

Etude du lait camelin collecté localement
caractéristiques physico-chimiques et
microbiologiques ; aptitudes à la coagulation

Présentée par :

Mme SIBOUKEUR Oumelkheir

Directeur de thèse :Mr MATI Abderrahmane

Maître de Conférences.M.M Tizi-Ouzou

15/11/2007

Devant le jury : **Président** : Mr BELLAL Mohand Mouloud Professeur INA ELHarrach **Examineurs** :
Mr AMMOUCHE Ali Professeur INA ELHarrach-Alger Mr BENALLAOUA Said Professeur U.A.M.
Bejaia Mr MESBAHI Mahmoud Maître de Conférences .M.M.Tizi-Ouzou

Table des matières

Remerciements . .	5
Dédicace . .	7
Résumé . .	8
Abstract . .	9
ص غ ل م . .	10
Introduction générale . .	11
I. Synthèse bibliographique . .	13
1.1.Introduction . .	13
1.2. Aperçu sur le dromadaire . .	13
1.2.1.Répartition géographique et effectif . .	13
1.2.2. Production laitière . .	14
1.2.3.Les facteurs influençant la production laitière . .	14
1.3.Caractéristiques du lait de chamelle . .	15
1.3.1.Caractères physiques et organoleptiques . .	15
1.3.2.Composition chimique . .	15
1.3.3. La matière grasse . .	17
1.3.4. La fraction azotée . .	19
1.3.5.Les protéines camelines . .	20
1.3.6. Qualité microbiologique du lait camelin . .	27
1.3.7.Aptitude à la transformation technologique . .	27
II. Matériel et méthodes . .	28
2.1. Matériel . .	28
2.1.1. Echantillons de lait . .	28
2.1.2. Appareillage . .	28
2.1.3. Petit matériel . .	29
2.1.4. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique . .	29
2.2. Méthodes . .	29
2.2.1. Collecte du lait . .	29
2.2.2. Enquête . .	29
2.2.3. Etude des caractéristiques du lait de chammelles collecté . .	30
III. Résultats et discussions . .	40
3.1. Enquête sur les potentialités laitières de l'élevage camelin appartenant à la population « Sahraoui » implanté dans la région de Ouargla . .	40
3.1.1. Caractérisation des troupeaux . .	40
3.1.2. Caractérisation des chammelles de la population Sahraoui . .	42
3.1.3.Conclusion . .	45
3.2.Qualité physico-chimique du lait collecté ; isolement et caractérisation des protéines . .	46
3.2.1.Qualité physico-chimique . .	46
3.2.2.Isolement et comportement électrophorétique des protéines . .	50
3.3. Qualité microbiologique et préservation . .	54

3.3.1. Estimation sommaire de la qualité hygiénique du lait frais . .	54
3.3.2 Evolution du lait au cours de l'entreposage à température ambiante (30°C) . .	55
3.3.3. Etude de l'activité antibactérienne du composant-3 des Protéoses-peptones du lait de chamelle . .	62
3.4. Utilisation d'extraits enzymatiques de caillettes de dromadaires pour l'amélioration des aptitudes à la coagulation du lait camelin . .	67
3.4.1. Isolement et purification des enzymes gastriques de caillettes de dromadaires . .	68
3.4.2. Mesure des activités enzymatiques de l'extrait brut . .	68
3.4.3. Utilisation des extraits dans la coagulation enzymatique du lait de chamelle . .	70
3.4.4 Variations des aptitudes des extraits enzymatiques . .	73
Conclusion générale . .	80
Références Bibliographiques . .	83
Annexes . .	95
Annexe 1 : Evolution des effectifs camelins de 1990 à 2005 (Service des Statistiques, Ministère de l'Agriculture) . .	95
Annexe 2 : Fiche d'enquête . .	95
Annexe 3 : Milieux de culture . .	96
Annexe 4 : Matrice de données permutées (Permuted Data Matrix) . .	97
Liste des abréviations . .	98
Publications & Communications . .	100

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens particulièrement à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur MATI Abderrahmane, pour m'avoir donné l'occasion d'intégrer l'équipe du Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies (LABAB) ; Université M. Mammeri de Tizi Ouzou qu'il dirige, en me proposant ce thème et en assurant son encadrement. Je lui serai éternellement reconnaissante pour ses orientations, sa patience, sa confiance et ses conseils, tout au long de ce parcours scientifique.

J'exprime mes respectueux dévouements à Monsieur BELLAL Mohand Mouloud du Département de Technologie et de Nutrition Humaine de l'Institut National Agronomique, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider la commission d'examen de cette thèse.

Que Messieurs BENALAOUA Said, AMMOUCHE Ali et MESBAHI Mahmoud, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour avoir accepté de participer au jugement de cette thèse.

Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à Monsieur OULD EL HADJ Mohamed Didi, Responsable de la Post-Graduation , Option Biochimie, FSSI, Université K.M. Ouargla, pour ses précieux conseils ainsi que pour la mise en forme de ce document.

Je voudrai remercier du plus profond de mon cœur, Monsieur EDDOUD Amar pour ses innombrables services et pour la mise en forme de ce manuscrit. Qu'il soit assuré de mon éternelle et profonde reconnaissance.

Je ne saurai oublier d'exprimer ma reconnaissance à Monsieur GIRARDET Jean Michel pour m'avoir initiée à la méthode d'isolement et de purification du PP3 par FPLC, pour sa patience et ses précieux conseils. Que Monsieur GAILLARD Jean-Luc trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour m'avoir accueillie au sein du Laboratoire des Biosciences des Aliments (LBSA), Université POINCARÉ NANCY I, qu'il dirige et consacrer de son précieux temps pour discuter de mes résultats relatifs à la partie microbiologique du lait camelin.

A Madame SADOUD Djamilia, Professeur, FSSI, Université Abderrahmane MIRA BEJAIA, j'adresse mes sincères remerciements et ma profonde gratitude pour ses orientations et son aide.

Je ne peux oublier mes amies pour leur dévouement et leur soutien moral et je pense particulièrement à Mesdames :

-BISSATI- BOUAFIA Samia, Responsable du Département de Biologie, FSSI, Université KASDI Merbah- OUARGLA ;

-LONGO- HAMOUDA Fatma-Hasna, Département de Zootechnie (INA) ;

-MATI –MOULTI Farida, Université M. Mammeri de Tizi Ouzou ;

-HADJAIDJI Fatiha, Département d'Agronomie, FSSI, Université KASDI Merbah, OUARGLA;

-BENMAHCEN- BABA HANI Souad, Département d'Agronomie, FSSI, Université KASDI MERBAH- OUARGLA ;

Qu'elles soient assurées de ma profonde affection.

Je tiens aussi à présenter à Madame SADOUKI, de la Sous direction de la Post-graduation (INA), mes remerciements pour les innombrables services qu'elle m'a toujours rendus, ainsi que pour sa gentillesse.

A Messieurs ATTALAH Said et CHEHMA Abdelmadjid, de la FSSI, Université de Ouargla, j'exprime ma profonde gratitude pour leur marque de sympathie, et leur soutien.

J'éprouve un réel plaisir à exprimer mon éternelle reconnaissance à mon fils SIBOUKEUR Abdelhafid, Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne pour sa sollicitude à mon égard.

Que Madame DJAAFRI Khadidja et Monsieur BA-BELHADJ Ba-Aissa, Docteurs vétérinaires, soient assurés de ma gratitude pour leur collaboration et leur aide dans la collecte des échantillons de lait camelin.

Je saisi cette agréable occasion pour remercier Mademoiselle MIMOUNI Yamina pour ses preuves de sympathie, ainsi que le personnel des laboratoires, Monsieur BEGGARI El-Aich en l'occurrence et Monsieur SAADINE Salah pour leur collaboration et leur gentillesse.

Enfin, que tout ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, soient assurés de ma profonde sympathie.

Dédicace

Cette thèse est dédiée à : la mémoire de mes chers et regrettés parents; la mémoire de mes chers et regrettés beaux-parents ; mon cher époux ; mes adorables enfants ; mes frères, soeurs, nièces et neveux ; mes beaux frères et mes belles soeurs. mes amies.

Résumé

Le lait de chamelle, malgré sa richesse et sa production non négligeable demeure un produit relativement peu consommé et peu transformé, car insuffisamment étudié et mis en valeur. Cette présente étude tente de mieux connaître ce produit en prenant en charge différents volets complémentaires d'investigations.

Après une enquête préliminaire conduite, auprès d'une trentaine d'éleveurs dans la région de Ouargla, qui a permis de situer la production à environ 5.6 l/j pour une période de lactation de 18 mois, l'analyse physico-chimique des échantillons de lait de chammelles a été réalisée en mesurant le pH, l'acidité, la densité, l'extrait sec total, les taux de cendres, de matière grasse, de protéines et de vitamine C.

Ces analyses ont montré que le lait collecté présente globalement une composition très similaire à celle du lait bovin, notamment en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose) où son apport protéique est important (35.68 g/l \pm 5.64). Ce lait se singularise par une teneur élevée en Vitamine C (teneur moyenne évaluée à 41.40 mg/l \pm 8.20).

Les protéines ont été isolées et caractérisées par électrophorèse sur gel de polyacrylamide (PAGE) dans plusieurs conditions (native, en présence d'urée, en présence de SDS). Les diaGRAMmes ont montré que des homologues aux protéines majeures du lait bovin sont identifiés excepté pour la #-Lactoglobuline qui est absente de ces derniers. Les profils des laits de chammelles se singularisent en outre par l'existence de bandes supplémentaires, attribuées pour certaines aux variants génétiques de la caséine # et à l' #-lactalbumine.

L'évolution de la flore de contamination durant l'entreposage à température ambiante (30°C en moyenne) a permis de confirmer l'aspect auto-épuratif particulièrement efficace de ce lait. Ainsi, le taux des bactéries halotolérantes, des entérobactéries et des coliformes diminuent durant les trois premiers jours de l'entreposage alors que celui des bactéries lactiques a tendance à augmenter. Dans cette activité antibactérienne, nous avons montré pour la première fois que le composant-3 des protéose-peptones, isolé par FPLC, possède une action inhibitrice fortement prononcée contre les bactéries halotolérantes et assez peu prononcée contre les entérobactéries.

Concernant les aptitudes à la transformation en produits dérivés (notamment en fromages) de ce lait, nous avons pu réaliser des essais concluants et fortement avantageux de substitution de la présure commerciale habituelle, par des extraits coagulants gastriques issus de dromadaires. Dans ces préparations, les extraits bruts obtenus à partir de caillettes de dromadaires adultes (âgés de 8 ans) et, mieux encore, leurs formes actives, riches en pepsine, purifiée par chromatographie échangeuse d'anions sur DEAE Cellulose, présentent l'activité coagulante la plus élevée et l'activité protéolytique la plus faible.

Mots clés : lait / bovin / camelin / protéines / isolement / purification / comportement électrophorétique / chromatographie / dosage / flore microbienne / enzymes coagulantes / aptitudes à la transformation.

Abstract

The camel milk, in spite of its richness and its considerable production, remains a product relatively not much consumed and transformed, because insufficiently studied and emphasized. This present study tries to better know this product by dealing with various complementary angles of investigations. After a led preliminary investigation, near about thirty stockbreeders in the area of Ouargla, which made it possible to locate the production at approximately 5.6 l/j for one period of 18 months lactation, the physicochemical analysis of the milk samples of camel milk was carried out by measuring the pH, the acidity, the density, the total dry extract, the contents of the ash, the fat, the vitamin C and the protein. These analyses showed that collected milk presents overall a very similar composition at that of bovine milk, in particular in basic nutrients (proteins, fat content and lactose) where its proteinic contribution is important ($35.68 \text{ g/l} \pm 5.64$). This milk is made conspicuous by a high percentage of Vitamin C (average content evaluated with $41.40 \text{ mg/l} \pm 8.20$). The proteins were isolated and characterized by electrophoresis on polyacrylamid gel (PAGE) under several conditions (native, in the presence of urea, in the presence of SDS). The diaGRAMs showed that homologous with major proteins of bovine milk are identified except for the #-Lactoglobulin which misses of the latter. The profiles of camel milk are made conspicuous moreover by the existence of additional tapes, allotted for some to variable the genetics of casein # and the #-Lactalbumin. The evolution of the flora of contamination during storage at ambient temperature (30°C on average) made it possible to confirm the aspect particularly effective self-cleaving of this milk. Thus, the rate of halophilic bacteria, the enterobacteria and the coliforms decrease during the first three days of storage whereas that of the lactic bacteria tends to increase. In this ante-bacterium activity, we showed for the first time that the component-3 of proteose-peptones, isolated by FPLC, has a strongly marked inhibiting action against the halophilic bacteria and rather not very marked against the enterobacteria. Concerning the aptitudes for the transformation into dairy products (in particular out of cheeses) from this milk, we could carry out conclusive and strongly advantageous tests of substitution of usual commercial rennet, by extracts gastric coagulants resulting from dromedaries. In these preparations, the rough extracts obtained starting from adult abomasums of dromedaries (8 years old) and better still their active forms, rich in pepsin, purified by exchanging chromatography of anions on DEAE Cellulose, present the coagulating activity highest and the proteolytic activity weakest

Key words : milk, bovine, camel, proteins, isolation, purification, electrophoretic behavior, chromatography, proportioning, microbial flora, coagulating enzymes, aptitudes for the transformation.

ص خ لم

إن حليب الناقة بالرغم من غناه و إنتاجه الوفير، فإنه يبقى منتج قليل الإستهلاك والتحويل لأن الدراسات التي تجري حوله غير كافية. من خلال هذا البحث، حاولنا التعرف أكثر على هذا المنتج كما أخذنا على عاتقنا عدة جوانب بحث متكاملة . بعد تحقيق أولى مع حوالي 30 مربي بمنطقة ورقة، إستنتج أن الإنتاج كان حوالي 5.6 ل/اليوم لمدة إرضاع تراوح 18 شهر وإن التحليل الفيزيو-كيميائي لعينات من حليب النوق تم من خلال قياس ال pH ، درجة الحموضة ، الكثافة ،المصل الجاف الكامل، كميات الرماد، المادة الصلبة البروتين و الفيتامين س. إن هذه التحاليل أظهرت أن للحليب المجمع هشابها كثورا، بصفة عامة، في تركيبته مع حليب البقر فيما يخص العناصر الأساسية (البروتينات، المادة الصلبة و اللاكتوز) على وجه الخصوص.

كما أن اسداه للبروتينات هام (35.6 غ/ل ± 5.64). ينفرد هذا الحليب بإحتوائه على كميات كبيرة من الفيتامين س (VitC) (القيمة المتوسطة ما بين 41.40ملغ/ل±8.20).

تم عزل البروتينات و تمييزها ب: électrophorèse على هلام من polyacrylamide (PAGE) وذلك في عدة شروط (ابتدائية : PAGE- native، في وجود نشادر: PAGE- urée وفي وجود SDS : SDS-PAGE). أظهرت المسطحات وجود بروتينات متشابهة لتلك المسادة في حليب البقر ماعدا β-lactoglobuline. إن حليب النوق يمتاز بخاصية كتمثل في إفراد شرائط إضافية تخص بعض التغيرات الجينية ل: α-lactalbumine β caseine. إن تطور مكروبات العودة خلال التخزين في درجة الحرارة العادية (حوالي 30م⁰) سمحت بالأكد من خاصية التصفية الذاتية المميزة لهذا الحليب . كما أن نسبة البكتيريا المحبة للملوحة (halotolérantes) و البكتيريا لباطنية (entérobactéries) و (coliformes) تقل خلال الثلاث أيام الأولى من التخزين بينما نسبة بكتيريا الحليب (bactéries lactiques) تزداد. و في هذا النشاط المتضاد للبكتيريا أظهرنا لأول مرة بأن المركب 3 ل Protéose – peptones (PP3) المعزول بواسطة FPLC يمتلك فعل كموثف قوي ضد البكتيريا المحبة للملوحة(halotolérantes) و فعل أقل منه بالمسبة entérobactéries.

أما بخصوص قابلية التحويل إلى مشتقات هذا الحليب (منها الجبن) فقد تمكنا من تحقيق محاولات إيجابية لتعرض الخميرة (Présure) العادية التجارية، من خلال أمصال متكررة من معدة الجمل - و من هذه التحضيرات للمشتقات الغيرصافية المستخلصة من معدة (caillettes) الجمل البالغ (هستوات) وخاصة تكون غنية بالدهون، و الصفاة بواسطة (chromatographie échangeuse d'anions sur DEAE Cellulose)تظهر نشاط لكتري الأكثر و النشاط protéolytique الأكل.

الكلمات المفتاحية : الحليب، البقر، الجمل، بروتين، عزل، تصفيته، معيار، chromatographie, comportement électrophoretiqueالميكروبات، فزيماات الأكثر، قابلية التحويل.

Introduction générale

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

De nos jours, les besoins en lait sont de plus en plus importants vu que ce produit peut être consommé à l'état frais, mais aussi sous forme pasteurisé, stérilisé ou transformé en produits dérivés.

La consommation algérienne de lait connaît une évolution croissante depuis l'indépendance. La poussée démographique ainsi que l'amélioration du niveau de vie de la population, induit une forte demande en ce produit de base. Par ailleurs l'insuffisance de la production nationale astreint notre pays à recourir depuis plusieurs années à des importations massives de lait sous forme de poudre, de matière grasse et de produits dérivés. Actuellement, l'enveloppe couvrant cette facture représente environ plus de 20% de nos importations en produits alimentaires.

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 la chèvre, la brebis, et la chamelle qui sont particulièrement adaptées à nos rudes conditions agro-climatiques et dont la rusticité est toujours de mise.

Le lait de chamelle constitue depuis des temps très lointains, la principale ressource alimentaire pour les peuplades nomades qui le consomment habituellement à l'état cru ou fermenté. Il est considéré comme l'aliment de base pour une période annuelle prolongée, dans la plupart de ces zones pastorales sahariennes.

Même s'il présente une composition physico-chimique relativement similaire à celle du lait bovin, ce lait se singularise néanmoins par une teneur élevée en vitamine C et en niacine et par la présence d'un puissant système protecteur, lié à des taux relativement élevés en Lysozyme, en Lactoperoxydase (système LP/ SCN/ H₂O₂), en Lactoferrine et en bactériocines produites par les bactéries lactiques. Ceci prolonge naturellement sa conservation de quelques jours sous des températures relativement élevées.

Les quelques études entreprises ça et là dans le monde sur cette matière, ayant une valeur nutritionnelle de première importance, ont mis en relief ses difficultés de transformation technologique, particulièrement aux niveaux des fabrications, fromagère et beurrière. Ces contraintes seraient liées à la nature des protéines présentes, aux micelles de caséines, aux équilibres salins et enfin aux dimensions des globules gras.

Par ailleurs, même si ce lait suscite un engouement de plus en plus important dans le monde pour les aspects singuliers établis qui relèvent son intérêt, il n'en demeure pas moins que notre production nationale en lait de chamelle a été très peu caractérisée sur le plan physico-chimique et microbien alors que l'étude des protéines constitutives n'a fait l'objet que de quelques investigations très limitées.

Eu égard à cet état des lieux, nous nous sommes proposés de réaliser une étude qui vise en premier lieu à avoir une meilleure connaissance du lait issu de populations de

dromadaires implantés dans le sud de notre pays. Les possibilités de conservation et de transformation de ce lait en liaison avec la nature de la microflore présente et sa sensibilité à l'action des enzymes coagulantes seront également explorées.

Ainsi, pour pouvoir atteindre ces objectifs, la présente étude s'articule autour de cinq volets d'investigations complémentaires :

1. collecte d'un maximum d'informations, relatives aux potentialités laitières des chamelles appartenant à la population Sahraoui prédominante dans la région de Ouargla;
2. détermination de la composition physico-chimique du lait camelin;
3. étude spécifique des protéines aussi bien micellaires que sériques (isolement, propriétés physico-chimiques dont le comportement électrophorétique dans plusieurs conditions, isolement du composant-3 des Protéose-peptones...);
4. étude de l'importance, de la nature et du comportement de la flore originelle et de la flore de contamination du lait lors de l'entreposage à la température ambiante (fermentation);
5. essai d'amélioration de l'aptitude à la coagulation de ce lait en utilisant des enzymes type présure extraites de caillettes de dromadaires.

I. Synthèse bibliographique

1.1. Introduction

Le dromadaire joue un rôle social et économique primordial car il a toujours été associé aux formes de vie dans les zones pastorales arides et semi-arides. Il répond en effet aux multiples besoins de ces populations en leur fournissant du lait et de la viande et en leur servant comme moyen utilisé dans le transport et pour les travaux agricoles. Ses poils sont en outre utilisés dans la confection des vêtements et des tentes et sa peau dans la fabrication des chaussures, des ceintures...etc.

1.2. Aperçu sur le dromadaire

Le nom « dromadaire » dérive du terme grecque « dromados » qui veut dire course. Il est donné à l'espèce de chameau à une seule bosse, appartenant au genre *Camelus* de la famille des *Camelidae* et dont le nom scientifique est *Camelus dromedarius*.

Le dromadaire vit dans les régions chaudes, arides et semi-arides de la planète. Il serait originaire de l'Amérique du Nord où le plus ancien fossile de *Camelidae* a été trouvé 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). Comme c'est l'un des rares animaux d'élevage à pouvoir supporter des conditions alimentaires et climatiques très défavorables, le dromadaire a longtemps constitué, l'un des principaux vecteurs de sédentarisation des populations humaines dans les régions désertiques d'Afrique et d'Asie notamment.

1.2.1. Répartition géographique et effectif

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

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

Estimé à 268.560 têtes en 2005 (ANONYME 1, 2006), l'effectif camelin algérien est réparti sur 17 wilayates, avec 75% du cheptel dans huit wilayates sahariennes : Ouargla, Ghardaia, El-Oued, Tamanrasset, Illizi, Adrar, Tindouf et Béchar et 25% du cheptel dans

neuf wilayates steppiques : Biskra, Tebessa, Khenchela, Batna, Djelfa, El-Bayad, Naâma, Laghouat et M'sila.

1.2.2. 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 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 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 3931kg 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.

1.2.3. Les facteurs influençant la production laitière

La variabilité des rendements laitiers observés est liée à celle de divers facteurs : rang et stade de lactation, race, type d'élevage, saison...etc. Toutefois et, 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 ; MOSLAH, 1994) 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).

Le stade de lactation est aussi prépondérant. En effet, une fluctuation de la production laitière est observée entre le début et la fin de la lactation. La plus grande partie du lait est produite durant les sept premiers mois (ELLOUZE *et KAMOUN*, 1989 ; RICHARD *et GERARD*, 1989).

A côté de ces facteurs, d'autres travaux signalent que la pratique et la fréquence de la traite ainsi que le nombre de mises bas ne sont pas sans répercussions sur la variabilité des rendements laitiers (RAMET, 1993 ; KAMOUN, 1994 ; YAGIL *et al*, 1999 ; BEKELE *et al*, 2002).

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) capable de produire en moyenne 8 litres par jour pour une lactation de 8 à 16 mois. Les races asiatiques, Malhah et Wadhah peuvent produire, respectivement jusqu'à 18,3 et 14 kg de lait par jour. BEN-AISSA (1989) note que les populations camelines algériennes, (population Sahraoui, en l'occurrence) peuvent être considérées comme bonnes laitières (6 à 9 l/j).

1.3. Caractéristiques du lait de chamelle

1.3.1. Caractères physiques et organoleptiques

Le lait de chamelle est de couleur blanche, en raison notamment de la structure et de la composition de sa matière grasse, relativement pauvre en β -carotène (SAWAYA *et al*, 1984). Il est légèrement sucré, avec un goût acide, parfois même salé (ABDEL-RAHIM, 1987) et/ou amère (RAMET, 2003). Cette variabilité dans le goût est liée au type de fourrage ingéré ainsi qu'à la disponibilité en eau (YAGIL et ETZION, 1980a ; WANGOHO *et al*, 1998 b).

Le pH du lait camelin se situe autour de 6,6 et l'acidité est de l'ordre de 15° Dornic. Sa densité oscille entre 0,99 et 1,034 avec une viscosité moyenne de 2,2 centipoises (HASSAN *et al*, 1987) et un point de congélation variant de -0,53 à -0,61°C.

Les fluctuations qui existent dans les valeurs des constantes physico-chimiques rapportées par différents auteurs sont liées aux teneurs variables des différents composants de ce lait (MEHAIA *et al*, 1995 ; WANGOHO *et al*, 1998b), elles mêmes dépendantes des facteurs mentionnés plus haut : alimentation, rang et stade de lactation...etc.

1.3.2. Composition chimique

La composition chimique globale du lait de chamelle (Tableau I), même si elle fluctue selon les auteurs (donc selon les animaux et l'environnement considéré), montre néanmoins des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose) avec des proportions similaires à celles présentes dans le lait de vache.

Les teneurs en protéines et en matière grasse varient respectivement de 2,5 à 4% et de 1,1 à 4,6% (avec une fréquence élevée à des taux supérieurs à 3%), alors que la teneur en lactose fluctue entre 2,5 et 5,6%.

Les concentrations élevées observées pour ce dernier nutriment expliqueraient la saveur parfois sucrée du lait de chamelle rapportée par plusieurs auteurs (GNAN et SHEREHA, 1986 ; BAYOUMI, 1990).

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 chameles 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.

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

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

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 RÖEGG, 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	MEHALA, 1993a
	87,8	12,1	4,9	3,2	3,2	ABU-LEHIA, 1994
	87,3	12,6	4,5	3,4	3,3	KAMOUM, 1994
	86,9	13,1	4,9	4,6	3,0	LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1994
	90,5	9,5	3,7	3,0	2,7	ZIA-UR-RAHMAN et STRATEN, 1994
90,0	10,0	2,5	3,3	3,3	GORBAN et IZZELDIN, 1997	
Lait de vache	87,0 - 87,5	12,5 - 13,0	4,8 - 5,0	3,4 - 4,4	2,9 - 3,5	MIETTON <i>et al</i> , 1994

N.B : EST = matière sèche totale - MG = matière grasse

Tableau I : Composition chimique globale (%) du lait de chamelle selon différents auteurs ; comparaison avec le lait de vache.

Le lait de chamelle se singularise par sa richesse relative en vitamines B3 (niacine) et en vitamine C (Tableau III). Même si des variations importantes (de 25 à 60 mg/l) de la teneur

de cette dernière dans les laits camelin sont rapportés (FARAH, 1993), il n'en demeure pas moins que les teneurs signalées (autour de 36 mg/l selon FARAH *et al*, 1992) sont en moyenne 3 fois plus élevées que celles présentes dans le lait bovin, qui ne dépassent pas 22 mg/l selon MATHIEU (1998). Cette caractéristique est particulièrement intéressante, car elle permet au lait de cette espèce, par son apport important en cette vitamine, de répondre aux besoins nutritionnels, aussi bien du jeune chamelon que des populations locales, qui vivent dans un environnement où l'apport en ce type de vitamine est particulièrement limité.

FARAH (1993) signale que le lait camelin contient des teneurs plus faibles en vitamines A et E et en certaines vitamines du groupe B (vitamine B2, B5 et B9).

Tableau II : Composition en sels minéraux (mg/l) du lait de chamelle (selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache.

Origine du lait	Ca	Mg	P	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn	I	Pb	Ré
Lait de Chamelle	1060	120	630	690	1560	2,6	4,4	1,6	0,2	--	--	YA
	1078	122	641	702	1586	2,64	4,47	1,63	0,20	--	--	SA
	1310	140	510	270	450	0,4	0,1	0,02	--	--	--	GM
	1160	80	710	360	620	--	--	--	--	--	--	HA
	300	45	--	431	725	2,8	--	--	--	--	1,8	EL
	1462	108	784	902	2110	3,4	2,9	0,1	2,0	0,1	--	BE
	1180	125	889	688	1464	2,34	6,00	1,42	0,80	--	--	ME
	1182	74	769	581	1704	1,3	5	--	0,1	--	--	GC
	1230	90	1020	660	1720	--	--	--	--	--	--	AT
Lait de Vache	°1000-1500	150-150	750-1200	950-1000	200-1800	20-0,2	0,5-5,0	0,02-0,15	0,03-0,5	0,01-0,04	0,04-0,09	

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

Sont soulignées les valeurs extrêmes.

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
B ₁ (Thiamine)	330	-	--	800	280-900
B ₂ (Riboflavine)	416	570	--	800	1200-2000
B ₃ (Niacine)	4610	-	--	4600	500-800
B ₅ (Acide pantothénique)	880	-	--	880	2600-4500
B ₆ (Pyridoxine)	523	-	--	520	400-630
B ₁₂ (Cobalamine)	1,5	-	--	2	2-7
B ₉ (Acide folique)	4,1	-	--	4	10-100
E (Tocophérol)	-	560	--	530	100-200
C (Acide ascorbique)*	24	37	25	24-36	3-23

N.B(°) : non déterminé, (*) : en mg/kg

Tableau III : Composition en vitamines (µg/kg) du lait de chamelle, (selon différents auteurs) ; comparaison avec le lait de vache

1.3.3. La matière grasse

La matière grasse laitière qui représente une source importante d'énergie, est constituée essentiellement de lipides et de substances lipoïdiques. Néanmoins des composés protéiques sont présents dans la membrane du globule gras. Elle constitue également, un apport important en acides gras essentiels et en vitamines liposolubles.

