

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**FACULTÉ DES SCIENCES AGRO-VÉTÉRINAIRES**

**DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

**CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE  
DU LAIT CAMELIN CRU ET PASTEURISÉ**

Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention  
Du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie

Spécialité : Sciences Alimentaires

**BOUMEHRAS Moatez**

Devant le jury composé de :

M. RAMDANE S.	Maitre assistant A	USDB	Président
M <sup>me</sup> ACHEHEB H. L.	Maitre de conférences B	USDB	Promotrice
M. HARFOUF	Maitre de conférences B	USDB	Examineur
M <sup>me</sup> ABDELLAOUI Z.	Maitre assistante A	USDB	Examinatrice
M <sup>me</sup> IDRESS A.	Maitre assistante A	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2012/2013

# Remerciements

*Tout d'abord nous remercions DIEU le tout puissant de nous avoir donné le courage, le pouvoir et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude et notre profonde reconnaissance à notre promotrice M<sup>me</sup> ACHEHEB H .pour ses conseils et sa patience tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions vivement les membres du jury qui nous s honoré de leur présence De nous faire l'honneur de juger ce travail autant qu'examineurs.*

*Au début Nous tenons à remercier beaucoup M<sup>r</sup> RAMDANE S pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury.*

*Nos vifs remerciements à M<sup>r</sup> HARFOUF .M<sup>me</sup> ABDELLOUI Z .M<sup>me</sup> IDRESSE A. d'avoir acceptés de juger ce travail et de participer au jury de cette mémoire.*

*Nous tenons aussi à adresser notre sympathie et notre reconnaissance à M<sup>r</sup> Said Fetata pour son aide et sa gentillesse.*

*Enfin, nous voulons témoigner notre gratitude à toute personne ayant collaboré de près ou de loin à la réalisation de notre travail.*

## Résumé

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.

Ce travail a consisté à analyser deux échantillons : lait cru, lait pasteurisé à 85°C/2min.

Les analyses physico-chimiques et biochimiques des échantillons du lait cru ont montré que le pH est de  $6,51 \pm 0,01$ , une densité de  $0,025 \pm 0,002$ , d'une matière sèche égale à  $106 \pm 3,06$  g/l et une acidité égale  $17 \pm 0,6^\circ\text{D}$  du lait qui augmentent après la pasteurisation avec un pH égale à  $6,57 \pm 0,05$ , une densité à  $1,027 \pm 0,001$  et d'une matière sèche égale à  $114,1 \pm 5,18$  g/l et l'acidité diminue à  $15,85 \pm 1,3^\circ\text{D}$ .

Par contre, la teneur en matière grasse reste globalement constante après la pasteurisation à  $28,10 \pm 1,22$  g/l, celle de protéines totales diminue  $25,11 \pm 1,1$  g/l. La teneur en lactose semble augmenter après la pasteurisation à  $37 \pm 2,57$  g/l. 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) permettait de garder le produit stable.

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

## Abstract

Camel milk can be consumed raw, pasteurized or fermented or processed into dairy products. The present study aims to investigate the effect of pasteurization on biochemical and microbiological camel milk physico-chemical composition.

This work was to analyze two samples: raw milk, pasteurized at 85 ° C/2min in laboratory conditions CACQE located in Ghardaia.

The physico-chemical and biochemical analyzes of samples of raw milk showed that the pH equal to  $6.51 \pm 0,01$ , to a density  $0.025 \pm 0.002$  and a dry matter equal to  $106 \pm 3.06$  and acidity equal  $17 \pm 0.6^{\circ}\text{D}$  that increase milk after pasteurization with a pH equal to  $6.57 \pm 0,05$ , a density to  $1,027 \pm 0.001$  and a dry extract equal to  $114.1 \pm 5.18\text{g/l}$  and acidity decreased to  $15.85 \pm 1.3^{\circ}\text{D}$ .

For cons, the fat remains essentially constant after pasteurization at  $28.10 \pm 1.22\text{g/l}$ , the total protein decreased  $25.11 / \text{l} \pm 1.1\text{g/l}$ . The lactose content increases after pasteurization seems to  $37 \pm 2.57\text{g/l}$ . Microbiological analyzes of samples of raw milk showed that it was contaminated. The evolution of milk during storage at room temperature (30 ° C) and (4 ° C) confirmed the high pasteurization (85 ° C/2min °) allowed remaining stable product.

Keywords: Milk / camel / low pasteurization / high pasteurisation / Ghardaia

## ملخص

حليب الناقة يستهلك طازج أو مبستر ، أو محولاً إلى مشتقات الحليب. هذه الدراسة تهدف إلى دراسة تأثير البسترة على المكونات الكيميوفيزيائية و البيوكيميائية و الميكروبيولوجية لحليب الناقة.

هذا العمل يركز على تحليل عينتين من حليب الناقة حليب طازج و حليب مبستر في درجة حرارة 85° مدة دقيقتين في ظروف المختبر ( المركز الجزائري لمراقبة النوعية و الرزم ) المتواجد بغرداية.

أظهرت التحاليل الكيميوفيزيائية و البيوكيميائية و الميكروبيولوجية لعينات الحليب أن "PH" يساوي 6.51 و كثافته 0.025 و المادة الجافة تعادل 106 فيما كان معدل الحموضة لهذا الحليب هو 17 التي تزداد بعد البسترة ، و التي تقابل "PH" يساوي 6.57 و كثافة 1.027 و المادة الجافة تساوي 114.1 فيما ينخفض معدل الحموضة إلى 15.85.

و في المقابل مقدار المادة الدسمة تبقى مستقرة عموماً بعد البسترة و التي تقدر ب 28.10 غ/ل و من جهة أخرى يتناقص البروتين إلى 25.11 غ/ل فيما تزداد قيمة سكر اللين بعد البسترة إلى 37 غ/ل.

التحاليل الميكروبيولوجية لعينات الحليب الطازج تكشف أن هذا الأخير ملوث ، تطور الحليب أثناء التخزين في درجة حرارة 30° و 4° درجة مئوية تسمح بإثبات أن البسترة العالية بدرجة حرارة 85° لمدة دقيقتين تسمح بالحفاظ على حالة و جودة المنتج.

## Liste des abréviations

<b>FAO :</b>	Food Association Organization
<b>OMS :</b>	Organisation Mondiale de la santé
<b>AFNOR :</b>	Association Française de Normalisation
<b>BSA :</b>	Sérum Albumine Bovin
<b>Cn-<math>\alpha</math>1 :</b>	Caséine $\alpha$ 1
<b>Cn-<math>\alpha</math>2 :</b>	Caséine $\alpha$ 2
<b>Cn-B :</b>	Caséine B
<b>Cn-k :</b>	Caséine K
<b>Cn :</b>	Caséine
<b>DO :</b>	Densité Optique
<b>Mg :</b>	Milligramme
<b>°C :</b>	degré celsius.
<b>°D :</b>	degré Dornic.
<b>D/C :</b>	double concentration.
<b>DJA :</b>	Dose Journalière Admissible.
<b>DLC :</b>	Date Limite de Consommation.
<b>DM :</b>	délutions décimale.
<b>ES :</b>	Extrait Sec.
<b>E.coli:</b>	Eshérichia coli.
<b>FDA:</b>	Food and Drug Administration Etats- Unis.
<b>JORA :</b>	Journal Officiel de la République Algérienne.
<b>JECFA:</b>	Joint Expert Committee and Food Additive.
<b>h:</b>	heure
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :</b>	Acide sulfurique.
<b>g :</b>	gramme.
<b>g/l :</b>	gramme par litre.
<b>GC:</b>	Giolitti Cantonii.
<b>Gélose MRS:</b>	(Man, Rogosa, Sharp).
<b>Gélose M17:</b>	Terzaghi.
<b>Lb :</b>	Lactobacillus.
<b>MG :</b>	Matière Grasse.

<b>ml :</b>	millilitre.
<b>mn :</b>	minute.
<b>MS :</b>	Matière Sèche.
<b>N :</b>	normalité.
<b>NA :</b>	norme Algérienne.
<b>NaOH :</b>	Hydroxyde de Sodium.
<b>NPP :</b>	nombre plus probable.
<b>OMS :</b>	Organisation Mondiale de la Santé. .
<b>PS :</b>	Pouvoir Sucrant.
<b>Sc :</b>	Stréptococcus.
<b>SFB:</b>	Bouillon Sélénite acide de Sodium.
<b>SM :</b>	solution mère
<b>T :</b>	Température.
<b>TSE:</b>	Tryptone- Sel- Eau.
<b>UFC :</b>	Unité formant colonies.
<b>CMP :</b>	Caséinomacropeptide
<b>GMP :</b>	Glycomacropeptide
<b>KDa :</b>	Kilo-Dalton
<b>pHi :</b>	pH isoélectrique
<b>PP3 :</b>	Protéose-Peptone-3
<b>ISO:</b>	International Standard Organisation (Organisation internationale de normalisation).

# Introduction



## Introduction

La production laitière en Algérie, demeure faible depuis des années et le retard à combler pour satisfaire les besoins quantitatifs de la population est énorme. En raison de cette importance, notre pays a recours chaque année à des importations massives de lait et de produits dérivés.

Parallèlement, même si un effort non négligeable est déployé pour endiguer cette dépendance, en encourageant le développement du cheptel bovin laitier, il n'en est pas de même des autres productions provenant des espèces laitières telles que 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 (DJERROUMI et OUHOCINE, 1999).

Dans ce contexte, le dromadaire est bien connu pour sa résistance à la chaleur et au manque d'eau et pour sa capacité laitière. Alors que les brebis et les chèvres cessent de donner du lait dès qu'elles ne boivent plus et que les vaches meurent, la chamelle continue de produire environ 4 à 5 litres de lait par jour pendant plus de deux ans en broutant seulement les épines et les maigres herbes du désert (LAZARD ,1995).

Ainsi, le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, un produit nourricier de la population nomade qui le consomme à l'état frais ou à l'état de produits dérivés. constituant un apport nutritionnel important dans les régions arides où les fruits et les végétaux contenant des vitamines sont rares (SIBOUKEUR, 2007), le lait de chamelle se rapproche du lait de vache et est plus proche de celui de femme (LASNAMI, 1986). Il est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti infectieuses, anticancéreuses, antidiabétiques 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) lui confère 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 un travail qui vise essentiellement à l'étude de l'évolution, microbiologique et physico-chimique du lait de chamelle pasteurisé entreposé à température ambiante et à 4°C.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une contribution à une meilleure connaissance du lait camelin, en vue de l'ouverture d'autres horizons pour ce produit appelé à se développer et à se heurter à des procédés technologiques visant une diversification de son utilisation.

Cette étude comporte 3 parties essentielles :

1. Une détermination de la composition physico-chimique du lait camelin avant et après des traitements de pasteurisation
2. L'étude de l'évolution des paramètres physico-chimiques et des groupes microbiens du lait camelin pasteurisé entreposé à température ambiante et à 4°C.
3. Établir la relation entre l'évolution des différents groupes microbiens et le système antimicrobien du lait camelin.

Partie I :  
Synthèse Bibliographique

Chapitre I :  
Lait de chamelle

### I.1. Origine du dromadaire

Le dromadaire vit dans les régions chaudes, arides et semi-arides de la planète. Il serait originaire de l'Amérique du Nord où le plus ancien fossile de *Camelidaea* été trouvé et d'où il aurait rejoint l'Asie et l'Afrique, à la suite des glaciations qui sévirent dans pratiquement la quasi-totalité de l'hémisphère nord de la planète durant l'ère tertiaire (ZEUNER, 1963).

### I.2. Répartition géographique et effectif Mondial du dromadaire

Le dromadaire a été répertorié dans 35 pays, tel que l'Inde, la Turquie, le Kenya, le Pakistan, la corne de l'Afrique et bien d'autres pays encore. Domesticué au Moyen-Orient et plus précisément dans le sud de la péninsule arabique, le dromadaire a été réintroduit en Afrique du Nord à l'état domestique au début de l'ère chrétienne au moment de l'assèchement du Sahara (WIKIPIDEA, 2009).

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%) est composée de dromadaires (*Camelusdromedarius*), Le reste (16%) c'est des « bactriens » (*Camelusbactrianus*) qui sont des chameaux à deux bosses peuplant les régions froides de l'Asie. Ce nom leur a été donné, par référence à la région de "Baktriane", située au nord de l'Afghanistan, où cette espèce était initialement implantée (FARAH, 1993).

### I.3. Répartition géographique et effectif Algérien en dromadaire

Selon la DSA, (2006) l'effectif camelin algérien est estimé à 286670 têtes.(tableau 1) cet effectif est réparti sur 17 wilayas, avec 75% du cheptel dans huit wilayas sahariennes : Ouargla, Ghardaïa, El-Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf et Béchar et 25% du cheptel dans neuf wilayas steppiques : Biskra, Tbessa, Khenchela, Batna, Djelfa, El-Bayad, Naâma, Laghouat et M'sila (SIBOUKEUR, 2008).

**Tableau 1 : Evolution des effectifs camelin Algérien (tête).**

Année	1985	1990	1994	1995	1996	2006
Effectif	133330	122450	121145	126350	140810	286670

(M.A.D.R, 2006)

#### **I.4. Production laitière**

Les études sur les capacités de production du lait par la chamelle datent de la fin des années cinquante avec les travaux de ROSETTI *et al* (1955) cités par YAGIL, 1982 ; YASIN *et al*, (1957) qui marquent véritablement le point de départ du mouvement d'exploration de ce produit dont la visée première était sa valorisation. Par la suite, d'autres investigations ont été réalisées sur cette production en liaison avec les populations et races inventoriées et leur biotope.

Les résultats de ces études peuvent être répartis en deux lots reflétant deux populations de dromadaires qui diffèrent par le type d'élevage pratiqué :

- les dromadaires soumis à un élevage traditionnel type extensif, dont la production laitière varie de 4 à 14 kg avec un maximum de 19 kg par femelle laitière et par jour ;
- les dromadaires soumis à un élevage de type intensif, dont la production laitière varie de 15 à 35 kg, avec un maximum estimé selon FIELD (1979), à 50 kg par chamelle et par jour.

La durée de la lactation varie de 9 à 18 mois (avec une moyenne de 14 mois), alors que la production totale par lactation est estimée à 3931 kg par chamelle en élevage extensif contre 7869 kg en élevage intensif (YAGIL, 1982).

Globalement, si 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 chameles serait de l'ordre de 5.4 millions de tonnes dont 55 % environ est prélevée par les chameçons.

#### **I.5. Les facteurs influençant la production laitière de la chamelle**

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 ou 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 AI-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.6. Caractéristiques du lait de chamelle

### I.6.1. 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 centpoises (HASSAN *et al*, 1987; 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 2)

**Tableau 2 : Constantes physiques du lait de dromadaire et de vache**

	Dromadaire	Vache
	Moyennes	Moyennes
PH	6,51 ± 0,12	6,65 ± 0,02
Acidité titrable	15,6 ± 1,4	16 ± 1
Densité	1,028 ± 0,002	1,032 ± 0,001

Source : KAMOUN, 1995.

### I.6.2. Composition biochimique

La composition biochimique globale du lait de chamelle (Tableau 3), 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 grasses et lactose) avec des proportions similaires à celles présentes dans le lait de vache. Les teneurs en protéines et en matières grasses



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 3** : Composition biochimique globale (%) du lait de chamelle selon différents auteurs

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

Source : SIBOUKEUR, 2007

La teneur en eau du lait camelin, qui varie selon son apport dans l'alimentation, atteint son maximum pendant la période de sécheresse. En effet, il a été montré que la restriction en eau alimentaire des chameaux se traduit par une dilution du lait : un

régime riche en eau donne un lait ayant un taux de 86% alors que dans un régime déficient, celui-ci s'élève à 91% (YAGIL 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 4) diffère de celle du lait de vache par une teneur en vitamine C 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 4** : Composition en vitamines ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) du lait de chamelle, selon différents auteurs comparée au 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

Source : SAWAYA *et al.*, 1984

### **I.6.2.1 Glucides**

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

### **I.6.2.2 Matière grasse**

Le lait de chamelle est en moyenne plus faible en matières grasses que le lait de vache.

Cependant, les globules gras du lait de chamelle sont de très petites tailles (1,2 à 4,2  $\mu$  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 apparait 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 volatiles et en acides gras non saturés est importante.

### **I.6.2.3. Fraction azotée et protéines**

La Matière azotée protéique représente 89,9% de l'azote total du lait de chamelle (contre 94,3% pour le lait bovin). La fraction azotée non protéique, qui représente 10,1%, est nettement plus élevée que celle du lait de référence dont la teneur se situe autour de 5,7% (MEHAIA et ALKANHAL, 1992 ; FARAH, 1993 et 1996), (Tableau 5). Cette dernière fraction est caractérisée par une haute valeur biologique qui est due à sa richesse en acides aminés libres, en nucléotides et certains précurseurs de vitamines ainsi que des peptides, de l'acide urique, urée, créatine, créatinine,...etc. (MEHAIA et ALKANHAL, 1992 ; MEHAIA *et al*, 1995).

**Tableau 5:** teneurs comparatives des fractions azotées (mg/100ml) des laits camelin, caprin et bovin.

Formes d'azotes	Lait de chamelle	Lait de chèvre	Lait de vache
Azote total (NT)	485	475	540
Azote protéique (NP)	436	438	509
Azote non protéique (NPN)	49	37	31
NPN / NT %	10,1	7,8	5,7

Source : MEHAIA et ALKANHAL, 1992.

Les acides aminés libres les plus abondants sont: l'acide glutamique, l'alanine, la phosphosérine, la glutamine et la phénylalanine (TAHA et KIELWEIN, 1990 et MEHAIA et ALKANHAL, 1992). La présence de taurine (dérivé de la cystine), qui se trouve à une teneur assez considérable dans le lait camelin, est intéressante à relever de part le rôle physiologique qui lui est connu dans les fonctions cardiaques et musculaires (MEHAIA et ALKANHAL, 1992).

La composante protéique du lait bovin est constituée principalement par deux groupes de protéines: les caséines majoritaires (environ 80% de la fraction protéique du lait) qui sont présentes à l'état colloïdal et les protéines solubles (20%), qui se retrouvent dans le lactosérum. Les caséines correspondent à la fraction protéique précipitant à pH 4,6 et à 37°C tandis que dans ces conditions les protéines solubles demeurent en solution.

#### 1.6.2.3.1 Protéines solubles

La distribution qualitative et quantitative des protéines solubles diffère d'une espèce animale à une autre. Celle retrouvée dans le lait de dromadaire se singularise par l'absence en son sein de la protéine sérique majeure du lait bovin à savoir la  $\beta$ -lactoglobuline, qui est aussi absente dans le lait humain. D'autres protéines seraient spécifiques seulement au lait camelin et sont absentes dans les autres laits. C'est le cas de la protéine acide ou whey acidic protein (WAP), du peptidoglycan recognition protein (PGRP) de la protéine basique ou whey basic protein (WBP) (BEG et al, 1986b; KAPPELER et al, 2003; OCHIRKHUYAG et al, 1998).

