \cdot 1000 \cdot 200}{1000 \cdot 20 \cdot 10} [g / L]$$

Où :

E : est la masse en gramme de la prise d'essai

M : est la masse, en milligrammes de lactose hydraté lue sur le tableau A en fonction du volume V de solution de permanganate de potassium nécessaire.

Tableau A. Tableau de correspondance entre la quantité de lactose hydraté, exprimée en milligrammes, et le volume de la solution de permanganate de potassium 0,1 N.

KMnO ₄ 0,1N	Lactose hydraté	KMnO ₄ 0,1N	Lactose hydraté	KMnO ₄ 0,1N	Lactose hydraté
5,0	23,8	8,9	43,0	12,8	63,1
5,1	24,1	9,0	43,5	12,9	63,6
5,2	24,6	9,1	44,0	13,0	64,1
5,3	25,1	9,2	44,5	13,1	64,7
5,4	25,6	9,3	45,0	13,2	65,2
5,5	26,1	9,4	45,5	13,3	65,7
5,6	26,6	9,5	46,0	13,4	66,2
5,7	27,1	9,6	46,5	13,5	66,8
5,8	27,6	9,7	47,1	13,6	67,3
5,9	28,0	9,8	47,6	13,7	67,8
6,0	28,5	9,9	48,1	13,8	68,4
6,1	29,0	10,0	48,6	13,9	68,9
6,2	29,5	10,1	49,1	14,0	69,4
6,3	30,0	10,2	49,6	14,1	69,9
6,4	30,5	10,3	50,1	14,2	70,5
6,5	31,0	10,4	50,6	14,3	71,0
6,6	31,5	10,5	51,2	14,4	71,5
6,7	32,0	10,6	51,7	14,5	72,0
6,8	32,5	10,7	52,2	14,6	72,6
6,9	33,0	10,8	52,7	14,7	73,1
7,0	33,5	10,9	53,2	14,8	73,6
7,1	34,0	11,0	53,7	14,9	74,1
7,2	34,5	11,1	54,2	15,0	74,7
7,3	35,0	11,2		54,8	
7,4	35,5	11,3		55,3	
7,5	36,0	11,4		55,8	
7,6	36,5	11,5		56,3	
7,7	37,0	11,6		56,8	
7,8	37,5	11,7		57,4	
7,9	38,0	11,8		57,9	
8,0	38,5	11,9		58,4	
8,1	39,0	12,0		58,9	
8,2	39,5	12,1		59,9	
8,3	40,0	12,2		60,0	
8,4	40,5	12,3		60,5	
8,5	41,0	12,4		61,0	
8,6	41,5	12,5		61,5	
8,7	42,0	12,6		62,1	
8,8	42,5	12,7		62,6	