Les quelques études consacrées à cette matière ont mis en évidence son apport quantitatif et qualitatif (GLASS *et al*, 1967 ; HAGRASS *et al*, 1987).

Néanmoins, pour ce dernier volet, la composition et les propriétés physico-chimiques et structurales de cette matière lipidique n'ont fait l'objet que de quelques investigations limitées.

1.3.3.1. Nature des lipides

Les travaux de MORRISON (1968) et plus tard de GORBAN et IZZELDIN (1999 et 2001) ont montré qu'il y a une prédominance des lipides simples sur les lipides complexes. Les triglycérides représentent 96% des lipides totaux et parmi les stérides, les esters de cholestérol se trouvent à une concentration de 9,98 mg/100 g.

Parmi les lipides complexes, les phospholipides dans le lait camelin se composent d'acides gras renfermant en majorité plus de deux insaturations et correspondant à de longues chaînes d'atomes de carbone. Notons que les acides gras saturés représentent environ 52% des esters de cholestérol. L'acide palmitique y est prépondérant (18,4%) (GORBAN et IZZELDIN, 1999).

Cette composition lipidique se traduit par un comportement assez singulier du beurre camelin face aux variations de la température, dans la mesure où sa fusion commence à 26 °C et elle est totale aux environs de 43 °C (25 °C et 37 °C, respectivement pour le beurre bovin).

1.3.3.2. Les acides gras

Dans le lait camelin, les acides gras saturés (qui prédominent sur les insaturés) sont représentés principalement par les acides palmitique et stéarique alors que les acides gras à courtes chaînes sont relativement peu présents (Tableau IV).

Cette distribution particulière expliquerait pour une grande part la richesse de ce lait en lipides à haut point de fusion, donc en corps gras solides à température ambiante (25 °C), comme cela est rapporté par RÜEGG et FARAH (1991).

Signalons que la matière grasse cameline est plus riche que celle du bovin en acides linoléique et palmitoléique

Catégorie	Nom commun	Formule abrégée	PF (°C)	% des Acides gras totaux				Etat physique à 20 °C
				Lait de chamelle			Lait de vache	
				SAWANA <i>et al.</i> 1984	ABU, LEHIA, 1989	FARAH <i>et al.</i> 1989	ALAIS et LINDEN, 1997	
Acides gras Saturés	Butyrique	C ₄ :0	-8	40,1	--	0,6	3-4	L
	Caproïque	C ₆ :0	-3,5	0,2	--	0,4	2-5	L
	Caprylique	C ₈ :0	+16,5	0,2	0,1	0,2	1-1,5	S/L
	Caprique	C ₁₀ :0	+31,5	0,2	0,1	0,9	2,0	S
	Laurique	C ₁₂ :0	+43,5	0,9	0,7	0,8	3,0	S
	Myristique	C ₁₄ :0	+54	11,4	10,1	12,5	11,0	S
	Palmitique	C ₁₆ :0	+63	26,7	26,6	31,5	25-30	S
	Stéarique	C ₁₈ :0	+70	11,1	12,2	12,5	13,0	S
	Arachidique	C ₂₀ :0	+75	0,6	0,6	1,03	0,2	S
	Elaéostéarique	C ₂₂ :0	+80	0,2	0,08	--	--	--
	Lignocérique	C ₂₄ :0	+84	0,1	--	--	--	--
Acides gras monoinsaturés	Laurooléique	C ₁₂ :1	198	0,1 ^(*)	--	--	--	--
	Myristoléique	C ₁₄ :1	-4,5	1,6	1,9	1,1	--	--
	Palmitoléique	C ₁₆ :1	+1,5	11,0	10,4	9,4	2,0	L
	Oléique	C ₁₈ :1	+13,5	25,5	26,3	19,1	23	L/S
Acides gras polyinsaturés	Linoléique	C ₁₈ :2	-5	3,6	2,9	3,4	2,0	L
	Linoléique	C ₁₈ :3	-11	3,5	1,4	1,4	0,5	L
	Arachidonique	C ₂₀ :4	-45,5	0,4	--	--	0,2	L

Légende : PF : point de fusion ; L : liquide ; S : solide ; (-) : non déterminé ;

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

(*) : selon LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994)

1.3.3.3. Le globule gras

La matière grasse du lait de chamelle est de couleur blanche du fait de sa faible teneur en β -carotène ou provitamine A (WILSON, 1988) et est dispersée dans le lait sous forme de globules de diamètres variables, qui, selon FARAH et RÜEGG (1991), coalescent en surface dans un lait laissé au repos, plus lentement en donnant une séparation beaucoup moins complète et un taux d'écémage gravimétrique faible, comparativement au lait bovin.

Ces auteurs incombent à ce comportement le fait que le lait de chamelle soit déficient en protéine dénommée "agglutinine" qui aurait la propriété de s'adsorber aux globules gras à basse température (< 8°C) et faciliterait leur rapprochement

En revanche d'autres travaux (GOUDA *et al.*, 1984 ; KNOESS *et al.*, 1986 ; WAHBA *et al.*, 1988 ; FARAH et RÜEGG, 1991 et MEHAIA 1995) ont essayé d'établir une relation entre le diamètre des globules gras et le comportement gravimétrique de la matière grasse.

Ainsi, dans une étude portant sur l'évaluation du diamètre du globule gras et sa distribution statistique dans le lait, MEHAIA (1995), relève que la fréquence de globulesgras à faibles diamètres est plus élevée chez le camelin, comparativement au bovin. Cet auteur soutient que c'est plutôt cette dernière différence qui expliquerait justement le faible taux d'écémage par gravimétrie obtenu avec le lait camelin par FARAH et RÜEGG (1991).

MEHAIA (1995) montre à cet effet que le diamètre des globules gras varie de 1,5 à 9 μ m pour les globules gras camelin, caprin et ovin et 3 à 6 μ m pour ceux issus du lait bovin

1.3.4. La fraction azotée

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

Origine du lait	% de l'azote total			Références
	azote caséinique	azote sérique	azote non protéique	
chamelle	74	21	5	URBISINOV <i>et al</i> (1981)
	76	17	7	FARAH et RUBOG (1989)
	72	22	6	ABU-LEHIA (1987)
	71	23	6	BAYDOUMI (1990)
	--	--	10,1	MEHAIA et ALKANHAL (1992)
vache	77-78	17-18	5-6	MIETTON <i>et al</i> (1994)

Tableau V : Répartition des différentes formes d'azote dans le lait de chamelle ; comparaison avec le lait de vache

1.3.4.1. L'azote non protéique

Sa teneur, qui représente 5 à 10%, est environ deux fois plus élevée que celle généralement retrouvée dans le lait de vache.

Cette fraction est caractérisée par une haute valeur biologique qui est due à sa richesse en acides aminés libres, en nucléotides et certains précurseurs de vitamines ainsi que des peptides, de l'acide urique, urée et créatine...etc.

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

1.3.4.2. L'azote protéique

Cette fraction représente 90 à 95 % de l'azote total du lait de chamelle (contre 94 – 95 % pour le lait de référence). Elle contient aussi bien les protéines micellaires (ou caséines, environ 75%) que et les protéines sériques (25%). Comme précisé, cette fraction constitue une partie importante de notre étude, nous ferons dans ce qui suit un point des connaissances relatives à ces macromolécules d'intérêt dans le cas du lait camelin.

1.3.5. Les protéines camelines

De part leur apport nutritionnel (source d'acides aminés essentiels) et leurs propriétés techno-fonctionnelles particulières, les protéines du lait revêtent une importance considérable au double plan quantitatif et qualitatif.

La teneur moyenne en protéines dans le lait de chamelle est comparable à celle du lait bovin (autour de 33g/l). La composition en acides aminés de ces protéines est aussi très similaire à celle rapportée dans le lait de référence (SAWAYA *et al*, 1984 ; MEHAIA et ALKANHAL, 1989).

Selon leur solubilité en milieu acide, ces protéines se répartissent comme pour les laits d'autres espèces, en deux fractions : les caséines et les protéines du lactosérum (albumines et globulines). Les premières précipitent à leur pH isoélectrique se situant à 4,3 (WANGOH *et al*, 1998 a) alors que les autres restent solubles dans cette zone de pH considérée.

1.3.5.1. Les caséines

Les caséines camelines sont également des phosphoprotéines représentant la fraction protéique la plus abondante du lait camelin à savoir 73 à 81% des protéines totales contre une teneur moyenne de 83% (fig1) dans le lait bovin (SOOD et SIDHU, 1979 ; MEHAIA *et al*, 1995).

Cette fraction a été caractérisée, notamment par les travaux de SOOD et SIDHU (1979) qui se sont intéressés à la composition en calcium et phosphore des caséines, à leur niveau d'hydratation, à leur voluminosité et leur viscosité ainsi que leur sensibilité à la chaleur. PANT et CHANDRA (1980) ont mis en évidence l'existence dans le lait camelin de protéines homologues aux caséines α_1 et α_2 bovines.

L'aspect micellaire, le diamètre des micelles et sa distribution ont fait l'objet par la suite de plusieurs travaux (MEHAIA et CHERYAN, 1983 ; GOUDA *et al*, 1984 ; ALI et ROBINSON, 1985 ; FARAH et RÜEGG, 1989). Il se dégage des travaux de ATTIA *et al* (2000) et de KHEROUATOU *et al* (2003a), qui ont considéré les facteurs liés à la répartition des constituants de la micelle, selon les phases solubles et micellaires, le niveau d'hydratation des micelles et leur voluminosité, que l'organisation de la micelle de caséine cameline est compatible avec le modèle moléculaire proposé par SCHMIDT (1980) (fig2).

Ces auteurs, en étudiant la variation de l'état de la micelle de caséines au cours de l'acidification du lait, concluent que la déminéralisation maximale de la micelle survient à un pH plus bas (4,3) que celui des caséines bovines (4,6). Ce qui était d'ailleurs prédictible à partir des résultats de WANGOH *et al* (1998 a).

D'autres investigations ont porté aussi sur cette fraction et ont essayé de mieux la caractériser. Nous citerons FARAH et FARAH-RIESEN, 1985 ; LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1986 ; MEHAIA, 1987 a, b et c ; MEHAIA *et al*, 1988 ; JARDALI et RAMET, 1991 ; MOHAMED et LARSON-RAZNIKIEWICZ, 1991 ; OCHIRKHUYAG *et al*, 1997 ; KAPPELER *et al*, 1998 ; ATTIA *et al*, 2000 et enfin KHEROUATOU *et al*, 2003b.

Notons que le diamètre des micelles (260 à 300 nm) est en moyenne nettement supérieur à celui de leur homologues du lait de vache (100 – 140 nm) (ALI et ROBINSON, 1985 ; FARAH et RÜEGG, 1989 ; JARDALI et RAMET, 1991).

1.3.5.1.1. Composition

La teneur en calcium est évaluée à 42-44mg/g de caséine selon SOOD et SIDHU (1979) ainsi que ATTIA *et al* (2000). Cette teneur est pratiquement le double de celle rencontrée dans les micelles de lait bovin. La teneur en phosphore est variable selon ces auteurs. Elle est de l'ordre de 18,7mg/g pour ATTIA *et al* (2000) et 36,8 mg/g pour SOOD et SIDHU (1979).

Les protéines homologues aux caséines α_1 , α_2 , β et κ bovines, ont été isolées, purifiées et caractérisées (FARAH et FARAH-RIESEN, 1985 ; LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1986 ; OCHIRKHUYAG *et al*, 1997 ; KAPPELER *et al* 1998). Leur composition en acides aminés ont été déterminées (LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED, 1986 ; OCHIRKHUYAG *et al*, 1997), ainsi que leurs séquences primaires (KAPPELER *et al*, 1998) (fig 3 et 4).

Ces travaux ont montré que globalement les proportions sont similaires à celles rencontrées dans le lait bovin à l'exception de la caséine α_1 qui semble se retrouver à des teneurs deux fois plus faibles dans la caséine cameline (Tableau VI).

1.3.5.1.2. Structure

Les caséines α_S1 , α_S2 , β et κ camelines présentent globalement les mêmes caractères généraux rencontrés dans le lait bovin à savoir un caractère acide marqué (teneurs élevées en GLU), la présence de résidus phosphoséryl (en nombre variable selon la protéine considérée) et de résidus glucidiques pour la κ -caséine (fig 3 et 4), une forte proportion de résidus apolaires répartis de façon non uniforme le long des chaînes peptidiques et un polymorphisme génétique, établi notamment pour la caséine α_S1 (KAPPELER *et al* 1998). Ces protéines présentent toutefois quelques différences répertoriées sur le tableau VI. La comparaison des 20 résidus d'acides aminés de la région N-terminal des caséines α_S2 et \square camelines étudiées par OCHIRKHUYAG *et al* (1997) et KAPPELER *et al* (1998), montre que celles-ci diffèrent par 5 résidus, suggérant ainsi que ces protéines aussi, dans le cas de la chamelle, existeraient au moins sous forme de deux variants génétiques.

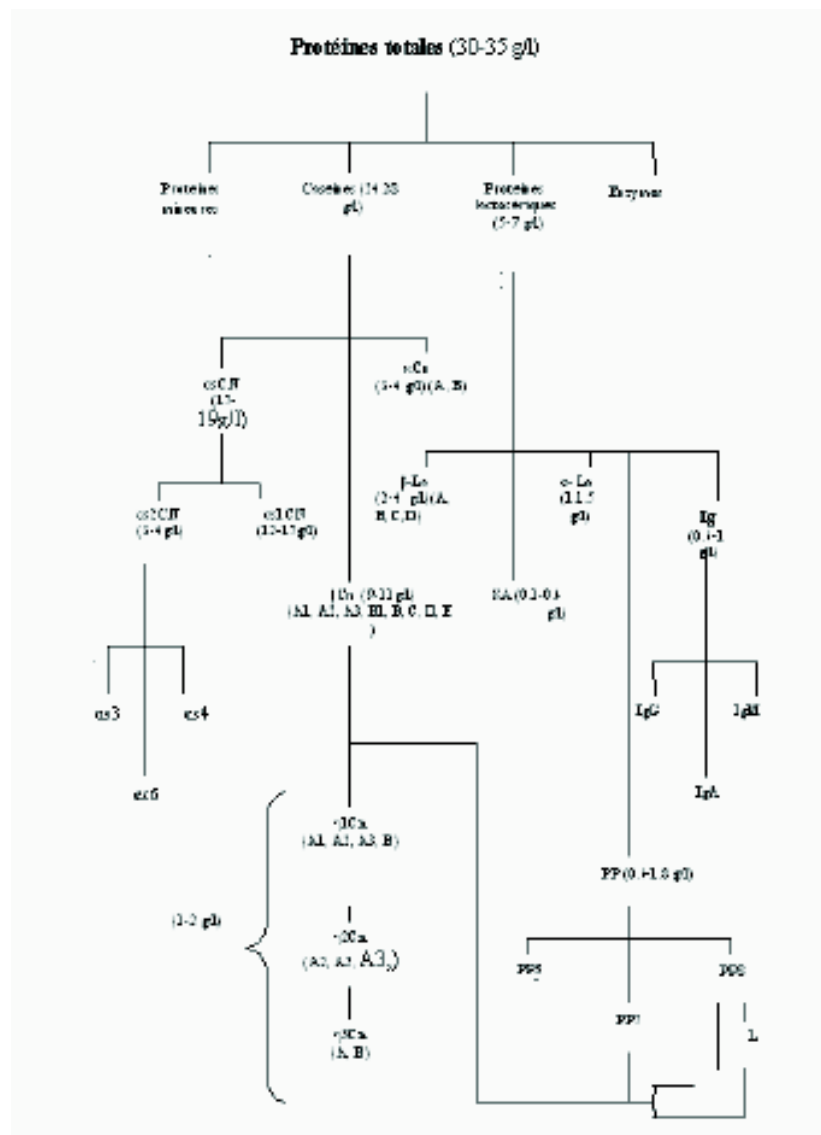


Figure 1 : Composition de la fraction protéique du lait de vache d'après SWAÏSGOOD (1982)

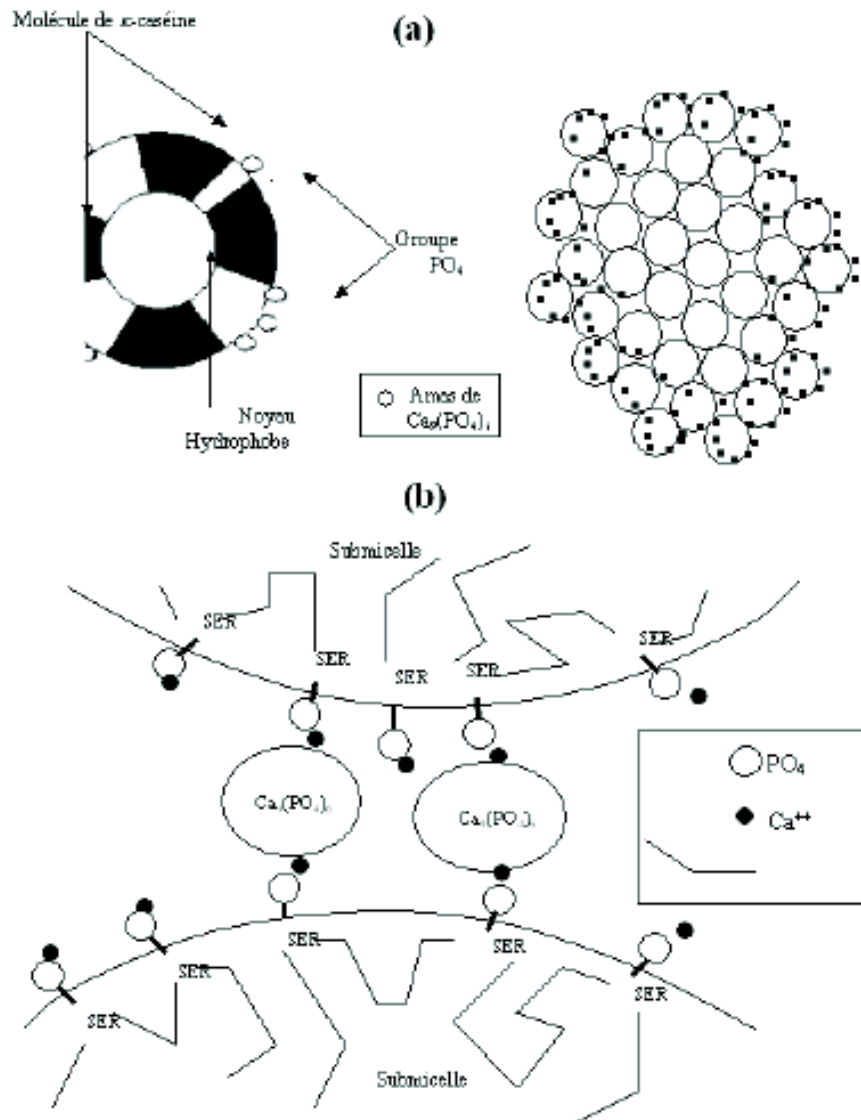


schéma de pontage de deux submicelles par le phosphate de calcium.

Glu-	Val-	Glu-	Asp-	Gln-	Gln-	Gln-	Pro-	Thr-	10	Pro-	Glu-	Lys-	Val-	Glu-	Arg-	Leu-	Leu-	Asp-	20
Lys-	Thr-	Val-	Lys-	Tyr-	Ile-	Pro-	Ile-	Gln-	30	Val-	Gln-	Ser-	Arg-	Tyr-	Pro-	Ser-	Tyr-	Gly-	40
Asn-	Tyr-	Tyr-	Gln-	His-	Asn-	Leu-	Ala-	Val-	50	Ile-	Asn-	Asn-	Gln-	Pro-	Glu-	Cys-	Gln-	Ala-	60
Tyr-	Ala-	Lys-	Pro-	Val-	Ala-	Ile-	Arg-	Leu-	70	Ala-	Gln-	Leu-	Pro-	Glu-	Cys-	Gln-	Ala-	Leu-	80
Asn-	Ile-	Asp-	Pro-	Ile-	Thr-	Val-	Glu-	Arg-	90	Pro-	Arg-	Pro-	Arg-	Pro-	Sar-	Ile-	Ile-	Ala-	100
Pro-	Pro-	Lys-	Lys-	<u>Thr</u>	Gln-	Asp-	Lys-	<u>Thr</u>	110	Val-	Asn-	Pro-	Ala-	Ile-	Asn-	Thr-	Val-	Ala-	120
Glu-	Pro-	Pro-	Val-	Ile-	Pro-	Thr-	Ala-	Glu-	130	Ala-	Val-	Asn-	Thr-	Val-	Val-	Ile-	Ala-	Glu-	140
Ser-P	Ser-	Glu-	Pro-	Ile-	Thr-	Thr-	Ser-	<u>Thr</u>	150	Pro-	Glu-	<u>Thr</u>	<u>Thr</u>	Thr-	Val-	Gln-	Ile-	Thr-	160
Glu-	Ile								162										169

↙ : sites possibles de glycosylation ↘ : site d'arrasé par le chymotrypsine

Figure 3: Séquence primaire de la caséine α-cameline (d'après KAPPELLER et al, 1998)



Figure 4: Séquence primaire de la caséine β -B bovine (d'après MERCIER et al, 1973 ; cités par EIGEL et al, 1984)

Paramètres	Caséine α_{S1}		Caséine α_{S2}		Caséine β		Caséine κ	
	LC	LV	LC	LV	LC	LV	LC	LV
Proportion dans les caséines totales	22-38 (a)	36	9,5-21 (a)	10	28-65 (a)	34	3,5-5 (a)	13
Résidus d'acides aminés	207 (b)	199	178 (b)	207	217 (b)	209	162 (b)	169
Poids moléculaire (Da)	24755-35500 (a)	23600	21993-26300 (a)	25250	24900-32000 (a)	24000	22294-22987 (a)	19000
Point isoélectrique	4,41 (b)	4,26	4,58 (b)	4,78	4,76 (b)	4,49	4,11 (b)	3,97
Résidus cystéine	0	0	2	2	0	0	2	2
Groupements phosphoséryls	6 (b)	8	9 (b)	10	4 (b)	5	1 (b)	1
Résidus proline	19	17	8	10	35	35	22	20
Acides aminés Acides	38	31	26	19	22	22	14	17
Acides aminés Basiques	30	25	27	33	21	20	17	17
Présence de Glucides	0	0	0	0	0	0	oui (c)	oui
Similitude de structure (%)	39 (b)		56 (b)		64 (b)		56 (b)	

Légende : LC : lait de chamelle ; LV : lait de vache ;
 (a) : selon JARDALI et RAMET (1991), OCHIRKHUYAG et al (1997) et KAPPELER et al (1998) ;
 (b) : selon KAPPELER et al (1998) ;
 (c) : selon BAER et al (1994) ;
 (d) : selon LE BARS et GRIPON (1989 et 1993), TRUJILLO et al (1998) ;
 (*) : données pour les variants α_{S1} - B, α_{S2} - A, β - A² et κ - B bovina, d'après EIGEL et al, 1984.

Tableau VI : Tableau récapitulatif de quelques paramètres physico-chimiques des principales caséines camelines et bovines. (*)

1.3.5.2. Les protéines du lactosérum

Les lactoséroprotéines camelines représentent 18,5 à 27 % des protéines totales (SOOD et SIDHU, 1979 ; MEHAIA *et al*, 1995). A l'exception de la β -Lactoglobuline, des homologues à l' α -Lactalbumine, l'Albumine sérique bovine, les Immunoglobulines, les Protéose-peptones, la Lactoferrine, la Lactopéroxydase et le Lysozyme du lait bovin, ont été isolées, identifiées et caractérisées (BEG *et al*, 1985 ; CONTI *et al*, 1985 ; FARAH, 1986 ; DUHAIMAN, 1988 ; EL-AGAMY *et al*, 1992 et 1996 ; OCHIRKHUYAG *et al*, 1998 ; KAPPELER *et al*, 1999 a et b ; EL-AGAMY, 2000a ; GIRARDET *et al*, 2000).

Quatre autres protéines, n'ayant aucun homologue dans le lait bovin, ont été isolées et caractérisées (BEG *et al*, 1984 ; 1986 a et b, 1987).

Concernant la β -Lactoglobuline, qui est la protéine majoritaire dans le sérum du lait de la plupart des espèces laitières, elle semble absente (ou peu présente) dans le lait humain et camelin. En effet, en dehors de LIBERATORI *et al* (1979) qui avaient mis en évidence sa présence dans le lait camelin, les autres auteurs concluent plutôt à l'absence de cette protéine dans le lait de chamelle (FARAH, 1993 ; OCHIRKHUYAG *et al*, 1998, KONTOPIDIS, 2002 ; SMAIL *et al*, 2002).

L' α -Lactalbumine existerait sous forme de deux variants génétiques (CONTI *et al*, 1985 ; OCHIRKHUYAG *et al*, 1998). Selon KAPPELER (1998), sa concentration est de 7,2 g/l. Sa séquence complète en acides aminés a été déterminée (BEG *et al*, 1985) et différerait de son homologue bovin par 39 résidus d'acides aminés, soit une homologie de 68,3%. La molécule est composée de 123 résidus d'acides aminés pour un PM de 14 000 Da (14 200 Da pour l' α -La bovine).

Des Immunoglobulines du lait de chamelle ont été isolées et caractérisées : IgG, IgM, IgA avec une prédominance de la classe G composée par plusieurs sous classes (EL-AGAMY *et al*, 1996 ; EL-AGAMY, 2000a).

Dans ce cadre, une étude portant sur l'activité antivirale et antibactérienne du lait de chamelle a révélé que les Immunoglobulines ont un faible effet contre les bactéries mais une activité antivirale élevée notamment contre les rotavirus (EL-AGAMY *et al*, 1992).

La fraction Protéose-peptones, a été souvent étudiée dans le lait bovin (PAQUET, 1989) et caractérisée aussi dans les laits ovin et caprin (MATI *et al*, 1991). Les composants 5 et 8 de ces protéines, malgré des propriétés fonctionnelles intéressantes (PAQUET, 1986 ; INNOCENTE *et al*, 2002) n'ont pas été mis en évidence dans le lait camelin.

Par contre dans ce lait, un homologue au composant-3 des Protéose-peptones (PP3) du lait bovin connu également sous le nom de lactophorine, qui est une phosphoglycoprotéine de 135 acides aminés (SORENSEN et PETERSON, 1993), présente à l'état native dans le sérum, a été aussi isolé, caractérisé et sa séquence en acides aminés déterminée (KAPPELER *et al*, 1999 a ; GIRARDET *et al*, 2000). Ce composant présente deux variants génétiques A et B qui ont respectivement 137 et 122 résidus d'acides aminés et des PM estimés respectivement à 15 442 et 13 661 Da. Les deux variants possèdent 5 résidus phosphorylés, mais le premier se distingue par sa nature plus acide (KAPPELER *et al*, 1999 a). La structure primaire du variant A présente un pourcentage d'homologie appréciable (60%) par rapport à la protéine séquencée dans le lait bovin. De même, ce composant se trouverait au niveau du lait camelin à une teneur nettement plus élevée que celle rencontrée pour le PP3 bovin (1.1 contre 0.3 g/l, respectivement) (KAPPELER *et al*, 1999 a ; GIRARDET *et al*, 2000).

Notons que de nombreuses propriétés ont été décrites pour le PP3 ou la fraction hydrophobe qui le contient (GIRARDET et LINDEN, 1995), dont notamment son aptitude à inhiber la lipolyse spontanée du lait (CARTIER *et al*, 1990) et à stimuler l'activité mitogénique des cellules d'hybridomes (MATI *et al*, 1993) et la croissance de souches de bifidobactéries (ETIENNE *et al*, 1994).

Un homologue à la Lactoferrine bovine a également été isolé et identifié dans le lait de chamelle (DUHAIMAN, 1988 ; EL-AGAMY *et al*, 1992 et 1996 ; KAPPELER *et al*, 1999 b).

Cette protéine basique (pHi égal à 8,14) se trouve à une teneur moyenne de 220 mg/l (soit le double de sa teneur dans le lait de vache) et a un PM estimé à 78 000 Da en électrophorèse (DUHAIMAN, 1988 ; EL-AGAMY *et al*, 1996) et à 80 000 Da par spectroscopie de masse (KAPPELER *et al*, 1999 b).

Cette protéine possède une action inhibitrice de la croissance de *Salmonella thyphimurium* (EL-AGAMY *et al*, 1992) ainsi qu'une stabilité à des pH bas et vis-à-vis des traitements thermiques (KAPPELER *et al*, 1998 ; EL-AGAMY, 2000a).

La Lactopéroxydase cameline, isolée par EL-AGAMY *et al* (1996), présente 95% d'homologie structurale avec son homologue bovin et un pHi de 8,63. Son PM se situe entre 69 500 et 78000 Da (contre 72 500 Da chez le bovin) pour un total de 612 résidus d'acides aminés, dont 15 résidus cystéine (EL-AGAMY *et al*, 1996 ; KAPPELER, 1998).