Les principales protéines solubles du lait camelin sont l' $\alpha$ -lactalbumine, le sérum albumine, la lactophorine A (protéose-peptone-3 ou PP3), les immunoglobulines et la lactoperoxydase (Tableau VI). L' $\alpha$ -lactalbumine est la protéine soluble majeure du lait

des camélidés (BEG *et al*, 1985; CANTISANI *et al*, 1990), des rongeurs (VILOTTE et SOULIER, 1992) et de l'homme (BRIGNON *et al*, 1985). Alors que chez les ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins), c'est la  $\beta$ -lactoglobuline qui constitue la principale protéine du lactosérum du lait.

Le lait contient également un certain nombre de protéines présentant des propriétés biologiques variées (enzymes, régulateurs de la prise alimentaire, molécules bio-actives ...etc).

La conservation relativement aisée du lait de chamelle et ses propriétés médicinales qu'évoquent souvent les nomades, ont conduit certains scientifiques à chercher à établir ses bienfaits sur la santé. Ainsi, on a pu mettre en évidence l'effet antimicrobien de plusieurs molécules contenues naturellement dans ce lait dont notamment :

- le lysozyme inhibant la croissance de certains germes pathogènes (BARBOUR *et al*, 1984 ; DUHAIMAN, 1988);
- la lactoferrine, la lactoperoxydase et les immunoglobulines G et A présentant une activité protectrice importante vis-à-vis de nombreux micro-organismes et virus (EL-AGAMY *et al*, 1992);
- la présence d'une protéine similaire à l'insuline (Beg *et al.*, 1986a), qui pourrait expliquer l'utilisation du lait de chamelle par les bédouins pour traiter le diabète;
- l'absence de la  $\beta$ -lactoglobuline (OCHIRKHUYAG *et al*, 1998) considérée comme un composant allergène du lait bovin. Cette propriété fait du lait camelin une alternative potentielle au lait de vache pour les enfants allergiques (RESTANI *et al*, 1999) et pour les formules infantiles eu regard de son analogie avec le lait humain.

#### **I.6.2.3.2 Caséines**

Les caséines, qui précipitent à leur pH isoélectrique (4,6 pour le lait bovin et 4,2 et 4,3 respectivement pour le lait caprin et camelin), (THOMPSON *et al*, 1965), sont constituées de 4 protéines différentes : ( $\alpha$ 1,  $\alpha$ 2,  $\beta$  et  $\kappa$ ) dont les deux premières sont particulièrement sensibles au calcium (*calcium sensitive caseins*) en raison de leur précipitation à la concentration calcique normale du lait (30 m M), indifféremment de la température.

Ces caséines ont tendance à s'associer en particules sphériques ou micelles, de taille variable et fortement hydratées et minéralisées. L'assemblage et la cohésion de cette structure micellaire sont assurés par des liens phospho-calciques (HAMBRAEUS, 1982).

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

Plusieurs travaux ont été réalisés pour la séparation et la caractérisation des caséines camelines, notamment par chromatographie et électrophorèse (FARAH et FARAH-RIENSEN, 1985; LARSON-RAZNIKIEWIEZ et MOHAMED, 1986; MOHAMED, 1990;

OCHIRKHUYAG *et al*, 1997 ; KAPPELER *et al*, 1998). Les séquences nucléotidiques des ADN complémentaires qui codent pour les quatre caséines camelines ont été déterminées par KAPPELER *et al*, (1998).

En comparant les caséines bovine et camelines, KAPPELER *et al*, (1998) déduisent que les dernières sont moins phosphorylées et moins riches en phosphate de calcium micellaire.

**Tableau 6: Concentration moyenne des protéines du lait de différentes Espèces en (mg/l)**

Protéine	Chamelle	Vache	Femme	Fonction principale
$\alpha$ 1-Caséine	5000	12000	Trace	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
$\alpha$ 2-Caséine	2200	3000	Trace	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
$\beta$ -Caséine	15000	10000	4670	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
$\kappa$ -Caséine	800	3500	Trace	Coagulation de la micelle de Caséine
$\alpha$ -Lactalbumine	3500	1260	3400	Synthèse du lactose
$\beta$ -Lactoglobuline	-	3500	-	Liaison et transport des acides gras et du rétinol
Whey acidic protein 157	157	-	-	Régulation dans la croissance
(WAP) Lactophorin (PP3 )	950	300	-	épithéliale ; similaire au WDNM 500 de la lipolyse
Lactoferrine	95 ↓↑	140 ↓↑	565 ↓↑	Anti-inflammatoire nutritive fixation du fer
Lactoperoxydase	-	30	6 ↓	Anti-inflammatoire activité bactéricide
Peptidoglycan recognition protein	107 ↑	-	-	Anti-inflammatoire
(PGRP) Lysozyme C		~100 ↓↑	274 ↓	Activité bactéricide N - acetylmuramidase

Source : KAPPELER *et al*, 2003.

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

↑ indique une augmentation de concentration au cours des mammites.

### a) Caséine $\alpha$ S1

C'est la protéine la plus abondante du lait. Dans le lait de chamelle, elle représente 22 % des caséines totales et contient 215 acides aminés pour une masse moléculaire de 25,773 kDa et un point isoélectrique de 4,4 (KAPPELER *et al*, 1998).

### b) La caséine $\alpha$ S2

L' $\alpha$ S2 cameline est composée de 178 acides aminés pour une MM de 21 266 Da. Son point isoélectrique est de 4,58. Cette caséine présente des délétions au niveau de sa structure primaire au niveau d'une région de l'hélice  $\alpha$  entre Glu49 et Asn89. Cette délétion entraîne la perte des sérines phosphorylées successives (Ser56, Ser57, et Ser58) qui sont impliquées dans la structure primaire de la caséine  $\alpha$ 2 bovine. Ce qui n'est pas sans conséquences dans l'assemblage de la micelle, dans sa stabilité et dans ses propriétés nutritionnelles (FERRANTI *et al*, 1995).

### c) La caséine $\beta$

La caséine  $\beta$  cameline est composée de 217 acides aminés pour une MM de 24 651

Da. Son pHi se situe à 4,76. Dans cette protéine, les sites de phosphorylation y sont présents en 4 positions (Ser 15, 17, 18, et 19) (KAPPELER *et al*, 1998).

#### **d) La caséine $\kappa$**

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

La caséine  $\kappa$  cameline est composée d'une séquence de 162 acides aminés. Sa masse moléculaire est de 18 254 Da et son point isoélectrique se situe à pH 4,11. Les sites de phosphorylation y sont présents en 2 positions (Ser 141 Ser 159).

KAPPELER *et al.* (1998) considèrent que la caséine  $\kappa$  représente le constituant déterminant de la croissance des submicelles déterminant ainsi la taille de la micelle. Elle serait également « le facteur stabilisant » de celle-ci grâce à ses groupements C-terminaux hydrophiliques responsables des forces répulsives stériques (WALSTRA, 1990) qui s'opposent à la floculation des micelles. Les formes glycosylées qui sont prédominante dans le lait camelin peuvent favoriser fortement les deux caractéristiques de la caséine  $\kappa$  citées ci-dessus grâce notamment aux répulsions stériques des groupements acides sialiques chargés et à l'hydrophobicité élevée (KAPPELER *et al*, 1998).

#### **I.6.2.3.3 La micelle de caséine**

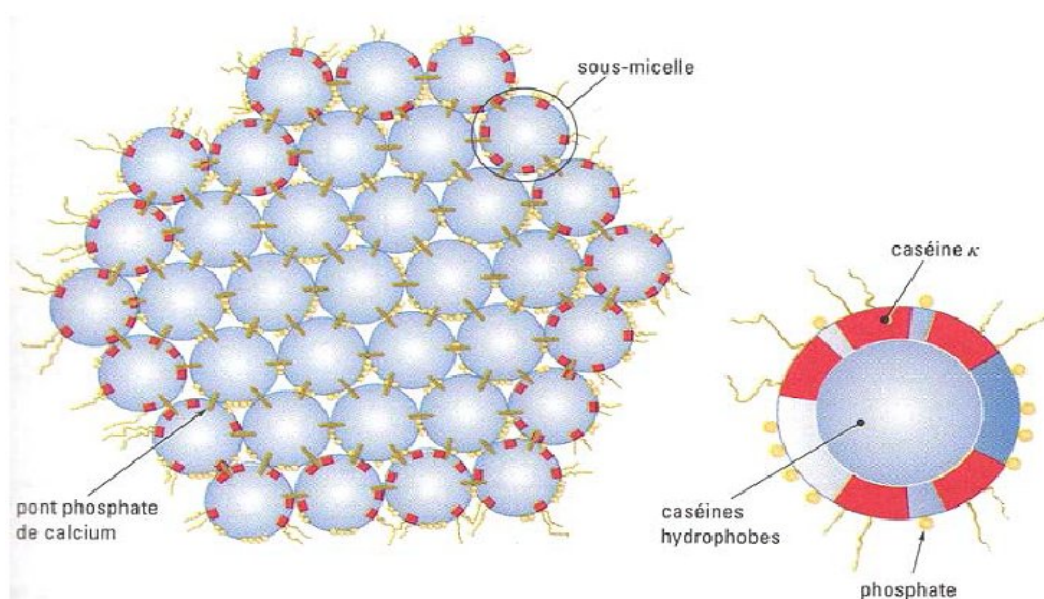
La micelle de caséines permet, par un regroupement adéquat, de maintenir en solution des protéines non globulaires et de fixer en son sein une quantité importante de phosphate de calcium et magnésium colloïdal.

Pour comprendre comment ces protéines arrivent à s'organiser dans le lait et permettre les différentes transformations connues en produits dérivés du lait, trois modèles ont été proposés jusque-là : à noyau enveloppé de WAUGH ET AL (1970) ; à structure interne uniforme décrit par GARNIER et RIBADEAU-DUMAS (1970) ; - en submicelles de SHMIDT (1980), (figure 1). Ce dernier, qui repose sur l'existence de submicelles de caséines, qui s'associent par pontage phosphocalcique, reste l'un des plus admis, car il est conforté par les essais de comportements des protéines dans divers conditions (action enzymatique de la chymosine immobilisée, fixation de la lactoglobuline en surface induite par des traitements thermiques excessifs, action des détergents ...etc) (HOLT, 1992). Néanmoins, l'observation, par balayage aux



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

Globalement dans ces représentations, la caséine  $\kappa$  est présente de façon prononcée en surface de la micelle, notamment avec son pôle fortement hydrophile et est de ce fait accessible à l'enzyme coagulante.



**Figure1 : Représentation de la micelle de caséine bovine selon le modèle de SCHMIDT (1980).**

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

KHEROUATOU, (2004) a mentionné que la micelle du lait de dromadaire différent de son homologue du lait de référence sur plusieurs aspects :

- un diamètre micellaire plus important (0,4-0,5  $\mu\text{m}$  contre 0,13-0,16  $\mu\text{m}$ ) ;

- une distribution de taille plus large (0,6  $\mu\text{m}$  contre 0,3  $\mu\text{m}$ ) ;
- une minéralisation plus élevée (11,4 contre 7,2 g/100g de poids sec) ;
- un taux de caséines totales plus faible (20,60 g/kg contre en moyenne 28 g/kg).

#### **I.6.2.4 Vitamines**

Le lait de chamelle se singularise par sa richesse relative en vitamines B3 (niacine) et en vitamine C (Tableau 4). Même si des variations importantes (de 25 à 60 mg/l) de la teneur de cette dernière dans les laits camelin sont rapportées (FARAH, 1993), il n'en demeure pas moins que les teneurs signalées (autour de 36 mg/l selon FARAH *et al*, 1992) sont en moyenne 3 fois plus élevées que celles présentes dans le lait bovin, qui ne dépassent pas 22 mg/l selon MATHIEU (1998). Cette caractéristique est particulièrement intéressante, car elle permet au lait de cette espèce, par son apport important en cette vitamine, de répondre aux besoins nutritionnels, aussi bien du jeune chamelon que des populations locales, qui vivent dans un environnement où l'apport en ce type de vitamine est particulièrement limité (SIBOUKEUR, 2007).

#### **I.6.2.5 Sels minéraux**

Les sels minéraux présents dans le lait de chamelle (Tableau 7) sont aussi diversifiés que ceux rencontrés dans le lait de vache. On y dénombre en effet des macros 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 macroéléments (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 ; BENGOUNI *et al*, 1994).

**Tableau 7** : 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	0,2	-	-	-	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	-	BENGOUM I <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

### I.6.3. Utilisation médicinale et thérapeutique du lait de chamelle

Le lait de chamelle est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti infectieuse, Anticancéreuse, antidiabétique 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 antibactériens, l'insuline et la vitamine C. A cela s'ajoutent les propriétés probiotiques des bactéries lactiques présentes dans les produits fermentés camelins.

#### I.6.3.1 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, électro statiquement 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*, *Bordellabronchiseptica*, *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<sup>-1</sup> contre 7 µg 100 ml<sup>-1</sup>. 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'œuf (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<sup>-</sup> 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<sup>-</sup>), 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-déficience, 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).

### **I.6.3.2 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), (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.

### **I.6.3.3 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 hypoglycémisante et

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

#### **I.6.3.4 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).



Chapitre II :  
Conservation du lait  
de chamelle

## **II.1 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).

### **II.1.2 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, 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).

#### **II.1.2.1 Bactéries saprophytes**

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

##### **II.1.2.1.1 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, 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 Lactobacilles**

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 exigence 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).

### **II.1.2.1.2 Flore d'altération**

Ce sont des bactéries et champignons indésirables apportés par la contamination. Cette flore regroupe les bactéries thermorésistantes, les coliformes, les psychotropes, 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*, *Microbacterium* 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 lacfis*,

*Kluveromyces fragilis*, *Saccharomyces fragilis*, - *Saccharomyces lactis*. peuvent avoir des effets néfastes dans les aliments. Les levures supportent des pH de 3 à 8 avec un optimum de 4,5 à 6,4. Ce qui explique leur présence dans le lait cru comme dans le lait Caillé (BOUIX et LEVEAU, 1988). Elles entraînent des altérations rendant le produit final indésirable: aspect trouble, odeurs ou goûts anonnax, 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 M<sub>1</sub>, élaborée par *Aspergillus flavus*, à la pasteurisation des laits et produits laitiers.

### **II.1.2.2 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 (KAGEMBEA, 1984)

#### **a- Les staphylocoques**

Ils sont fréquemment retrouvés dans le lait et parfois en nombre important L'origine de la contamination est la mamelle et plus fréquemment l'homme. Leur fréquence

tend à augmenter du fait de leur antibiorésistance. Ils provoquent, par leur production de toxines thermostables, des intoxications de gravité variable pouvant être redoutables (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 lactoses (-) : *Shigella*, *Salmonella*, *Serratia*, *Proteus*, *Yersinia* ;

- les lactoses (+) : *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Hafnia*.

- Les Salmonelles sont responsables de nombreuses toxi-infections. En effet, les toxiinfections 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 monocytogènes*, est un petit bacille à GRAM (+), non capsulé, non sporulé, de mobilité « en pirouette » caractéristique par examen à l'état frais. Elle fait partie des bactéries psychrotrophes pathogènes (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.

### II.1.3 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 microorganismes 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.

## **II.2 Conservation du lait de chamelle**

### **II.2.1 Méthodes de conservation de lait de chamelle**

Le lait est un bon milieu de croissance pour les microorganismes en raison de sa teneur en eau élevée, de son pH proche de la neutralité et de sa composition équilibrée en nutriments de base (RASOLOFO, 2010). Un des soucis constants de l'homme a été de tenter de différer dans le temps la consommation de ce lait en appliquant pour cela divers procédés de conservation (RAMET, 1985).

### II.2.1.1 Pasteurisation

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).

- **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).

- **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).

- **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.2.1.2 Stérilisation**

La Stérilisation (120 à 140 °C pendant quelques secondes pour le lait et plus de 30 min pour les conserves) vise à détruire toutes les bactéries et surtout les formes résistantes (spores). Le produit est stable est conservable à température ambiante (SEBTI, 2000).

Pour la stérilisation commerciale du lait (UHT) où la température peut atteindre jusqu'au 150°C, on vise la réduction des thermophiles dans le lait et mêmes les formes sporulées. Cependant, dans certains cas Le lait UHT, qui est un produit commercialement stérile, peut contenir des spores viables de quelques bactéries thermoduriques (RAY, 1996).

### II.2.1.3 Thermisation

La thermisation (traitement qui a lieu à 64°C pendant 15 à 20 secondes) est surtout utilisée pour détruire les bactéries psychrotrophes, qui se développent dans un lait ayant subi, soit une réfrigération à la ferme, soit un stockage réfrigéré au niveau de la fromagerie. Ces bactéries surtout les espèces des genres *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Flavobacterium* produisent des lipases et des protéases exocellulaires résistantes à la pasteurisation (72-74°C, 15-20 sec) et même à la stérilisation UHT (132°C, 1-2 sec) (LENOIR *et al*, 1983). La thermisation a aussi effet sur les bactéries pathogènes et les bactéries mésophiles, comme elle peut diminuer la charge globale en bactéries (SEBTI, 2000).

### II.2.1.4 Réfrigération

La conservation à basse température réduit la croissance et l'activité des bactéries à l'origine de la dégradation et prolonge la durée de conservation du lait. La conservation à des températures en dessous du minimum de croissance entraîne une prolongation continue de la phase de latence jusqu'à ce que la multiplication cesse et la croissance du microorganisme s'arrête (DOYLE *et al*, 1997).

D'autre part, aux températures comprises entre 0 et 10°C des changements mineurs dans les conditions physico-chimiques ont de grands effets sur la croissance bactérienne (KORKEALA *et al*, 1989). Toutefois la réfrigération ne tue pas ou n'élimine pas une contamination microbienne. Elle permet de la croissance, le développement aux seuls microorganismes psychrophiles capables de croître sur le lait à des températures en dessous de 7°C (ASHIE *et al*, 1996). La réfrigération du lait dès la ferme et son stockage pendant un temps plus ou moins long sélectionne des bactéries psychrotrophes qui peuvent devenir alors une flore dominante. Parmi ces bactéries le genre *Pseudomonas* est le plus fréquent (MIRANDA et GRIPON, 1986).

#### • Action du froid sur le lait

Le lait recueilli après la traite contient toujours des microorganismes dont le nombre et les espèces auxquels ils appartiennent sont très variables. La présence inévitable de ces germes est due à des contaminations d'origine intra-mammaire et extra-

mammaire qu'il est nécessaire de limiter le plus possible en raison du rôle néfaste qu'elles peuvent avoir sur la conservation du lait et sur la qualité et le rendement des produits fabriqués.

On connaît depuis longtemps l'influence considérable de la température sur le développement et l'activité des microorganismes et, en conséquence, son action utile ou nuisible sur la conservation des aliments. En fonction des limites de température entre lesquelles prolifèrent les microorganismes, on en distingue trois groupes (Tableau 8) :

**Tableau 8 : Classification des microorganismes en fonction de leur température de développement**

Microorganismes	Température de développement en °c		
	Minimum	Optimum	Maximum
Psychrophiles	-5	+5 à +10	+20
Mésophiles	+10	+30 à 40	+45
Thermophiles	+40	+50 à +60	+75

Le maintien du lait au froid a essentiellement pour but d'arrêter le développement des microorganismes. Il constitue un traitement de stabilisation. Il ne peut ni améliorer la qualité initiale du lait ni entraîner la mort des bactéries. Dans les limites courantes de température auxquelles, en pratique, le lait peut être soumis (entre 40°C et 3°C), on observe que la prolifération microbienne diminue avec l'abaissement de la température.

# Partie II :

# Expérimentation

# Chapitre I :

## Matériel et méthodes

## **I.1. Lieu de stage**

Notre travail à été réalisé au niveau :

- De laboratoire de la laiterie de Alouani,dans la région de GHARDAIA, sud-est Algérien dans ce laboratoire on à procédé à la caractérisation physico-chimique du lait de camelin.
- Au laboratoire CACQE on à procédé à l'étude microbiologique du lait de camelin

## **I.2. Matériel**

### **I.2.1 Echantillons du lait**

Le lait utilisé dans la présente étude provient d'un éleveur à Alatef située dans la wilaya de GHARDAIA. Il est collecté, à partir d'un troupeau de dromadaires, en bonne santé, vivant en semi-extensif. Leur alimentation comporte entre autre, des roseaux de la paille et de l'orge.

L'échantillon de lait à été prélevés et transporté dans une glacière jusqu'au laboratoire de CACQE

### **I.2.2 Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques et biochimiques**

- verrerie usuelle (erlenmeyers, béchers, fioles, pipettes graduées, tube à essais, burettes, entonnoirs, ...).
- pH-mètre (INOLAB, Allemagne)
- centrifugeuse (SIGMA, Allemagne)
- 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)).

### **I.2.3 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 lactose, CHAPMAN, Gélose Nutritive.



### I.2.4 Prélèvement

➤ Les techniques de prélèvement diffèrent selon le type d'analyse.

#### •• Prélèvement pour analyses physico-chimiques

Le prélèvement est réalisé à l'aide d'une louche avec la quelle on mélange au préalable et on remplit un becher propre de 250 ml.

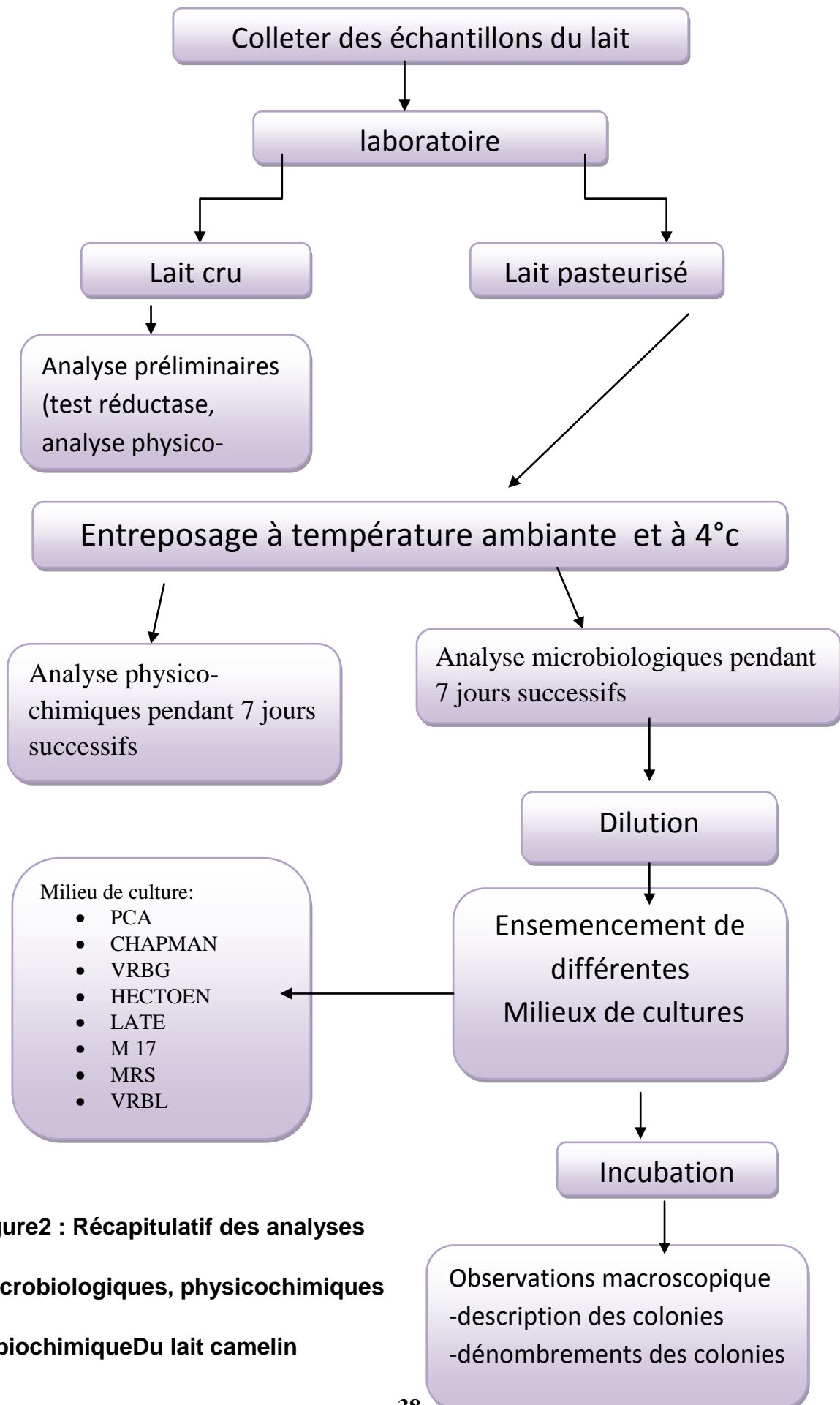
#### •• Prélèvement pour analyses micro biologiques

Le prélèvement a été effectué dans des conditions aseptiques selon l'étape suivante:

- Flamber la vanne de sortie (située au bas de la citerne) à l'aide d'une tige métallique comportant à son bout de coton imbibé d'alcool chirurgical $90^{\circ}$ ;
- Créer une atmosphère stérile de protection en dirigeant la flamme horizontalement, juste audessus de surfaces aseptisées ;
- Ouvrir légèrement la vanne de sortie et éliminer les premier jets ;
- Déboucher un flacon à essai stérile à proximité de la flamme puis le remplir aux 2/3 de sa capacité;
- Flamber le cal de flacon à essai puis reboucher avec le bouchon à vis.

### I.3. Méthodes d'analyses

La méthodologie de travail adoptée dans cette étude est récapitulée sur la figure 2:



**Figure2 : Récapitulatif des analyses Microbiologiques, physicochimiques et biochimiqueDu lait camelin**

### **I.3.1 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 a été soumise à une pasteurisation à 85°C/2min (LARPENT, 1997).

### **I.3.2 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 laboratoire, la technique est résumée comme suit :

Une partie de lait cru est répartie dans des flacons stériles de 250 ml bien fermés. Puis placés dans un bain marie maintenu à 85° C ± 1° C pendant 2 min, puis refroidis successivement dans de l'eau froide et dans de l'eau glacée.

### **I.3.3 Méthodes d'analyses physicochimiques**

Les analyses physicochimiques ont été effectuées selon le guide des techniques d'analyses physicochimiques des produits laitiers des laiteries de "Alouani" et les méthodes officielles normalisées par la norme algérienne.

#### **a-Détermination du pH**

##### **Définition**

C'est le potentiel chimique des ions H<sup>+</sup> dans une solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre, équipé d'une sonde de température et d'une sonde de pH.

Cet équipement doit être étalonné chaque matin avant de commencer l'analyse.

##### **Principe**

La différence de potentiel existant entre une électrode de référence plongée dans une même solution, est une fonction linéaire de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H<sup>+</sup> présents.

### Mode opératoire

Prolonger les deux sondes de température et du pH à la fois dans l'échantillon à analyser, puis attendre jusqu'à la stabilité du pH et la valeur trouvée.

### Expression des résultats

La valeur de pH est affichée directement sur le cadran de l'appareil, les mesures sont exprimées en unités du pH à la température de 20°C .

### b- Détermination de l'acidité titrable

#### Définition

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

#### Principe

L'acidité est obtenue par le dosage titrimétrique de l'acide lactique à l'acide d'hydroxyde de sodium en présence d'un indicateur coloré : phénol phtaléine.

#### Mode opératoire

A l'aide d'une pipette de 10ml prélever 10ml d'échantillon à analyser

- ajouter deux à trois gouttes de phénol phtaléine comme indicateur de pH.
- titrer avec de soude à 0.111N jusqu'au virage de l'incolore au rose qui persiste 10 secondes.

#### Expression de résultats

La quantité exacte de la soude à utiliser dans l'essai dépend de l'indicateur, de l'importance de l'échantillon et du produit à analyser.

Les résultats sont exprimés en degré Dornic (D°) il correspond au nombre de 1/10 de ml de soude Dornic (N/9) nécessaire pour le virage du phénol phtaléine (Guiraud, 1998).

0.1ml de NaOH  $\longrightarrow$  1°D

1°D  $\longrightarrow$  0.1 d'acide lactique/ litre de lait

Pour avoir la correspondance de 0.1ml de NaOH N /9 en acide lactique par litre, il suffit de multiplier le volume titrant obtenu par 10 :  $A = V \times 10$

A : Résultat (acidité titrable en °D).

V : Volume de NaOH correspond à 10°D

### **c- Détermination de l'extrait sec totale du lait (EST)**

#### **Définition**

L'extrait sec d'un produit est le pourcentage des matières sèches existant dans le produit.

#### **Principe**

Son principe repose généralement sur la dessiccation du produit par évaporation de l'eau sous forme absorbée ou adsorbée.

#### **Mode opératoire**

La détermination de la teneur en eau sera effectuée selon la méthode gravimétrique par détermination de la perte du poids par dessiccation dans des conditions précis, cette dessiccation peut se faire à l'aide de la Chaleur ou à l'aide des rayonnements infrarouges.

- prélevé 2ml de lait en suite ajoutés les 2ml d'échantillon à analyser et bien étaler sur toute la surface de la coupelle à l'aide d'une spatule.

#### **Expression des résultats**

La teneur en extrait sec ou matière sèche (MS) exprimée en (%) de lait est égale à :

$$MS(\%) = \frac{M_1 - M_0}{m} \times 100$$

$M_0$  : la masse en gramme de la capsule vide.

$M_1$  : la masse en gramme de la capsule et des résidus après dessiccation et de refroidissement.

$m$  : la masse en gramme de la prise d'essai.

### **d- Détermination de la densité**

La masse volumique à 20 °C ou la densité d'un corps liquide est égale au rapport de la masse d'un certain volume du corps sur la masse d'un même volume d'eau à 4 °C. Elle s'exprime en, Kg/m<sup>3</sup> comme par Un. Nombre décimal sans unité. -

#### **Principe:**

Le principe c'est la détermination de la densité à l'aide d'un densimètre, ce dernier est un appareil utilisé pour la détermination de la densité du lait (lactodensimètre).

**Mode opératoire**

Pour la détermination de la densité de notre lait tout d'abord on doit vérifier la température du lait qui doit être égale à 20 °C, pour remplir notre éprouvette de façon inclinée afin d'éviter la formation de la mousse qui peut fausser la lecture (si la température est différente de 20 °C, on doit consulter la forme de la correction).

On plonge notre lacto-densimètre dans le lait et on attend jusqu'au la stabilisation du dispositif, puis on lit directement la valeur trouvée.

Si la température T lue est inférieure à 20 °C, la densité D sera égale à :

$$D = D \text{ lue} + 0,2 (T \text{ lue} - 20)$$

Si la température T lue est supérieure à 20 °C, la densité D sera égale à :

$$D = D \text{ lue} - 0,2 (20 - T \text{ lue})$$

Avec ; 0,2 est le coefficient de correction.

**Calcul et expression des résultats**

On lit directement la valeur de l'intersection du lacto-densimètre avec le lait.

**e- Détermination de la matière grasse (MG)****Définition**

La méthode dit Gerber est une technique conventionnelle permettant d'évaluer la teneur en matière grasse.

**Principe**

La méthode acido – butyrométrique est basée sur le principe de la dissolution des protéines du lait par addition d'acide sulfurique.

La matière grasse libérée est séparée par centrifugation en présence d'alcool iso- amylique.

**Mode opératoire**

-prendre 20ml de (lait ou yaourt), compléter à 20 ml de l'eau distillée puis bien agiter la solution pour qu'elle soit homogène.

-dans un butyromètre introduire 10ml d'acide sulfurique en évitant de mouiller le col

- ajouter 11ml de l'échantillon essai à l'aide de la pipette sans mouiller le col du butyromètre et en évitant un mélange prématuré du lait avec l'acide.

- verser à la surface d'échantillon 1ml d'alcool iso amylique sans mouiller le col du butyromètre et en évitant de mélanger les liquides.

-Boucher avec soin le butyromètre, puis l'agiter avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à disparition des grumeaux.

Le butyromètre se trouve ainsi porté à environ 80°C, le remettre dans sa position initiale et attendre que l'ampoule terminale soit complètement remplie du mélange (acide sulfurique, lait et l'eau distillée).

-Procéder au retournement et attendre que l'ampoule terminale soit complètement vidée, après six retournements successifs, l'agitation est suffisante et le mélange est homogène.

-Après l'agitation précédente, ne pas laisser refroidir le butyromètre (Si nécessaire le réchauffer à 65°C dans le bain d'eau).

-Ajuster le bouchon de manière à ce que le niveau du liquide soit dans la partie supérieure de l'échantillon gradué.

Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à une vitesse de 1500 tours/minute pendant 10 minutes.

-À la sortie de la centrifugeuse modifier, S'il ya lieu le réglage du bouchon pour que la phase liquide se place exactement dans l'échelle graduée.

-Plonger le butyromètre verticalement bouchon en bas, dans le bain-marie et laisser cinq minutes.

### **Expression des résultats**

La matière grasse dissociée est moins dense, elle se rassemble en une couche claire et transparente, visible pour une lecture directe sur l'échelle en du butyromètre.

La teneur en matière grasse du yaourt exprimée mg/l est égal :

$$MG (g/l) = N_1 - N_2$$

$N_1$  : valeur atteinte par le niveau supérieur du butyromètre.

$N_2$  : Valeur atteinte par le niveau inférieur de butyromètre.

### **f-Détermination de la teneur en lactose**

#### **Définition**

La teneur en lactose s'exprime en gramme de lactose hydraté par litre ou pourcent gramme de lait

#### **Principe**

Le lait est défèque par l'hexacyanoferrate de zinc une solution cupro-alkaline est réduite a chaud par le filtrat le précipité d'oxyde cuivre formé et dessus par une solution de sulfate ferrique et le sulfate ferreux formé et dosé par manganimétrie en présence d'orthophénantroline ferreux comme indicateur

### **Prise d'essai**

Prélever à la pipette sur l'échantillon préparé 20 ml du lait ou peser 1mg prés environ à 20g du lait.

Déification ; Dans la fiole jaugée de 200ml introduire successivement :

-la prise d'essai

-2ml de solution d'hexacyanoferrate de potassium, agité

-2ml de solution d'acétate du zinc, agiter compléter au traite de jauge avec l'eau distille toute en mélangeant, ajouter alors à la pipette 2 ml d'eau distillé (pour tenir compte de volume de précipité) agiter. Laisser reposer é a 15 mn et filtrer. filtrer porter le mélange a ébullition modérée et maintenir celle –ci pendant 3 mn exactement ,refroidir en suite immédiatement le contenu de la fiole sous n courant d'eau froide et laisser déposer le précipité d'Oxyde cuivreux formé ,le liquide surnageant doit demeurer de couleur blanc

Dans la cas contraire recommencer la détermination sur une dilution approprié

### **Réduction**

Dans la fiole conique introduire ;

-10 ml de filtrant obtenu après déification exactement mesurés

-10 ml d'eau distillé

- 20 ml de solution cuivrique

- 20 ml de solution Tetro-alkaline

### **Lavage et dissolution de l'Oxyde cuivreux**



Verser le liquide surnageant sur 1 filtre en amiante ou en verre fritté, en activant la filtration par aspiration il faut éviter le précipité sur le filtrat et de le laisser au contact de l'air :

Laver trois fois le précipité d'oxyde cuivreux avec 2 ml d'eau distillé bouillie froide, décanter et filtrer à chaque fois sur le filtre ,rejeter ce filtrant dissoudre en suite le précipité par une quantité suffisante de solution ferrique ( 20 à 30 ml) filtrer la solution obtenu sur le même filtre en ayant soin de dissoudre complètement toute le précipité et de recueillir le filtrant dans la fiole conique a filtré propre ,rincer la fiole et le filtre avec trois fois par 20 ml d'eau distillé froide .

### **Titration de sel ferreux formé**

Ajouter à cette dernière filtrant une goutte d'Orthophénantroline ferreux et titrer par la solution de Permanganate de potassium

-le virage est obtenu lorsque la couleur passé de brune orange au vert foncé, soit V le nombre de ml de solution nécessaire

Expression de résultats la teneur en lactose exprimé en gramme de lactose hydraté par litre du lait est égale a :

$$\frac{M \times 100 \times 200}{1000 \times 20 \times 10} = M$$

La teneur en lactose exprime en gramme de lactose hydrate pour

100 gramme est égale a :

$$\frac{M \times 100 \times 200}{1000 \times E \times 10} = \frac{2M}{E}$$

E=est la masse en gramme de la prise d'essai.

M= est la masse en milligramme de lactose hydraté

### **i- Détermination de la teneur en protéines**

## "Méthode de Kjeldahl"

### Principe

Le principe de la méthode est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, et dosé après déplacement en milieu alcalin et distillation sous forme d'ammonium.

### Minéralisation:

Introduire dans un matras déminéralisation propre et sec 15g de sulfate de potassium, 1ml de solution de sulfate de cuivre, environ 5ml de l'échantillon et 25ml d'acide sulfurique pur. Appliquer un chauffage progressif: d'abord une attaque à froid pendant 15 min jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis chauffage estrien du plus énergique, attaque à chaud pendant 4 à 5 heures.

Quand la solution devient limpide, elle est refroidie et complétée à 100ml avec de l'eau distillée.

### Distillation

La distillation se fait dans un distillateur automatique où l'ajout de 20ml de NaOH à 35% dans le matras et 25% d'acide borique dans une fiole de 250 ml est réalisé; Le dégagement d'ammoniac est récupéré dans une solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré (mélange de bleu de méthylène et rouge de méthyle).

Le débit de distillation doit permettre de recueillir environ 150 ml de distillat.

### Titrage

Titrer le contenu de la fiole conique avec l'acide chlorhydrique 0.1 N à l'aide d'une burette. Le point final de titrage est atteint à la première trace de rose dans le contenu.

**Mode de calcul**

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$\% = \frac{14 \times (V_s - V_b)}{m} \times 100$$

Vs : volume de HCL nécessaire pour titrer la solution de l'échantillon

(ml) Vb : volume de HCL nécessaire pour titrer le blanc (ml)

Norme : normalité de la solution de HCL

m : masse de l'échantillon (g)

La teneur en protéines est calculée de la manière suivante:

Teneur en protéines =  $N \times 6,38$

**g-Détermination de la teneur en lactose****Définition**

La teneur en lactose s'exprime en gramme de lactose hydraté par litre ou pourcent gramme de lait

**Principe**

Le lait est défèque par l'hexacyanoferrate de zinc une solution cupro-alkaline est réduite a chaud par le filtrat le précipité d'oxyde cuivre formé et dessus par une solution de sulfate ferrique et le sulfate ferreux formé et dosé par manganimétrie en présence d'orthophénantroline ferreux comme indicateur .