Cette protéine possède un effet bactéricide très prononcé contre les bactéries GRAM⁻ et un effet bactériostatique contre les bactéries GRAM⁺ (EL-AGAMY *et al*, 1992). De même, elle semble avoir une activité inhibitrice contre les virus et les moisissures (KAPPELER, 1998).

Quant au Lysozyme, il est présent dans le lait de chamelle à une teneur de 150 µg/l (environ le double de celle existant dans le lait bovin) (EL-AGAMY *et al*, 1996). Cependant, DUHAIMAN (1988), mentionne que le Lysozyme est présent dans le lait camelin à une teneur nettement plus élevée (en moyenne 3 mg/l). Cette protéine de 14 400 Da, présente une action lytique effective contre *Salmonella thyphimurium* mais non effective contre *Staphylococcus aureus* (EL-AGAMY *et al*, 1992 ; EL-AGAMY *et al*, 1996).

- une protéine de 14000 Da, riche en résidus cystéine et dont l'extrémité N-terminal présente une similitude de structure avec celle des caséines α et β camelines (BEG *et al*, 1984);
- une protéine de 117 résidus d'acides aminés, riche en cystéine et qui est homologue à une lactophosphoprotéine de rat ou à la neurophysine de souris (BEG *et al*, 1986 a);
- une protéine à caractère acide (KAPPELER, 1998) dénommée d'ailleurs "Whey Acidic Protein (WAP)". Cette dernière, de 12 564 Da, est constituée de 117 acides aminés avec 17 groupements thiols. Elle a un pHi de 4,7 et se trouverait dans le lait à une teneur de 157 mg/ml;
- une protéine dénommée "Novel Whey Protein (NWP)". Celle-ci possède 112 résidus d'acides aminés et a un PM évalué à 15000 Da (BEG *et al*, 1987). Selon GIRARDET *et al* (2000), la structure primaire de cette protéine ne diffère de celle du PP3 camelin que par une insertion entre les résidus Met₁ et Glu₁₂, suggérant que ces deux protéines sont l'expression d'un seul et même gène;
- une protéine de reconnaissance du peptidoglycane (PGRP) homologue à celle du lait humain. Elle est constituée de 172 résidus d'acides aminés et présente un PM de 19 110 Da (KAPPELER, 1998). Cette protéine, dont la teneur est estimée à 370 mg/l, est riche en arginine mais pauvre en lysine. Son point isoélectrique est très basique

(8,73). Elle présente également un grand pouvoir d'inhibition de la croissance des bactéries GRAM⁺ ainsi que d'autres germes pathogènes;

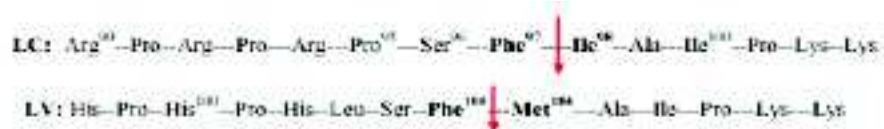
- enfin, une protéine d'environ 20 000 Da ayant un pHi basique et dénommée : "Camel Whey Basic Protein (CWBP)". Sa séquence N-terminal déterminée, par OCHIRKHUYAG *et al* (1998) ne semble pas présenter selon ces auteurs d'homologie avec une quelconque protéine laitière et non laitière;

1.3.6. Qualité microbiologique du lait camelin

1.3.7. Aptitude à la transformation technologique

1.3.7.1. Fabrication de la crème et du beurre

1.3.7.2. Fabrication de fromage



LC : lait de chamelle ; LV : lait de vache ;
 ↓ site préférentiel de coupure de la chymosine.

Figure 5 : Comparaison des régions de la caséine κ sensibles à la chymosine dans les laits de chamelle et de vache

(KAPPELER *et al*, 1998).

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Echantillons de lait

N° de l'échantillon	Période de collecte	Région	Race	Critères de distinction
E1	Janvier	Ouargla	Sahraoui	- animal médialigne - pelage foncé de couleur rouge mi-long
E2	Avril	Djelfa	Ouled-Sidi-Cheikh	- animal médialigne - pelage foncé mi-long
E3	Octobre	Illizi	Targui	- animal longligne - pelage clair de couleur blanche ou pie (blanc, noir)
E4	Février	Tamanrasset		- petite bosse rejetée vers l'arrière - petite queue

Tableau VII : Echantillons de laits de chamelles collectés.

2.1.2. Appareillage

2.1.2.1. Appareillage utilisé au laboratoire de Protection des Ecosystèmes

- centrifugeuses max. 12 000×g (SIGMA, France);
- rampe et matras de minéralisation d'azote (GERHARDT, Allemagne);
- distillateur d'azote (VELP SCIENTIFICA, Italie);
- lyophilisateur à plateau (CHRIST α 1-2 LD, Allemagne);
- spectrophotomètre UV-Visible (SCHIMADZU, Japon);
- étuve (Memmert GmbH, Allemagne);
- autoclave (SANOC LAV, France);
- Matériel de microbiologie divers (microscope optique (Marque ZEISS) doté d'un appareil photo et connecté à un microordinateur, loupe binoculaire (Marque ZEISS), compteur de colonies (marque S.SCH-TT);
- agitateur basculant (STUART, UK);
- agitateurs magnétiques de paillasse, chauffants et non chauffants (YELLOWLINE, Allemagne).

2.1.2.2. Matériel utilisé au laboratoire de microbiologie du CACQE de Ouargla :

- jarre d'anaérobiose;
- étuves bactériologiques;

- autoclave
- microscope optique.

2.1.2.3. Appareillage utilisé au laboratoire LABAB de l'Université M. Mammeri de Tizi Ouzou :

- unité d'électrophorèse sur mini-cuves verticales (Hoefler SE 200 et SE 280, U.S.A) comprenant : couleur de gels, cuves d'électrophorèse (dimensions 10 □ 8 cm et 10 □ 12 cm), générateur de courant (max : 250 V et 100 mA), plaques en verre et en hydroxyde d'alumine (10 □ 8 cm, 10 □ 12 cm), espaceurs d'épaisseurs variées (0,75 ; 1 ; 1,5 mm);
- unité de chromatographie liquide basse pression comprenant pompe péristaltique, cellule de détection UV, colonnes;
- spectrophotomètre UV-Visible (SCHIMADZU, Japon);
- dégazeur à ultrason (Ultra Sonik, U.S.A);
- évaporateur rotatif

2.1.2.4. Appareillage utilisé au laboratoire de Biosciences de l'Aliment (LBSA) Université Poincaré Nancy I- France:

2.1.3. Petit matériel

2.1.4. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique

- solvants (acide acétique, acide borique, acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide trichloracétique, éthanol, glycérol, hydroxyde de sodium, méthanol...);
- sels et tampons (acétate de zinc, azide de sodium, carbonate de sodium, chlorure de sodium, hexacyanoferrate de potassium, sulfate d'ammonium, sulfate de cuivre, sulfate de potassium, tartrate double de sodium et potassium, thiomersal, thymol, TRIS, urée, sulfate d'aluminium, sulfate de sodium, hydrogénophosphate de sodium);
- colorants et réactifs spécifiques (acrylamide, N,N'- méthylène - bis-acrylamide bleu de bromophénol, , bleu de Coomassie R250, 2-6-Dichlorophénol indophénol, Dodécyl sulfate de sodium, 2-mercaptoéthanol, persulfate d'ammonium, N, N, N', N'- tétraméthyléthylène diamine (TEMED), réactif de Folin-Ciocalteu, DEAE- cellulose...);
- matériel biologique : estomacs de dromadaires, protéines étalons (α -Lactalbumine, β -Lactoglobuline, Ovalbumine et Albumine sérique bovine), enzymes coagulantes (présure et pepsine commerciales bovines)

2.2. Méthodes

2.2.1. Collecte du lait

2.2.2. Enquête

2.2.2.1. Estimation des potentialités laitières des chameles de la population « Sahraoui » dans la région de Ouargla

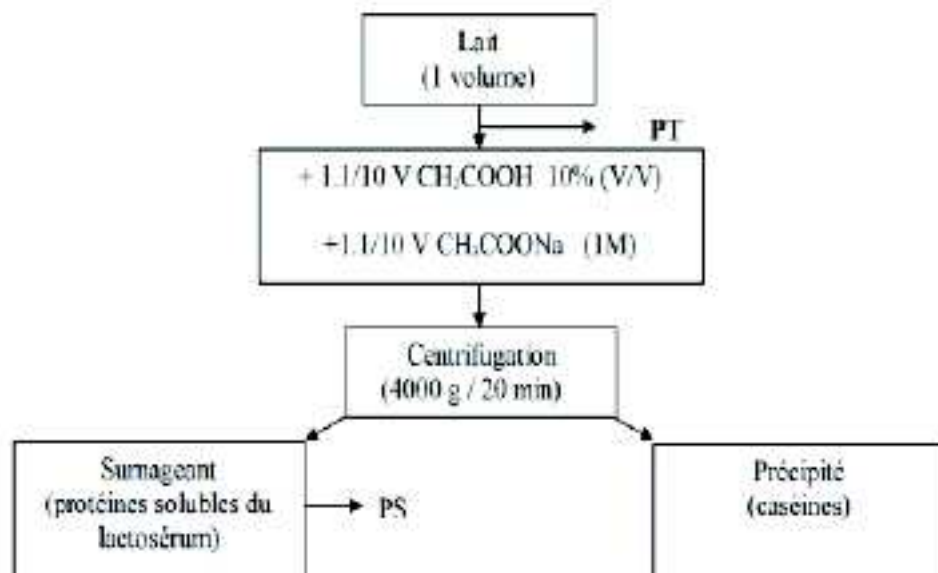
- production laitière journalière, production laitière au début, au milieu et en fin de lactation;
- pic de lactation;
- production laitière printanière;
- durée de lactation;
- modes d'utilisation du lait.

2.2.2.2 Traitement statistique des données relevées

2.2.3. Etude des caractéristiques du lait de chameles collecté

2.2.3.1. Analyses physico-chimiques

- la détermination du pH et le dosage de l'acidité Dornic avec une solution d'hydroxyde de sodium N/9 en présence de phénolphtaleine;
- la détermination de la densité à l'aide d'un lactodensimètre;
- la détermination de la matière sèche totale par dessiccation à l'étuve réglée à $103 \pm 2^\circ\text{C}$, après une évaporation de l'eau au moyen d'un bain marie bouillant;
- la détermination des cendres par incinération de la matière sèche du lait à une température de $530 \pm 20^\circ\text{C}$.



PT : détermination de la teneur en protéines totales
PS : détermination de la teneur en protéines sériques

Figure 6 :Etapes préconisées par PAQUET et al (1987) et modifiées, pour le dosage des protéines selon la méthode de Kjeldahl

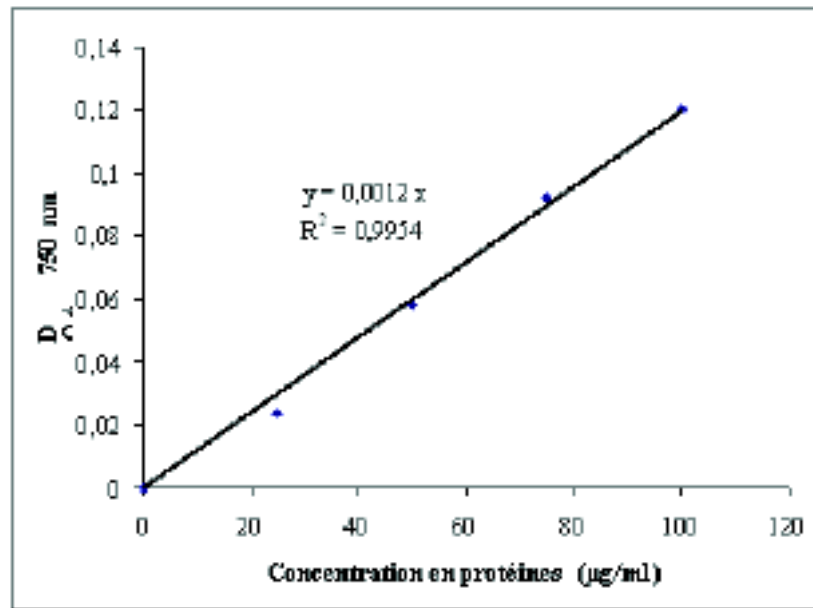


Figure 7 : Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al (1951). L'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine étalon ; R= coefficient de corrélation

2.2.3.2. Conditions d'obtention des extraits enzymatiques à partir des caillottes de dromadaires

2.2.3.3. Extraction des enzymes coagulantes

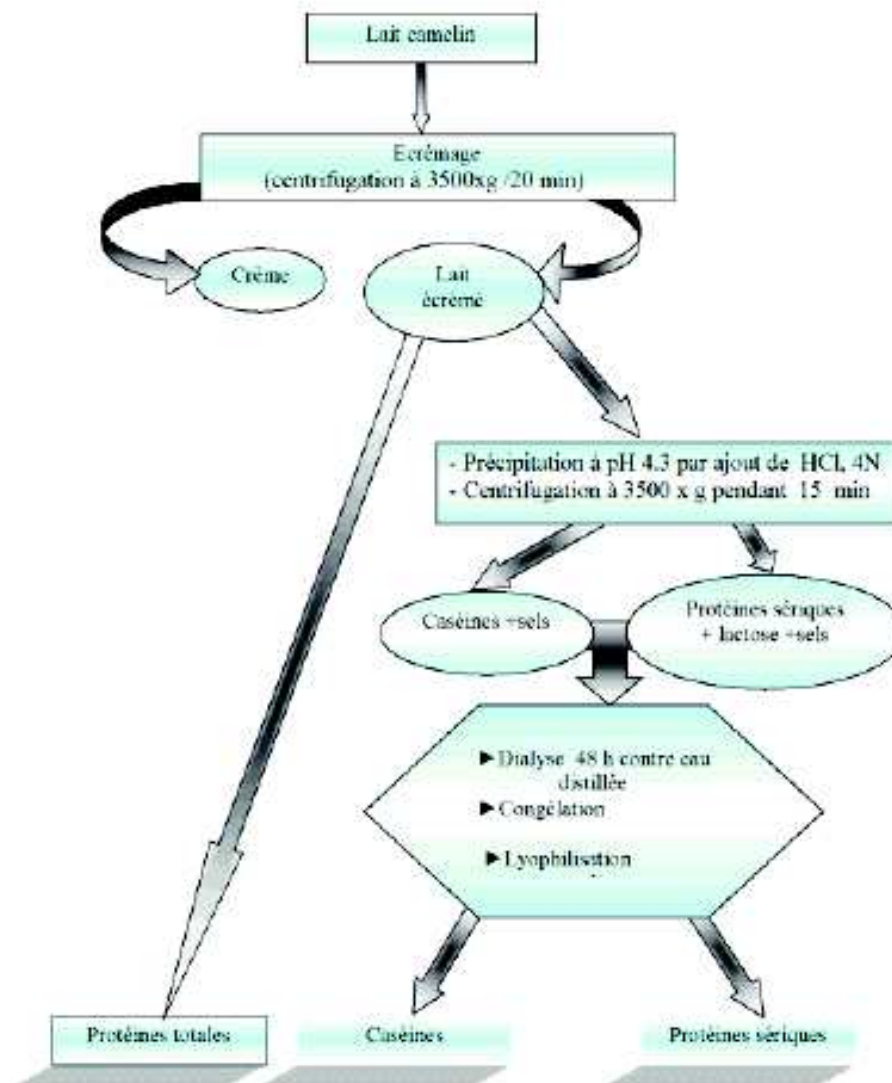


Figure 8 : Etapes suivies pour l'isolement des protéines totales, caséines et protéines sériques du lait de chamelle collecté

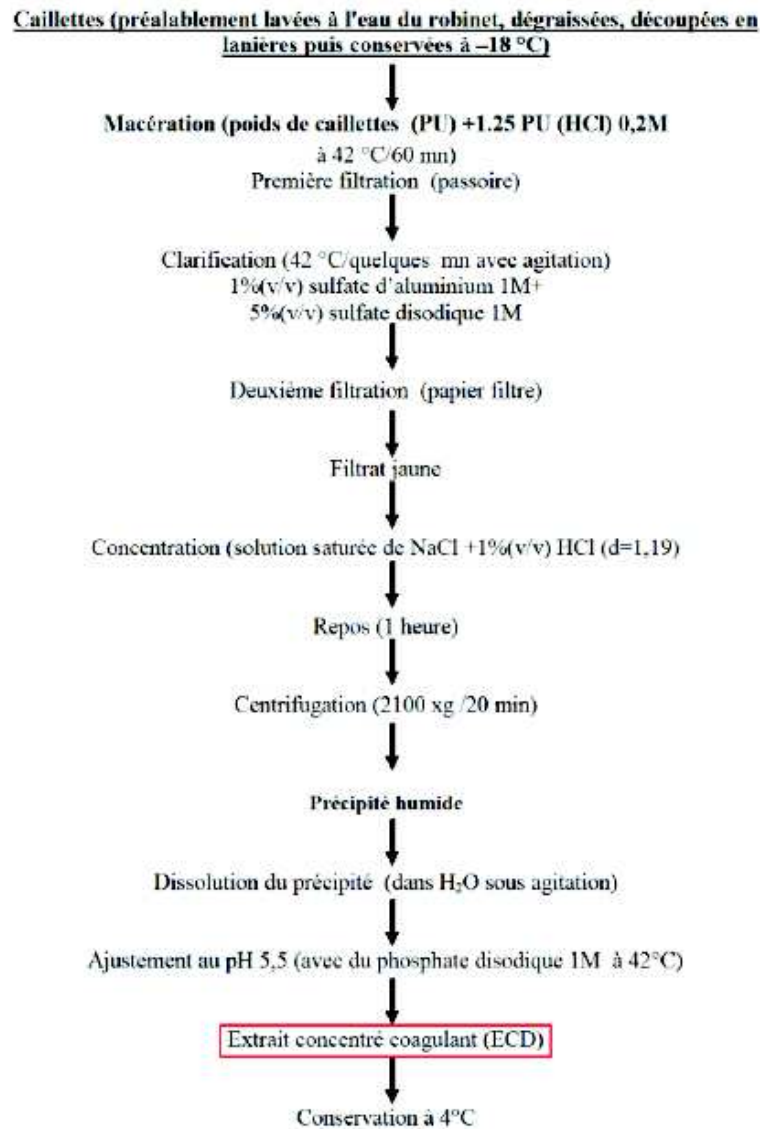


Figure 9 : Extraction des enzymes coagulantes à partir des caillettes de dromadaires en utilisant le protocole préconisé par VALLES et FURET (1977)

2.2.3.4. Caractérisation de l'activité des extraits coagulants de dromadaires

2.2.3.4.1. Activité coagulante

$$UP = \frac{10 \times V}{T \times Q}$$

- UP : unité présure
- V : volume de substrat standard utilisé
- Q : volume d'extrait coagulant
- Tc : temps de coagulation

2.2.3.4.2. Activité protéolytique

2.2.3.5. Coagulation enzymatique du lait de chamelle : essai d'utilisation de protéases d'extraits coagulants gastriques de dromadaires

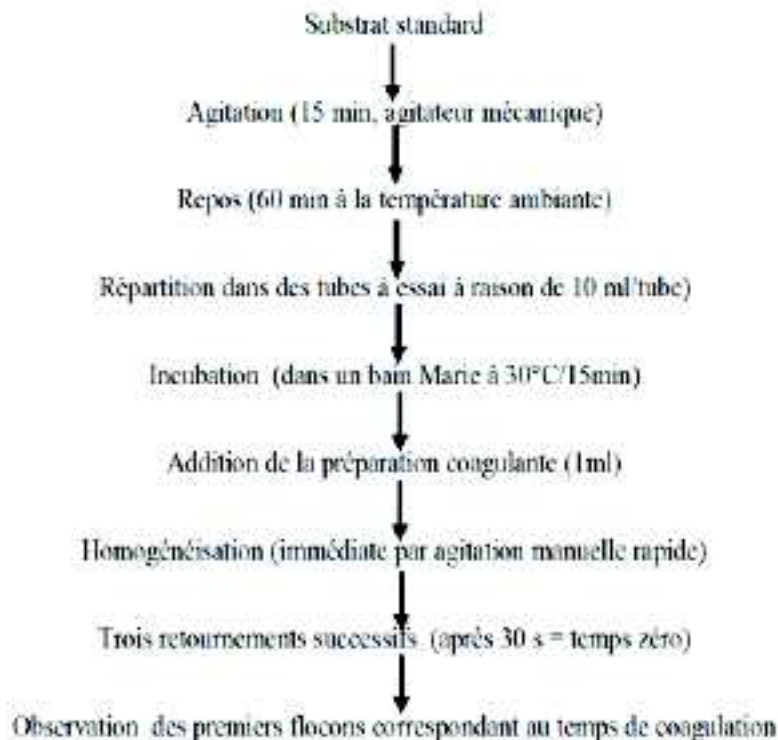


Figure 10 : Mesure du temps de coagulation du lait camelin par la méthode de BERRIDGE (1945), modifiée par COLLIN et al (1977), en utilisant les préparations enzymatiques extraites de caillettes de dromadaires

2.2.3.5.1. Etude de l'affinité des ECD pour les caséines camelines

2.2.3.5.2. Optimisation des conditions de l'activité enzymatique des extraits coagulants

2.2.3.5.2.1. Optimisation du pH

2.2.3.5.2.2. Optimisation de la température

2.2.3.6. Influence de la nature de la protéase gastrique

2.2.3.7. Purification de l'extrait coagulant (ECD) par chromatographie d'échange d'ions et sa caractérisation

2.2.3.7.1. Mesure du temps de coagulation

2.2.3.7.2. Optimisation de l'activité enzymatique de l'ECD purifié

2.2.3.8. Caractérisation électrophorétique des protéines du lait

2.2.3.8.1. Préparation des échantillons

2.2.3.8.2. Conditions de réalisation de l'électrophorèse

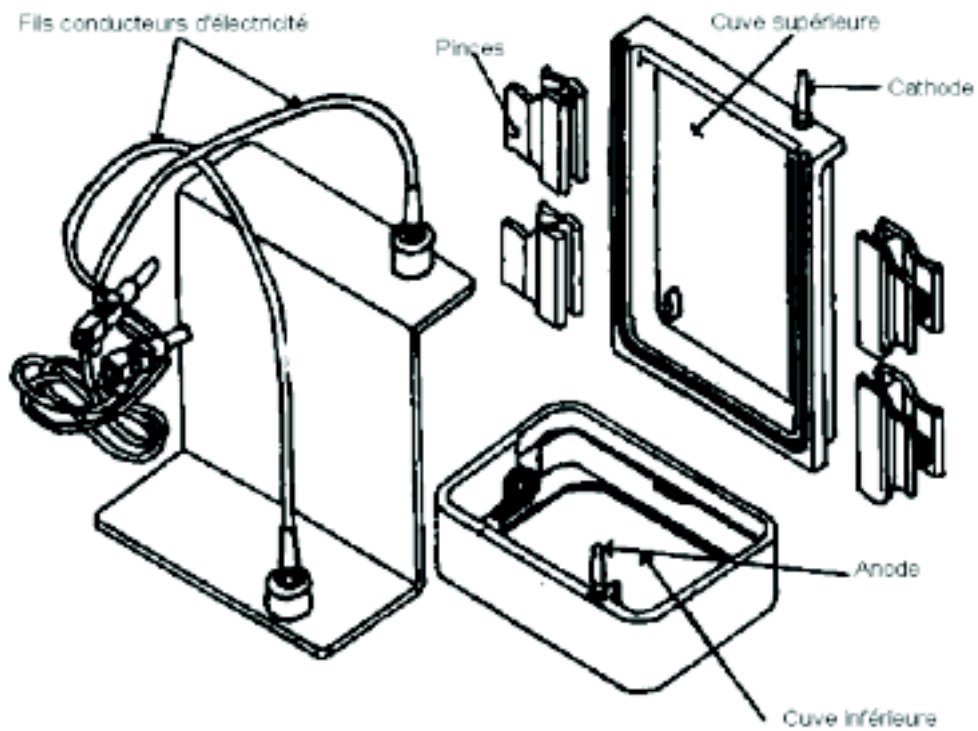


Figure 11 : Unité d'électrophorèse sur mini-cuve SE280

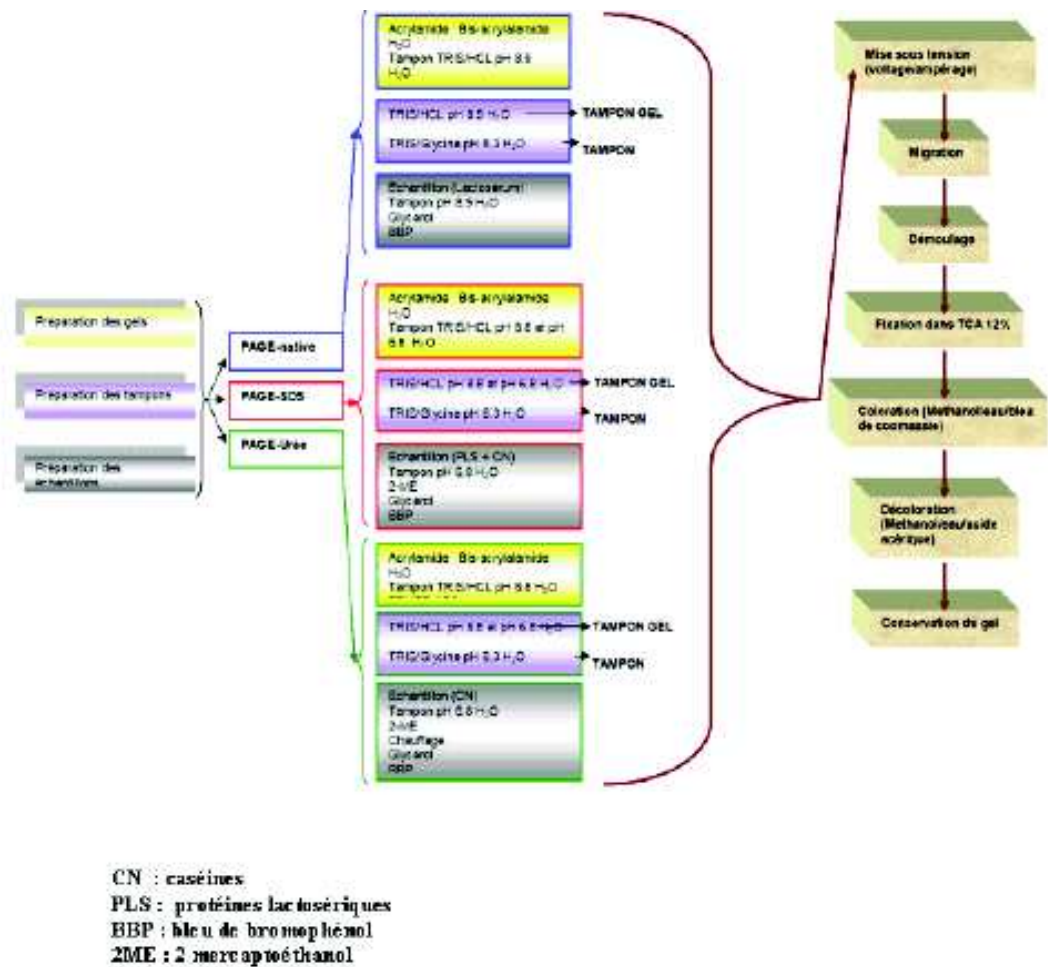


Figure 12 : Etapes nécessaires à la réalisation de l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide(PAGE) dans plusieurs conditions

2.2.3.8.2.1 Electrophorèse en conditions non dissociantes et non dénaturantes (PAGE –native)

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

2.2.3.8.2.3. Electrophorèse en milieu dissociant en présence d'urée (PAGE –urée)

2.2.3.8.2.4. Coloration des protéines

2.2.3.9. Isolement par FPLC du composant-3 des protéoses-peptones (PP3)

2.2.3.10. Qualité microbiologique et évolution au cours de l'entreposage à température ambiante.

2.2.3.10.1. Prélèvement des échantillons

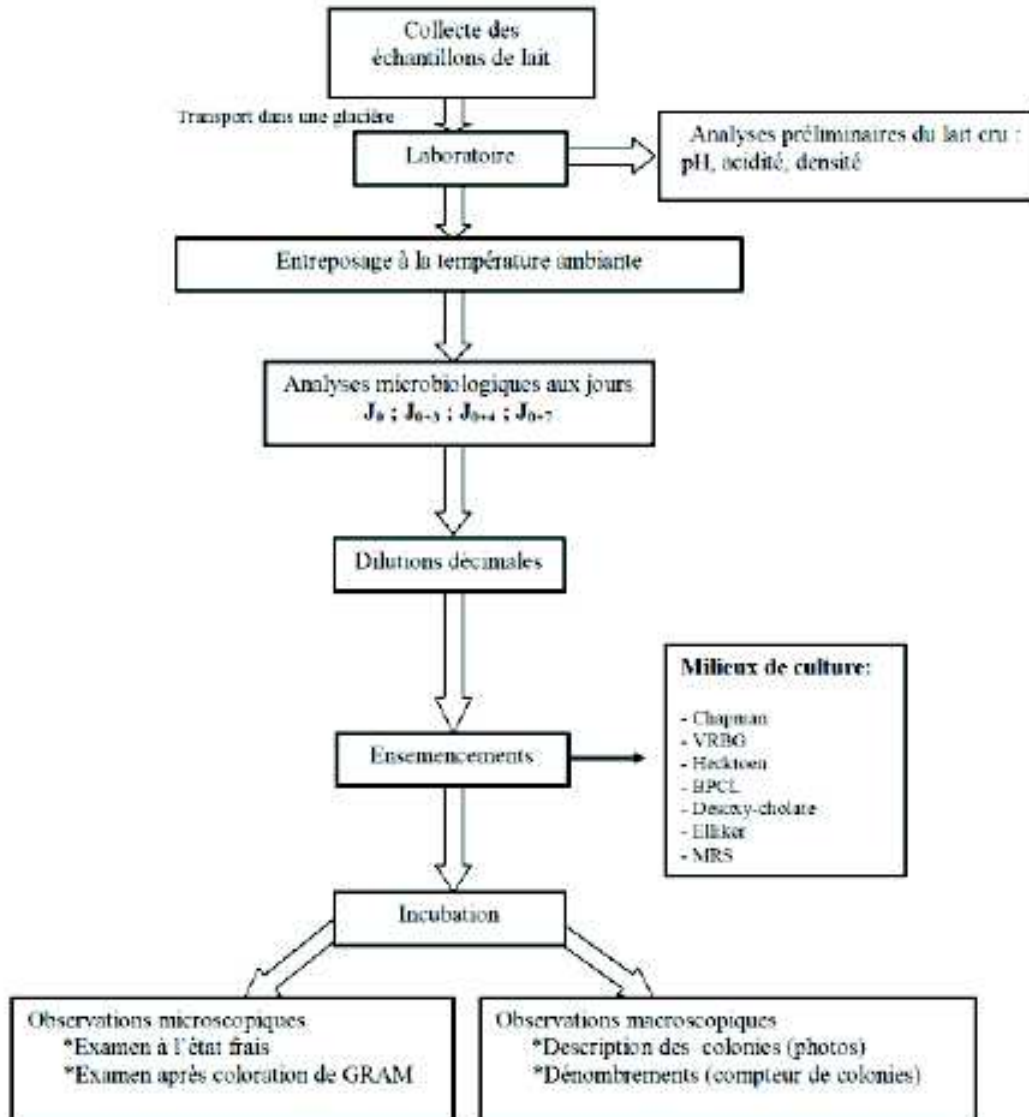


Figure 13 : Etapes suivies pour l'analyse microbiologique du lait camelin

2.2.3.10.2. Milieux de culture

- **milieu Chapman** : utilisé spécifiquement pour les bactéries halotolérantes et les staphylocoques (MARCHAL *et al*, 1982 ; EL SAYED *et al*, 1992) ;
- **milieu V.R.B.G** : milieu gélosé au cristal violet, au rouge neutre et à la bile est utilisé pour le dénombrement des entérobactéries (LARPENT *et al*, 1997; EL SAYED *et al*, 1992)
- **milieu de Hektoen** : il est utilisé particulièrement pour le dénombrement des entérobactéries pathogènes (JOFFIN et LEYRAL, 2001) ;

- **milieu au désoxycholate- lactose** pour le dénombrement des coliformes (LARPENT *et al*, 1997).
- **milieu d'Elliker** : c'est un milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des bactéries lactiques (mésophiles, thermophiles et les lactocoques) (LARPENT *et al*, 1997).
- **milieu M.R.S** (de Man, Rogosa et Sharp) est utilisé pour le dénombrement des lactobacilles (LARPENT *et al*, 1997).