**Prise d'essai**

Prélever à la pipette sur l'échantillon préparé 20 ml du lait ou peser 1mg prés environ à 20g du lait. Déification ; Dans la fiole jaugée de 200ml introduire successivement :

-la prise d'essai

-2ml de solution d'hexacyanoferrate de potassium, agité

-2ml de solution d'acétate du zinc, agiter compléter au trait de jauge avec l'eau distille toute en mélangeant, ajouter alors à la pipette 2 ml d'eau distillé (pour tenir compte de volume de précipité) agiter. Laisser reposer é a 15 mn et filtrer. filtrer porter le mélange a ébullition modérée et maintenir celle –ci pendant 3 mn exactement ,refroidir en suite immédiatement le contenu de la fiole sous n courant d'eau froide et laisser déposer le précipité d'Oxyde cuivreux formé ,le liquide surnageant doit demeurer de couleur blanc

Dans le cas contraire recommencer la détermination sur une dilution approprié

### **Réduction**

Dans la fiole conique introduire ;

-10 ml de filtrant obtenu après déification exactement mesurés

-10 ml d'eau distillé

- 20 ml de solution cuivrique

- 20 ml de solution Tetro-alkaline

### **Lavage et dissolution de l'Oxyde cuivreux**

Verser le liquide surnageant sur 1 filtre en amiante ou en verre fritté, en activant la filtration par aspiration il faut éviter le précipité sur le filtrat et de le laisser au contact de l'air :

Laver trios fois le précipite d'oxyde cuivreux avec 2 ml d'eau distillé bouillé froide, décanter et filtre à chaque fois sur le filtre ,rejeter ce filtrant dissoudre en suite le précipite par une quantité suffisante de solution ferrique ( 20 à 30 ml) filtrer la solution obtenu sur le même filtre en ayant soin de dissoudre complètement toute le précipite et de recueillir le filtrant dans la fiole conique a filtré propre ,rincer la fiole et le filtre avec trios fois par 20 ml d'eau distillé froide .

### **Titration de sel ferreux formé**

Ajouter à cette dernière filtrant une goutte d'Orthophénantroline ferreux et titrer par la solution de Permanganate de potassium

-le virage est obtenu lorsque la couleur passé de brune orange au vert foncé, soit V le nombre de ml de solution nécessaire

Expression de résultats la teneur en lactose exprimé en gramme de lactose hydraté par litre du lait est égale a :

$$\frac{M \times 100 \times 200}{1000 \times 20 \times 10} = M$$

La teneur en lactose exprime en gramme de lactose hydrate pour

100 gramme est égale a :

$$\frac{M \times 100 \times 200}{1000 \times E \times 10} = \frac{2M}{E}$$

E=est la masse en gramme de la prise d'essai.

M= est la masse en milligramme de lactose hydraté

### **I.3.4 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 pendant sept jours.

#### **I.3.4.1 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).

#### **I.3.4.2 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 pasteurisé entreposés à la température ambiante et à 4°C. Les ensemencements ont été réalisés en doubles exemplaire, en boîtes de pétri. Les dénombrements ont été effectués à l'aide d'un compteur de colonies On ne tient compte que des boites contenant un nombre convenable c'est- à-dire compris entre 30 et 300 colonies par boite (GUIRAND et GALZY ,1980 ; LEVEAU et ROUX, 1981 ; NICKLIN.J *et al*, 2000), chaque colonie ayant pour origine une cellule bactérienne. On calcule pour chaque dilution ayant

donné ce résultat, le nombre moyen de colonies. On arrondit d'une manière à n'avoir que de chiffres significatifs, et on multiplie par l'inverse de taux de dilution. Chaque dilution est répétée deux (2) fois, la moyenne étant retenue (tableau 9).

**Tableau 9: 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
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(Doubles couches)	35°C / 72 h

#### I.3.4.2.1 Réalisation des dilutions décimales (Figure3).

La technique figure dans la norme AFNOR NF V 08 010 (1996), il existe parallèlement une norme ISO 6 887 (1983).

Entre la préparation de la suspension, ses dilutions et la mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45 mn. Les dilutions suivent des séries logarithmiques dont les termes sont en progression géométriques ; par exemple les dilutions décimales : 0,1 ( $10^{-1}$ ) ; 0,01 ( $10^{-2}$ ) ; ...etc., selon la technique suivantes :

Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.

- ❖ Marquer les tubes de diluant ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,...).

❖ Prélever une capacité de 25 gr du yaourt light à l'aide d'une pipette graduée stérile et la transférée dans un flacon stérile contenant 225 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) : Obtention de la suspension mère.

❖ Prélever aseptiquement 1 ml de la suspension mère à l'aide d'une pipette graduée stérile de 1 ml munie d'un boire à aspiration.

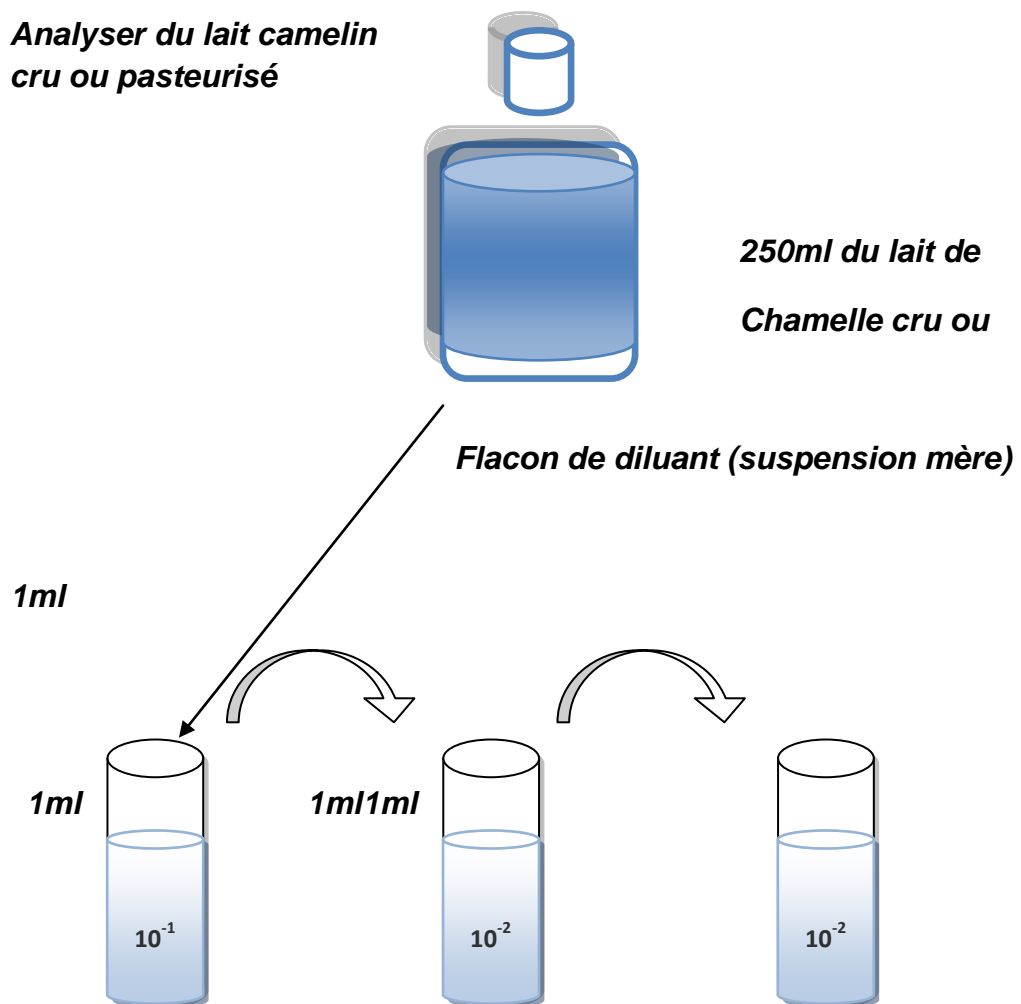
❖ Transférer aseptiquement le 1 ml prélevé dans le 1<sup>er</sup> tube ( $10^{-1}$ ), la pipette ne devrait pas pénétrer dans les 9 ml du diluant qui est le TSE.

❖ Jeter la pipette utilisée dans un conteneur approprié. A l'aide d'une 2<sup>ème</sup> stérile de 1 ml, procéder du même du tube  $10^{-1}$  au tube  $10^{-2}$ .

❖ Faire de même pour les deux derniers tubes en utilisant à chaque prélèvement une pipette nouvelle.

On peut naturellement utiliser des volumes différents en respectant le facteur de dilution souhait.

**Analyser du lait camelin  
cru ou pasteurisé**



9 ml du TSE

Figure3 : Réalisation des dilutions décimales.

### **I.3.4.2.2 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (Norme Internationale : ISO 4833, 2003)**

La microflore aérobie mésophile est l'ensemble des micro-organismes aptes à se multiplier à l'air et aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située entre 25° et 40°C. On peut dire que le dénombrement de la flore totale reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments.

Un aliment dont la flore totale est trop élevée montrera les mauvaises conditions de conservation et sera considéré comme impropre à la consommation (Bengharbia et Saâdat, 2010)

Le principe de la méthode, le mode opératoire (annexe) ainsi que la lecture et le dénombrement sont détaillés ci-dessous :

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles est réalisé sur gélose PCA (Plan Acount Agar) par un ensemencement en profondeur ou en masse, et comptage des colonies lenticulaires obtenues.

On porte aseptiquement 1 ml à partir des dilutions décimales allant de 10<sup>-3</sup> à 10<sup>-1</sup> dans chacune des boîtes de Pétri vides préparées à cet usage et numérotées, puis complète avec environ 15 ml de gélose PCA. Ensuite, on réalise des mouvements circulaires de vient en forme de « 8 » afin de permettre le mélange de l'inoculum et la gélose, à la fin on laisse solidifier sur paillasse, puis on rajoute une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose, cette double couche a un rôle protecteur contre les contaminations diverses. Les boîtes sont incubées couvercle en bas à 30°C pendant 24, 48 à 72 heures.

- Dénombrer les colonies et exprimer le résultat en ufc /g



### **I.3.4.2.3 Recherche et dénombrement des coliformes en milieu Desoxycholate-lactose**

#### **Principe:**

Le milieu utilisé est la gélose désoxy-cholatelactosée 1% (DCLA) renfermant une faible teneur en sel biliaire et en citrate. Ces derniers sont en quantités suffisantes pour inhiber

la majeure partie de la flore Gram positive tout en préservant le développement des coliformes (Joffin et Leyral, 2001).

#### **Mode opératoire :**

A partir des dilutions décimales allant de  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement deux fois 1 ml dans deux boîtes de pétri vides préparées à cet usage et numérotées.

Compter en suite chaque boîte avec environ 20 ml de gélose au désoxy-cholate à 1 % ou à défaut par de la gélose VRBL ou VRBG, fondue puis refroidie à  $45 \pm 1$  °C.

Faire en suite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée.

#### **Incubation:**

Une série de boîtes sera incubée à 37°C, pendant 24 à 48 heures et servira à la recherche de coliformes totaux.

#### **Dénombrement :**

il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs de dilution, de plus:

- ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies ;
- multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution;
- faire en suite la moyenne arithmétique des colonies entre les différentes dilutions ;
- Dénombrer les colonies et exprimer le résultat en ufc /g

A partir des dilutions décimales :

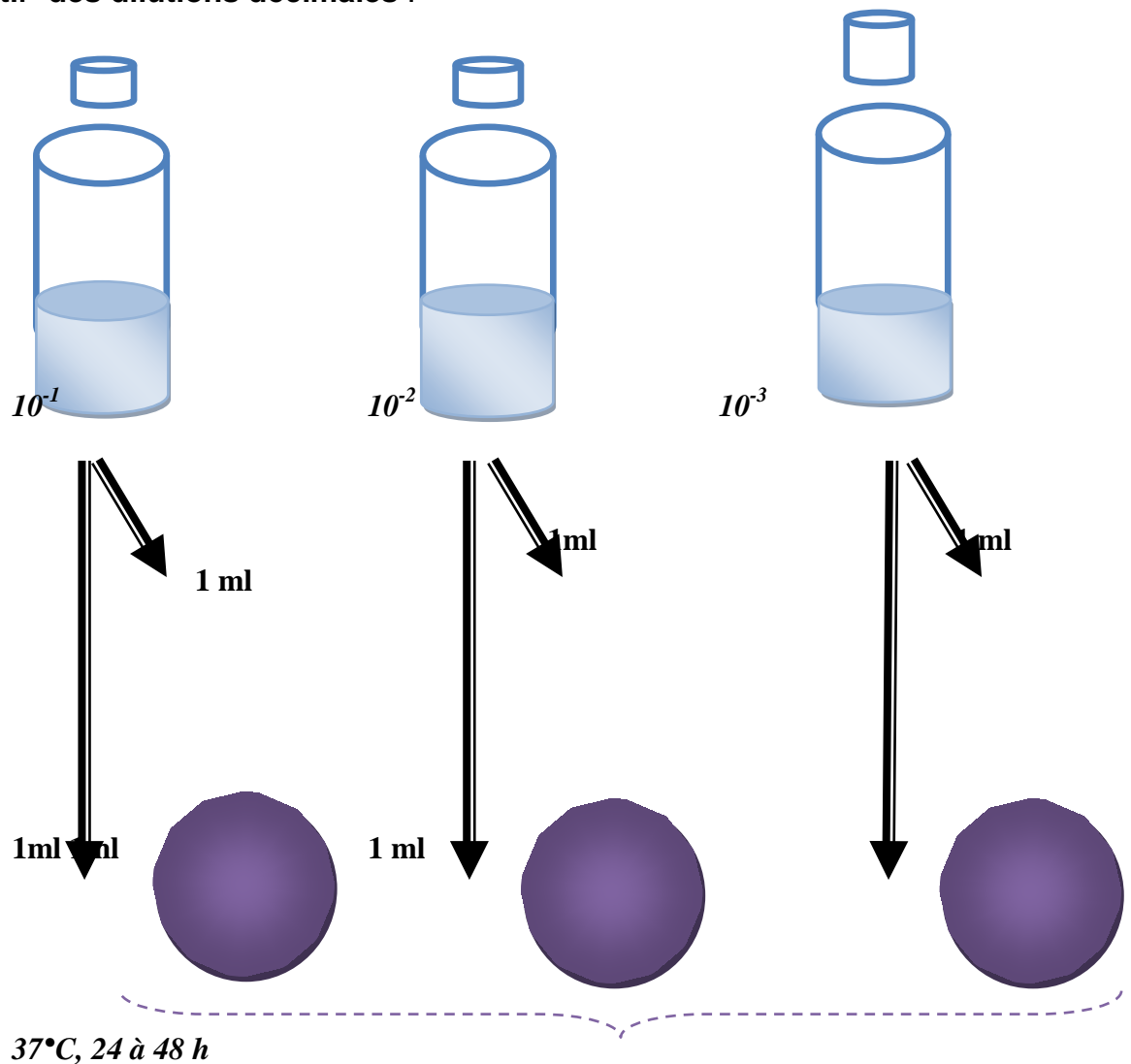


Figure 4 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux en milieu solide VRBL.

#### I.3.4.2.4 Recherche des Bactéries halotolérantes (Figure 5)

Préparer 4 boîtes de pétri stérile, puis les ensemer comme suit :

Pour chaque dilution ensemer les boîtes avec 1 ml de la dilution appropriée puis couler dessus le milieu Chapman fondu est refroidi à  $42^{\circ}\text{C}$ , puis faire des mouvements en forme de 8 pour bien homogénéiser le milieu et l'inoculum.

**Ensemencement**

A partir des dilutions décimales retenues, porter aseptiquement 1 ml par dilution dans un les boites de Chapman et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

**Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Lecture**

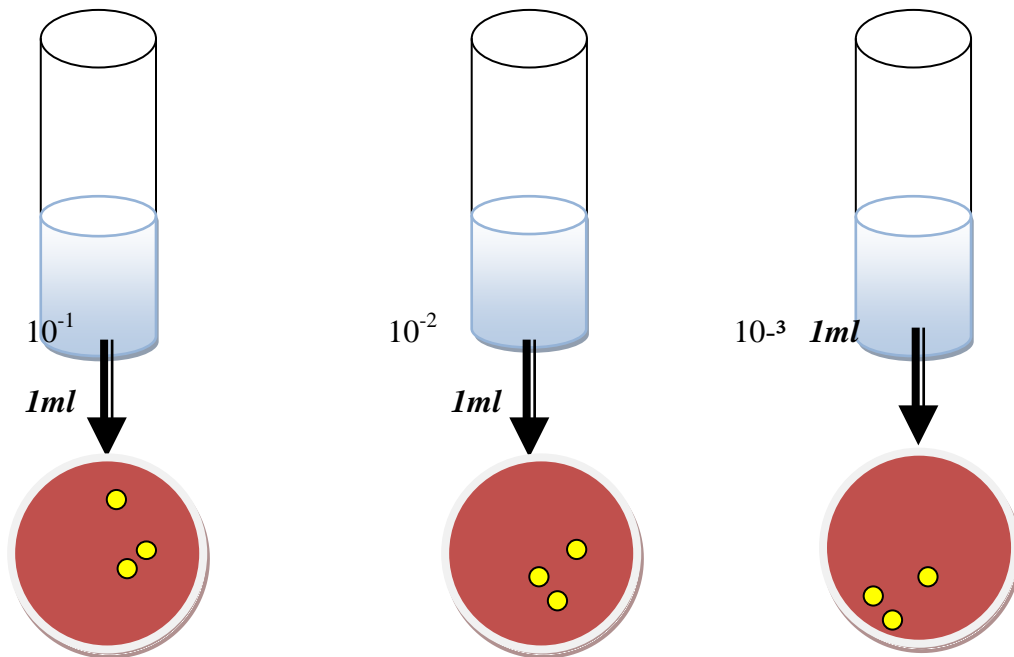
Les boites de Chapman ainsiensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

**Expression des résultats**

- Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boites en tenant compte des facteurs de dilutions, de plus :
- Les colonies apparaissent jaune foncées, de taille ridée, Les colonies soit en surface soit profondeur
- Ne dénombrer que les boites contenant entre 30 et 300 colonies.
- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
- Dénombrer les colonies et exprimer le résultat en ufc /g

*À partir des dilutions décimales :*



Incubation à 37° C pendant 24 à 48h

**Figure 5 : Recherche et dénombrement des de halotolérante**

### **I.3.4.2. 5 Recherche et dénombrement des micro-organismes psychrotrophe**

A partir des dilutions décimales,  $10^{-3}$  à  $10^{-1}$ , porter aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri contenant 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).

Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

- Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes en tenant compte des facteurs de dilutions.

- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies

- Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.