2.2.3.10.3. Analyses microbiologiques

2.2.3.10.3.1. Test de la réductase

2.2.3.10.3.2. Evolution de la flore microbienne au cours de l'entreposage

Tableau VIII : 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
Entérobactéries pathogènes	Hektoen	P	37°C / 48 h
Coliformes	Désoxycholate-lactose	P	37°C / 48 h
Bactéries lactiques mésophiles	Elliker	P	30°C / 48 h
Bactéries lactiques thermophiles	Elliker	P	45°C / 48 h
Lactobacilles	MRS	P (Double couches)	35°C / 72 h

2.2.3.10.3.2.1 Observations macroscopiques

Pour déterminer les caractéristiques macroscopiques des différentes colonies observées, nous avons procédé à la description de la taille, la forme, la couleur, le contour, l'aspect ... des colonies et au test de la catalase.

2.2.3.10.3.2.2. Observations microscopiques

Les observations microscopiques effectuées, à l'aide d'un microscope optique (Marque ZEISS) avec un objectif 100 à immersion, ont permis d'examiner à l'état frais les prélèvements de colonies et de pouvoir déterminer si les germes ciblés portent ou pas la coloration de GRAM.

Les levures et les moisissures n'ont pas fait l'objet de la présente étude.

2.2.3.10.3.3. Dénombrement des germes halotolérants

Les bactéries halotolérantes se développent sur le milieu hypersalé de Chapman Mannitol Salt Agar (M.S.A.DIFCO) (MARCHAL *et al*, 1982). Ce milieu est retenu dans cette étude car il permet d'obtenir une croissance satisfaisante de la flore GRAM positif (HASSOUNA et MASRAR, 1995).

L'ensemencement se fait en surface par étalement de 0.1 ml d'inoculum. L'incubation est réalisée à 37°C pendant 24 à 48 heures .

2.2.3.10.3.4.Dénombrement des entérobactéries

Leur dénombrement sur milieu gélose biliée, au cristal violet et au rouge neutre (VRBG), est effectué après ensemencement en profondeur et incubation à 37°C, pendant 24 à 48 heures. Nous avons parallèlement utilisé le milieu Hektoen pour la recherche des entérobactéries pathogènes (NF. ISO 6579 de décembre 1993), dans les échantillons de lait camelin entreposés à la température ambiante, pendant 7 jours.

2.2.3.10.3.5.Dénombrement des coliformes

Pour leur dénombrement, nous avons utilisé le milieu au désoxycholate-lactose. L'ensemencement est effectué en profondeur et les cultures sont ensuite incubées à 34°C pendant 24 à 48 heures.

2.2.3.10.3.6.Dénombrement des bactéries lactiques

Le dénombrement des lactobacilles s'est effectué sur le milieu de De Man Rogosa et Sharpe (MRS) (MARCHAL *et al*, 1982 ; GUIRAUD, 1997). L'ensemencement est réalisé en profondeur en doubles couches. L'incubation à lieu à 30°C, pendant 72h (LARPENT, 1997).

Le dénombrement des lactocoques se fait sur milieu Elliker (Difco) gélosé (LEVEAU et BOUIX, 1980). Ce milieu permet aussi le développement des Streptocoques lactiques. L'ensemencement se fait en profondeur. L'incubation est réalisée à 30°C pendant 48 heures pour les bactéries lactiques mésophiles et à 45°C pendant 48 heures pour les bactéries lactiques thermophile (HASSOUNA et MASRAR, 1995).

2.2.10.4 Evolution de la flore microbienne au cours de l'entreposage

L'effet du PP3 sur quatre groupes bactériens a été recherché en utilisant la méthode des disques (antibioGRAMmes). Ainsi des disques imprégnés de lait bovin (reconstitué à partir de la poudre de lait écrémé type « Low heat » garanti sans antibiotiques) ou de lait camelin (préalablement stérilisé à 130°C/ 30sec) non additionnés et additionnés de PP3 (50µg.ml⁻¹) sont placés dans des milieux spécifiques préalablement ensemencés en boîtes de pétri (JOFFIN et LEYRAL, 2001). Après incubation, on observe la présence (+) ou l'absence (-) de zones d'inhibition.

III. Résultats et discussions

3.1. Enquête sur les potentialités laitières de l'élevage camelin appartenant à la population « Sahraoui » implanté dans la région de Ouargla

3.1.1. Caractérisation des troupeaux

La «population Sahraoui» ou «madjamih Sahraoui», issue du croisement des races Chaambi et Ouled Sidi Cheikh, race laitière selon WARDEH (1994), prédominante dans le Sahara septentrionale, serait selon les déclarations faites par les éleveurs enquêtés, la mieux adaptée aux conditions agro-climatiques de la région et la plus intéressante sur le plan production de viande et de lait. C'est, en plus, un excellent méhari. Son territoire va du grand erg occidental au centre du Sahara (BEN-AISSA, 1989).

3.1.1.1. Taille des élevages

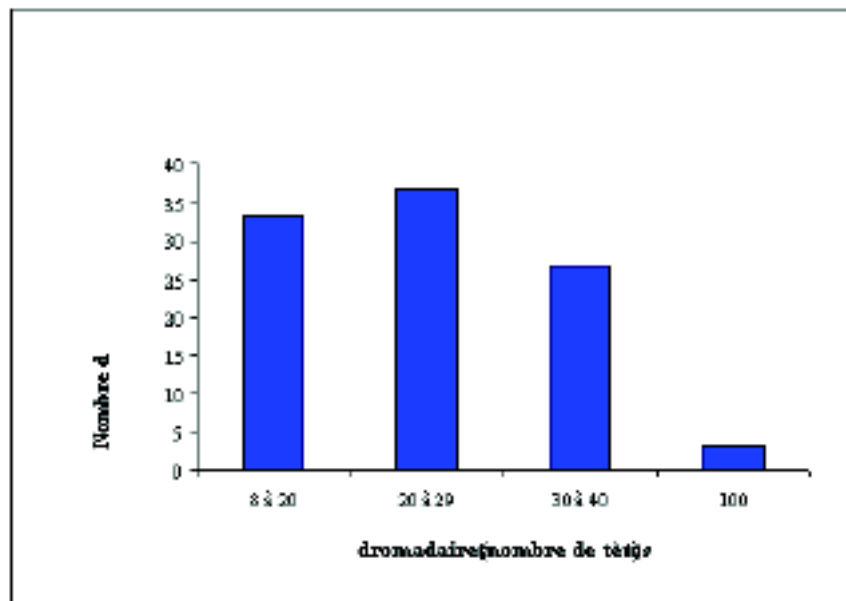


Figure 14 : Relation entre le nombre d'éleveurs et la taille des troupeaux (exprimée en nombre de têtes).

Ainsi, environ 33% des éleveurs possèdent des troupeaux dont la taille varie entre 8 à 20 têtes; 36% entre 20 et 29 têtes et 26%, entre 30 et 40 têtes. En dehors de ces fourchettes, nous avons rencontré un éleveur qui possède plus de 100 têtes de dromadaires.

Il est important de signaler que ces chiffres restent tributaires des déclarations faites par les éleveurs, souvent en dessous des valeurs réelles.

3.1.1.2. Répartition selon le sexe

Les résultats de l'enquête indiquent que les troupeaux sont caractérisés par une prédominance de sujets femelles (fig.15). C'est le cas des troupeaux dont taille varie de 8 et 20 têtes qui comprennent 8 à 19 femelles. Ceux dont la taille se situe entre 20 et 29 comprennent 10 et 20 femelles. Le nombre important de chamelons par rapport à celui des mâles adultes, montre tout l'intérêt accordé par les éleveurs pour sauvegarder et promouvoir l'élevage camelin.

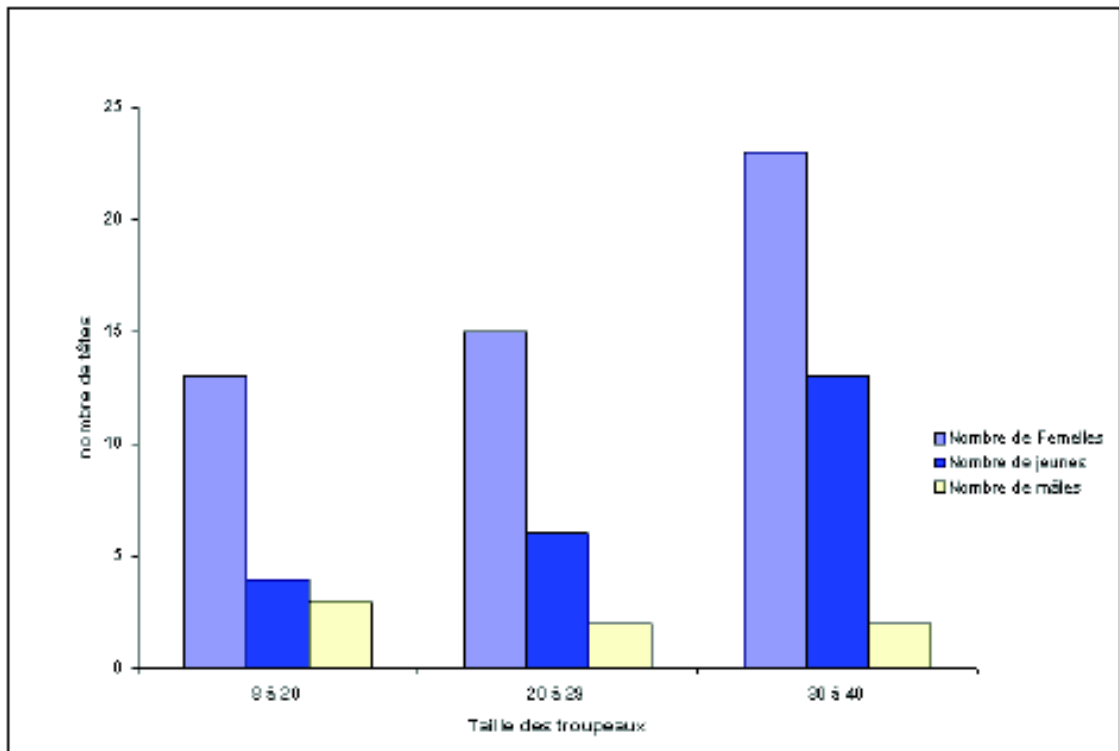


Figure 15 : Prédominance des sujets femelles dans les troupeaux camelins évalués.

3.1.1.3. Systèmes d'élevage

Le système d'élevage pratiqué majoritairement, est de type extensif, basé sur l'exploitation des pâturages sahariens naturels. Ce système, représente en effet plus de 63%. Néanmoins, selon les données de l'enquête, près de 23% des éleveurs recensés pratiquent l'élevage intensif. Le reste (environ 13%) pratiquent un élevage semi-extensif (fig.16).

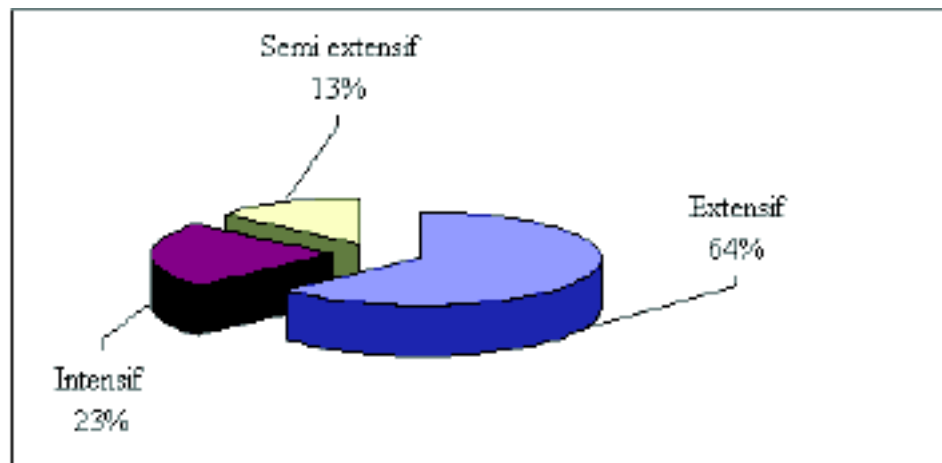


Figure 16 : Systèmes d'élevage pratiqués par les éleveurs de dromadaires dans la région de Ouargla

Il est à signaler que l'élevage camelin dans notre pays est dans la majorité des cas de type extensif, basé sur l'exploitation des pâturages désertiques, ce qui est confirmé d'ailleurs par les éleveurs questionnés. Néanmoins, certains propriétaires pratiquent l'engraissement des dromadaires dans des parcours délimités, en vue de leur abattage. Ce nouveau système semble se développer ces dernières années, suite à l'augmentation des prix des viandes rouges et blanches et à celle de la consommation de la viande cameline. En effet, les abattages camelins qui se chiffraient à 1861 têtes en 1994 dans la région de Ouargla, sont passés à 2219 en 2004 (soit 40720 kg de viande), (ANONYME 2, 2005) .

A titre de comparaison, le système d'élevage pratiqué en Tunisie est de type traditionnel, extensif (MOSLAM et MEGDICHE, 1989) et la taille moyenne des troupeaux est de l'ordre de 80 sujets dont 70% représentent des femelles productrices.

En Mauritanie, les troupeaux sont le plus souvent composés d'un nombre élevé de mâles avec une prédominance d'individus jeunes (DIALLO, 1989). Toutefois, selon ABDEIRRAHMANE-JONES (1994), le nombre de femelles laitières tend à augmenter dans ce pays depuis l'installation d'une unité de transformation du lait « Laitière de Mauritanie ».

3.1.2. Caractérisation des chammelles de la population Sahraoui

3.1.2.1. Taille et poids

La taille, qui est déterminée par la « hauteur à la bosse » des chammelles varie de 1,80 à 1,90 mètres.

Le poids vif des chammelles fluctue entre 1 et 5 quintaux selon l'âge, les conditions d'élevage et la destination de l'animal (production lait ou viande).

3.1.2.2. Reproduction

Selon les données de l'enquête, l'âge de la première saillie se situe entre 3 à 4 ans et la première mise-bas a lieu entre 4 et 5 ans.

L'accouplement s'accomplit durant la période s'étalant entre le mois de novembre et le mois de mars, suite au choix d'un mâle susceptible de féconder plusieurs femelles destinées à la reproduction. La durée de gestation est de 12 mois, avec une seule portée.

La période de mise bas a lieu généralement, en hivers. L'intervalle entre deux mise bas est égal en moyenne à 24 mois, selon la santé de la chamelle et selon la période de sevrage.

Le taux de mortalité des chamelons, est relativement faible puisqu'il se situe entre 0 et 3 %. Le tarissement survient entre 4 et 6 mois après sevrage. Ce dernier s'effectue généralement quand le chamelon atteint l'âge de 7 à 8 mois

3.1.2.3. Alimentation

Eu égard au système d'élevage pratiqué par la majorité des éleveurs, l'alimentation des dromadaires est essentiellement composée de plantes spontanées « âacheb » des parcours sahariens

La végétation des parcours sahariens se compose d'un nombre relativement restreint d'espèces. CHEHMA (2005) en a recensé 112 dont 88 éphémères et 24 vivaces, ayant des valeurs énergétiques variables, où notamment, les éphédracées et les polygonacées ont les taux les plus élevés (de l'ordre de 0,7898 UFL/Kg de MS).

3.1.2.4 Complémentation

La majorité des éleveurs confirment l'apport d'une complémentation, en cas de pauvreté des pâturages. Elle consiste en un apport de dattes de faible valeur marchande, de rebuts et noyaux de dattes, d'orge, de blé et de foin. Les éleveurs s'accordent sur le fait qu'une nette amélioration de la production laitière s'observe chez les femelles recevant une complémentation. Cette tendance est aussi rapportée par MOSLAH (1994).

3.1.2.5. Abreuvement

La fréquence de l'abreuvement varie, selon les éleveurs questionnés, en fonction des saisons. En hiver, le rythme d'abreuvement est très long au point où la présence de l'éleveur ne devient pas indispensable. En été, les dromadaires ne peuvent résister au manque d'eau plus de deux à trois jours au maximum.

Le rythme d'abreuvement est lié à plusieurs facteurs tels que les conditions climatiques, la quantité de matière sèche broutée par les chamelles, la qualité de l'eau (présence de sels ou pas), le travail fourni et les distances parcourues.

3.1.2.6. Production laitière

La production laitière des races camelines en Algérie est estimée à environ 5 à 6 l/j soit 1800 litres/ lactation (ANONYME 3, 1986). Cette production est intéressante, en comparaison avec la production laitière moyenne dans le monde (800 et 3600 litres pour une durée de lactation de 9 et 18 mois). RICHARD et GERALD (1989) l'ont estimée entre 2 à 6 litres/j en élevage extensif et de 12 à 20 l/j en élevage intensif. Les valeurs rapportées par BEKELE *et al.* (2002) en Ethiopie font état de 4.14 ± 0.04 kg/jour pour une durée de lactation de 353 ± 14 jours. Il est indispensable de noter que de grandes quantités de lait de camelins sont perdues durant la haute saison, en raison d'une part de l'abondance et, d'autre part, du fait que les pastoralistes ne transforment pas le lait de dromadaires.

3.1.2.6.1 Production laitière journalière moyenne

Les quantités de lait produites par jour dépendent essentiellement, du stade de lactation. Le tableau IX indique la production durant la période de lactation ainsi que le pic de lactation.

Tableau IX: Production laitière moyenne (l/j) selon le stade de lactation et le pic de lactation

Stade de lactation	Quantité de lait (en l/j)	Nombre d'éleveurs (en %)
début –lactation	5,66 ±2,99	86.63
mi-lactation	5,22.±3,07	99.97
fin-lactation	1,5.±0,79	93.32
pic de lactation	6,14.±2,41	99.98

Les résultats de la présente enquête se situent globalement dans les fourchettes comptabilisées dans les statistiques nationales.

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

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

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

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

3.1.2.6.2. Production laitière saisonnière

Parmi les facteurs influençant le rendement laitier, les conditions climatiques jouent un rôle déterminant. Le niveau de production est conditionné par la disponibilité en fourrage et en eau, eux même dépendant dans une large mesure de la pluviosité et de la température. Il en ressort qu'au printemps la production laitière est la plus élevée puisqu'elle est égale à 7.5 l/j selon 59.94 % des déclarations et qu'au contraire la période estivale est celle où la production est minimale puisqu'elle est égale à 0.5 l/j selon 43.2 % des déclarations (fig17).

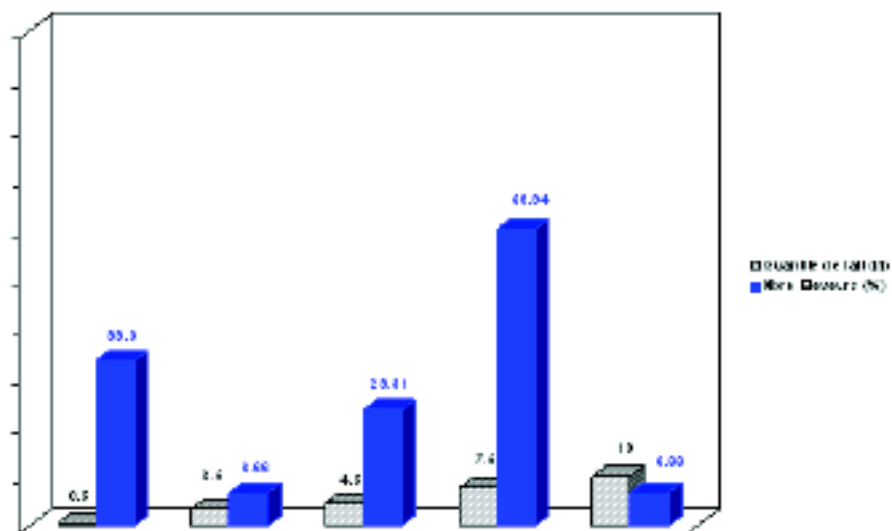


Figure 17 : Production laitière printanière enregistrée au niveau des élevages ciblés par l'enquête et implantés dans la Wilaya de Ouargla

3.1.2.7 Nombre de traites

Selon les données recueillies, plus de la moitié des éleveurs pratiquent une seule traite par jour, alors que 20% déclarent en effectuer deux et 10% seulement trois traites par jour. Celle-ci a lieu généralement à 5 h du matin.

La fréquence de la traite affecte la production laitière journalière (KAMOUN, 1995). Selon BEKELE *et al*, 1992, celle-ci varierait de 1.26 ± 0.05 kg/j pour une traite à 6.77 ± 0.15 kg/j pour 4 traites ($P < 0.001$).

3.1.2.8 Durée de lactation

La durée de lactation des chamelles considérées varie suivant les troupeaux, entre 3 et 24 mois. Néanmoins, la majorité des éleveurs, soit 34 % d'entre eux, déclarent 12 mois et 27.5 % d'entre eux en déclarent 24.

3.1.2.9 Mode d'utilisation du lait

Le lait de chamelle est prioritairement destiné aux chamelons. L'excédent est réservé à l'autoconsommation. Le lait camelin est rarement vendu par les éleveurs, mais peut être offert à des fins thérapeutiques. Les éleveurs citent entre autres, des effets, antidiabétiques, contre les maux d'estomac, contre les piqûres de scorpions...etc. Ces effets ont vraisemblablement une relation avec la nature des plantes broutées par les animaux.

Notons que selon les éleveurs, la fermentation du lait a lieu 24 à 48 heures après la traite, en été et 4 à 6 jours, en hiver.

3.1.3. Conclusion

Les données numériques récoltées lors de l'enquête, ont été exploitées dans le but de « classer » les éleveurs suivant la classification hiérarchique, dont l'objectif est basé sur le calcul des distances euclidiennes et l'élaboration d'une matrice de données permutées (Permuted Data Matrix) (annexe 4).

Les variables qui semblent contribuer à l'estimation du potentiel laitier des chamelles, ayant fait l'objet de la présente enquête, se limitent à la taille du cheptel, au nombre de sujets femelles, à celui des chamelons, à la durée de lactation, au sevrage, au nombre de traites et au pic de lactation.

Les autres variables telles que la saison, le stade de lactation, l'alimentation, la complémentation, la fréquence d'abreuvement et le nombre de mâles, semblent y contribuer, faiblement.

La taille d'un troupeau reflète les conditions d'élevage et les moyens consentis, pour faire face aux nombreux problèmes inhérents à cet élevage. Ces derniers peuvent être contrôlables ou non contrôlables. Plus le nombre de têtes augmente, plus l'intérêt porté à la conduite d'un troupeau augmente. Le cas contraire constitue un danger pour la promotion du troupeau et même pour sa sauvegarde. La production laitière est également en étroite relation avec la conduite et l'intérêt accordé à ce type d'élevage.

Le nombre élevé de sujets femelles reflète une bonne maîtrise des variables (contrôlables) et d'une bonne stratégie dont les objectifs principaux sont la sauvegarde et la promotion de l'élevage camelin. Le nombre élevé de jeunes sujets, indique une prise en charge efficace des nouveaux nés et des abattages rationnels. Le contrôle de la durée de lactation est le résultat d'une répartition des naissances et d'une maîtrise de l'élevage, adéquates. La pratique réfléchie du sevrage contribue, par synergie, avec les

autres variables contrôlables de l'élevage, à l'atteinte des objectifs assignés. Il en est de même pour le nombre de traite, qui influe considérablement sur la quantité de lait produite.

Le pic de lactation semble être une caractéristique liée à la race. Si l'animal n'est pas soumis à un stress, le pic de lactation est généralement atteint.

Les variables incontrôlables, intéressent tous les troupeaux. Leur impact qu'il soit positif ou négatif, est le même sur tous les troupeaux. En effet, la saison, le stade de lactation, la disponibilité de l'alimentation (pâturage), la fréquence d'abreuvement (disponibilité des puits), constituent autant de facteurs liés aux aléas climatiques.

En cas de déficit alimentaire (couvert végétal insuffisant), tous les éleveurs font appel à une complémentation, le plus souvent de même nature. Tandis que le nombre de mâles est peu influençable puisqu'un seul, susceptible de féconder plusieurs femelles destinées à la reproduction, est requis.

3.2. Qualité physico-chimique du lait collecté ; isolement et caractérisation des protéines

3.2.1. Qualité physico-chimique

Le tableau X regroupe les résultats relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et biochimiques (moyenne de 13 échantillons de lait camelin frais de la population Sahraoui)

Tableau X : Analyses physico-chimiques des échantillons de lait camelin collectés.

Paramètres	Moyenne	Ecart type
Paramètres physiques	6.31	0.15
pH (à 20°)	18.2	2.92
Acidité Dornic (°D)	1.02	0.30
densité	1130	10
Composition chimique	17.28	0.40
Extrait sec total (g/l)	23.40	0.75
Cendres (g/l)	35.35	0.58
Matière grasse (g/l)	5.68	0.10
Lactose (g/l)	10.10	0.10
Protéines totales (g/l)	5.6	0.10
Protéines sériques (g/l)	0.10	0.10
Vitamine C (mg/l)	5.6	0.10

3.2.1.1. pH

La valeur moyenne du pH du lait camelin collecté est égale à $6,31 \pm 0,15$. Le lait camelin serait légèrement plus acide que les laits humain et bovin qui ont des pH respectifs égaux à 7.01 et 6.6.

Les valeurs de pH relevées dans la présente étude se rapprochent de celles rapportées par certains auteurs dans d'autres pays tels que SAWAYA *et al* (1984) et ABU-TARBOUSH *et al* (1998), en Arabie Saoudite ($pH = 6.49 \pm 0.024$; 6.48). D'autres auteurs avancent des valeurs plus élevées, tels que MEHAIA (1993 a) en Arabie Saoudite ($pH = 6.61 \pm 0.02$), KAMOUN (1995) en Tunisie ($pH = 6.51 \pm 0.12$), ABULEHIA (1994) en Arabie Saoudite ($pH = 6.55 \pm 0.04$), LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994) en Egypte ($pH = 6.5$).

Le pH ainsi que le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau (GORBAN et IZZELDIN 1997). Par ailleurs, La teneur relativement

élevée en vitamine C du lait de dromadaire, serait à l'origine du pH bas (SALEY, 1993). De même qu'elle lui confère un goût particulièrement sucré pouvant être masqué par une saveur amère ou acide selon la nature des plantes broutées. Enfin, YAGIL (1985) estime que le pH bas du lait camelin peut être attribué à la forte concentration en acide gras volatils.

3.2.1.2. Acidité titrable

Les échantillons de lait camelin analysés (tableau X), présentent une acidité titrable de l'ordre de $18,2 \text{ }^{\circ}\text{D} \pm 2,93$. Cette valeur se situe dans la fourchette des travaux rapportés sur le lait camelin. Certains avancent une acidité de l'ordre de 14°D , légèrement plus faible par rapport à celle du lait bovin qui est de l'ordre de 15°D (SAWAYA *et al*, 1984 ; MEHAIA, 1993a), alors que de nombreux auteurs rapportent des valeurs supérieures ou égales à 15°D , tels que ELAMIN et WILCOX (1992) en Arabie Saoudite (15°D) ; ABU-LEHIA (1994) en Arabie Saoudite ($15^{\circ}\text{D} \pm 4$) ; KAMOUN (1994) en Tunisie ($15,6^{\circ}\text{D} \pm 1,4$).

Le lait camelin caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (ABU-TARBOUSCH, 1996), permet d'expliquer l'absence de relation directe entre le pH et l'acidité titrable.

3. 2.1.3. Densité

La valeur de la densité des échantillons de lait camelin (tableau X) est égale à $1,0230 \pm 0,0045$. Elle est comparable aux valeurs, $1,0250-1,0380$, rapportées par la FAO (1995) d'après une compilation de diverses sources. FARAH (1993) cite une fourchette de $1,0250-1,0320$ avec une moyenne de $1,0290$, DAGET et LHOST (1995) avec $1,0260$, KAMOUN (1995) avec $1,0280 \pm 0,002$ et LARSSON – RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994) avec $1,026$ à 15°C .

La densité dépend directement de la teneur en matière sèche, liée fortement à la fréquence d'abreuvement. Ce qui explique la variabilité des valeurs entre les différents échantillons de laits analysés et entre celles citées dans la littérature.

3.2.1.4. Matière sèche

La teneur en matière sèche totale des échantillons analysés est égale à $113,11 \text{ g/l} \pm 10,58$. 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 4, 1995).

Elle se situe dans la fourchette des travaux menés à travers le monde, à savoir 121 à 150 g/l (BAYOUMI, 1990). Elle semble par ailleurs, du même ordre de grandeur que celles rapportées pour la race Hamra ($116 \text{ g/l} \pm 11$ selon MEHAIA *et al* (1995) et pour les races Majaheem et Somali ($121,5 \text{ g/l}$ selon ABULEHIA, 1994) et plus élevée que celles rapportées par GNAN *et al* (1994b) : $95,6 \text{ g/l}$ et par BENGOUMI *et al* (1994) : $69,5 \text{ g/l} \pm 2,7$.

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 (RAMET, 1994). En été, la teneur en eau du lait augmente et donc sa matière sèche diminue davantage sous l'effet du stress hydrique. En outre, il a été montré que le passage d'un régime hydraté à un régime pauvre en eau entraîne une chute de la teneur en matière sèche totale de $8,8$ à $14,3 \%$ et qu'en cas de privation ou d'abreuvement insuffisant, la teneur en eau du lait camelin augmente et passe de 87 à 91% . Ceci constitue selon YAGIL et ETZION (1980a), une réponse physiologique au stress hydrique, permettant d'assurer la survie du chamelon.

La teneur en matière sèche du lait 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 (FAO, 1995).

3.2.1.5.Cendres

La teneur en cendres des échantillons analysés est égale à 7,28 g/l \pm 0,68. Elle paraît donc plus faible que celle du lait bovin (9 g/l selon ALAIS, 1984) et plus élevée que celle du lait humain (2.02 g/l selon ANONYME 4, 1995).

Elle se situe dans la fourchettes des travaux rapportés par d'autres auteurs puisqu'elle est comprise entre 8.6 g/l (KARUE, 1994) et 6 g/l (LARSSON-RAZNIKIEWWICZ et MOHAMED, 1994).

La teneur en cendres du lait camelin diminue en cas de privation d'eau (YAGIL, 1985). Elle varie également en fonction du stade de lactation (FARAH, 1993) et serait fonction des quantités de lait produites (EL-AMIN et WILCOX, 1992).

3.2.1.6.Teneur en matière grasse

La teneur moyenne en matière grasse du lait analysé se situe autour de 28g/l \pm 6. 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).

3.2.1.7.Teneur en lactose

D'après les résultats compilés sur le tableau X, la teneur moyenne en lactose du lait collecté est égale à 43,87 g/l \pm 3,10. Cette teneur paraît similaire à celle du lait bovin (44.13 g/l), mais faible par rapport à celle du lait humain (70 g/l).

Elle se situe dans la fourchette des travaux rapportés par de nombreux auteurs à savoir 56.1 g/l pour les six premiers mois de lactation (GNAN et SHEREHA, 1986) et 25.6 g/l \pm 1.0 (GORBAN et IZZELDIN, 1997). Elle se rapproche de celles rapportées par KIHAL *et al*, (1999) en Algérie (45.1 g/l \pm 3) et de celles rapportées par MEHAIA *et al*. (1995) pour les races Hamra, Majaheem et Wardah (44 g/l, 44.3 g/l et 44.4g/l respectivement). Elle est toutefois supérieure à celles rapportées par KARUE (1994), en Arabie Saoudite, pour la race Somali (36.5 g/l).

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

3.2.1.8.Teneur en vitamine C

La teneur en vitamine C des échantillons analysés est égale à 41.40 mg/l \pm 8.20. FARAH *et al* (1992) rapportent des teneurs voisines (37.4 mg/l) alors que MEHAIA (1994) fait état de proportions nettement plus faibles (24.9 mg/l).

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

3.2.1.9. Matière protéique

Notons que le protocole de séparation des fractions protéiniques du lait camelin, destinées au dosage de l'azote par la méthode Kjeldahl (PAQUET *et al*, 1987), optimisé pour le lait bovin, laisse des résidus de caséines dans le surnageant. Les modifications apportées en augmentant à 1.1/10 les volumes des solutions ajoutées ont permis de corriger cette anomalie. Avec ces proportions, la séparation du culot de caséines avec les autres protéines sériques devient plus intense.

3.2.1.9.1. Teneur en protéines totales

Les résultats consignés dans le tableau X indiquent une teneur moyenne en protéines totales égale à 35,68 g/l \pm 5,64. Celle-ci se rapproche de celles du lait bovin (32 g/l) et est environ, trois 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* (1994b) à savoir 46g/l et 21.5 g/l respectivement.

Il est comparable à la valeur trouvée par KAMOUN (1994) soit 34.3 g/l \pm 4.4. Cependant, il semble supérieur à celles rapportés par MEHAIA *et al* (1995) pour les races *Majaheem* et *Hamra* (29.1 g/l et 25.2 g/l).

Concernant la variation de la teneur protéique, YAGIL et ETZION (1980a) signalent qu'elle est maximale juste après le part et arrive à atteindre 11.6 %, puis elle diminue et atteint des valeurs comprise entre 4.6 et 5.7 % en régime hydraté ou entre 2.5 et 3.3 % en régime peu hydraté. Quant à sa composition, elle 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.

Il est important de rappeler que la matière azotée du lait, camelin en l'occurrence, existe sous forme d'azote protéique majoritaire (90 % de l'azote total) et d'azote non protéique (10% en moyenne de l'azote total). Le lait camelin renferme cependant plus d'acides aminés libres et d'autres composés azotés non protéiques (NPN) que le lait bovin (ABU-TARBUSH *et al*, 1997)

3.2.1.9.2. Teneur en protéines sériques

La teneur en protéines sériques des échantillons analysés est égale à 7,51g/l \pm 0,50 (tableau X), ce qui représente 21 % des protéines totales. Ce taux semble se rapprocher de celui des laits, bovin (6 g/l) et humain (7 g/l).

Ce taux semble légèrement inférieur à celui rapporté par KIHAL *et al* (1999) soit 8.59 g/l. FARAH (1993) donne par contre des valeurs similaires (7g/l). Des teneurs supérieures sont évoquées par d'autres auteurs (9g/l selon ABU-LEHIA (1987) et 10g/l selon BAYOUMI (1990). Une teneur plus élevée est rapportée par ABU-LEHIA (1994) pour la race *Majaheem* (11.2g/l±0.6.)

3.2.1.9.3.Teneur en caséines

La teneur moyenne en caséines des échantillons de lait analysés est égale à 28,15g/l ±5,28, soit 79% des protéines totales. Elle se rapproche de celle des caséines bovines égale à 26g/l, soit 81 % des protéines totales. Elle est, en revanche nettement supérieure à celle du lait de femme qui est égale à 5g/l, soit 42 % des protéines totales.

La teneur en caséines camelines enregistrée lors de nos investigations semble se rapprocher de celle rapportée par KIHAL *et al* (1999), en Algérie avec 24.53 g/l soit 74.1% des protéines totales.

Cette teneur est également similaire à celle enregistrée par KAMOUN (1994), pour un troupeau en stabulation entravée, soit 28.8 g/l±3.5. ABULEHIA (1987) et KAMOUN (1995) font état quant à eux, de taux de caséines plus faibles (entre 19 et 23 g/l).

Au point de vue apport alimentaire, le lait de chamelle devrait par conséquent, être classé parmi les produits ayant une grande valeur nutritive et pourrait de ce fait répondre en grande partie aux besoins nutritionnels de la population du sud du pays.

Au point de vue des connaissances fondamentales, ce lait constitue, par l'entremise de ses particularités, un bon modèle qui reste à explorer pour bien comprendre les relations structure- fonction.

3.2.2.Isolement et comportement électrophorétique des protéines

3.2.2.1.Isolement des caséines et des protéines sériques

La méthode de séparation décrite par PAQUET, 1986, adaptée au lait bovin, ne permet pas une bonne séparation des caséines, des protéines sériques camelines. Une bonne séparation des deux fractions protéiques est obtenue par l'abaissement du pH du lait à 4.3, correspondant au pHi des caséines camelines (au lieu de 4.6). La répétition de la centrifugation (3500x g / 15 min) a permis d'améliorer les rendements de séparation.

Notons que le traitement préalable du lait, ayant consisté à porter sa température à 40-35°C/ 10 min (bain marie) puis à le centrifuger à 3500x g / 20 min à 4°C a permis de faciliter son écrémage.

Les fractions obtenues sont conservées sous forme lyophilisée.

3.2.2.2. Isolement du composant-3 des protéose-peptones

Nous avons isolé le composant-3 des protéose-peptones en une seule étape en utilisant la méthode optimisée par GIRARDET *et al* (2000) qui repose sur la séparation des protéines sériques sur une colonne de chromatographie rapide des protéines : FPLC, utilisant le principe d'exclusion stérique.

Les protéines sériques du lait de chamelle ont été injectées dans la colonne de chromatographie sur monoQ (à raison de 200 µl) et éluées avec un débit de 0.25 ml/h.

Elles sont séparées dans ces conditions en quatre fractions (F1 à F4) (chromatoGRAMme, figure 18).

A partir de 152 mg de protéines sériques déposées sur la colonne à raison de 38 injections de 200 μ l (soit 20mg/ml), nous avons collectés et récupérés (après dialyse et lyophilisation) :

- 2.2 mg de la fraction F2 ;
- 20 mg de la fraction F3 ;
- 40 mg de la fraction F4.

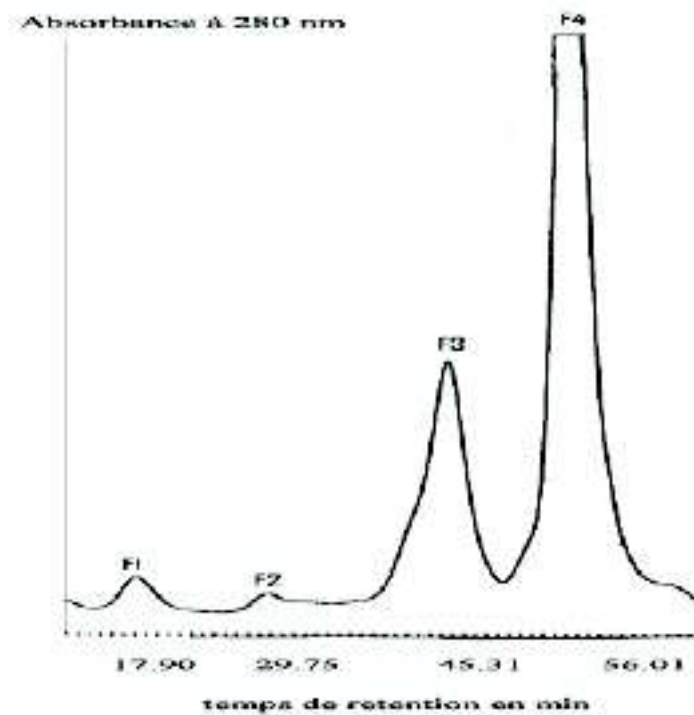
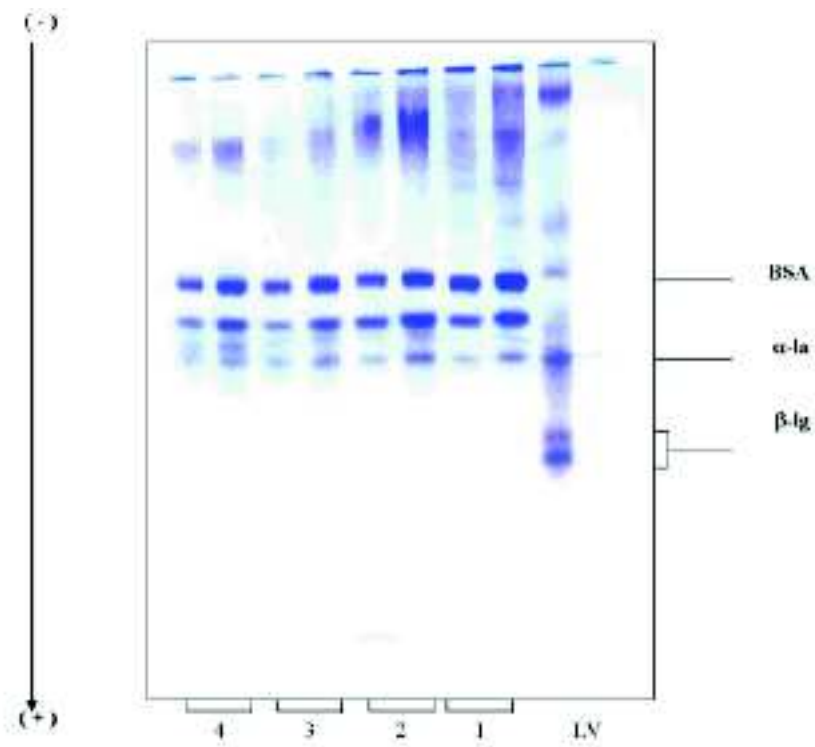


Figure 18 : DiaGRAMme chromatographique d'isolement du composant-3 des Protéose-peptones en FPLC ; Colonne monoQ : 10/30; tampon pH8.0 : Tris 0.05 M, NaCl 0.15M, NaN₃ 0.02 %; débit : 15ml/h.

3.2.2.3.Comportement électrophorétique des protéines du lait camelin

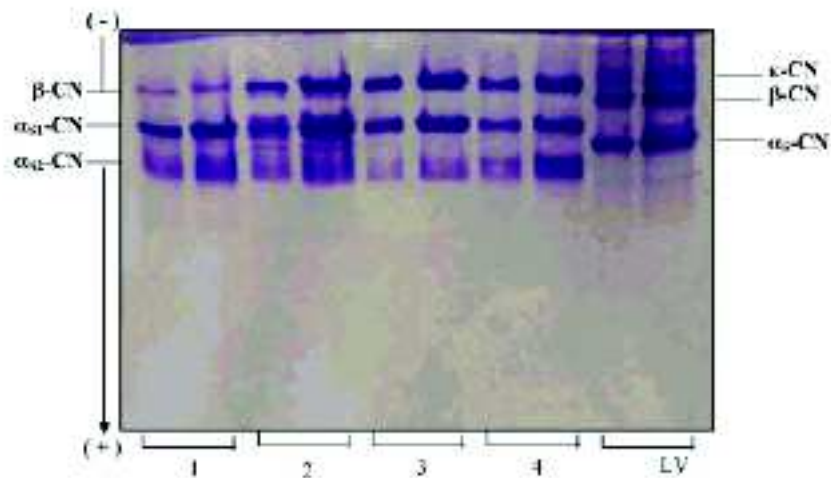
3.2.2.3.1.Electrophorèse sur gel de polyacrylamide en milieu non dissociant et non dénaturant



1, 2, 3, 4 : Echantillons de lait d'origine variée
LV: Lait de vache

Figure 19 : ElectrophoréGRAMme des protéines du lactosérum du lait de chamelle en PAGE-native ; gel à T= 12% , C=2,9%.

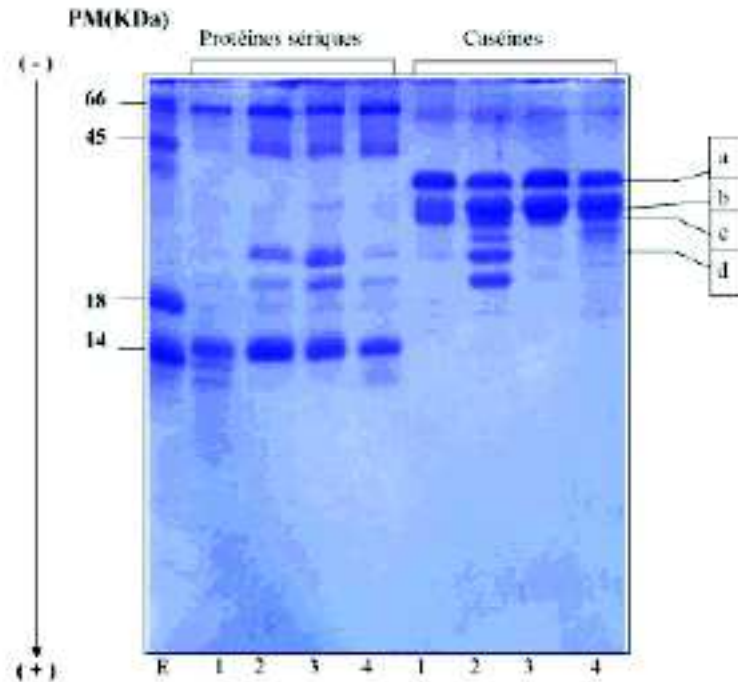
3.2.2.3.2. Electrophorèse sur gel de polyacrylamide en milieu dissociant en présence d'urée et du 2-mercaptoéthanol (PAGE urée)



1, 2, 3, 4 : Echantillons de lait de chamelles d'origine variée ; LV : lait de vache.

Figure 20 : ElectrophoréGRAMme des caséines du lait de chamelle en PAGE-urée (5.7M) ; gel de séparation : T = 13% ; C =2.7 % ; gel de concentration : T = 4% ; C =2.7 %

3.2.2.3.3. Electrophorèse en milieu dissociant, en présence de SDS et de 2-Mercaptoéthanol (PAGE –SDS)



1, 2, 3, 4 : Echantillons de lait de chameaux d'origine variée
LV : lait de vache
E : protéines étalon

Figure 21 : ElectrophoréGRAMme des protéines totales du lait de chamelle en PAGE-SDS Gel de séparation : T = 17% ; C = 2,7% Gel de concentration : T = 4% ; C = 2,7%

- celle dont la migration (a) est la plus lente à un niveau de migration légèrement inférieur à celui de α -CN bovine avec un poids moléculaire estimé à 37 000 Da ;
- les bandes (b) et (c) migrent sous forme d'un doublet situé entre les positions des caséines α et β et du lait de vache et ont des poids moléculaires évalués respectivement à 31700 et 30700 Da ;
- enfin, la bande (c) migre au niveau de la caséine α bovine avec un PM allant de 27800 à 28700 Da. Cette bande est absente dans les laits (E1 et E3).

Auteurs	Lait camelin					Lait bovin	
	FARAH et FARAH-RIESEN (1985)	LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1986)	OCHIRKHUYAG <i>et al.</i> (1997)	KAPPELER <i>et al.</i> (1998)	Présente étude	ALAIS et LINDEN (1997)	
Fractions caseiniques	α_1 -CN	35 000	31 000	35 300 (drom.)	24 755 (Var A)	37 400	23 600
				34 300 (bact.)	25 293 (var B)		
	α_2 -CN	-	25 000	26 300 (drom.)	21 993	28 700	24 000
				26 000 (bact.)			
β -CN	32 000	27 000	27 500 (drom.)	24 900	31 700	25 250	
			27 400 (bact.)		30 700		

(drom.) : espèce *Camelus dromedarius*
 (bact.) : espèce *Camelus bactrianus*
 Var A/B : variants A/B.

Tableau XI : Tableau comparatif des poids moléculaires mesurés en PAGE-SDS selon quelques auteurs.

3.3. Qualité microbiologique et préservation

3.3.1. Estimation sommaire de la qualité hygiénique du lait frais

Tableau XII : Estimation de la qualité hygiénique des échantillons de lait camelin collectés dans la région de Ouargla

Echantillon	Date de prélèvement	Temps de réduction du bleu de méthylène		
C	24/06/03	3 h	6.44	20
D	28/06/03	2 h	5.96	22
Moyenne			6.22±0.18	20±1.02

Sur la base des résultats obtenus, la qualité hygiénique des laits collectés peut être considérée comme bonne (échantillon C) et acceptable pour (échantillons A, B et D) (RAMET, 2003). Notons que la période de prélèvement des échantillons de laits (juin) reflète au mieux la vie des dromadaires puisqu'ils y sont abandonnés à leur milieu naturel (parcours) et que la température ambiante qui tourne autour de 30°C, justifie les résultats obtenus

Selon YAGIL (1985) et KAMOUN (1990), la qualité bactériologique du lait camelin peut être irréprochable si la traite est effectuée dans les conditions hygiéniques requises. Autrement, il peut être chargé en germes GRAM+ (*Bacillus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Streptococcus* et *Staphylococcus*) et en germes GRAM – (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinebacter*, *Aeromonas* et *Pseudomonas fluorescens*), ce qui le rend impropre à la consommation (ZAHARAN et AL -SALAH, 1997).

3.3.2 Evolution du lait au cours de l'entreposage à température ambiante (30°C)

3.3.2.1 variations du pH et de l'acidité

La valeur du pH doit son importance aux indications qu'elle fournit, sur l'état de fraîcheur du lait ou sur sa stabilité. Elle est dépendante de la teneur en citrates et en caséines ainsi que de l'état sanitaire de la mamelle (MATHIEU, 1998). Elle est également influencée par la force des acides présents dans le lait. Ce paramètre pourrait être affecté par l'alimentation et la disponibilité de l'eau (GORBEN et IZZELDIN, 1997 ; YAGIL *et al*, 1998).

Juste après la traite, les valeurs de pH mesurées pour les 4 échantillons (pH = 6,2 ± 0,1) sont similaires à celles rapportées par d'autres auteurs qui mentionnent que le pH du lait frais camelin est légèrement plus faible que celui des laits d'autres espèces, notamment bovines (pH=6,6 ; Yagil, 1984) et humaine, (pH=7,0 ; Kamoun, 1994). Ceci serait dû à la richesse particulière de ce lait en acide ascorbique (Yagilet *al*, 1984 ; Knoess, 1979).

L'acidité titrable, qui témoigne de l'état de fraîcheur du lait et de sa richesse relative en caséines, phosphates, citrate, hydrogène-carbonate et lactates, varie en sens inverse avec le pH. Les valeurs titrées des quatre échantillons de lait analysés sont légèrement supérieures à celles rapportées par d'autres auteurs (Yagil, 1984 ; Kamoun, 1994, El-Amin et Wilcox, 1995). Néanmoins, nous pouvons estimer que les laits analysés sont de qualités hygiéniques acceptables, vu que l'acidité globale ne dépasse pas 21°D (Guiraud, 1998).

Notons que l'acidité a peu d'influence sur le pH, dont l'abaissement conséquent est relativement lent. Cette constatation expérimentale, signalée par de nombreux auteurs, est due à l'effet du pouvoir tampon du lait camelin, relativement plus important par rapport aux laits d'autres espèces (Farahet *al*, 1989 ; Ramet, 1994).

Au cours de l'entreposage du lait, les variations mesurées au 1^{er}, 3^{ème}, 4^{ème} et 7^{ème} jours (figures 22 et 23), montrent que le pH diminue mais assez lentement. Au bout de 2 jours d'entreposage, trois sur quatre échantillons mesurés ont des pH supérieurs au pH isoélectrique des caséines de ce lait (pH=4,3). Entreposés 3 jours encore dans les mêmes conditions, les échantillons donnent des valeurs qui se situent autour de 3,5 à 4,1 sauf pour l'échantillon D où la valeur mesurée est plus basse (2,5). L'acidité titrable confirme cette lente tendance à l'acidification où nous constatons que les valeurs ne dépassent pas 40°D au bout de 3 jours d'entreposage. Cette acidité atteint au bout de 7 jours des valeurs situées entre 80 et 100°D. Le pouvoir tampon particulier du lait de chamelle est nettement plus apparent si l'on compare le comportement de ce lait avec celui de la vache. En effet, un lait bovin de bonne qualité au moment de la traite (moins de 10⁶ germes /ml) ne peut se conserver plus de 24 heures à 15.5°C et encore moins à 25 °C. Son pH atteint alors, des valeurs proches de 5.2 et son acidité se situe déjà entre 55 et 60 °D (ANONYME 4, 1995).

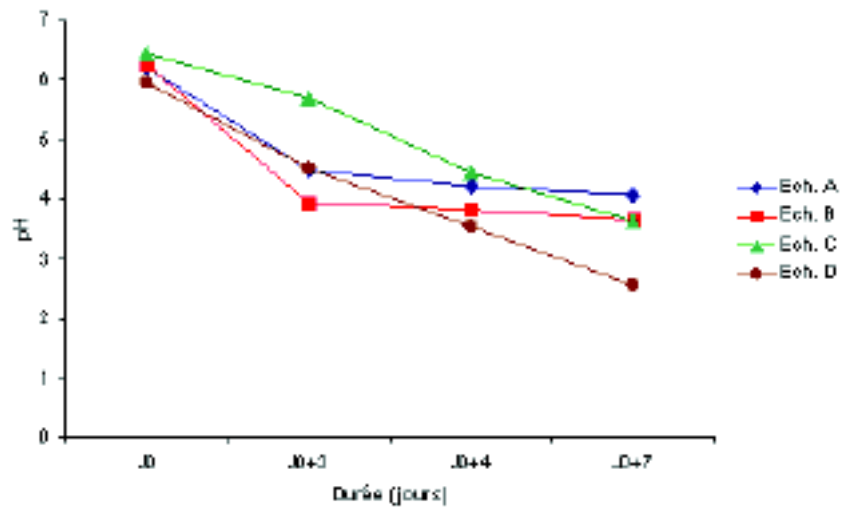


Figure 22 : Evolution du pH durant l'entreposage à température ambiante (30°C)

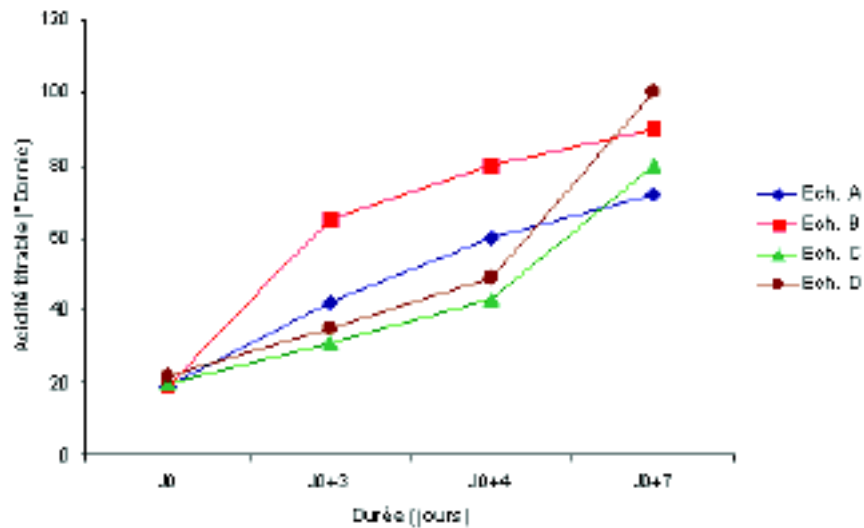


Figure 23 : Evolution de l'acidité titrable durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

3.3.2.2. Evolution des différents groupes microbiens

3.3.2.2.1 Evolution de la flore lactique

Les résultats relatifs à l'évolution de la flore lactique du lait camelin analysé sont illustrés par la figure 24. L'évolution des bactéries lactiques mésophiles et thermophiles cultivées sur milieu ELLIKER, respectivement à 30 et 45 °C/48 heures, est faible et relativement lente durant les quatre premiers jours de l'entreposage. A partir de J0+4, leur nombre commence à augmenter, plus nettement dans le cas des thermophiles.