- Dénombrer les colonies et exprimer le résultat en ufc/g

### **I.3.4.2.6 Dénombrement des ferments lactique**

Pour les ferments lactiques, on travail avec les dilutions  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$

#### **I.3.4.2.6.1 Dénombrement de Lactobacilles**

Préparer 4 boîtes de pétri stérile ,puis les ensemercer comme suit :

Pour chaque dilution ensemercer 2 boîtes avec 1 ml de la dilution appropriée puis couler dessus le milieu MRS fondu est refroidi à  $42^{\circ}\text{C}$  ,puis faire des mouvements en forme de 8 pour bien homogénéiser le milieu et l'inoculum.

Commencer par la plu forte dilution pour ne pas changer de pipette.

Après solidification du milieu ,ajouter une deuxième couche du milieu MRS ou de gélose blanche, afin de crée l'anaérobiose.(Figure 6).

Incuber à  $37^{\circ}\text{C}$  pendant 2 jours.

Dénombrer les colonies et exprimer le résultat en germes/g de produit (Anonyme ,2004).

#### **Technique du dénombrement**

- ❖ Examiner le boîtes, et choisir celles contenant entre 15 et 300 colonies (si possible....).
- ❖ Compter avec soin les colonies en marquant au fur et à mesure, à l'aide d'un marqueur, sur le fond extérieur de la boîte.
- ❖ Interpréter les résultats en faisant par exemple la moyenne des résultats obtenus pour les deux boîtes de la même dilution (Joffin et Joffin, 2000).

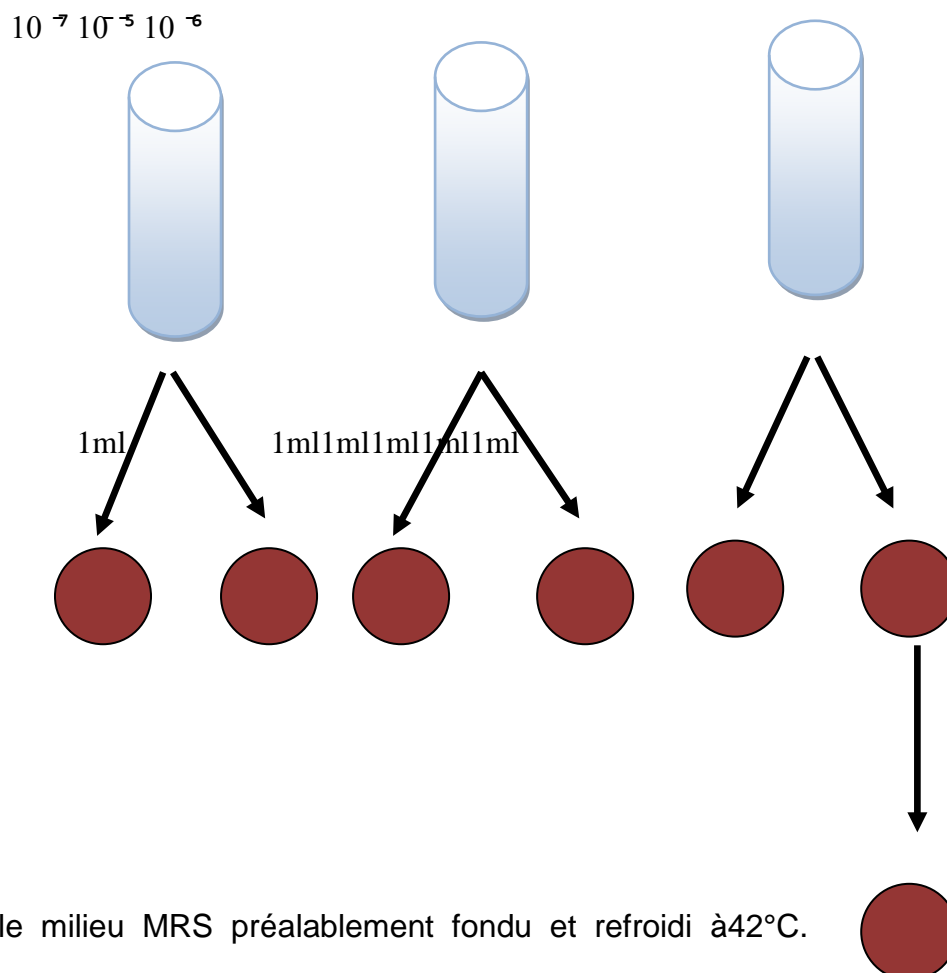
#### **I.3.4.2.6.2 Dénombrement de thermophile et mésophiles:**

Préparer 8 boîtes de pétri stérile. Pour chaque dilution ensemercer les boîtes avec 1 ml de dilution appropriée puis couler le milieu Elliker, fondu et refroidi à  $42^{\circ}\text{C}$ , bien homogénéiser le milieu et l'inoculum (mouvement de 8).(Figure 7).

Incuber 2 jours.

Dénombrer les colonies et exprimer le résultat en ufc /g.

**A partir des dilutions décimales :**



Couler le milieu MRS préalablement fondu et refroidi à  $42^{\circ}\text{C}$ .

Homogénéiser.

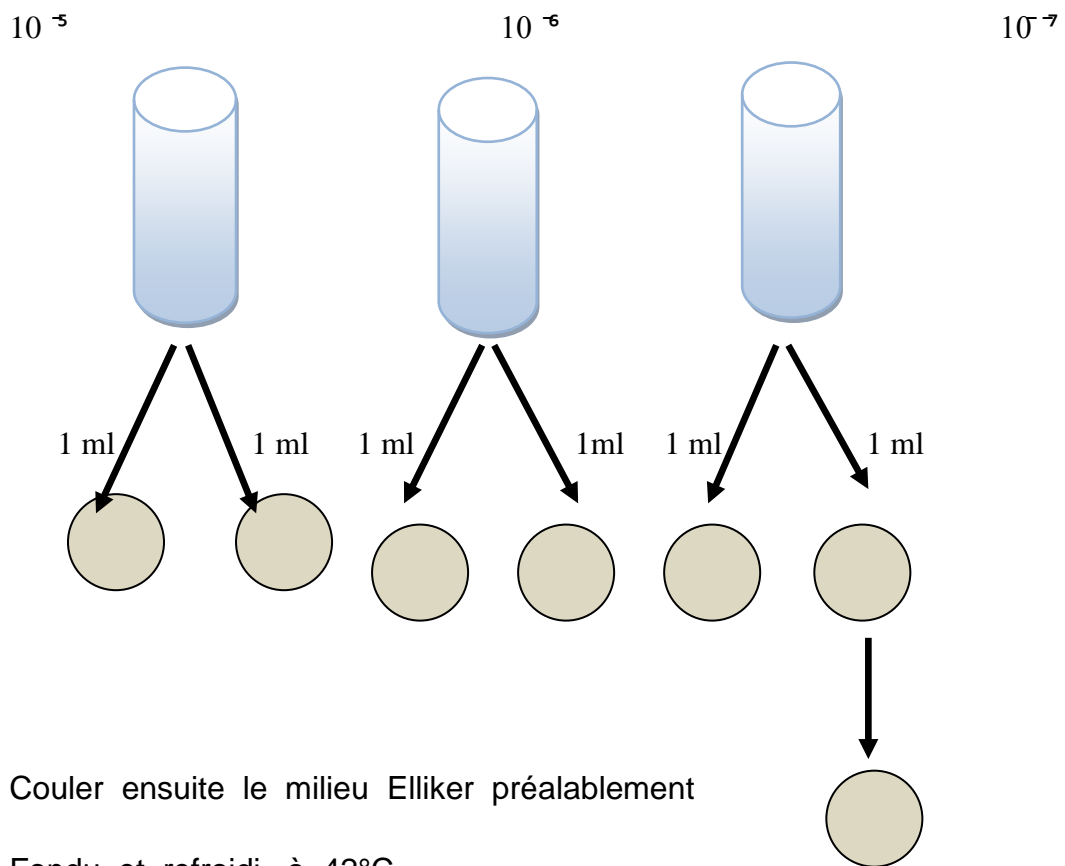
Après solidification, ajouter la deuxième couche.

Incuber à  $37^{\circ}\text{C}$ , 48h.

Dénombrer les colonies blanches, lenticulaire, de 1 à 3 mm de diamètre.  
(Bernes, 1987).

**Figure 6 : Dénombrement de Lactibacilles**

*A partir des dilutions décimales :*



Couler ensuite le milieu Elliker préalablement

Fondu et refroidi à 42°C.

Bien homogénéiser.

Incuber après solidification à 42°C, 72h.

Dénombrer les colonies blanches, rondes Ou lenticulaires (Bernes, 1987).

**Figure 7 : Dénombrement de thermophile et mésophiles**

### **I.3.4.2.7 Dénombrement des entérobactéries**

Pour les entérobactéries, on travail avec les dilutions  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  ,  $10^{-3}$

Recherche et dénombrement des entérobactéries (Norme Internationale : ISO 4833, 2003)

**Principe**

Préparer 4 boîtes de pétri stérile ,puis les ensemercer comme suit :

Pour chaque dilution ensemercer les boîtes avec 1 ml de la dilution appropriée puis couler dessus le milieu VRBG fondu est refroidi à 42°C ,puis faire des mouvements en forme de 8 pour bien homogénéiser le milieu et l'inoculum.

**Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Lecture**

Les boites de VRBG ainsi ensemençées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies violette foncé et claire, brun et ridé

**Expression des résultats**

- Il s'agit de compter toutes les colonies ayant poussé sur les boites en tenant compte des facteurs de dilutions, de plus :
  - Les colonies apparaissent violette foncé et claire, de taille ridée, Les colonies soit en surface soit profondeur
  - Multiplier toujours le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution.
- Dénombrer les colonies et exprimer le résultat en ufc /g



# Chapitre II :

## Résultats et discussions

## II.1. Caractéristiques organoleptiques du lait de chamelle

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 riches 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.

## II.2. Les résultats physico-chimiques du lait de chamelle

Pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques, les résultats sont exprimés sous forme de tableau comportant deux valeurs : la moyenne calculée, et l'Ecart type pour le lait cru et le lait pasteurisé

### II.2.1 Potentiel d'hydrogène (pH):

La mesure de pH renseigne sur un état du lait. Cette mesure du pH a permis D'obtenir les résultats regroupés dans le tableau10 :

**Tableau10 : Les résultats du pH pour les deux laits de camelin**

Lait camelin	Lait cru	Lait pasteurisé à 85°C/2min
pH	6,51 ±0,01	6,57 ±0,05

La valeur moyenne du pH du lait de chamelle cru analyser, est égale à 6.51 ±0,01.

Le lait de chamelle à l'état frais est plus acide et moins dense que les laits, bovin et humain dont les valeurs du pH sont respectivement égales à 6,6 et 7,01 (SBOUI *et al*,2009).

Plusieurs auteurs ont révélés des valeurs de pH de lait de chamelle différentes de notre résultat. Parmi ces auteurs, on peut citer, MAHBOUB *et al.* (2010) à Ouargla et KIHAL *et al.* (1999) à BECHAR, qui ont enregistré des valeurs de pH supérieures soient 6,65 ± 0,132 et 6,57±0,32, respectivement. En revanche, SBOUI *et al.* (2009) en Tunisie, SIBOUKEUR (2005) à Ouargla et SAWAYA *et al.* (1984) en Arabie Saoudite ont trouvés des valeurs de pH inférieures, soient 6,41, 6,31± 0,15 et 6,49±0,024, respectivement. Le pH ainsi que le goût du lait de chamelle peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau (GORBANet

IZZELDIN,1997). De plus, La teneur relativement élevée en vitamine C du lait de dromadaire, est à l'origine du pH bas comparé au lait bovin (SALEY, 1993). Il a été montré que le pH bas du lait camelin est dépendant de la teneur en citrates, phosphates et caséines, ainsi, que de l'état sanitaire de la mamelle (MATHIEU, 1998).

Le lait pasteurisé présentent une valeur de pH moyenne plus élevé que le lait cru, ceci est probablement du à la réduction de la charge microbienne sous l'effet de la température, ce qui entraine 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

L'analyse de la variance montre un effet significatif ( $p= 0.0127 < 0,05$ ) de la pasteurisation de lait sur la valeur de pH.

### II.2.2L'acidité titrable

La mesure de unacidité à pour but la vérification de la qualité du lait. Les résultats Obtenus sont exprimés en degré Dornic ('b) c'est-à-dire en décigramme d'acide lactique par Litre (ldg d'acide lactique= 100) (Vierling, 2003)regroupés dans le tableau11 :

**Tableau11 : Les résultats de l'acidité pour les deux laits de camelin**

Lait camelin	Lait cru	Lait pasteurisé à 85°C/2min
Acidité degrédornic	17 ±0,6	15,58 ±1,30

Le lait fraîchement trait est légèrement acide. Cette acidité provient essentiellement, des protéines, des phosphates et du CO<sub>2</sub> dissous. Il acquiert ensuite une acidité, dite acidité développée car elle est provoqué par l'acide lactique et autres acides issus de la dégradation par des micro-organismes (BADAOU, 2000). L'acidité mesurée au cours de cette étude est égale à 17 °D ± 0,6, Cette valeur se situe dans la fourchette des travaux rapportés sur le lait camelin. Certains avancent une acidité de l'ordre de 14°D (SAWAYA *et al*, 1984 ; MEHAIA, 1993a), alors que d'autres tels que SIBOUKEUR *et al* (2005) rapportent des valeurs supérieures (autour de 18°D). Ces variations sont dues probablement au stade de lactation et au type d'alimentation car le pH ainsi que le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité en eau (GORBAN et IZZELDIN, 1997). Par ailleurs, la privation en eau se traduit par une diminution du pH qui peut atteindre une valeur de

6,3 après 7 jours de déshydratation (KOUNIBA, 2002). Cette acidité inhibe la croissance d'espèces bactériennes nuisibles et contribue ainsi à sa conservation. De plus, selon ALAIS et LINDEN, (1997) un faible changement de pH du côté acide a des effets importants sur l'équilibre des minéraux (formes solubles et insolubles) et sur la stabilité de la suspension colloïdale de caséine. Le lait camelin, caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (ABUTARBOUSCH, 1996), permet d'expliquer l'absence de relation directe entre le pH et l'acidité titrable.

Si on compare la valeur moyennes de l'acidité titrable du lait camelin cru avec celle de lait camelin pasteurisé, 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.

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif ( $p= 0.0001 < 0,01$ ) de la pasteurisation de lait sur la valeur de l'acidité titrable.

### II.2.3 Matière sèche

La mesure de matière sèche renseigne sur un état du lait. Cette mesure permis d'obtenir les résultats regroupés dans le tableau 12 :

**Tableau12 : Les résultats de la matière sèche pour les deux laits de camelin**

Lait camelin	Lait cru	Lait pasteurisé à 85°C/2min
Matière sèche	106 ±3,06	114,1 ±5,18

La teneur en matière sèche totale de lait cru analysés est égale à 106g/l ± 3,06. Celle-ci semble plus faible par rapport à celles des laits bovin (128 g/l selon ALAIS, 1984) et humain (129 g/l, selon ANONYME 3, 1995). Elle se situe dans la fourchette des travaux de GNAN *et al* (1994b) (95.6 g/l) et de SIBOUKEUR (2007) (113,11 g/l ±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, le lait camelin pasteurisé il présente une valeur supérieure par rapport au lait camelin cru avec 114.1g/l, du fait de la réduction de la charge microbienne par la pasteurisation. Dans ce sens (HRDING, 1999) a indique que la réduction dans le taux de la matière sèche durant le stockage est dû de l'effet des micro-organismes fermentative.

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ( $p=0.0000 \ll 0,01$ ) de la pasteurisation de lait sur la valeur de matière sèche.

## II.2.4 La densité

La mesure de densité renseigne sur un état du lait. Cette mesure de la densité a permis D'obtenir les résultats regroupés dans le tableau 13 :

**Tableau13 : Les résultats de la densité pour les deux laits de camelin**

Lait camelin	Lait cru	Lait pasteurisé à 85°C/2min
Densité	1,025 ±0,002	1,027 ± 0,001

La valeur de la densité des échantillons de lait camelin se situe en moyenne à 1,025 ± 0,002. Elle est inférieure à celle enregistrée pour le lait de vache (1,034± 0,17) et est globalement comparable aux valeurs qui sont comprises dans l'intervalle de 1.0250-1.0380, d'après une compilation de diverses sources : FARAH (1993); DAGET et LHOST (1995); KAMOUN (1995) et LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994).

La densité dépend directement de la teneur en matière sèche, liée fortement à la fréquence d'abreuvement. Ce qui explique la variabilité des valeurs citées par différents auteurs.

Par ailleurs, les échantillons de lait camelin pasteurisé présente des valeurs légèrement supérieures que celle cru avec 1.027. La densité dépend directement de la teneur en matière sèche. Ce qui semble explique cette petite différence de densité entre le lait cru et le lait pasteurisé.

L'analyse de la variance montre un effet non significatif ( $p=0.07451 > 0,05$ ) de la pasteurisation de lait sur la valeur de densité.

## II.2.5 Teneur en matière grasse

La mesure de matière grasse renseigne sur un état du lait. Cette mesure permis D'obtenir les résultats regroupés dans le tableau 14 :

**Tableau14 : Les résultats de matière grasse pour les deux laits de camelin**

Lait camelin	Lait cru	Lait pasteurisé à 85°C/2min
Matièregrasse (g/l)	29 ±0,50	28,10 ±1,22

La teneur moyenne en matière grasse du lait cru analyser se situe autour de 29g/l ±0.05. Elle semble légèrement plus faible que celles des laits bovin (37g/l) et humain (45 g/l).

Elle se situe entre des valeurs extrêmes, relevées pour la race Somali (56 g/l selon KARUE, 1994) et pour la race Wadah (24.6 g/l selon MEHAIA *et al*, 1995). Néanmoins, elle est comparable à celle rapportée pour la race Hamra (28.5 g/l selon MEHAIA *et al*, 1995).

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 par rapport à 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 avec 28.10g/l

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 courte chaînes non saturée prédominante (SIBOUKEUR, 2007).

L'analyse de la variance montre un effethautement significatif ( $p= 0.0001 < 0,01$ ) de la pasteurisation de lait sur la valeur de la matière grasse.

## II.2.6 Teneur en lactose

La mesure de lactose renseigne sur un état du lait. Cette mesure du permis D'obtenir les résultats regroupés dans le tableau 15 :

**Tableau15 : Les résultats de lactose pour les deux laits de camelin**

Lait camelin	Lait cru	Lait pasteurisé à 85°C/2min
Lactose (g/l)	34,8 ±1,30	37 ±2,57

La teneur moyenne en lactose du lait cru collecter est égale à 34.8 g/l. Cette teneur est inférieure à celle du lait bovin (38.13 g/l), et beaucoup plus faible par rapport à celle du lait humain (70 g/l). Elle est aussi plus faible que celles rapportés par de

nombreux auteurs à savoir GNAN et SHEREHA, (1986) avec 56.1 g/l pour les six premiers mois de lactation,

KIHAL *et al*, (1999) avec (45.1 g/l $\pm$ 3) et MEHAIA *et al*. (1995) (44 g/l). Elle se rapproche de celle rapportée par KARUE (1994), en Arabie Saoudite, pour la race Somali (36.5g/l).

Elle est toutefois supérieure à celle rapportée par GORBAN et IZZELDIN, (1997) avec 25.6 g/l  $\pm$ 1.0. 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 1980 b). Ces modifications dans la teneur en lactose sont à l'origine des variations dans la saveur du lait camelin.