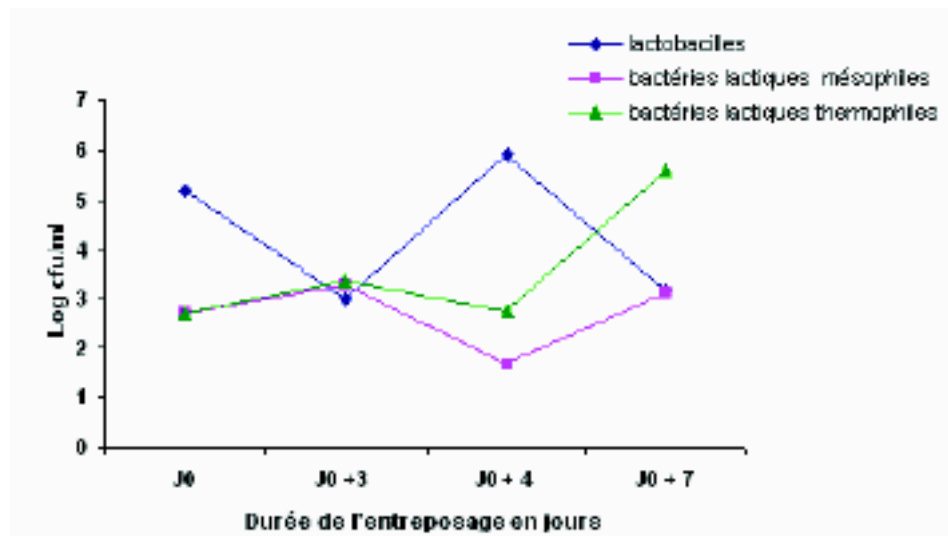


Figure 24 : Evolution de la flore naturelle du laitcamelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

Le nombre de lactobacilles (cultivés sur milieu MRS) semble diminuer très lentement jusqu'à J₀+3. Au-delà, leur nombre augmente rapidement à partir du quatrième jour et tend à diminuer par la suite.

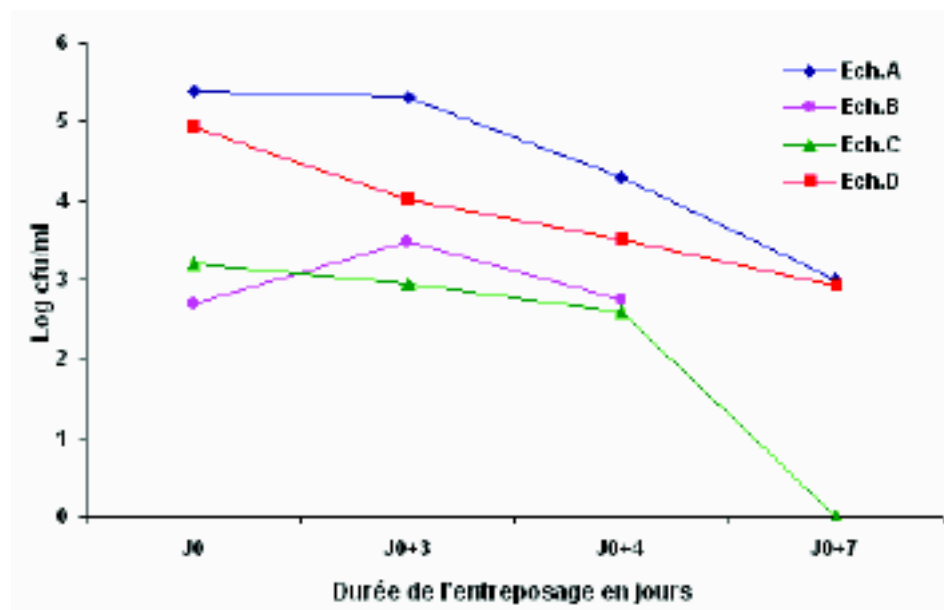
L'aptitude des bactéries lactiques à se développer à bas pH et à produire simultanément des substances actives (acide lactique, acide acétique, eau oxygénée et bactériocines...) explique leur rôle bactériostatique ou bactéricide vis à vis d'espèces nuisibles responsables des défauts sensoriels des aliments fermentés (*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, etc...) ou présentant des risques pour la santé publique (*Salmonella*, *Clostridia*, *Staphylococcus*, ...etc)(CHAMBA *et al*, 1994 ; KLAENHAMMER *et al*, 1994).

Par ailleurs, étant donné que les bactéries pathogènes, dont les staphylocoques, se développent à pH neutre, l'acidité provoquée par la fermentation lactique joue un rôle important dans l'inhibition de leur développement (KLAENHAMMER *et al*, 1994). Il en est de même pour le peroxyde d'hydrogène qui est reconnu depuis longtemps comme agent majeur de l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques, en particulier celle des lactobacilles (KLAENHAMMER *et al*, 1994).

3.3.2.2.2. Evolution quantitative de la flore halotolérante

Les germes halotolérants, dont le taux initial varie d'un échantillon à un autre (de 10² à 10⁴ cfu/ml), ont tendance à diminuer progressivement en fonction du temps de fermentation (de J₀ à J₀+4) dans le cas des échantillons A, C et D (Fig. 25). Cette diminution n'est toutefois apparente, pour l'échantillon B, qu'à partir du 3^{ème} jour (J₀+3).

La présence des germes halotolérants sur le milieu Chapman indique un état de salinité prononcé des quatre types de laits analysés. Ce facteur, qui est un reflet des conditions de l'environnement (eau, nature des pâturages...), comme le signale Abu-lehia (1994), est susceptible, d'une part, de conférer au produit frais ou transformé une saveur et un goût particulier et, d'autre part, de constituer un frein pour le développement des micro-organismes sensibles à une concentration saline relativement élevée.



durant l'entreposage à température ambiante (30°C)

Concernant l'évolution des germes halotolérants, dont le nombre diminue en fonction de la durée de l'entreposage, ceci suggère un effet anti-microbien des paramètres du milieu contre cette flore spécifique. Dans ce cadre, El-Sayed *et al* (1992) ont constaté un effet bactériostatique du système protecteur naturel du lait camelin contre la flore à GRAM +.

D'autres auteurs (LINDEN et LORIENT, 1994 ; KLAENHAMMER *et al*, 1994 ; RAMET, 2003), estiment que cet effet, commun aux laits des mammifères, est dû particulièrement à l'action de la Lactopéroxydase.

3.3.2.2.3. Evolution quantitative des coliformes

Les coliformes sont présents dans les échantillons de laits collectés à des taux appréciables (de l'ordre de 10^5 à 10^6 cfu/ml) (figure 26). Même si leur nombre varie entre un échantillon et un autre du fait des différences dans les périodes, l'origine et les conditions de prélèvement du lait, il n'en demeure pas moins que cela témoigne d'un niveau de contamination élevé, dès la traite du lait, qui est de nature à le rendre non-conforme pour la consommation à l'état cru. En effet, comme dans le cas du lait bovin, ce type de lait, chargé en coliformes, est susceptible de provoquer des infections gastro-intestinales chez les sujets qui viendraient à le consommer sous cette forme (ANONYME 4, 1995 ; RICHARD et DESMAZEAUD, 1997). Cette flore de contamination, cultivée sur milieu au désoxycholate-lactose, diminue sensiblement au cours de l'entreposage. Ces germes sont absents au bout du 3^{ème} jour, y compris dans le cas de l'échantillon A, qui est relativement le plus chargé.

Cette évolution est similaire dans les quatre échantillons de laits analysés où nous constatons que le taux de coliformes présents devient faible après le troisième jour, même si l'acidité développée n'est pas très élevée (entre 40 et 70°D). Ce résultat peut suggérer 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 ; KLAENHAMMER *et al*, 1994 ; GNAN *et al*, 1994a).

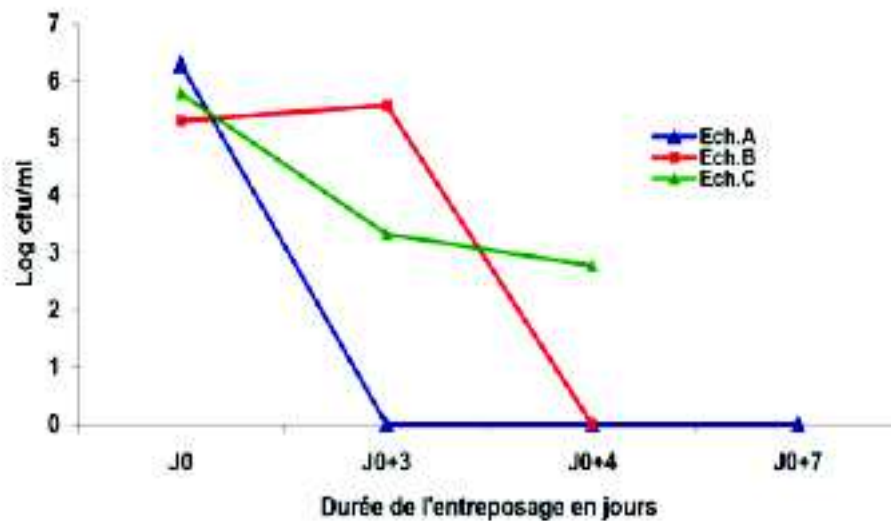


Figure 26 : Evolution des coliformes dans le lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

3.3.2.2.4. Evolution quantitative des entérobactéries

L'évolution des entérobactéries (fig.27) est similaire pour les échantillons considérés. Leur taux connaît une diminution sensible selon la durée d'entreposage (de l'ordre de 10^6 à J_0 à 10^2 à J_0+7).

Ce résultat est conforté par l'utilisation du milieu Hektoen sélectif pour les entérobactéries pathogènes. La figure 28 montre la même évolution que celle obtenue en utilisant le milieu VRBG. Nous constatons en effet, que la charge de ce groupe de bactéries chute rapidement et passe de 10^6 cfu/ml (à $J=0$) à $6 \cdot 10^2$ cfu/ml (à J_0+7) pour l'échantillon B, de 10^4 ($J=0$) à $3 \cdot 10^2$ cfu/ml (J_0+7) pour l'échantillon C et de $9.5 \cdot 10^4$ ($J=0$) à $6 \cdot 10^2$ cfu/ml (J_0+7) pour l'échantillon D.

Notons que les entérobactéries peuvent être pathogènes (cas d'*Escherichia coli*). Le milieu Hektoen plus sélectif, est utilisé particulièrement pour l'isolement de *Salmonella* et *Shigella*. Les bactéries comme *Escherichia coli*, *Citrobacter* et *Proteus*, sont partiellement inhibées. Le développement de colonies dans le milieu Hektoen confirme par conséquent, que les échantillons de lait analysés ont subi une contamination exogène. Leur diminution durant la transformation du lait camelin en lait fermenté, a vraisemblablement pour origine l'effet des bactériocines produites par les bactéries lactiques et les substances inhibitrices naturelles du lait camelin. Les bactéries lactiques sont en effet, de très bons producteurs de ces substances antibactériennes de nature peptidique ou protéique (DESMAZEAUD et De-ROISSART, 1994 ; GNAN *et al*, 1994a).

La sensibilité particulière de chaque espèce bactérienne est un élément déterminant de la compétition, dans les produits laitiers entre la flore lactique et celle contaminante. (LENOIR *et al*, 1985).

Le comportement de la flore halotolérante par rapport à celui des bactéries lactiques thermophiles peut être attribué à l'effet stimulant dû à la libération de facteurs de croissance, notamment des peptides de faible poids moléculaire et acides aminés suite à l'activité

enzymatique des bactéries lactiques thermophiles (LENOIR *et al*, 1985). Les bactéries lactiques peuvent être considérées comme des probiotiques. Leur aptitude à se développer à bas pH et à produire simultanément des substances actives (acide lactique, acide acétique, eau oxygénée et bactériocine...) explique leur rôle bactériostatique ou bactéricide vis à vis d'espèces nuisibles responsables des défauts sensoriels des aliments fermentés (*Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, etc...) ou présentant des risques pour la santé publique (*Salmonella*, *Clostridia*, *Staphylococcus* etc...)

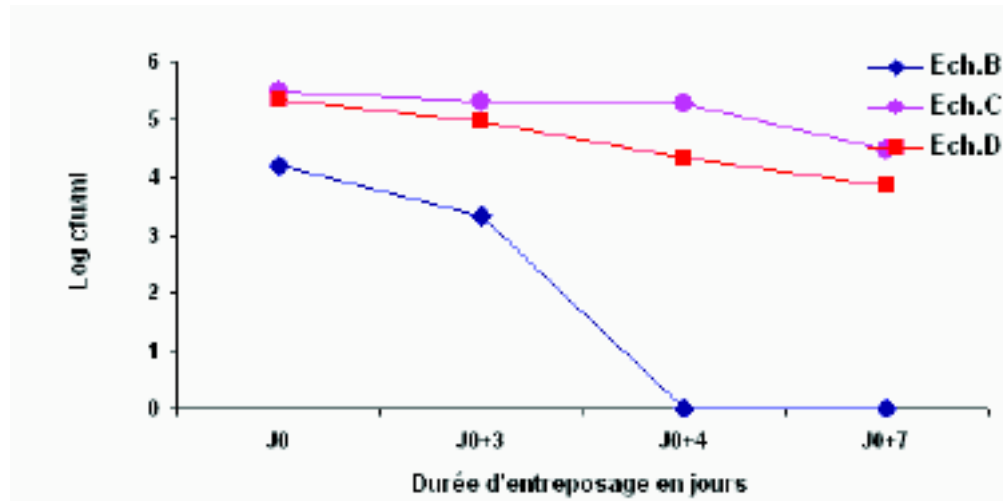
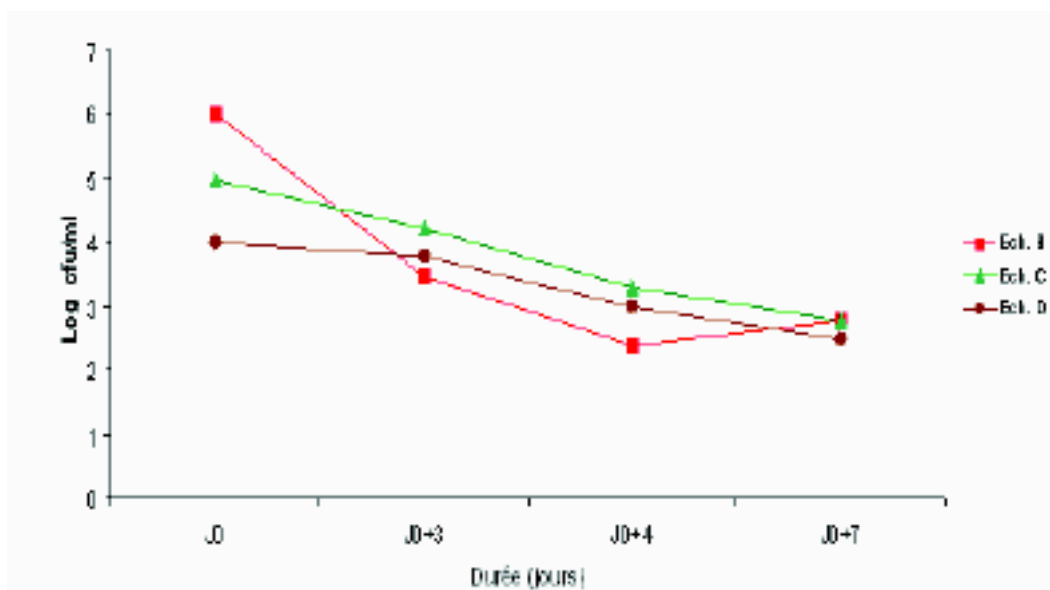


Figure 27 : Evolution des entérobactéries totales dans le lait camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).



camelin durant l'entreposage à température ambiante (30°C).

Par ailleurs étant donné que les bactéries pathogènes dont les staphylocoques, se développent à pH neutre, l'acidité provoquée par la fermentation lactique joue un rôle important dans l'inhibition de leur développement. En effet, les bactéries lactiques présentent selon de nombreux auteurs, des propriétés bactéricides vis à vis d'autres germes. La flore de contamination, isolée sur le milieu Chapman qui inhibe la croissance

de nombreuses bactéries autres que *Micrococcus* et *Staphylococcus*, confirme bien que les conditions de la traite ne sont pas satisfaisantes comme signalées par FARAH (1993).

En effet, il est à relever que les déplacements permanents des élevages de dromadaires dans les régions désertiques, la rareté de l'eau ainsi que l'exposition direct du lait au milieu environnant (air, sable...), ne sont pas de nature à permettre l'obtention d'un lait exempt de cette flore de contamination.

Parallèlement, le système protecteur particulier du lait camelin, la Lactopéroxydase en l'occurrence, présentant un effet bactériostatique contre les bactéries GRAM positif, peut justifier les résultats relatifs à l'évolution des germes halotolérants lors de la transformation naturelle du lait en lait fermenté (CHAMBA *et al*, 1994 ; GNAN *et al*, 1994a). Cet effet est dû particulièrement à l'activation du système Lactopéroxydase – thiocyanate, présent dans le lait des mammifères générant par oxydation deux puissants inhibiteurs bactériens à savoir : l'hypothiocyanate (OSCN) et l'acide hypothiocyanéux (HOSCN⁻) (KLAENHAMMER *et al*, 1994).

D'une manière générale, dans le lait qui vient d'être traité, l'activité antibactérienne est plutôt faible et ne dure qu'une à deux heures parce que les concentrations en SCN et H₂O₂ sont trop basses. La concentration en SCN dans le lait frais varie toutefois, selon le type de fourrage (ANONYME 5, 1999). Le chou par exemple, riche en éléments contenant du soufre est une bonne source de thiocyanate dans le lait, de même que les astéracées, qui sont riches en S-hétérosides. Dans ce contexte, CHEHMA (2005) rapporte que ces dernières sont présentes dans tous les parcours camelins (excepté dans les sols salés) et qu'elles occupent le premier rang du point de vue diversité (21 espèces inventoriées). Les brassicacées dont le chou (*Moricanda arvensis*), sont également bien représentées dans les parcours camelins (9 espèces).

L'effet du système Lactopéroxydase est renforcé par celui du Lysozyme dont la teneur est supérieure à celle du lait bovin (15µg/100ml contre 7µg/100ml) (YAGIL, 1985 ; EL-AGAMY *et al*, 1996 ; RAMET, 1998).

Selon BARBOUR *et al*, (1984), la teneur en cette protéine varie beaucoup avec le stade de lactation et se situe entre 62 et 648µg/100ml alors que DUHAIMAN (1988) l'évalue à 500µg/100ml. Cette glycoprotéine présente en effet, une action bactéricide car elle dégrade la paroi des cellules bactériennes (EL-SAYED *et al*, 1992). La Lactoferrine intervient également en agissant sur *Escherichia coli* qui présente un besoin important en fer (EL-SAYED *et al*, 1992).

Les Immunoglobulines ont par contre, un faible effet contre les bactéries. La faible action des Immunoglobulines contre les bactéries serait due au fait que les sites de fixation de leurs enzymes soient inaccessibles (LAUWEREYS *et al*, 1998a ; LAUWEREYS *et al*, 1998 b).

Récemment, des auteurs ont rapporté un effet des immunoglobulines contre les rotavirus (EL-AGAMY *et al*, 1992), ce qui pourrait expliquer l'origine des propriétés médicinales du lait camelin, ainsi que son utilisation par les nomades pour traiter la diarrhée.

Cependant, des immunoglobulines, autres que les Ig « classiques », constituées de deux sous-unités seulement (les chaînes lourdes) au lieu de quatre, donc considérablement plus petites, ont été mises en évidence, récemment chez le dromadaire. Ces « mini-anticorps » se fixeraient facilement aux enzymes bactériennes, en l'occurrence, et les neutralisent (LAUWEREYS *et al*, 1998a). L'étude a montré que la partie hypervariable de ces Ig originales, forment une protubérance capable d'aller s'insérer dans les cavités situées à la

surface de la structure moléculaire des protéines et de se fixer sur des sites habituellement hors d'atteinte des anticorps.

La recherche de nouveaux inhibiteurs d'enzymes notamment celles des bactéries ou de virus pathogènes comme la protéase du VIH par les pharmacochimistes est continue et met en relief notamment l'intérêt porté ces derniers temps au lait de chamelle (LAUWEREYS *et al*, 1998 a et b, EL-HATMI *et al*. 2006).

Enfin, GNAN *et al*, 1994a ont mis en évidence une activité anti levurienne du lait camelin sur *Saccharomyces cerevisiae* qui serait maximale dans le lactosérum par rapport au lait entier. Des associations de lait bovin et camelin ont permis de montrer que cette activité inhibitrice augmente avec le taux de lait camelin incorporé.

Le système auto-épuratif du lait, existe également dans les laits d'autres espèces, mais son action est relativement courte. Elle est de l'ordre d'une heure pour le lait bovin (RAMET, 2003).

3.3.3. Etude de l'activité antibactérienne du composant-3 des Protéoses-peptones du lait de chamelle

Les connaissances acquises à ce jour sur les rôles biologiques du composant-3 des Protéoses-peptones (PP3) ont été établies essentiellement sur le lait bovin. L'une des premières propriétés intéressantes mise en évidence pour cette protéine est son rôle dans l'inhibition de la lipoprotéine lipase (EC.3.1.1.34), une enzyme native qui est responsable de la lipolyse spontanée du lait stocké à 4°C (CHILLIARD et LAMBERET, 1984).

Le PP3, caractérisé par sa thermorésistance élevée, possède par ailleurs des propriétés émulsifiantes et moussantes et constitue un bon agent tensioactif (GIRARDET et LINDEN, 1994).

Il a été montré que la fraction hydrophobe contenant ce composant (FHPP) possède une activité mitogénique mise en évidence sur des cellules d'hybridomes (MATI *et al*, 1993) et stimule le développement des bifidobactéries (ETIENNE *et al*, 1994).

Ces quelques activités qui rehaussent l'intérêt des chercheurs pour cette protéine native du sérum nous a amené à nous interroger sur la participation ou pas de cette fraction dans le développement de l'activité antimicrobienne naturelle dans le cas du lait de chamelle, surtout que la teneur en PP3 dans ce lait est plus élevée que celle se trouvant dans le lait bovin.

3.3.3.1. Effet du PP3 sur le développement de différents groupes microbiens

La possibilité que le composant-3 des protéose-peptones puisse exercer une action inhibitrice vis-à-vis des souches microbiennes de contamination a été examinée par la méthode des disques où la diffusion du PP3 à la surface d'un milieu gélosé et l'inhibition potentiel (zone d'inhibition ou ZI) exercée par ce composant sur les différents groupes microbiens est relevée (figures 29 à 35).

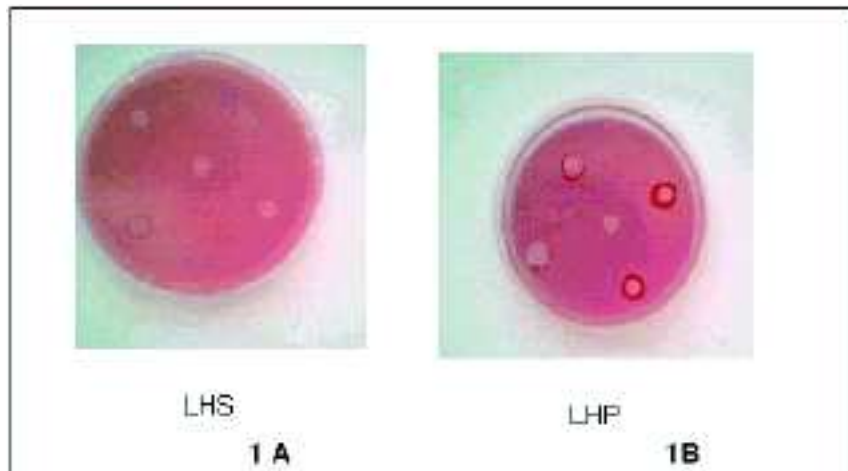


Figure 29 : Effet du lait écrémé bovin, additionné (1B) ou pas (1A) de PP3 camelin ($50\mu\text{g.ml}^{-1}$) sur le développement de la flore halotolérante cultivée sur milieu Chapman

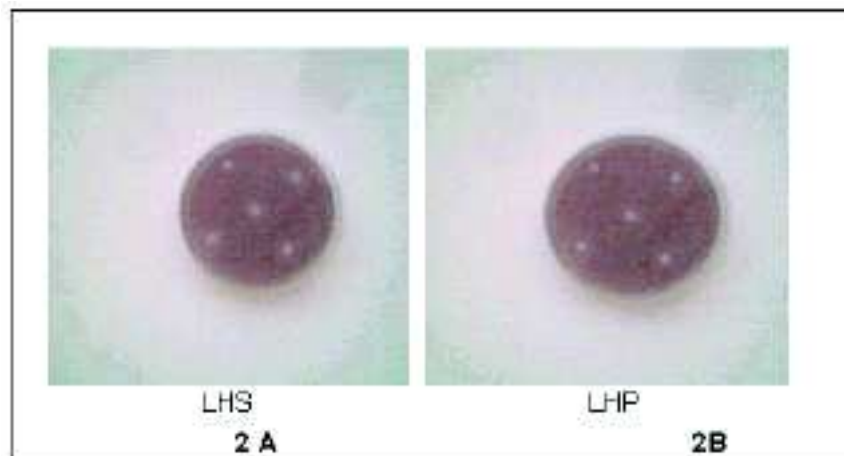


Figure 30 : Effet du lait écrémé bovin, additionné (2B) ou pas (2A) de PP3 camelin ($50\mu\text{g.ml}^{-1}$) sur le développement des entérobactéries cultivées sur le milieu VRBG.

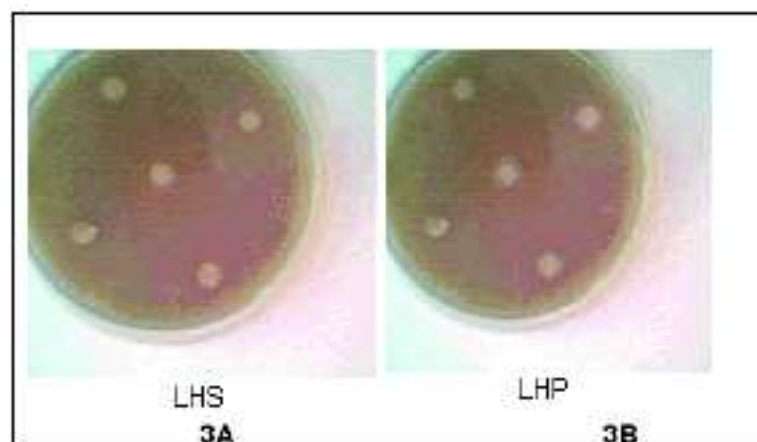


Figure 31 : Effet du lait écrémé bovin, additionné (3B) ou pas (3A) de PP3 camelin ($50\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) sur le développement des entérobactéries pathogènes cultivées sur milieu Hektoen

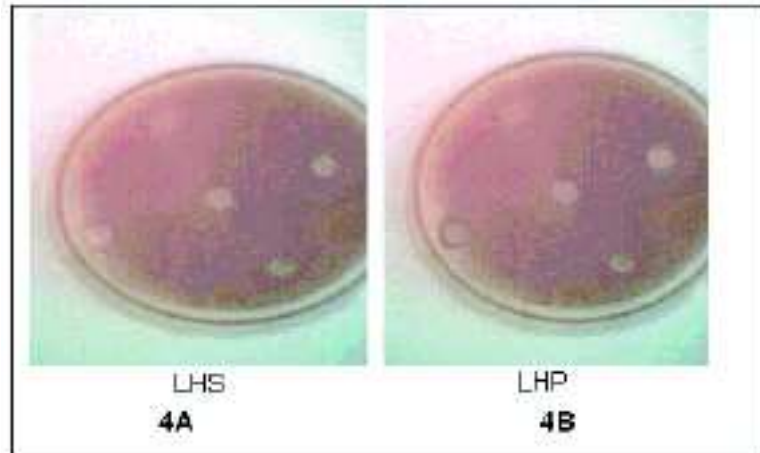


Figure 32 : Effet du lait écrémé bovin, additionné (4B) ou pas (4A) de PP3 camelin ($50\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) sur le développement des lactobacilles cultivées sur milieu MRS.