Le lait pasteurisé présente une valeur moyenne légèrement supérieure par rapport au celle de lait cru avec 37g/l. Il faut signaler que certain microorganismes 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 celle pasteurisé.

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif ( $p=0.0000 < 0,01$ ) de la pasteurisation de lait sur la valeur de lactose

### II.2.7 Teneur en protéines totales

La mesure de protéine totale renseigne sur l'état du lait. Cette mesure permet d'obtenir les résultats regroupés dans le tableau 16 :

**Tableau 16: Les résultats de protéine pour les deux laits de camelin**

Lait camelin	Lait cru	Lait pasteurisé à 85°C/2min
Protéines totales (g/l)	29,60 $\pm$ 1,15	25,11 $\pm$ 1,10

La teneur moyenne en protéines totales de lait cru est égale à 29,60 $\pm$ 1,15g/l. Celle-ci se rapproche de celle 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  $\pm$ 4,4. Il est toutefois comparable à celui rapportés par MEHAIA *et al*(1995) pour les races *Majaheemet 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 avec 25,11g/l.

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).

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif ( $p= 0,0001 < 0,01$ ) de la pasteurisation de lait sur la valeur de teneur en protéine.

### II.3. Qualité microbiologique

#### II.3.1 Test réductase

La majorité des microorganismes est capable en se multipliant, de modifier le potentiel d'oxydo réduction du lait de façon suffisant pour décolorer le bleu de méthylène. Certaines espèces le réduisent beaucoup plus rapidement que d'autres. Il est donc impossible de dire que ce test de réduction est un critère capable d'évaluer réellement le nombre de germes présents (BEERNS et LUQUET, 1987). 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 17

**Tableau17 : Tableau récapitulatif des résultats du test de la réductase**

Lait camelin	Temps de décoloration au bleu deméthylène	Qualité de l'échantillon delait
Cru	2 heures et demie	Moyenne
Pasteurisé à 85°C/2 min	Plus de 5 heures	Bonne



Il ressort de ce tableau que la décoloration de lait cru ayant survenue après deux heures et demie 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. Cependant, ce test permet d'estimer l'importance de la microflore totale des échantillons de lait, sachant que le potentiel d'oxydoréduction diminue avec le temps, d'autant plus rapidement que la micro flore est plus nombreuse (ANONYME ,1982)

### II.3.2 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 quelque groupe bactérien du lait avant et après la pasteurisation. Les résultats sont compilés dans le tableau 18 :

**Tableau18 : les résultats de dénombrement de quelque flore de lait camelin avant et après la pasteurisation**

Groupe de micro-organisme		Nombre des germes (UFC/ml)	
		Lait dechamellecru	Lait pasteurisé à 80°C/2min
Flore aérobie mésophile		$8,5 \times 10^6$	$1,45 \times 10^3$
Flore d'altération	Bactéries psychrotrophes	$5,2 \times 10^3$	$1,5 \times 10$
Flore pathogène	Bactéries halotolérantes	$3,75 \times 10^4$	–
	Entérobactéries	$5,5 \times 10^4$	–
	Coliformes	$3,25 \times 10^5$	–
Flore lactique	Bactéries lactiques mésophiles	$3,2 \times 10^5$	–
	Bactéries lactiques thermophiles	$6,5 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$
	Lactobacilles	$2,15 \times 10^4$	$2 \times 10$

- : absence totale des germes

#### II.3.2.1 La flore mésophile aérobie totale

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale dans le lait camelin cru révèle une quantité de  $8,5 \times 10^6$  UFC (tableau18). Ces résultats indiquent que le lait de chamelle cru analysé est plus chargé en micro-organismes que le lait de vache avec ( $8 \times 10^4$  UFC/ml) au jour du conditionnement et avec  $3 \times 10^5$  UFC/ml à la date limite de

consommation, selon 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 microorganismes.

Par contre le lait camelin pasteurisé présentent des valeurs acceptables, ce qui montré la nécessité de pasteurisation du lait camelin cru. La pasteurisation à ( $80^{\circ}\text{C}/2\text{min}$ ) a toutefois donnée des résultats peu fiables puisque le taux de la FMAT est faible ( $1,45 \times 10^3$ ). Donc pour assurer une bonne pasteurisation du lait de chamelle, il faut lui appliquer un couple de température/temps plus important que celui-ci.

### II.3.2.2 Flore pathogène

D'après tableau la flore pathogène du lait, parmi laquelle, les coliforme, les entérobactéries, les bactéries halotolérantes et les Staphylocoque est complètement détruite, après la pasteurisation .Ces bactéries étant sensibles à la chaleur, constituent un bon témoin de l'efficacité de traitement thermique et/ou d'une recontamination (GUIRAUD, 1998).Signalons que cette flore pose des problèmes divers sur la santé humain :

- les entérocoques, tels que (*Salmonella*, *Esherichia coli*, *Shigella*, *Yarsinia*) sont responsables de nombreuse toxi-infection et trouble 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.

### II.3.2.3 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 tableau18. 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 un récontamination après la pasteurisation.

Le taux de réduction de la flore psychrotrophe par la pasteurisation est égale 68,28% pour un couplement température/temps 85°C/2min. 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* étantprédominante (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.

### II.3.2.4 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 tableau18, 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 *Lactococcusa* montré une sensibilité très importante à la pasteurisation avec un taux de réduction de 100% pour le barème 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 telles que l'espèce (*Streptococcus thermophilus*) présente une résistance à la pasteurisation comme montre le tableau

avec des taux de réduction est égale ; 19,24% pour des couple température/temps min, 85°C/2min.

Ces bactéries sont utilisées pour la fabrication du fromage à pâte pressée cuite (BOURGEOIS, 1996).

Par ailleurs, le taux de réduction des lactobacilles est ; 69,97% pour un couple température/temps égales 85°C/2min. 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 delbrueckii subsp. 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'améliorer 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).

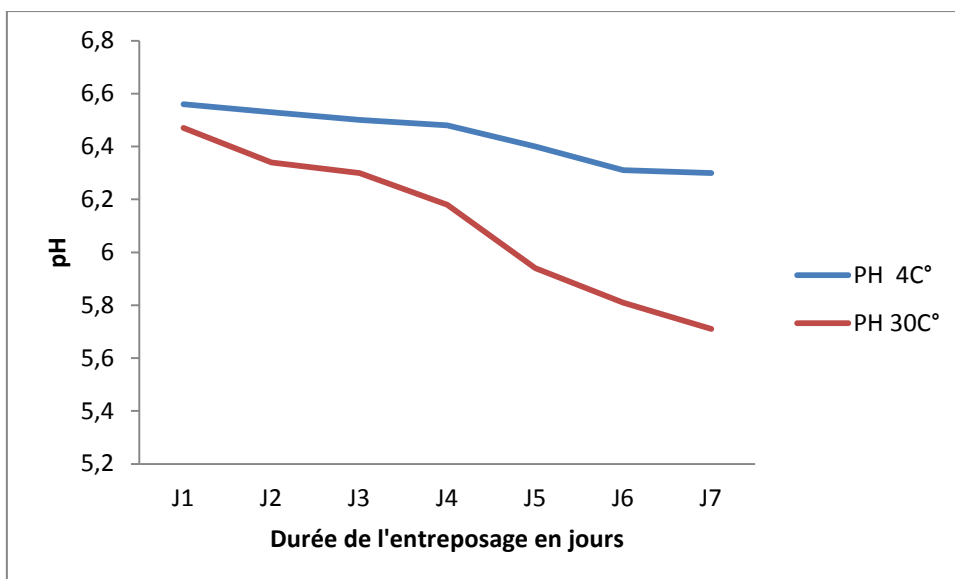
## **II.4. Stabilisation du lait de chamelle au cours de stockage :**

### **II.4.1 Paramètres physico-chimique**

#### **II.4.1.1.pH**

Les échantillons de lait sont entreposés à température du laboratoire ( $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Le pH est mesuré chaque jour jusqu'à acidification du lait. La figure 8 illustre la variation du pH des échantillons de lait entreposés à la température ambiante et à 4°C.

Il ressort de ces résultats que le pH du lait entreposé à température ambiante diminue plus rapidement que celui du lait entreposé à 4°C au fur et à mesure de la durée de stockage.



**Figure 8: suivi du pH au cours de stockage du lait de chamelle  
A deux températures**

Au cours de l'entreposage du lait pasteurisé, les variations de pH mesurées au jour J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7 (figures 8), montrent que le lait de chamelle pasteurisé tendance à s'acidifier. Ceci qui peut être expliqué par la diminution de la charge microbienne durant l'entreposage.

La diminution du pH du lait dans les deux températures de stockage peut s'expliquer par l'accumulation de l'acide lactique (DESMAZEAUD, 1996). Les fluctuations de la température du milieu ambiant semblent jouer un rôle dans la variation du PH.

Le pH exerce aussi une influence déterminante sur la croissance bactérienne d'une manière générale. En revanche les bactéries préfèrent les milieux neutres et peu d'espèces, en dehors des bactéries lactiques, sont aptes à se multiplier à des pH inférieurs à 5. En ce quiconcerne les enzymes, leurs activités est très sensible aux variations du pH. Ainsi l'activité de la plupart des protéases microbiennes est maximale dans l'intervalle de pH compris entre 5 et 6.5, celle des lipases dans la gamme de 7,5 - 9 (LE NOIR et *al.* 1985).

La fonction principale des micro-organismes présents dans le lait est de transformer le lactose en acide lactique, responsable de l'abaissement du pH et l'augmentation plus accentuée de l'acidité. Cette fonction est très importante, car l'acidité développée du milieu inhibe le développement de bactéries indésirables telles que les conlifomes (LE NOIR et *al.* 1985).

Et d'après DESMAZEAUD, (1996) ; DE ROISSART et *al.* (1994), les bactéries lactiques créent des conditions défavorables aux autres micro-organismes

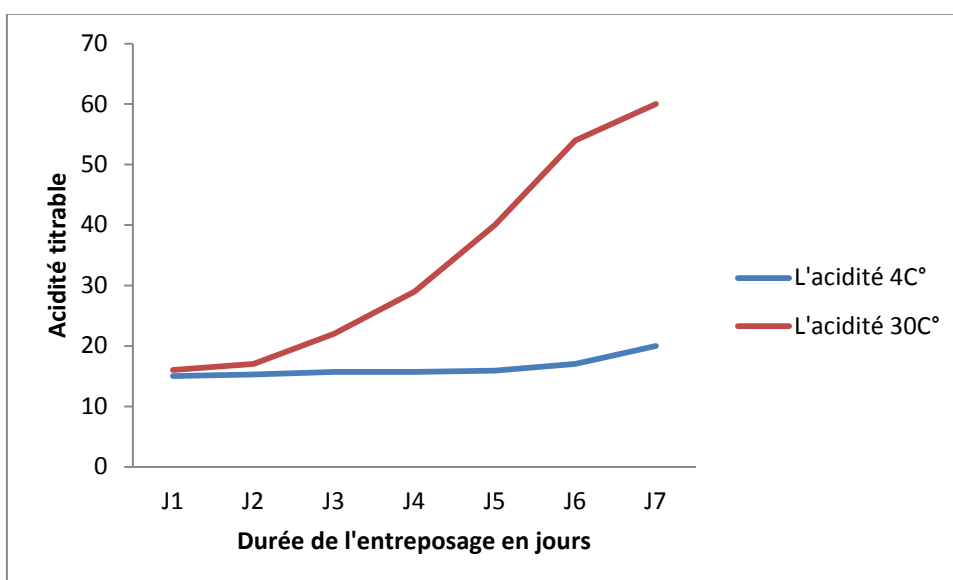
contaminants. Cette inhibition n'est pas dû à l'abaissement du pH seulement, mais aussi à l'action spécifique des acides produits. La combinaison des acides lactique et acétique sera plus inhibitrice que l'acide lactique seul.

#### II.4.1.2 L'acidité titrable

D'après la figure 9, nous observons que l'acidification du lait pasteurisé conservé à 30°C a été plus rapide que celle que lait pasteurisé à 4°C cela, peut être due au facteur température.

En effet, une température de 30°C à favorise un développement plus rapide des micro-organismes et pare conséquent une acidité plus rapide.

La figure 9 et le tableau illustre l'évolution de l'acidité titrable du lait camelin au cours de son stockage à 4 et à 30°C



**Figure 9 : suivi de l'acidité au cours de stockage du lait de chamelle A deux températures**

Il en ressort que l'AT du lait entreposé à température ambiante augmente plus rapidement que du lait entreposé à température à 4°C et au fur et à mesure de la durée de stockage qui est de 7 jours.

L'AT du lait stocké à 4°C pendant 7 jours passe de 15 à 20°D et de 16 à 60°D pour le lait stocké à 30°C.

Ainsi après 7j de conservation à 4°C l'AT de l'échantillons du lait pasteurisé se situe encore dans les normes, correspondant à un pH de 6,1, mais cette AT est fortement élevée leur du stockage à 30°C est cela est du à l'accumulation de l'acide lactique produit par la flore mésophile suite à l'abaissement du pH (DESMAZEAUD, 1996)

## II.4.2 Paramètres microbiologique

### II.4.2.1 Evolution de la flore aérobique mésophile

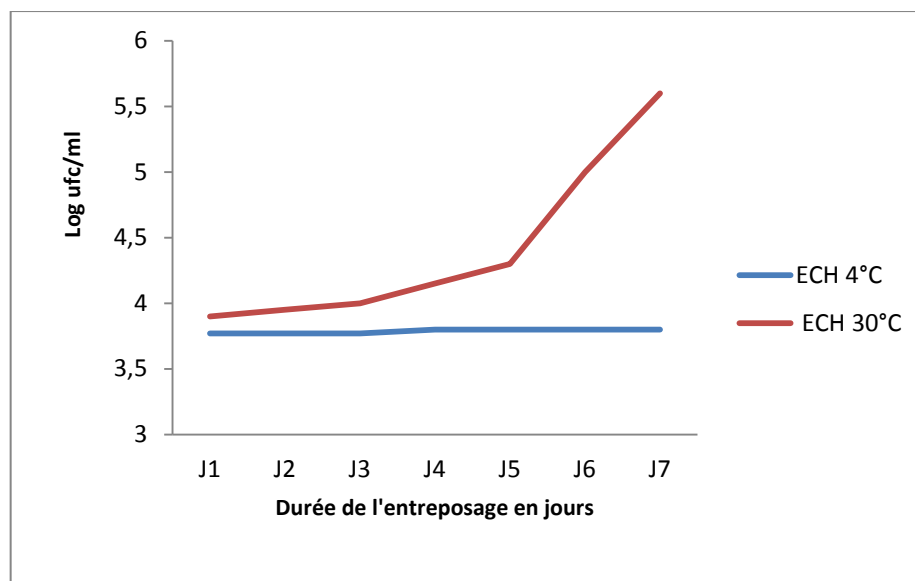
Les résultats relatifs à l'évolution de la flore aérobique mésophile du lait camelin pasteurisé entreposé à température ambiante et à 4°C sont illustrés par le tableau 19 et la figure 10. Nous remarquons que les courbes présentent la même allure à savoir, une augmentation du taux de germes totaux puis une régression très marquée. L'évolution de la flore aérobique mésophile (FAMT) cultivé sur milieu PCA à 30°C/48h, est rapide pour les échantillons du lait pasteurisé entreposé à température ambiante (30°C), dès le troisième jour d'entreposage, cette flore trouve des conditions favorable à leur développement (température 30°C, pH).

Cette évolution semble être due à l'abaissement du PH qui se traduit par la production d'acide lactique.

**Tableau 19 : Evolution de croissance de la flore aérobique mésophile au cours de stockage.**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
ECH 4°C	3,77	3,77	3,77	3,8	3,8	3,8	3,8
ECH 30°C	3,9	3,95	4	4,15	4,3	5	5,6

En effet, selon DESMAZEAUD (1996) une bonne acidification lactique entraîne une inhibition de la croissance des germes. De nombreux auteurs s'accordent sur le fait que le lait de dromadaire possède des systèmes anti-microbiens efficaces caractérisés par une forte teneur en lysozymes BARBOUR et *al*, (1984) et en lactopéroxydase (ELAGAMI et *al*, 1992). Les lysozymes du lait de chamelle ont un effet bactéricide car ils dégradent la paroi des cellules bactériennes (CHAMBA et *al*, 1994). La lactoferrine agit beaucoup plus sur *Escherichia coli* qui présente un besoin important en fer et la lactopéroxydase à un effet bactériostatique contre les bactéries gram positif et un effet bactéricide contre les bactéries gram négatif. Les immunoglobulines ont par contre, un faible effet contre les bactéries



**Figure10 : comparaison de l'Evolution de la flore aérobique mésophile du lait Camelin durant l'entreposage à deux températures**

L'évolution de la flore aérobique mésophile des échantillons du lait pasteurisé entreposé à 4°C, est lente durant les cinquièmes premiers jours. L'effet bactériostatique exercée par la réfrigération est plutôt semble responsable. Après J0+4, l'évolution 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).

#### **II.4.2.2 Evolution de la flore lactique**

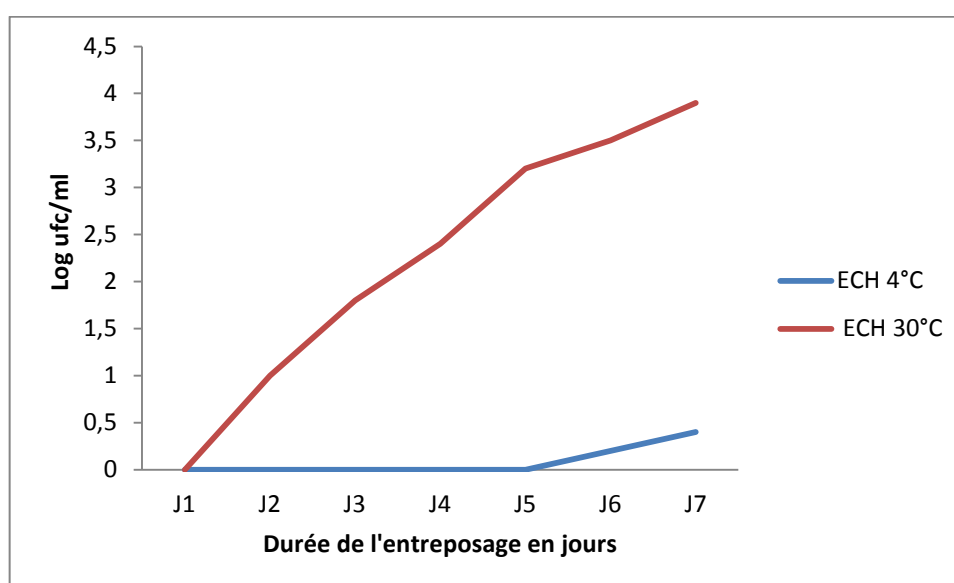
Les résultats relatifs à l'évolution de la flore lactique du lait camelin pasteurisé entreposé à température ambiante et à 4°C sont illustrés par les tableaux (20, 21, 22) et les figures (11 et 12, 13). L'évolution des bactéries lactiques mésophiles et thermophiles cultivées sur milieu M17, respectivement à 30 et 45 °C/48 heures, est relativement lente durant les deux premiers jours de l'entreposage (J1+J2) à température ambiante (30°C) ce qui correspond à la phase de latence de la croissance bactérienne où les bactéries lactique produisent des substances inhibitrice (peroxyde d'hydrogène et bactériocines) contre les autres germes. A partir de J1+J2, 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. Leur nombre commence à augmenter.