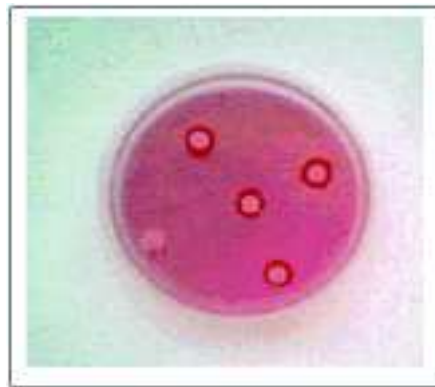


Figure 33 : Effet du lait camelin additionné de PP3 camelin ($50\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) sur le développement de la flore halotolérante cultivée sur milieu Chapman



Figure 34 : Effet du lait camelin additionné de PP3 camelin ($50\mu\text{g.ml}^{-1}$) sur le développement des entérobactéries cultivées sur le milieu VRBG



Figure 35 : Effet du lait camelin additionné de PP3 camelin ($50\mu\text{g.ml}^{-1}$) sur le développement des entérobactéries pathogènes cultivées sur le milieu Hektoen

Le tableau XIII regroupe les résultats relatifs au comportement des quatre groupes de bactéries isolés à partir du lait camelin vis-à-vis du PP3. Nous pouvons relever qu'avec le lait non additionné de PP3 (Lot1/LH.S), le développement des groupes microbiens s'effectue normalement, contrairement au (Lot 2/LH.P) additionné de PP3 où des zones d'inhibition (ZI) apparaissent et dont l'intensité varie selon les micro-organismes considérés.

Groupes bactériens	Lots expérimentaux			
	Lait écrémé type "low heat" sans PP3 Lot 1/LHS	Lait écrémé type "low heat" avec PP3 Lot 2/LHP	Lait camelin sans PP3 Lot 3/LCS	Lait camelin avec PP3 Lot 4/LCP
Halotolérantes	4 (+) 6 (-)	6 (+) 4 (-)	5 (+) 5 (-)	10 (+) 0 (-)
Entérobactéries	1 (+) 9 (-)	7 (+) 3 (-)	3 (+) 7 (-)	4 (+) 6 (-)
Entérobactéries pathogènes	1 (+) 9 (-)	3 (+) 7 (-)	1 (+) 9 (-)	4 (+) 6 (-)
Lactobacillus	0 (+) 10 (-)	2 (+) 8 (-)	0 (+) 10 (-)	0 (+) 10 (-)

(+) Présence de zone d'inhibition (-) Absence de zone d'inhibition

Tableau XIII : Développement de quelques groupes bactériens dans le lait enrichi ou pas en composant-3 des protéose-peptones (PP3)

En effet, les résultats montrent que sur 10 disques imprégnés de lait écrémé bovin reconstitué à partir d'une poudre de lait type « low heat », enrichi en PP3, trois, six et sept présentent des zones d'inhibition de la croissance, respectivement pour les entérobactéries pathogènes, les germes halotolérants et les entérobactéries totales. Les lactobacilles semblent par contre résister à l'action du PP3 puisque le nombre de ZI est négligeable (02).

Des résultats, dans l'ensemble, comparables à ceux relevés avec le lait bovin sont obtenus avec les lots de laits camelins. En effet, nous remarquons que le développement des quatre groupes bactériens s'effectue normalement dans le lot3/LCS, contrairement au lot4/LCP où des zones d'inhibitions apparaissent. Ainsi, sur 10 disques imprégnés de lait camelin additionnés de PP3, nous en relevons 10 disques à zone d'inhibition pour les bactéries halotolérantes, 4 pour les entérobactéries (totales et celles ayant un effet pathogène) et enfin aucun disque portant une zone d'inhibition pour les lactobacilles.

L'effet sélectif du PP3 pourrait s'expliquer par la présence d'un seul site O-glycosylation ce qui diminue leur capacité de reconnaître plusieurs types des bactéries.

Ceci est conforté par les résultats bibliographiques qui rapportent que contrairement aux GlyCAM-1 du lait camelin, ceux des souris et des rats sont de type mucine-glycoprotéines très glycosylées, reconnaissant donc facilement les sites membranaires.

Il est fort probable que le biotope jouerait un rôle déterminant l'importance de la glycosylation du PP3. La chamelle, vivant dans un milieu naturel hostile aux microorganismes, n'exige pas une forte glycosylation du PP3, contrairement à d'autres espèces animales telles que le rat, la souris, la bufflonne (GIRARDET 2000).

En plus de son système antibactérien naturel (lysozyme, lactoferrine, lactoperoxydase, immunoglobulines), le lait camelin est particulièrement plus riche en PP3, protéine lactosérique native, qui semble renforcer ce système. En effet, son taux est égal à 0.9 à 1.1.g/l contre 0.3g/l pour la lait bovin (SORENSEN et PETERSON, 1993 ; GIRARDET *et al*, 2000 ; EL-HATMI *et al*, 2006)

Le PP3 appartient à la famille des Gly CAM-1 (Molécule d'Adhésion Cellulaire Glycosylation-dépendante 1) et pourrait par conséquent jouer un rôle dans la défense immunitaire de la chamelle et du chamelon (GIRARDET *et al*, 2000). Dans le cas précis du PP3, cet effet semble être inhibiteur ou létale pour les cellules bactériennes. Son absence semble indiquer que le PP3, même s'il est présent en quantité appréciable, n'a pas de récepteurs sur la membrane des lactobacilles qui font partie de la flore naturelle du lait et qui ne constituent donc pas un "antigène".

Le lait camelin se singularise par une salinité élevée, qui favorise particulièrement l'installation de la flore halotolérante. Ainsi, la contamination de lait par ce type de bactéries est inévitable si les conditions de traite ne sont pas conformes, ce qui pourrait le rendre impropre à la consommation. Le rôle du PP3 dans ce cas, paraît non négligeable puisqu'il semble agir contre la flore à GRAM + et à GRAM -. En effet, les résultats obtenus, indiquent que le PP3 possède un effet inhibiteur remarquable contre les bactéries halotolérantes, faible contre les entérobactéries et ne semble pas agir contre la flore banale du lait camelin.

3.4. Utilisation d'extraits enzymatiques de caillettes de dromadaires pour l'amélioration des aptitudes à la coagulation du lait camelin

Comme signalé plus haut, le lait camelin s'apprête difficilement à la transformation fromagère, du fait de sa faible aptitude à la coagulation. Cette caractéristique assignée à la nature et à la quantité de ses constituants, notamment les caséines, se manifeste par des temps de floculation trop longs et par une faible consistance des gels obtenus

Parmi les possibilités explorées par les chercheurs pour contourner cette difficulté, il y a le choix de l'enzyme coagulante à utiliser. En effet, les extraits enzymatiques issus de caillettes bovines n'ont pas toujours donné de résultats probants, même si des essais ont montré que la pepsine présentait une bonne activité coagulante sur la caséine cameline (WANGOH *et al*, 1993; RAMET, 1994). Qu'en est il alors des extraits coagulants isolés de caillettes de dromadaires ?

Afin d'évaluer la portée de ces extraits sur le lait camelin, nous avons estimé opportun de procéder à leur isolement-purification avant d'évaluer par la suite leurs activités coagulante et protéolytique.

3.4.1. Isolement et purification des enzymes gastriques de caillettes de dromadaires

L'isolement mené en utilisant le protocole proposé par VALLES et FURET (1977), a montré que le taux d'extrait enzymatique obtenu (précipité humide) est de l'ordre de 22g pour 100g de caillettes. La macération en milieu acide et la température utilisée (42°C/60min.), permettent d'optimiser les conditions d'extraction et d'obtenir des rendements estimés à 10^{-3} UP/g de caillettes.

La purification des extraits, réalisée par chromatographie sur DEAE-cellulose, a donné un profil (figure 36) où la fraction active est éluee par passage d'une solution tampon phosphate contenant du chlorure de sodium à 0.4M.

Travaillant sur des extraits analogues, WANGOH *et al* (1993) signalent que le maximum d'absorption obtenu avec un tampon contenant 0,5 M en NaCl correspond précisément à l'activité de la pepsine.

Sur des purifications similaires d'extraits de caillettes bovines, BENGANA (2001) a obtenu des fractions actives à des teneurs en NaCl correspondants à 0.3M (pour la chymosine) et à 0.5M (pour la pepsine), alors que FOX *et al* (1975), en utilisant un tampon pipérazine, avaient préalablement élué la chymosine (à 0,2M en NaCl) et la pepsine, en augmentant la teneur en chlorure de sodium dans le tampon à 0,4M.

Ces données très comparables, même si l'origine des extraits diffère, laissent supposer que la fraction éluee par passage sur la colonne du tampon phosphate contenant du chlorure de sodium à 0.4M, correspond bien à la pepsine

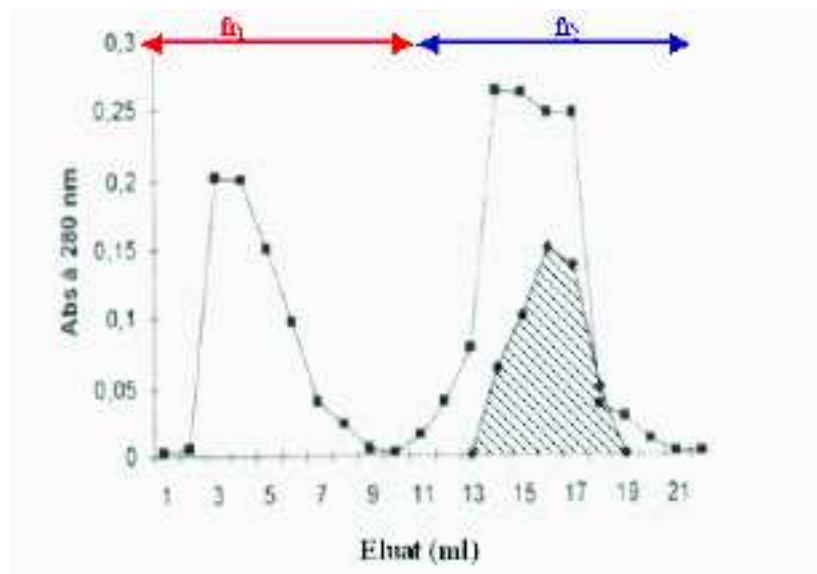


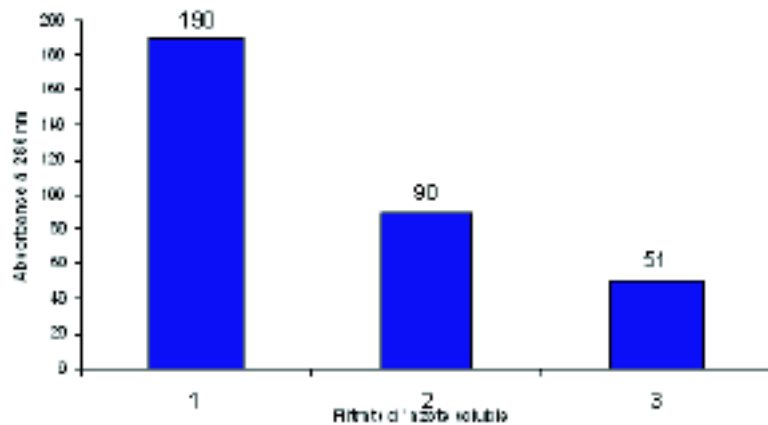
Figure 36: Profil de séparation chromatographique de l'extrait enzymatique total issu de caillettes camelines sur colonne (1x10cm) de DEAE-cellulose équilibrée avec le tampon phosphate, pH5.5 ; débit d'élution : 30ml/h ; 2 ml/ fraction fr₁ : fractions éluées à 0.3 M en NaCl ; fr₂ : fractions éluées à 0.4 M en NaCl ; le pic hachuré correspond à la fraction active

3.4.2. Mesure des activités enzymatiques de l'extrait brut

L'activité coagulante, exprimée par le nombre d'unité présure (UP) et la force coagulante (F) correspondante, varie d'une préparation à l'autre (tableauXIV).

L'extrait coagulant (ECD8) présente le nombre d'unités présure et la force coagulante (F) les plus élevés devant ceux issus du dromadaires âgés de 2 ans (ECD 2). La présure bovine commerciale (PBC) se place en troisième position.

L'activité protéolytique des trois préparations coagulantes, est représentée sur la figure37.



3 : filtrat d'azote soluble obtenu avec la PBC

Il en ressort que l'ECD 2 (filtrat1), possède l'activité protéolytique la plus élevée, suivi de l'ECD 8 (filtrat2) puis de la présure bovine commerciale (PBC) (filtrat3).

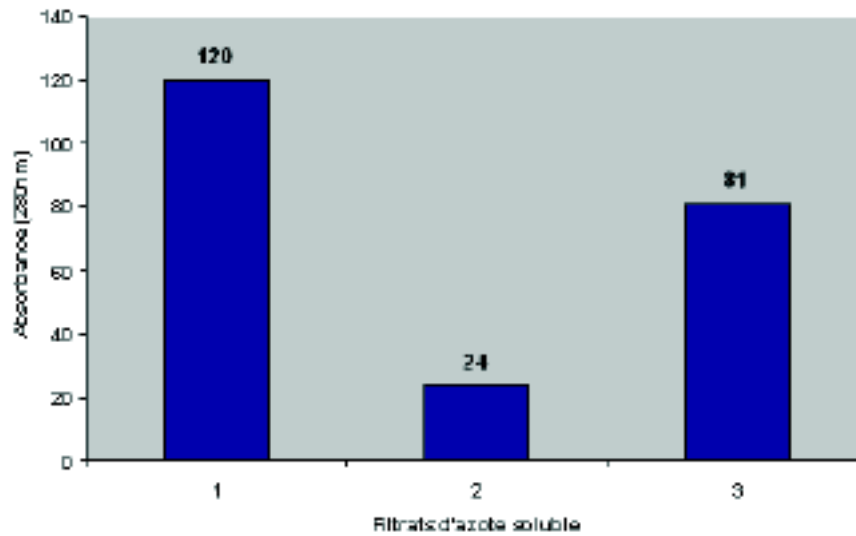
Les deux extraits isolés sont préparés dans les mêmes conditions. La différence ne réside que

dans l'âge des dromadaires dont ils proviennent, donc dans la nature de la protéase obtenue

Si sur le lait bovin, la chymosine possède l'activité coagulante la plus appropriée pour la transformation du lait en fromage, sur le lait camelin, la pepsine a montré les aptitudes les plus intéressantes (EL-ABASSY et WAHBA, 1986 ; MEHAIA, 1987a ; WANGOH *et al*, 1993; RAMET, 1994).

En industrie fromagère, on recherche toujours à ce que les enzymes coagulantes utilisées aient une activité coagulante élevée et une activité protéolytique faible (RAMET, 1997). L'ECD8 semble par conséquent, le mieux indiqué par rapport à l'ECD2 et à la présure bovine commerciale qui est habituellement utilisée dans l'industrie fromagère. Sur la base de ces résultats, cet extrait a été retenu pour la suite des essais et est désigné par l'abréviation ECD.L'activité coagulante de l'extrait purifié par chromatographie sur DEAE-Cellulose est égale en moyenne à 0.83, correspondant à une force coagulante de 185.11. Ce résultat montre que ces dernières sont plus élevées que celles des ECD bruts. L'activité coagulante est cependant fonction de la richesse enzymatique des caillettes ainsi que du rapport (solution de macération /poids des caillettes) (VALLES et FURET, 1976).

La détermination de l'activité protéolytique de l'ECD purifié en comparaison avec celle de l'ECD brut et de la pepsine bovine commerciale est portée sur la figure 38.



3 : filtrat d'azote soluble obtenu avec la pepsine bovine ;

Il ressort que l'activité protéolytique de l'ECD purifié (filtrat2) sur les caséines camelines est la moins élevée, suivie de celle de la pepsine bovine) puis de celle de l'ECD brute. La purification des protéases camelines à partir des extraits coagulants bruts, permet donc l'amélioration des activités coagulante et protéolytique.

3.4.3. Utilisation des extraits dans la coagulation enzymatique du lait de chamelle

La possibilité d'utiliser l'extrait coagulant gastrique de dromadaire (ECD brut) dans le but de coaguler le lait de chamelle a été testée. Avec cette préparation, nous avons pu obtenir un coagulum qui a donné, après égouttage, un caillé de bonne consistance

Dans les mêmes conditions d'utilisation, l'extrait (ECD brut) permet d'obtenir un temps de floculation du lait de chamelle environ 7 fois plus faible que celui obtenu avec le lait de vache (fig39). En revanche, pour la même dose de présure bovine commerciale, les temps de floculation les plus courts, sont ceux enregistrés pour le lait de vache. Ces derniers sont environ, deux fois plus élevés avec le lait de chamelle

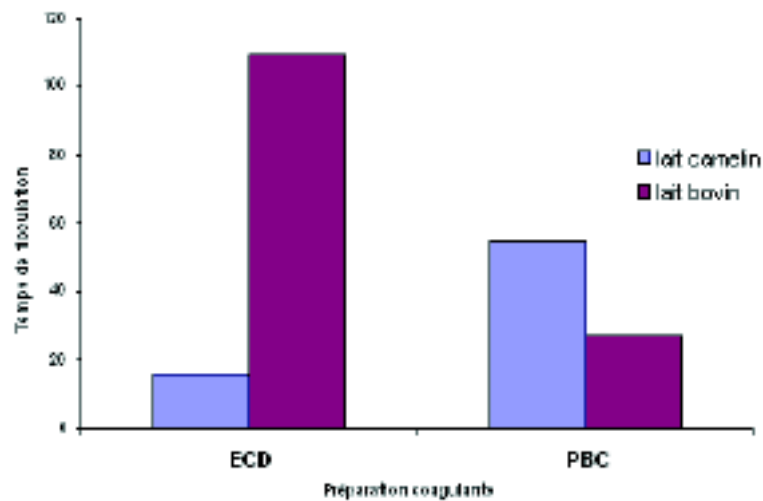


Figure 39 : Mesure du temps de floculation des laits camelin et bovin en fonction de la préparation coagulante utilisée (ECD ou PBC). Conditions d'utilisation : $n=03$; température= 30°C ; $\text{pH}=6,0$ Dose de préparations coagulantes : 10 %

En utilisant l'extrait coagulant gastrique de dromadaire (ECD brut), l'évolution des temps de floculations obtenus du lait bovin sur le lait camelin (tfv / tfc), en fonction du pH, montre que les rapports entre ces deux aptitudes sont supérieurs à 1, quelque soit la valeur du pH (fig. 40). L'influence du pH du lait sur ces rapports est hautement significative ($P<0.01$) (Tab XV).

Le même suivi est réalisé pour la présure bovine commerciale (fig.41). Les rapports (tfv / tfc) pour la même dose de présure bovine commerciale, sont inférieurs à 1 quelque soit le pH considéré. L'influence du pH du lait sur ces rapports est très significative ($P<0.01$) (tab. XV)

Ces tendances montrent que les temps de floculation enregistrés pour la même dose d'extrait coagulant de dromadaire (ECD brut), sont plus faibles pour le lait camelin que pour le lait bovin. La vitesse de floculation du lait de chamelle est, par conséquent, plus élevée que celle du lait de vache, lorsque l'extrait coagulant de dromadaire est utilisé comme préparation coagulante.

Parallèlement, l'influence du pH sur les rapports (tfv / tfc), pour les deux préparations coagulantes (ECD et PBC), montre que les laits camelin et bovin réagissent différemment face aux variations du pH, ce qui semble avoir pour origine, la différence dans la composition protéiniques des deux laits (fig 40 et 41).

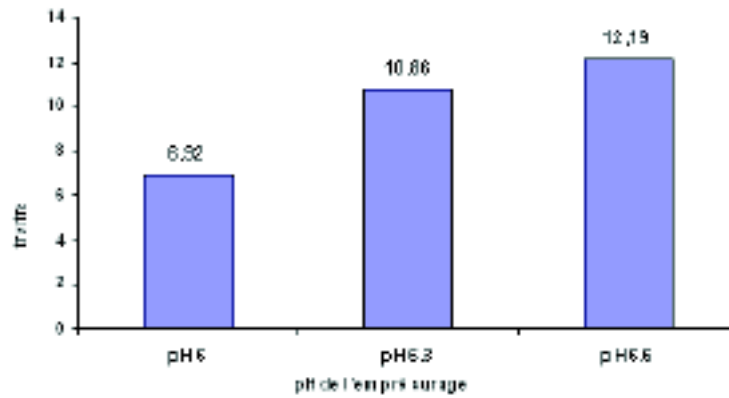


Figure 40 : Variations du rapport (tfv/tfc) en fonction du pH de l'emprésurage en utilisant l'extrait coagulant issu de caillettes de dromadaires (ECD). Conditions de l'essai : température=30°C ; n=03 ; CV=8.05% ; Dose d'ECD=10 % (v/v) ; tfv : temps de floculation du lait de vache ; tfc : temps de floculation du lait de chamelle.

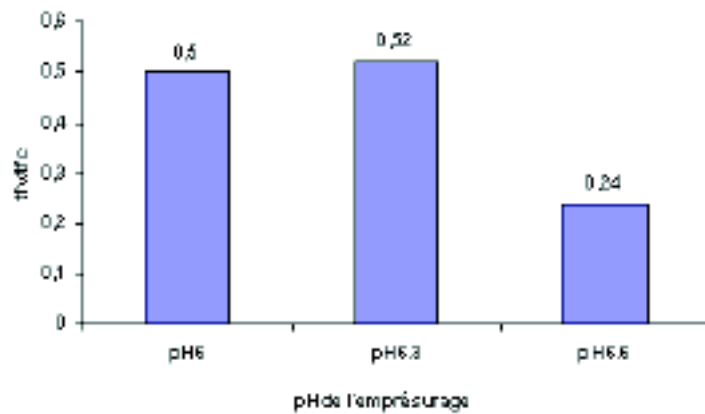


Figure 41 : Variation du rapport (tfv/tfc) en fonction du pH de l'emprésurage, en utilisant la présure bovine commerciale. Conditions de l'essai : température=30°C ; n=03 ; CV=7.71% Dose de PBC = 0.4 % (p/v) ; tfv : temps de floculation du lait de vache ; tfc : temps de floculation du lait de chamelle

Nature de l'essai	F calculé	F théorique	
		1%	5%
Effet du pH de l'emprésurage sur le rapport (tf2/ff8)			
- extrait utilisé : ECD	9.18 [*]	14.8	5.04
- extrait utilisé : PBC	19 ^{**}	14.8	5.04
Effet du pH de l'emprésurage sur le temps de floculation (extrait utilisé : ECD)	8.3 [*]	9.96	4.7
Effet de la température de l'emprésurage sur le temps de floculation (extrait utilisé : ECD)	26.02 ^{**}	7.79	4.03
Effet de la nature des enzymes coagulants sur le temps de floculation, en fonction du pH	18.36 ^a	99.3	19.3
Effet du pH sur le rapport (ff2/ff8)	1.48 ^a	7.79	4.03
Effet de la nature des enzymes coagulants sur le temps de floculation, en fonction de la température	14.17 [*]	27.49	8.8
Effet du pH de l'emprésurage sur le temps de floculation (ECD purifié)	7.09 [*]	8.64	4.46
Effet de la concentration en CaCl ₂ sur le temps de floculation (ECD purifié)	0.33 ^a	6.22	3.59

⁺ significatif ^{**} hautement significatif ^a : non significatif

- ECD : extrait enzymatique gastrique de dromadaires (adultes)

- PBC : présure bovine commerciale

- tf2 : temps de floculation du lait camelin avec ECD2

- ff8 : temps de floculation du lait camelin avec ECD8

- ECD2 : extrait enzymatique gastrique de dromadaires âgés de 2 ans (jeunes)

- ECD8 : extrait enzymatique gastrique de dromadaires âgés de 8 ans

Tableau XV : Analyse statistique (selon le test de Fisher) des essais réalisés sur l'effet du pH et de la température de l'emprésurage sur le temps de floculation

3.4.4 Variations des aptitudes des extraits enzymatiques

3.4.4.1 Influence du pH

L'abaissement du pH s'accompagne de la diminution du temps de floculation, obtenu en utilisant l'extrait coagulant brut (ECD brut) (fig.42). Cependant, l'ampleur de cette variation n'est pas la même selon l'intervalle de pH considéré. En effet, une diminution significative ($P < 0.05$) (tab. XV), de l'ordre de 30 %, est enregistrée entre pH 6,6 et 6,3, alors qu'elle n'est qu'environ de 8,5 %, en passant du pH 6,3 à 6,0.

Les résultats concernant l'effet du pH sur le temps de floculation du lait camelin emprésuré avec l'extrait (ECD) purifié sont illustrés par la figure 43. Les résultats montrent que le pH6 représente le pH optimal pour l'activité de l'extrait. L'analyse statistique indique que l'effet de ce paramètre sur le temps de floculation est significatif ($p < 0.05$) (tableau XV).

3.4.4.2. Influence de la température

L'élévation de la température (mesurée entre 30 et 45°C), s'accompagne d'une diminution du temps de floculation du lait traité avec l'extrait coagulant d'origine cameline (fig 44). En effet, une diminution très significative ($P < 0.01$; tab.XV) de l'ordre de 40% est enregistrée

en augmentant la température de 30 à 42°C, alors que le passage de la température de 42 à 45°C, s'accompagne d'une diminution d'environ 20%.

3.4.4.3 Influence de l'âge du dromadaire

Les temps de floculation en fonction des pH 6, 6,3 et 6,6 du lait de chamelle traité avec les deux extraits coagulants gastriques (bruts) de dromadaires, sont assez proches (fig. 45) mais avec des valeurs légèrement plus faibles pour l'ECD8 (aux pH 6.3 et 6.6).

L'analyse statistique a montré que l'effet « type ECD » est non significatif (tableau XVI). De même, pour les valeurs de pH testées, les rapports (tf2 / tf8) sont proches de 1 (fig. 46)

L'analyse statistique a montré que cette variation selon le pH n'est pas significative. Ce résultat permet de dire que l'âge du dromadaire d'où est extrait l'enzyme est sans effet sur l'activité coagulante produite.

La variation de la température donne aussi des effets analogues entre les deux types d'extraits utilisés (fig.47). Les valeurs des temps de floculation obtenus aux températures de 30, 37, 42 et 45°C sont assez proches l'une de l'autre.

Il en ressort que les temps de floculation du lait de chamelle par les deux extraits coagulants de dromadaires, sont proches l'un de l'autre pour une même température.

L'analyse statistique a montré une influence significative ($P < 0.05$) de l'âge du dromadaire sur le temps de floculation, en fonction de la température du lait camelin traité par l'extrait enzymatique issu de caillettes de dromadaire (tableau XV).

Les rapports entre les temps de floculation du lait de chamelle (tf2 / tf8) en fonction de la température d'emprésurage, par les deux extraits coagulants de dromadaires sont illustrés dans la figure 48.

Il ressort de cette figure que les rapports entre les temps de floculation du lait de chamelle par les deux extraits coagulants de dromadaire sont variables selon la température du lait lors de l'emprésurage. Deux intervalles de températures se distinguent. Ainsi entre 30°C à 37°C, ces rapports sont similaires et inférieurs à 1 et entre 37°C à 45°C, ils sont différents et supérieurs à 1. L'analyse statistique a montré une différence significative ($P < 0.05$) (tableau XV).

La température du lait de chamelle lors de l'emprésurage, exerce une influence significative ($P < 0.05$) sur les temps de floculation pour les deux extraits utilisés (fig.45). Cependant, pour la même température d'emprésurage, l'activité de ces extraits est assez comparable. L'effet de la température du lait sur les rapports (tf2 / tf8) est significatif au seuil de 5%.

Il apparaît que l'activité des deux extraits coagulants de dromadaires utilisés est similaire pour les mêmes valeurs de pH et de température d'emprésurage. Cependant, leur action à des températures supérieures à 37°C sont différentes : l'ECD2, donne des temps de floculation plus long par rapport à l'ECD8.