**Tableau20 : Evolution de croissance de la flore lactique mésophile au cours de stockage**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
ECH 4°C	0	0	0	0	0	0,2	0,4
ECH 30°C	0	1	1,8	2,4	3,2	3,5	3,9

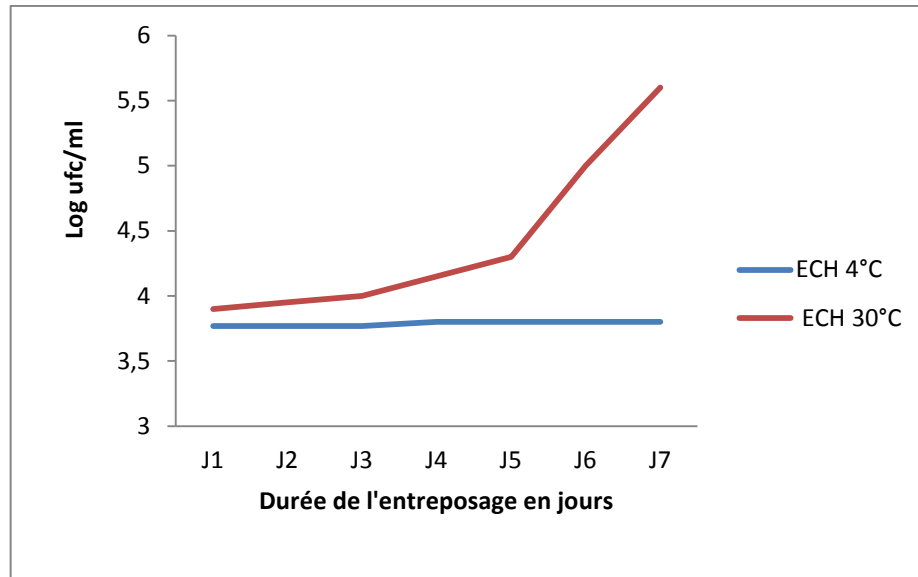


**Figure 11: comparaison de l'Evolution de la flore lactique mésophile du laicamelin durant l'entreposage à deux températures**

Le nombre de lactobacilles (cultivé sur milieu MRS) augmente lentement pendant les deux premiers jours d'entreposage à température ambiante. Le nombre de lactobacilles dans le milieu MRS atteint le maximum le quatrième jour à température ambiante, (figure13 ), puisque les lactobacilles nécessitent un milieu acide pour leur développement, à partir de J0+4, leur nombre commence à augmenter, et stable durant J2+J7 à 4°C, 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. Le nombre de lactobacilles dans le milieu MRS atteint le maximum le quatrième jour à température ambiante.

**Tableau 21: Evolution de croissance de la flore lactique thermophile au cours de stockage**

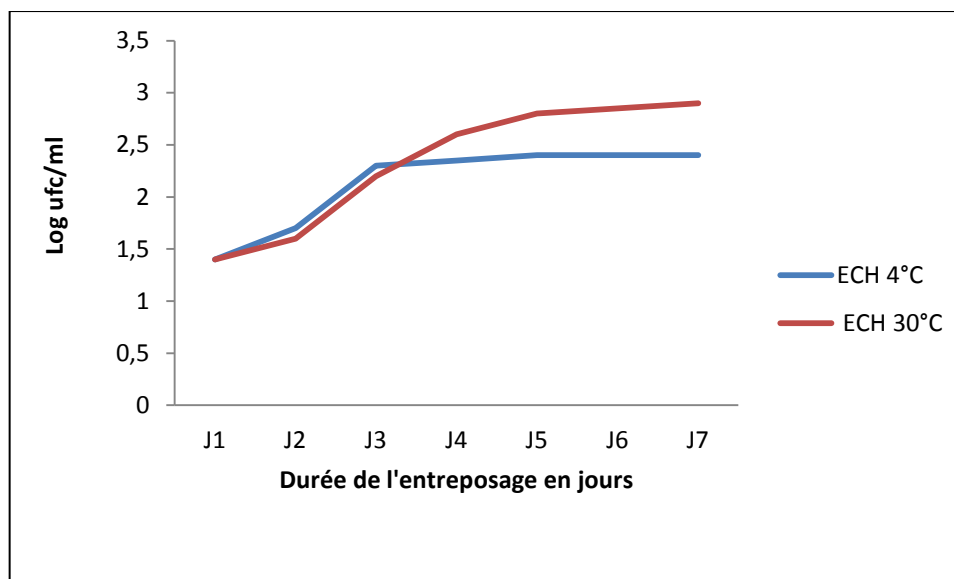
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
ECH 4°C	3,77	3,77	3,77	3,8	3,8	3,8	3,8
ECH 30°C	3,9	3,95	4	4,15	4,3	5	5,6



**Figure12 : comparaison de l'Evolution de la flore lactique thermophile du laitcamelin durant l'entreposage à deux températures**

**Tableau 22: Evolution de croissance des lactobacilles au cours de stockage**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
ECH 4°C	1,4	1,7	2,3	2,35	2,4	2,4	2,4
ECH 30°C	1,4	1,6	2,2	2,6	2,8	2,85	2,9



**Figure13 : comparaison de l'Evolution des lactobacilles camelins durant l'entreposage à deux températures**

### II.4.2.3 Evolution des coliformes

L'évolution des coliformes dans les échantillons de lait pasteurisé entreposé à température ambiante (30°C) et à (4°C) est illustrée par le tableau 23. Cette flore de contamination, a été cultivée sur milieu au VRBL.

Ces germes sont absents tout au long des jours d'entreposage à 4°C et 30°C pour tous les échantillons de lait pasteurisé.

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), aussi l'effet de traitement thermique.

**Tableau 23: Evolution de croissance des coliformes au cours de stockage**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
ECH 4°C	-	-	-	-	-	-	-
ECH 30°C	-	-	-	-	-	-	-

- : Absence

#### II.4.2.4 Evolution de la flore halotolérante

L'évolution des halotolérante dans les échantillons de lait pasteurisé entreposé à température ambiante (30°C) et à (4°C) est illustrée par le tableau 24. Cette flore de contamination, cultivée sur milieu au CHAPMAN.

Les échantillons du lait camelin pasteurisé montrent 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

**Tableau24 : Evolution de croissance de la flore halotolérante au cours de stockage**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
ECH 4°C	-	-	-	-	-	-	-
ECH30°C	-	-	-	-	-	-	-

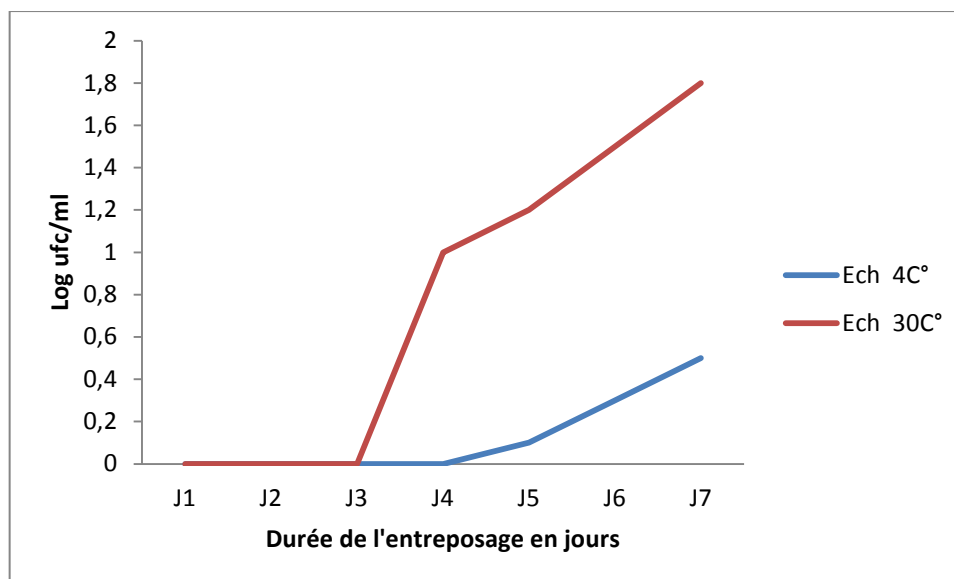
- : Absence

#### II.4.2.5 Evolution des entérobactéries

Les entérobactéries présent dans les échantillons, entreposé à (30°C) et à (4°C) (tableau 25 et figures 14). Nous remarquons une augmentation lente, avec petite nombres des entérobactéries à partir 3j et 4j d'ech en 30°C, 4°C respectivement sous l'effet de pasteurisation jusqu'à j3, j4 et peuvent être à l'origine de contamination par l'homme ou l'environnement des germes pathogènes spécifiques

**Tableau 25: Evolution de croissance des entérobactéries au cours de stockage**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
Ech 4°C	0	0	0	0	0,1	0,3	0,5
Ech 30°C	0	0	0	0,9	1,3	1,6	1,8



**Figure14 : comparaison de l'Evolution des entérobactéries du lait camelin durant l'entreposage à deux températures**

#### II.4.2.6 Evolution de la flore psychrotrophe

L'évolution de la flore psychrotrophe des échantillons de lait et pasteurisé entreposés à température ambiante (30°C) et à (4°C) est illustrée par le tableau 26 et les figures 15. Cette évolution importante du fait que les psychrotrophes sont des microorganismes capables de se développer à une température égale ou inférieure à 7°C, quelque soit leur température de croissance (0°C- 35°C).

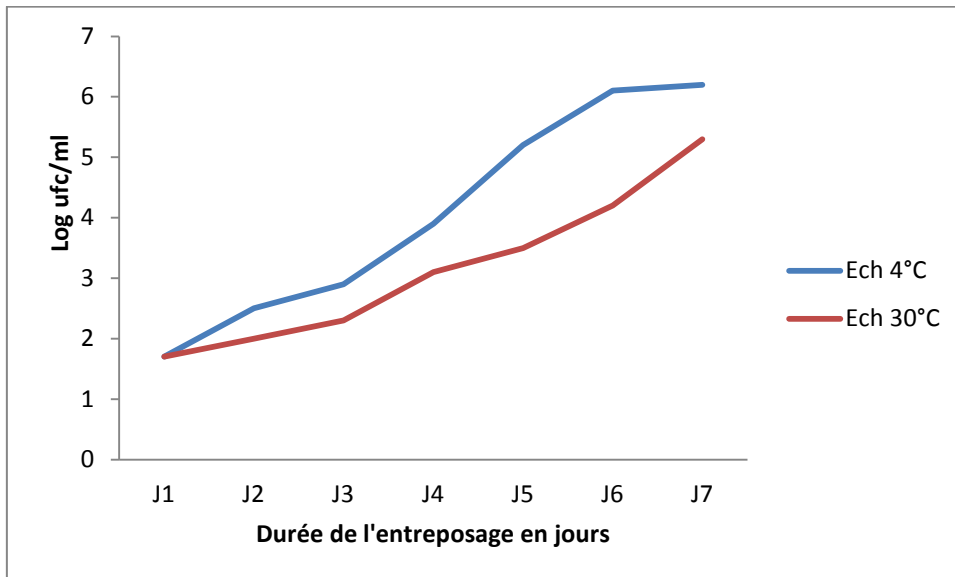
**Tableau26 : Evolution de croissance de la flore psychrotrophe au cours de stockage**

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
ECH 4°C	1,7	2,5	2,9	3,9	5,2	6,1	6,2
ECH 30°C	1,7	2	2,3	3,1	3,5	4,2	5,3

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.



**Figure15 : comparaison de l'Evolution des psychrotrophes du lait camelin durant l'entreposage à deux températures**

## Conclusion

Le dromadaire joue un rôle social et économique primordial. Il aide à maintenir l'existence de plusieurs millions de personnes des zones pastorales, dans un environnement désertique et aride, hostile.

Le lait camelin est considéré comme l'aliment de base pour une période annuelle prolongée, dans la plupart de ces zones pastorales. Le lait de chamelle est caractérisé par une composition particulière due à la présence d'un système antimicrobien, spécifique, efficace ayant pour origine une forte teneur en Lysozymes (BARBOUR et al, 1984), en lactopéroxydase ( EI AGAMI et a l , 1992), en lactoferrine et autres protéines protectrices et en bactériocines produites par les bactéries lactiques ( DESMAZEAUD, 1996).

Ce milieu est toutefois éminemment périssable suite de sa forte teneur en eau, de son pH voisin de la neutralité et de sa richesse en lactose ( $34,8 \pm 1,30$  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 ( $28,25 \pm 1,30$ g/l).

Toutefois ces concentrations varient selon l'alimentation, le stade de lactation ainsi que les conditions environnementales. Comme l'utilisait 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

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 ( $6,51 \pm 0,01$ ) et celle pasteurisé (à  $85^{\circ}\text{C}/2\text{min}$ ) est ( $6,57 \pm 0,05$ ), par

contre l'acidité a diminué après la pasteurisation, dont la valeur moyenne de l'acidité titrable dans le lait cru est  $17\pm 0,6$  et celle pasteurisé est  $(15,58\pm 1,3)$ .

Cependant, la densité du lait augmente après la pasteurisation, où la valeur moyenne de la densité dans l'échantillon de lait camelin cru est  $1,025\pm 0,002$  et celle pasteurisé est  $1,027\pm 0,01$ . Même l'extrait sec a augmenté après la pasteurisation, dont la teneur en extrait sec dans le lait cru est  $106\pm 0,6$  celle pasteurisé, est  $114\pm 5,18$ .

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 la durée de conservation la plus long possible nous avons essayé de suivre le pH et l'acidité, des échantillons de lait camelin pasteurisés à la température ambiante ( $30^{\circ}\text{C}$ ) et à ( $4^{\circ}\text{C}$ ) jusqu'à acidification du lait.

Nous avons remarqué qu'après la pasteurisation à  $85^{\circ}\text{C}/2\text{min}$  (pasteurisation haute) le lait peut se conserver plus de 4 jours à la température ambiante et plus de 7 jours à  $4^{\circ}\text{C}$ . 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.

A travers les courbes d'évolution des différentes groupes microbiens dans le lait, notamment les germes pathogènes, nous avons pu mettre en évidence l'activité antimicrobienne du lait de chamelle due à la présence protéines protectrices vis-à-vis des bactéries pathogènes et à l'effet des bactériocines produites par les bactéries lactiques qui prédominent au fur et à mesure que la durée d'entreposage augmente.

Les bactéries lactiques jouent, par conséquence, un rôle fondamental dans le lait en général et le lait de chamelle en particulier, car leur succession permet une épuration microbienne probablement par la synthèse des bactériocines qui ment la flore nuisible du lait.

Le dromadaire, pourvoyeur de protéines nobles telles que le lait et la viande mérite une attention particulière. Le lait de chamelle est une production qui persiste même en des périodes difficiles. C'est un lait diététique, riche en vitamine C (anti-



tuberculose, en protéines antibactériennes qui s'opposent au développement des bactéries indésirables.

Pour toutes ces raisons, le développement de la filière « lait camelin » s'impose et ce par l'intensification de l'élevage camelin et l'apport d'un encadrement technique. soins vétérinaires en particulier, qui permettra d'améliorer la production laitière comme c'est le cas de la Mauritanie.

Par ailleurs, les études dans le but d'améliorer les aptitudes technologiques du lait camelin doivent se poursuivre. En effet, les contraintes dues à sa transformation en produits dérivés tel que le yaourt par exemple, intéressant pour les sujets déficients en lactase intestinale, le dévalorise.

## Références bibliographiques

**ABDEL-RAHIM A.G. (1987):** The chemical composition and nutritional value of camel (*Cameus dromedarius*) and goat (*Capra bircus*) milk. *World Revue of Animal Production*, 23 (1), 9-11.

**ABU-LEHIA I. H. (1987):** Composition of camel milk. *Milchwissenschaft*, 42, 368-371.

**ABU-LEHIA I. H. (1989):** Physical and chemical characteristics of camel milk fat and its fractions. *Food Chemistry*, 34, 261-271.

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

**ABU-TARABOUSH H. M. (1996):** Comparison of associative growth and proteolytic activity of yoghurt starters in whole milk from camels and cows. *Journal of Dairy Science*, **79(3)**, 366-371.

**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 randomized prospective controlled study *Camel. Res. Pract.*, 10, 45-50.

**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. (1992) :** 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

**ALAIS C. et LINDEN G. (1997).** *Abrégé de Biochimie Alimentaire*. Masson, 3ème Ed. Paris.

**BADOUI D.,** Contribution à la connaissance du lait de chamelle :Essai de caractérisation de protéines par électrophorèse sur GEL de polyAcrylomide, Mémoire d'ingénieur, ITAS université de ouargla, 2000.p65

**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., VAN BAHR-LINDSTROM H., ZAIDI Z.H. and JORNVALL H. (1986a)** .Characterization of a camel milk protein rich in proline identifies a new  $\beta$  casein fragment. Regulatory peptides,15, 55-62.

**BEG O.U., VAN BAHR-LINDSTROM H., ZAIDI Z.H. and JORNVALL H. (1986b):** A camel milk whey protein rich in half-cystine Primary structure, assessment of variations, internal repeat patterns and relationships with neurophysin and other active polypeptides. European Journal of Biochemistry, 147, 233-239.

**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.

**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

**Bourgeois C ; 1996** : Microbiologie alimentaire (tome 2), aspect microbiologique de la sécurité et qualité des aliments, 454 pages

**BRIGNON G., CHTOUROU A. and RIBADEAU-DUMAS, B (1985).** Does  $\beta$ -lactoglobulin occur in human milk?Journal of Dairy Science, **55**, 249-254.

**CAROLE L. VIGNOLA, (2002)** : Science et technologie du lait.

**CHAMBA.J.F,DUONG.C.,FAZEL.,PROSAT.F.**,Sélection des souches des bactéries lactique.Inbactéries lactique DEROISSART H et LUQUET F M,Edition Lorica,1994,499-519

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

**DAGET P. et LHOSTE P. (1995).** Ethnologie animale ; in : « Pastoralisme, Troupeaux, Espaces et Sociétés », éd., Hatier, Paris.

**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<sup>ème</sup> Ed, Lavoisier. Paris

**DESMAZEAUD M.**Les bactéries dans l'aimantation humaine :utilisation et innocuité, 1996,p34-331

- DESMAZEAUD M. J. et DE ROISSARD H. (1994).** Métabolisme général des bactéries lactiques ; in : « Bactéries Lactiques I », Tech. Doc., Lavoisier, Paris.
- DIENG M. (2001)** : Contribution a l'étude de la quali industrielle commercialises sur le marche Dakarois Th. Méd. Vét., n°10, Dakar, Sénégal111p.
- DJERROUMI A, OUHOCINE N.** Etude comparative du lait bovin et camelin : caractéristique structurale et physico-chimique et aptitude à la transformation en produits dérivés.+synthèse des données bibliographique-, Mémoire d'étude Supérieures en biologie, Tizi-ouzou.p72
- DOYLE MP, BEUCHAT LR. MONTVILLE TJ. (1997).** Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. Washington DC: ASM Press, 94.
- 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-145. milk. Int. Dair
- 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-AGAMY E. I., RUPPANNER R., ISMAIL A., CHAMPAGNE C. P., ASSAF R. (1996).** Purification and characterization of lactoferrin, lactoperoxidase, lysozyme and Immunoglobulins from camel's milk. International Dairy Journal, 6, 129-145.
- 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)**
- OMS ; 2001** : Codex alimentarius : lait et produits laitiers, 2ème édition, FAO/OMS.136 pages.
- FARAH Z. and FARAH-RIESEN M. (1985):** Separation and characterization of major components of camel milk casein. Milchwissenschaft, 40, 669-671.
- 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. (1993):** Composition and Characteristics of Camel Milk; review. J. Dairy Res., 60, 603-626..
- FERRANTI P., MALORNI A., NITTI G., LAEZZA P., PIZZANO R., CHIANESE, L. and ADDO F.(1995).** Primary structure of ovine  $\alpha$ 1-casein: Localisation of

phosphorylation sites and characterisation of genetics variants A, C, and D. Journal of Dairy Research, 62, 281-296.

**FAYE B., (1997):** Guide d'élevage du dromadaire (CIRAD)

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

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

**GORBAN A.M.S. et IZZELDIN O.M.(1997):** Mineral content of camel milk and colostrum. J. Dairy Techn., 64, 471-474.

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

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

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

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

**HULSEBUS C., 1999.** Cité par **KANUSPAYEVA G. (2007) HOLT C. (1992):** Structure and stability of bovine casein micelle. Advanced Protein Chemistry, 43, 63-15.

**HOLT C. (1992).** Structure and stability of bovine casein micelle. *Advanced Protein Chemistry*, 43, 63-15.

**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.

**ISO 7218, 2001.** Norme internationale ISO 7218. Microbiologie des aliments, règles générales pour les examens microbiologiques.

**ISO 4833, 2003.** Norme internationale ISO 4833. Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes - Technique de comptage des colonies à 30 degrés C.

**ISO 6611, 2004.** Norme international ISO 6611. Lait et produits laitiers- Dénombrement des unités formant colonie de levures et/ou moisissures-Comptage des colonies à 25 degrés C.

**ISO 4832, 2006.** Norme internationale ISO 4832. Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes- Méthode par comptage des colonies.

**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.

**J.O.R.A ; 1998 :** Arrêté interministériel N°35 daté du 27Mai 1998.critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.

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

**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

**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 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

**KIHAL M., CHEKROUN A., BENSOLTANE A., KHEROUA O. and SAIDI D. (1999):** Characterization of Algeria raw camels'milk : proteins content and native lactic acid bacteria, 1ères Journées sur la Recherche Cameline, 25 au 27 mai, ITAS, Ouargla, Algerie

**KORKEALA H., ALANKO T., MÄKELÄ P. and LINDROTH S: (1989).** Shelf-life of vacuum-Packed cooked ring sausage at different chill temperatures. Int. J. Food

Microbiol., 9, 237-247

**KOUNIBA A. (2002)** : Caractérisation et valorisation du lait de chamelle (tableau et figure). Institut agronomique et vétérinaire HASSAN II Rabat, Maroc

**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<sup>ème</sup> Ed., Lavoisier, Paris

**Larpent(J.P), 1996**: microbiologie alimentaire : technique de laboratoire ; paris édition Tec et doc Lavoisier, 1073 pages.

**LARSSON-RAZNIKIEWICZ M. et MOHAMED M.A., (1986)**: Analysis of the casein content in camel (*Camelus dromedarius*) milk. Swedish J. Agric. Res., 16, 13–18.

**LAZARD C** : La chamelle, vache à lait du désert ?, SYFIA 7751995)12-13

**LENOIR J., LAMBERET G., SCHMIDT J.L. et TOURNEUR C. (1985)** : La maîtrise du bioréacteur fromage. Biofutur, 12, 23-33.

**LEVEAU J.Y. et ROUX M. (1981)** : Techniques rapides de contrôle en industries agroalimentaire. Ind. Alim. Agr., 10,1981 P212.

**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.

**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. (1992)**: Studies on camel milk coagulation using soluble and immobilized pepsin. Egyptian Journal of Dairy Science, 20, 31-40.

**MEHAIA M.A. (1995)**: The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. Milchwissenschaft, 50, 260-26

**MIRANDA G. et GRIPON J.C. :** (1986). Origine, nature et incidences technologiques de la protéolyse dans le lait. Lait, 66, 1-8.

**MOHAMED M.A., MURSAL A.I. ET LARSSON-RAZNIKIEWICZ M. (1989)**: Separation of camel milk casein fraction and its relation to the coagulation properties of fresh milk. Milchwissenschaft, 44 (5), 278-280.

**MOHAMED M.A. LARSSON-RAZNIKIEWICZ M., et MOHAMUD M.A. (1990)**: Hard cheese making from camel milk. Milchwissenschaft, 45, 716 718.

**MONSALLIER G., (1994)** cité par **DIENG (2001)**

**MOUCHET F., (1962):** Essai sur le dénombrement des bactéries indologènes et coifformes dans le lait pasteurisé conditionné. Th. Méd. Vét., Lyon, , n° 40, 75 p.

**NDIAYE A. (1994)** cité par **DIENG (2001)**

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

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

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

**RAMET J.P.,**chesse ability of dromedary 's milk Rev .Elev .Méd.Vét.Pays trop.42(1989)105-111

**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. (1985).** Study of enzymatic coagulation of camel milk in Saudia-Arabia. Mission Report, FAO.

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

**RAMET J.P. (1997).** Les agents de la transformation du lait ; in : « Le fromage » éd. Eck et Gillis. Technique et Documentation, 3ème éd., Lavoisier, Paris.

**RESTANI P., GAIACHI A., PLEBANI A., BERATTA B., CAVAGNI G., FIOCCHI A., POIESI C., VELONA T., UGAZIO A.G. and GALLI C.L. (1999).** Cross reactivity between milk proteins from different animal species. Clinical and Experimental Allergy, 29, 997-1004.

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

**RASOLOFO E .A. (2010).** Analyse du microbiote du lait par les méthodes moléculaires. Mémoire pour l'obtention du grade de Philosophie doctor (Ph.D.) de l'université Laval .QUÉBEC .CANADA



- SABUMUKAMA C.(1997):** Recherche d'enzymes adaptées p pasteurisation du lait de dromadaire et mis stage au CIRAD-SAR et ENSIA, France.
- SALEY M. (1993).** La Production Laitière du Dromadaire. CIRAD, Ed Maison-Alfort, Paris.
- 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
- 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
- SIBOUKEUR O., MATI A. et HESSAS B. (2005).** Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait camelin (*camelus dromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. Cahiers Agricultures, 5, 473-478.
- SCHMIDT D. (1980).** Colloïdal aspects of casein. Netherland Milk Dairy Journal, 34, 42-64.
- SCHMIDT D.G. (1982).** Association of caseins and casein micelle structure. In Developments of Dairy Chemistry-1. Proteins. Applied Science Publishers, London and New York
- 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.
- THOMPSON M.P., TARASSUK N.P., JENNESS R., LILLEVIK H.A., ASHWORTH V.S. and ROSE D. (1965).** Nomenclature of the proteins of cow's milk. Second revision. Journal of Dairy Science, 48, 159-169.
- VILOTTE S.L. and SOULIER S. (1992).** Isolation and characterization of the mouse alpha-lac encoding gene: interspecies comparison, tissue-and stage-specific expression. Genetic, 119, 287- 292.
- WANGOH J., FARAH Z. PUHAN Z. (1998):** Iso-electric focusing of camel milk proteins. Int. Dairy J., 8, 617-621.
- WISEMAN D. W. et APPLEBAUM T. (1983):** Distribution and resistance to pastorisation of aflatoxin M1. In naturally contamination, whole milk, cream and skin milk. Journal of food prad., 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., ZAGORSKI O. et VAN CREVELD C. (1994):** Science and Ca Milk Production. 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.* 70:697-704 *Br. J. Exp. Pathol.*, 70, 697-704

# Annexes

## Annexe 1

**Tableau 27** : Analyse de variance de pH :

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR. Totale	0,00	5	0.00				
VAR Facteur	0,00	1	0.00	19,60	0.0127		
VAR. Résiduelle	0.00	4	0.00			0.01	%0.2

**Tableau 28** : Analyse de variance de l'acidité

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	3,23	5	0.65				
VAR Facteur	3,23	1	3,23	2765	0.0001		
VAR. Résiduelle	0.05	4	0.00			0.03	%0.2

**Tableau 29** : Analyse de variance de matière sèche

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	96,24	5	19,25				
VAR Facteur	96,24	1	96,24	385171,5 3	0.0000		
VAR. Résiduelle	0.00	4	0.00			0.02	%0.0

**Tableau 30** : Analyse de variance de densité :

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	0,00	5	0,00				
VAR Facteur	0,00	1	0,00	0,12	0.07451		
VAR. Résiduelle	0,00	4	0.00			0.03	2,5%

**Tableau 31** : Analyse de variance de matière grasse

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T	C.V
VAR. Totale	1,48	5	0,30				
VAR Facteur	1,48	1	1,48	2220,07	0.0001		
VAR. Résiduelle	0.00	4	0.00			0.03	0.1%

## Annexe 1

**Tableau 32 :** Analyse de variance de teneur en lactose

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR. Totale	7,35	5	1,47				
VAR Facteur	7,35	1	7,35	44092,89	0.0000		
VAR. Résiduelle	0.00	4	0.00			0.01	%0.0

**Tableau 33 :** Analyse de variance de teneur en protéine

	S. C. E	D.D.L	CARRES MOYENS	TESTE F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR. Totale	28,92	5	5,78				
VAR Facteur	28,92	1	28,86	1928,53	0.0001		
VAR. Résiduelle	0.06	4	0.01			0.12	%0.4

**Tableau 34 :** la variation du pH durant sept jours du stockage

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
PH 4C°	6,56	6,53	6,5	6,48	6,4	6,31	6,3
PH 30C°	6,47	6,34	6,3	6,18	5,94	5,81	5,71

**Tableau35 :** la variation de l'acidité durant sept jours du stockage.

	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7
L'acidité 4C°	15	15,3	15,7	15,7	15,9	17	20
L'acidité 30C°	16	17	22	29	40	54	60

## Annexe 2

### **Matériel et réactifs des analyses physico-chimiques :**

#### **• Matériel:**

- Acidimètre Dornic.
- Balance analytique de précision type *SAROTORIUS*.
- Béchers.
- Bouchons pour butyromètre et poussoirs.
- Butyromètre à lait GERBER.
- Centrifugeuse *GERBER* avec bain marie.
- Coupelle en aluminium.
- Dessiccateur.
- Eprouvette à bec à 250 ml.
- Etuve réglée à 103°C.
- Mesureur à acide sulfurique (délivrant 10 ml).
- Mesureur d'alcool iso-amylque (délivrant 1 ml).
- pH-mètre.
- Pipette jaugées de 11 ml.
- Pipettes graduées de 10 ml.
- Thermo-balance.
- Thermo-lactodensimètre de 1000-1100.
- Spatule en inox.

#### **• Réactifs:**

- Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conoentré avec une densité de 1,825 et de pureté de 90%.
- Alcool iso-amylque.
- Gel de silice.
- Indicateur phénophtaléine à 1 dans r alcool à 95%.
- Solution de soude NaOH ( / 9).
- Solutions tampon (pH=7 et p = ) r étalonnage de pH-mètre.
- Solution saturé de KCl/Ag a la conservation de la sonde de pH.

### **Matériel des analyses miaobiofogiques**

- Bain marie.
- Bec bunsen.
- Boites pétri.
- Compteur de colonies de type *GERB*
- Etuves 30°C, 37°C, 44°C, 46°C.

- rour pasteur.
- Pinces.
- Pipettes graduées de 2 ml.
- Pipettes pasteur.
- Portoirs.
- Thermomètre.
- Tubes à essai stériles.

### **Milieux de culture**

#### **Milieu de Chapman**

((MARCHAL *et al*, 1982) composition

Extrait de viande 1g

Peptone 10g

Chlorure de Sodium ( NaCl ) 75g

Mannitol 10g

Rouge de phénol 0,025g

Gélose 11 à 18g

Eau distillée 1000 ml

#### **Milieu VRBG**

((LARPENT *et al*, 1997) composition

Extrait de levure 5g

Peptone 7g

Sels biliaires 1.5g

Glucose 10g

Chlorure de sodium 5g

Rouge neutre 30 mg

Cristal violet 2mg

Gélose 11 à 18g

Eau distillée 1000 ml

pH 7.4

#### **Milieu de Hektoen**

((JOFFIN et LEYRAL, 2001) composition

Protéose-peptones 12g

Extrait de levure 3g

## Annexe 2

Chlorure de sodium 5g  
Thiosulfate de sodium 5g  
Sels biliaires 9g  
Salicine 2g  
Lactose 12g  
Saccharose 12g  
Fuschine Acide 0.1g  
Bleu de bromothymol 0.065g  
Gélose 13g  
Eau distillée 1000 ml  
pH7.5 (environ)

### **Milieu de Elliker**

(LARPENT *et al*, 1997) composition

Bactotryptone 20g  
Extrait de levure 5g  
gélatine 2.5g  
Glucose 5g  
Lactose 5g  
Saccharose 5g  
Acétate de sodium 1.5g  
Acide ascorbique 0.5g  
Gélose 20g  
Eau distillée 1000 ml

### **Bouillon MRS (MARCHAL**

*et al*, 1982) composition

Peptone 10g  
Extrait de viande 10g  
Extrait de levure 5g  
Glucose 20g  
Tween 80 1ml  
Phosphate dipotassique 2g  
Acétate de sodium 5g  
Citrate triammonique



## Annexe 2

Sulfate de magnésium 0.2g  
Sulfate de manganèse 0.05g  
Saccharose 5g  
Eau distillée 1000 ml  
pH 6.5.

Autoclaver à 120°C/20mn

**Gélose MRS** : Bouillon MRS additionné de gélose à raison de 1.5 % - Autoclavage à 120°C/20mn

**Gélose MRS au vert de bromocrésol** : gélose MRS additionnée de 0.02 % de vert de bromocrésol- Autoclavage à 120°C/20mn.

### **Gélose PCA (plat count agar)**

-Tryptone 5 g  
-Extrait de levure 2, 5 g  
-Glucose 4 g  
-Agar 9 g  
-Eau distillée 1000 ml  
pH = 7, 2. Autoclave 20 minutes à 102°C

### **Gélose lactosée au désoxy-cholate 1%**

-Peptone pancréatique de caséine 10 g  
-Lactose 10 g  
-Chlorure de sodium 5 g  
-Rouge neutre 0,03 g  
-Citrate de sodium 2 g  
-Désoxy-cholate de sodium 0,5 g  
-Agar 12 g  
-Eau distillée 1000 ml  
-pH = 7, 1. Stériliser

#### **• Solutions:**

##### **solution de Téliurite de potassium**

-Téliurite de potassium 2 g  
-Eau distillée q. s. q 100 ml

##### **Salam de sulfite de sodium**

-Sulfite de sodium 5 g

## Annexe 2

-Eau distillée q. s .q 100 ml

### **Solution d'alun de fer**

- Alun de fer 5 g

-Eau distillée q. s. q 100 ml

### **Tryptone: sel-eau (TSE)**

-Peptone 1 g

-Chlorure de 8, 5 g

-Eau distillée 100g



**Figure 16 : Etuve**



**Figure17 :Bain-marie**



**Figure 18 : Distillateur**



**Figure19 : centrifugeuse**



**Figure 20 : Densimètre**



**Figure21 : vortex**



**Figure22 : Butyromètre**

### Annexes 3



**Figure 23 : lait pasteurisé à 30°C**



**Figure 24 : compteur des colonies**



**Figure 25 : boit de pétrie**



**Figure 26 : Différent milieu de culture**

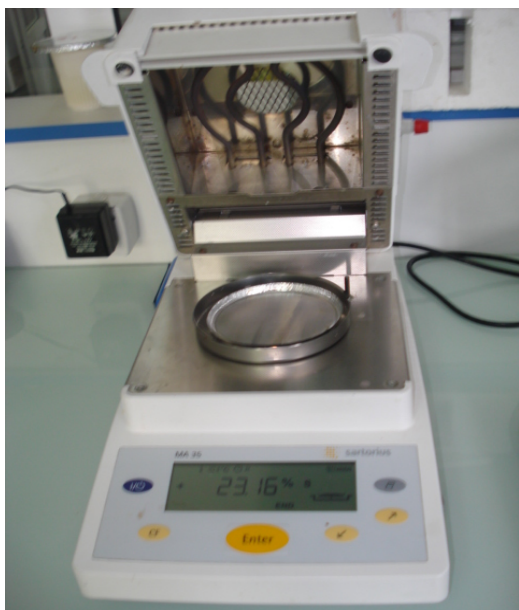


Figure 27 : Dessiccateur



Figure 28 : pH-mètre

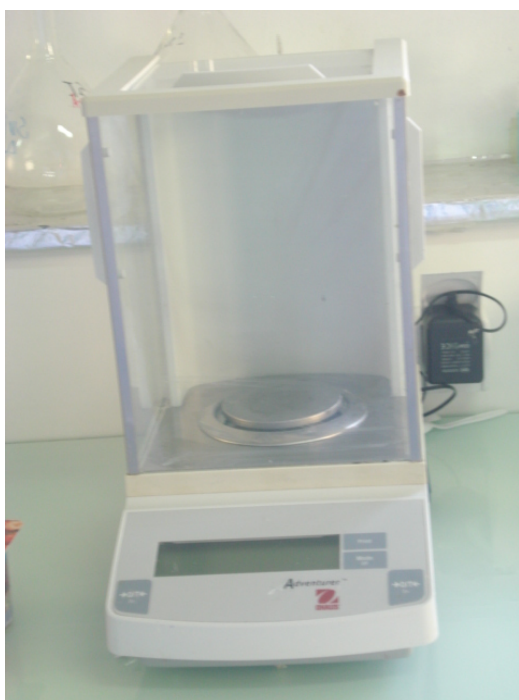


Figure 29 Balance



Figure 30 : Minéralisateur



Annex 3 : photographies de paturage de lieu de stage



Figure 31

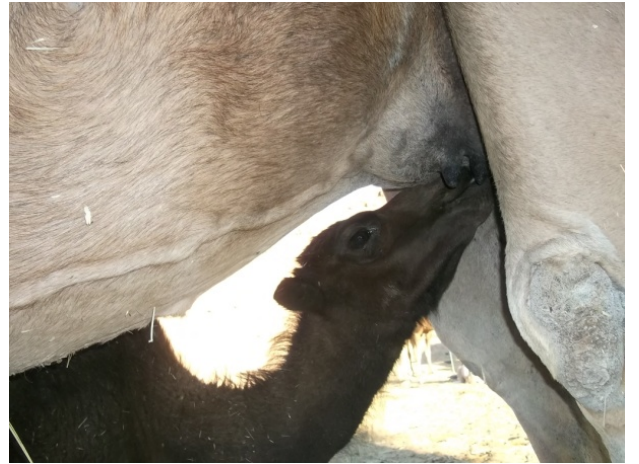


Figure 32



Figure 33



Figure 34



Figure 35



Figure 3