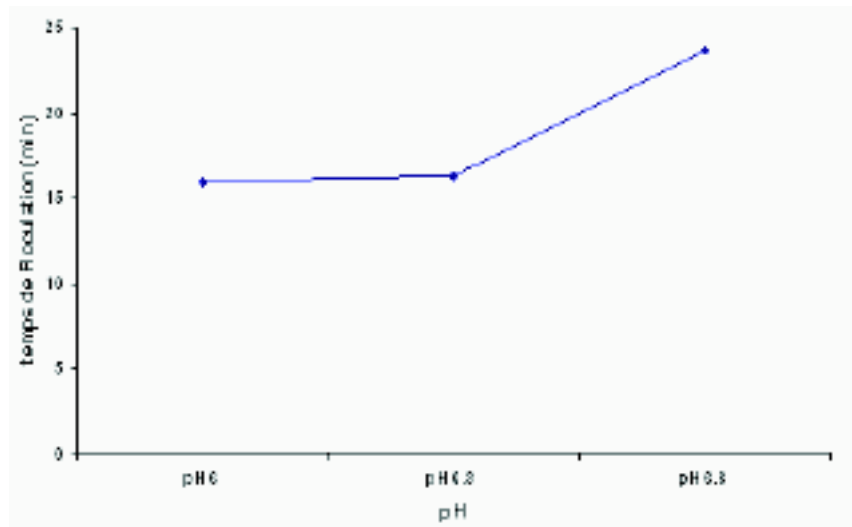


Figure 42: Variation du temps de flocculation (min) en fonction du pH de l'emprésurage du lait de chamelle traité par l'ECD brut (utilisé à 10%, v/v) ; température = 30 °C, n = 03, CV= 7,71%

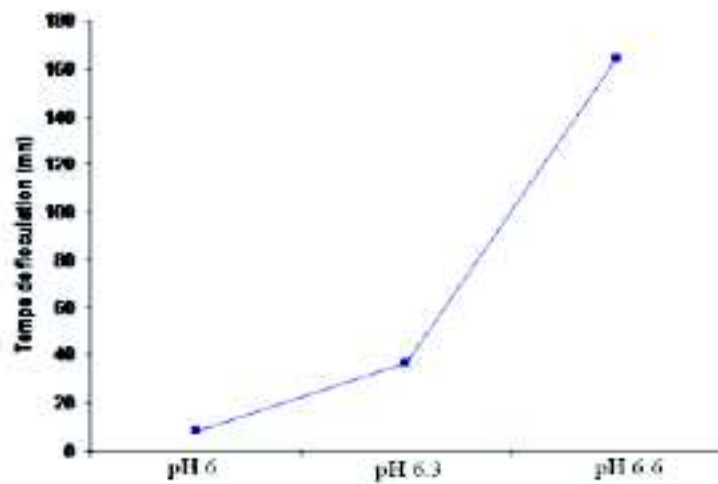


Figure 43 : Variation du temps de flocculation (min) en fonction du pH de l'emprésurage du lait de chamelle traité par l'ECD purifié ; température = 30 °C. n = 03

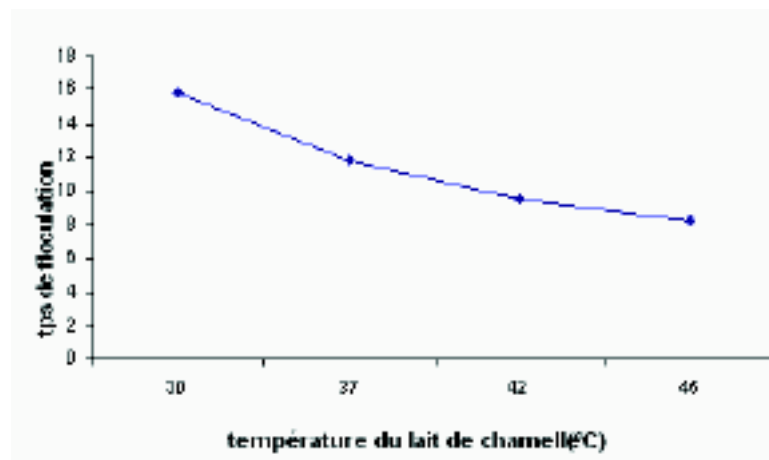


figure 44 : Evolution du temps de floculation (min), en fonction de la température du lait de chamelle, traité par l'extrait coagulant de dromadaire (10 %, v/v) ; pH = 6,0, n = 03, CV= 5,21%.

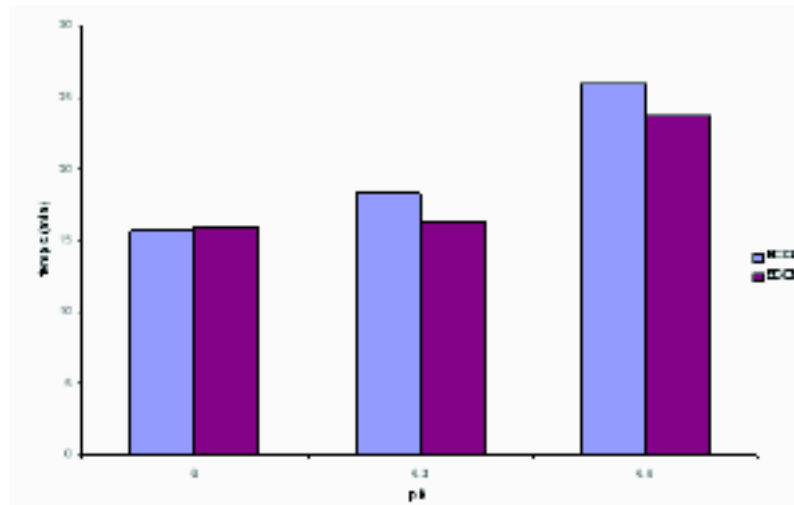


Figure 45 : Evolution des temps de floculation (min) en fonction du pH du lait traité par ECD2 et ECD8 (10 % v/v), température = 30°C ; n= 03 ; CV= 5,84%.

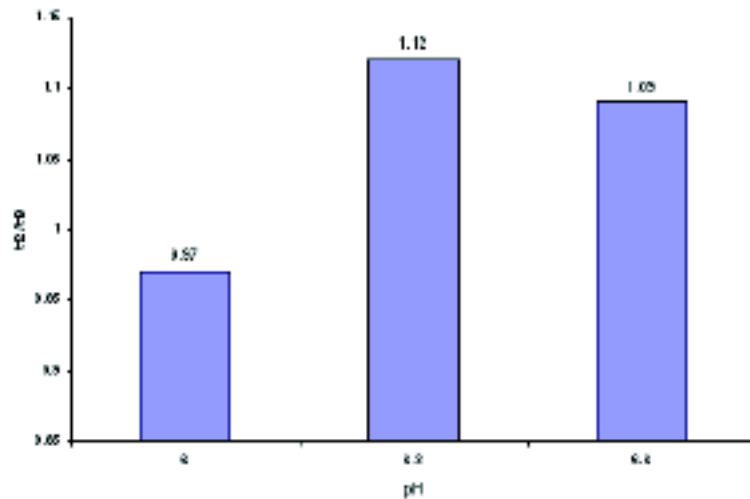
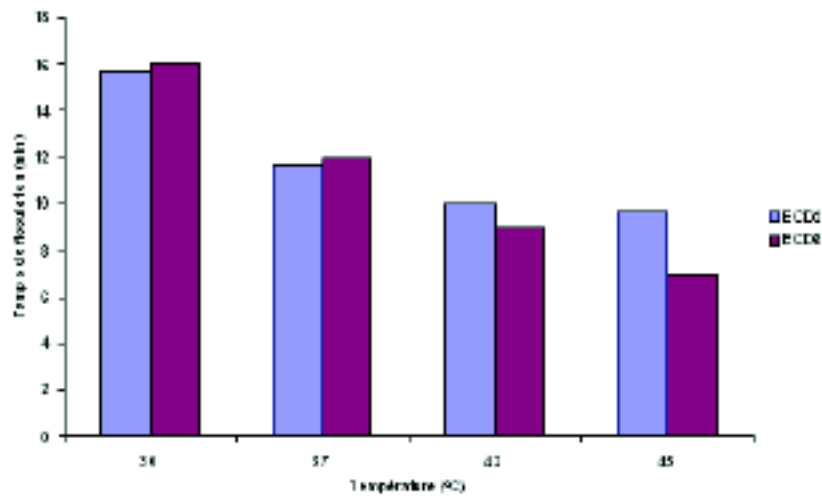


Figure 46 : Evolution des rapports (tf2 / tf8) en fonction de pH du lait, traité par les deux ECD bruts (10 %, v/v) ; température = 30°C ; n= 03 ; CV= 6,14%.



$pH = 6,0 ; n = 03 ; CV = 7,26\%$.

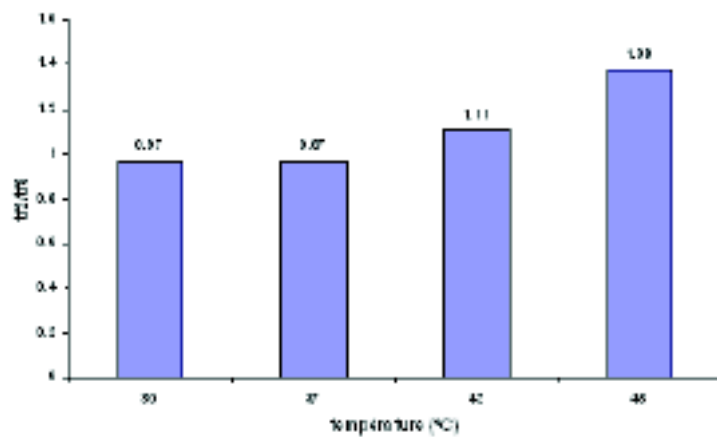


Figure 48 : Evolution des temps de floculation, en fonction de la température d'emprésurage du lait de chamelle, traité avec les extraits coagulants de dromadaire (10 %, v/v) ; $pH = 6,0 ; n = 03 ; CV = 7,26\%$.

3.4.4.4. Influence de la concentration en $CaCl_2$

Il ressort (figure 49) que la concentration optimale en $CaCl_2$ du lait camelin à l'emprésurage est égale à 0.01 si l'on utilise l'ECD purifié. L'analyse statistique a toutefois montré que l'effet était non significatif (tableau XV).

Au niveau de l'intervention biochimique de ces deux enzymes, il est admis que la pepsine comme la chymosine sont des endopeptidases à double action sur la caséine :

elles ont une activité élevée et spécifique sur la κCn qui conduit à la libération du caséino-macropéptide (CMP) et donc à la déstabilisation de la micelle ;

elles ont une faible activité de protéolyse générale sur les autres fractions de la caséine qui intervient dès la mise en coagulation et se poursuit pendant l'affinage.

Le lait camelin se singularise par la taille de ces micelles qui est environ 2 fois plus grande que celles du lait bovin et par une teneur relativement plus faible en κCn . (5% des caséines totales contre 13,6% dans le lait de vache), portant une charge électrique différente.

Ces particularités se répercutent sur l'aptitude à sa coagulation en augmentant le temps de déstabilisation de ces micelles. En outre les teneurs plus faibles en calcium ionisé (SALEY, 1993) et colloïdale (35 % contre 65 % du calcium total dans le lait de référence) (JARDALI, 1988), caractérisant ces dernières, sont responsables de la fragilité du coagulum obtenu. En effet de nombreux travaux montrent qu'un enrichissement en calcium ionique a pour effet de réduire le temps de floculation et d'accroître la fermeté du coagulum (REMEUF *et al*, 1986 ; RAMET, 1993 ; 1994 ; KAMOUN, 1994 ; LENOIR *et al*, 1997 ; REMEUF et RAYNAL, 2001).

Selon MOHAMED *et al* (1989), l'utilisation de la présure bovine commerciale, aboutit, à des temps de floculation plus élevés sur le lait de chamelle que sur le lait de vache. Ceci est confirmé par RAMET (1994), qui estime que pour coaguler le lait de chamelle, on doit utiliser des concentrations 50 à 100 fois plus élevées en présure et que la coagulation est 2 à 4 fois plus lente par rapport au lait de référence.

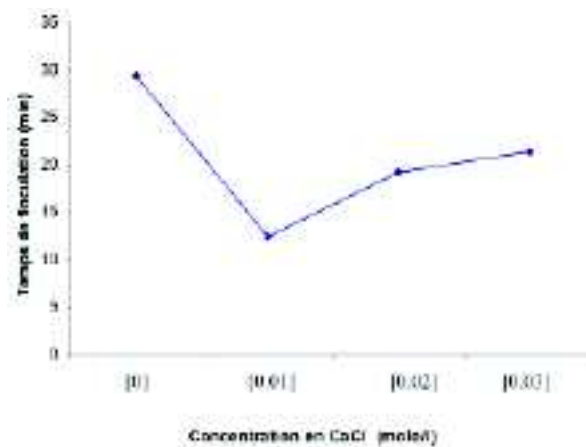


Figure 49 : Evolution du temps de floculation (min) en fonction de la concentration en CaCl₂ (mole/l) du lait de chamelle, traité par l'ECD purifié

Les résultats que nous avons obtenus, suggèrent qu'il y a une meilleure affinité de l'enzyme extraite de caillettes de dromadaires vis-à-vis du lait camelin que celle que peut avoir la présure bovine avec ce lait.

C'est d'ailleurs en se basant sur des résultats similaires que WANGO *et al* ont recommandé dès 1993 l'utilisation des enzymes gastriques de dromadaire dans le processus de coagulation du lait de chamelle, plutôt que celles issues d'autres espèces.

Par ailleurs, les temps de floculation plus faibles du lait de chamelle par l'ECD, sont probablement favorisés par la pepsine, contenue à forte dose dans l'extrait gastrique coagulant de dromadaires adultes (ECD). En effet, selon RAMET (1994), l'utilisation de la pepsine bovine aboutit à des temps de floculations, plus faibles du lait de chamelle, comparativement au lait de vache.

Etant donné qu'aux températures utilisées, la préparation enzymatique isolée à partir des dromadaires les plus âgés donne le temps de floculation le plus court, cela suggère que la pepsine, qui se trouve en abondance dans la caquette des animaux adultes, exerce un effet coagulant plus intéressant sur le lait camelin. Ce résultat est en accord avec les constatations faites par WANGO *et al* (1993) et RAMET (1994).

Ceci paraît paradoxal, si nous nous basons sur les connaissances acquises sur les extraits enzymatiques issus de caillettes de bovidés. Ces extraits perdent avec l'âge leur activité coagulante et acquièrent en parallèle une activité protéolytique marquée, due à

la pepsine, qui n'est pas toujours propice dans les premières étapes de la transformation fromagère du lait.

Cependant, comme la nature protéique du lait de chamelle présente quelques différences notables comparativement au lait de référence (dimension et nature des micelles, nature et proportion des protéines présentes, sites potentiels de coupure des caséines etc...), il peut être admis que l'activité de la pepsine pour ce substrat soit davantage coagulante. Si c'est le cas, cette enzyme serait parmi les facteurs de réajustement à envisager pour améliorer l'aptitude du lait camelin à la transformation en fromage

Cette perspective est d'autant plus intéressante quand on sait que des extraits contenant cette enzyme, peuvent être obtenus en quantité, vu la relative disponibilité des dromadaires adultes destinés à l'abattage. A titre indicatif, et selon la division des statistiques agricoles, le nombre de dromadaires sacrifiés dépasse 140 têtes par mois, au niveau de la région de Ouargla (ANONYME 6, 1996).

Par ailleurs, les nomades de l'Ahaggar fabriquent leurs fromages en utilisant exclusivement comme agent coagulant, des morceaux d'estomac issus de lapins du désert. Cet estomac renferme, comme chez tous les mammifères, de la pepsine. Ce qui conforte le statut privilégié de la pepsine pour coaguler le lait camelin.

En Egypte, El-ABASSY (1987) et El- BATAWY (1987) ont montré que la pepsine provenant des estomacs de dromadaires adultes, pouvait être utilisée pour produire une préparation coagulante dans des conditions acceptables d'activité et de stabilité. Dans leur travail, il n'est toutefois pas fait mention de l'ensemble de l'aptitude fromagère de l'enzyme.

Nous pouvons conclure qu'il existe effectivement une affinité de l'extrait enzymatique issu de caillettes de dromadaires pour le lait de chamelle. De plus, les extraits provenant d'animaux adultes présentent une meilleure activité coagulante et une activité protéolytique plus faible. Ils sont de ce fait tout indiqués pour être utilisés dans l'amélioration des aptitudes fromagères du lait camelin.

Toutefois, le pH d'emprésurage influe directement sur l'activité des enzymes coagulantes de fromagerie, qui sont des protéases ayant une activité optimale située autour du pH 5,5 (RAMET, 1994). Selon les essais réalisés, une acidification du lait au pH compris entre 6,0 et 6,3 améliore sensiblement les temps de floculations du lait de chamelle, incubé en présence d'extraits protéiques issus de caillettes de dromadaires.

Par ailleurs, FARAH et BACHMAN (1987), MEHAIA (1992) ainsi que RAMET (1993) ont montré l'existence d'une relation presque linéaire entre la température et l'activité des préparations coagulantes dans l'intervalle de température de 25 à 40°C. Selon DESMAZEAUD (1990), la vitesse de coagulation enzymatique du lait par la présure serait maximale entre 40 et 42°C. Cette vitesse diminue progressivement au-dessus de ce seuil (THOUVENOT, 1997). A base de ces résultats, nous préconisons une température optimale de 42°C pour une meilleure activité des extraits enzymatiques isolés d'origine cameline

L'addition du CaCl_2 , pratique courante dans l'industrie des fromages, permet également de corriger les aptitudes à la coagulation de certains laits (LENOIR *et al*, 1997). En effet, l'action synergique du Ca^{++} et d'un pH bas est indispensable au déroulement de la phase secondaire de la coagulation qui conduit après hydrolyse de la κCn à la coagulation par association des micelles par l'entremise des interactions hydrophobes (REMEUF *et al*, 1989).

Conclusion générale

La sécheresse et les conditions relativement défavorables des populations vivant dans les zones arides donnent une dimension particulière à un animal comme le dromadaire qui, en plus d'être utilisé pour le transport et les travaux des champs est surtout considéré comme un pourvoyeur de protéines nobles contenues dans ses principales productions, à savoir le lait et la viande.

Bien que pendant ces dernières décennies, le lait camelin a fait l'objet de multiples travaux de par le monde, il reste que très peu d'investigations ont porté sur le lait produit dans notre pays tant dans ses volets quantitatifs, liés aux conditions zootechniques de productions, que dans ses volets liés à sa qualité hygiénique et physico-chimique, ainsi qu'à son apport nutritionnel.

A travers cette étude, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution à une meilleure connaissance de ce lait et nous avons ciblé l'analyse physico-chimique, l'isolement et la caractérisation électrophorétique des protéines, l'évolution de la flore de contamination au cours de l'entreposage et enfin l'étude des aptitudes à la coagulation en utilisant des extraits enzymatiques issus de caillettes de dromadaires.

L'étude préliminaire consistant à collecter des renseignements par le biais d'une enquête réalisée auprès d'une trentaine d'éleveurs de la wilaya de Ouargla a montré que :

les dromadaires appartenant à « la population sahraoui » y sont prédominants ;

la production laitière moyenne est estimée à 5.6 l/j, voire 7.5 l/j quand les conditions alimentaires sont favorables. Le pic de lactation, de l'ordre de 6.14 l/j \pm 2.41, est atteint au troisième mois après parturition. La période de lactation est en moyenne de 18 mois.

L'analyse physico-chimique a montré que le lait camelin, collecté dans plusieurs régions du sud de notre pays, présente globalement une composition très similaire à celle du lait bovin, particulièrement en ce qui concerne les teneurs en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose).

Il est important de signaler à ce niveau que malgré la pauvreté de l'alimentation qu'il reçoit, le dromadaire produit un lait très riche, ayant un taux de vitamine C élevé, estimé en moyenne à 43.87g/l \pm 3.10. Ce lait est caractérisé aussi par un apport protéique appréciable (de l'ordre de 35.68 g/l \pm 5.64) avec environ 28.15g/l \pm 5.28 de caséines et 7.51 g/l \pm 0.50 de protéines sériques.

L'isolement des protéines et leur caractérisation par électrophorèse sur gel de polyacrylamide (PAGE) dans plusieurs conditions (native, en présence d'urée, en présence de SDS) ont permis de montrer que les profils obtenus sont très comparables entre eux, malgré l'origine varié des échantillons (zones géographiques, populations de dromadaires, périodes de l'année etc...).

Comparées aux diaGRAMmes types de migration électrophorétique des protéines du lait de référence et en se basant sur les travaux parus dans ce domaine, nous pouvons conclure que le lait de chamelle présente des homologues aux protéines majeures du lait bovin, excepté pour la β -Lactoglobuline qui est absente des profils.

Les diaGRAMmes électrophorétiques des protéines du lait camelin se singularisent néanmoins par l'existence de bandes supplémentaires, attribuées pour certaines aux variants génétiques de la caséine κ et à l' κ -lactalbumine.

Le suivi de l'évolution de la flore banale et de contamination durant l'entreposage à la température ambiante (30°C en moyenne) a permis de mettre en exergue l'aspect auto-épuratif particulièrement efficace de ce lait. L'étude microbiologique montre que les taux, des halotolérantes, des entérobactéries (totales et pathogènes) et des coliformes diminuent durant les trois premiers jours de l'entreposage alors que celui des bactéries lactiques a tendance à augmenter.

Dans ce cadre, comme plusieurs activités biologiques ont été établies pour le composant-3 des protéose-peptones, nous nous sommes proposé de voir si cette protéine native du sérum pouvait jouer un rôle dans l'activité antimicrobienne, réservée jusque-là au système puissant (Lactoferrine / Lysozyme / Lactopéroxydase). Les essais réalisés ont montré que le PP3 du lait camelin possède une action inhibitrice fortement prononcée contre les bactéries halotolérantes. Son action sur les entérobactéries est également relevée, mais elle est de moindre importance.

En plus de ce système protecteur naturel, le lait de chamelle est connu pour avoir des aptitudes médiocres à la transformation en produits dérivés (notamment en fromages) où la phase de coagulation est considérée comme une étape limitante.

Afin de contribuer à réduire cette contrainte et améliorer les possibilités de transformation de ce lait, nous avons réalisé des essais de substitution de la présure commerciale habituelle, par des extraits coagulants gastriques issus de dromadaires.

L'isolement et la purification de ces extraits enzymatiques ont été réalisés en adoptant des protocoles que nous avons optimisés pour la circonstance qui ont permis d'obtenir des rendements d'extraction de l'ordre de 10^{-3} UP/g de caillettes. Les protéases issues de caillettes de dromadaires adultes (âgés de 8 ans =ECD8) présentent l'activité coagulante la plus élevée (0.174) et l'activité protéolytique la plus faible (DO=90), comparativement aux extraits obtenus à partir de caillettes de jeunes dromadaires âgés de 2 années.

Les extraits bruts ont été purifiés par chromatographie sur colonne en basse pression, en utilisant une résine échangeuse d'anions (la DEAE Cellulose). La séparation ainsi réalisée a permis d'éluer une fraction active à une concentration de 0,4 M en chlorure de sodium dans le tampon d'élution. Ces protéases pures de type pepsine présentent des activités coagulante les plus élevées (UP=0.83) et des activités protéolytique les plus faibles (DO= 24). Les conditions optimales de ces activités sont celles mesurées à 42 °C, à pH6 et en utilisant un apport en chlorure de calcium de l'ordre de 0.01 M.

Cette étude a permis de confirmer l'affinité de ces extraits coagulants pour les caséines du lait camelin. L'obtention d'un coagulum donnant un caillé ferme après égouttage, justifie l'opportunité de l'utilisation des enzymes coagulantes gastriques de dromadaires âgés, comme substitut de la présure bovine commerciale.

Malgré les résultats probants obtenus qui permettent de situer davantage les particularités structurelles et comportementales du lait camelin et, par voie de conséquence, de mieux comprendre les mécanismes qui régissent son utilisation en tant que matière alimentaire et/ou sa transformation en tant que produit dérivé, cette étude indique aussi l'effort d'investigation à mener pour répondre aux multiples point qui demeurent encore insuffisamment élucidés.

Dans ce cadre et concernant la production et la qualité du lait qui peut être collecté au niveau national, des enquêtes de plus grandes envergures doivent être menées pour établir des relations étroites entre le cheptel existant (races, populations) et les conditions zootechniques de production. L'objectif est aussi de localiser des sites potentiels qui peuvent servir au montage de petites unités de transformation, comme cela existe en Mauritanie et dans certains pays du golfe arabe.

De même, le recours aux techniques de séparation de hautes performances (HPLC, électrophorèse capillaire, séquenceur peptidique...) permettra d'identifier les bandes protéiques du lait camelin et de voir réellement s'il s'agit de variants génétiques de protéines connues ou de nouvelles protéines spécifiques à ce lait.

Concernant la microflore de contamination, d'autres investigations sont nécessaires pour bien comprendre son développement dans ce milieu particulier en relation avec l'activité inhibitrice ou stimulatrice des entités protéiques présentes (Lactoferrine / Lysozyme / Lactoperoxydase / PP3 / Bactériocines...etc). L'effet des traitements technologiques sur ce lait (pasteurisation, réfrigération, congélation, homogénéisation...) et l'évolution de cette microflore sont des essais tout aussi intéressants à mener.

Enfin, comme le lait camelin est l'un des rares laits à présenter une ressemblance avec le lait humain concernant l'absence d'une protéine allergène : la β -lactoglobuline, des possibilités d'utiliser cette matière, moyennant quelques transformations (réduction de la teneur en caséines, réduction des effets antibactériens...) pour préparer des laits maternisés est une piste à ne pas écarter pour peu que des études *in vivo* soient menées pour monter les capacités de digestion et d'assimilation par les nourrissons de cette nouvelle matière première.

Références Bibliographiques

- Abdeirrahmane-Jones N. (1994).** La pasteurisation du lait de chamelle : une expérience en Mauritanie. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Abdel-Rahim A.G. (1987).** The chemical composition and nutritional value of camel (*Camelus dromedarius*) and goat (*Capra hircus*) milk. *World Rev. Anim. Prod.*, **23**, 9-11.
- Abu-Lehia I.H. (1987),** Lactation of camels and composition of milk in Kenya. *Milchwissenschaft*, **42**, 368-371
- Abu - Leahia I.H. (1989).** Physical and chemical characteristics of camel milk fat and its fractions. *Food Chem.*, **34**, 261-272.
- Abu-Lehia I.H. (1994).** Recombined camel's powder. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Abu-Lehia I.H., AL-MOHIZEA I.S. and EL-BEHERI M. (1989).** Studies on the production of ice cream from camel milk products. *Aust. J. Dairy Techn.*, **44**, 31-34.
- Abu-Tarboush H. M. (1996).** Comparison of growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows. *J. Dairy Sci.*, **79**, 366-371.
- Abu-Tarboush H. M., Al-Dagal M.M. and Al-Royli M.A. (1998).** Growth, viability and proteolytic activity of Bifidobacteria in whole camel milk. *J. Dairy Sci.*, **81**, 354-361.
- Ali M.Z. and Robinson R.K. (1985).** Size distribution of casein micelles in camel's milk. *J. Dairy Res.*, **52**, 303-307.
- AL-MOHIZEA I.S., ABU-LEHIA I.H. and EL-BEHERI M. (1994).** Bacterial growth pattern in pasteurized camel's milk. *Egypt. J. Dairy. Sci.*, **22**, 243-252.
- al-ruqaie i.m., EL-NAHHAL H.M., WAHDAN A.N. (1987).** Improvement in the quality of the dried fermented milk product « oggtt ». *J. Dairy Res.*, **54**, 429-435.
- Anonyme-1 (2006).** Evolution des effectifs du cheptel de 1990 à 2005. Direction des statistiques Agricoles, Ministère de l'Agriculture, Algérie.
- Anonyme-2 (2005).** Statistiques des abattages de dromadaires, Inspection Vétérinaire de Ouargla.
- A nonyme-3 (1986).** Organisation et amélioration des élevages camelins, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Algérie.
- Anonyme-4 (1995)** Le lait et produits laitiers dans la nutrition humaine, FAO, Rome.
- Anonyme-5 (1999).** Manuel sur la lactopéroxydase pour la manutention et la conservation du lait. Division de la production et de la santé animales, FAO, Rome.
- A nonyme-6 (1996).** Statistiques des abattages de dromadaires, Inspection Vétérinaire de Ouargla.

- Alais C. (1984)** Science du Lait ; Principe des Techniques Laitières. SEPAIC, Paris.
- Alais C. et Linden G. (1997).** Abrégé de Biochimie Alimentaire. Masson, 3^{ème} Ed. Paris.
- Audigié C.L., Dupont G. et Zonzain F. (1996).**Principes des Méthodes d'Analyses Biochimiques ; tome 1. Doin Editeurs, 3^{ème} Ed., Paris.
- Attia H., Kherouatou N., Nasri M. and Khorchani T. (2000).** Characterization of the dromadary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *Lait*, **80**, 503-515.
- Baer A., Ryba I. and Farah Z. (1994).** Plasmin activity in camel milk. *Food Sci. Techn.*, **27**, 595-598.
- Barbour E.K., Nabbut N.H., Frerichs W.N. and Al Nakhli H.M. (1984).** Inhibition of pathogenic bacteria by camel's milk ; relation to whey lysozyme and stage of lactation. *J. Food Protect.*, **47**, 838-840.
- Bayoumi S. (1990).** Studies on composition and rennet coagulation of camel milk. *K. Milchwirtschaftliche Forsch.*, **42**, 3-8.
- Beg O.U., Bahr-Lindström H.V., Zaidi Z.H. and Jörnvall H. (1984).**A small camel protein rich in cystein / half cystine. *Bioscience Rep.*, **4**, 1065-1070.
- Beg O.U., Bahr-Lindström H.V., Zaidi Z.H. and Jörnvall H. (1985).** The primary structure of #-Lactalbumin from camel milk. *Eur. J. Biochem.*, **147**, 233-239.
- Beg O.U., Bahr-Lindström H.V., Zaidi Z.H. and Jörnvall H. (1986a).** A camel milk whey protein rich in half-cystine. *Eur. J. Biochem.*, **159**, 195-201.
- Beg O.U., Bahr-Lindström H.V., Zaidi Z.H. and Jörnvall H. (1986b)** Characterization of a camel milk protein rich in proline identifies a new #-casein fragment. *Regulatory Peptides*, **15**, 55-62.
- Beg O.U., Bahr-Lindström H.V., Zaidi Z.H. and Jörnvall H. (1987).**Characterization of a heterogeneous camel milk whey non-casein protein. *Febbs L.*, **216**, 270-274.
- Bekele T., Zekele M. and Baars R.M.T.(2002).**Milk production performance of the one humped camel (*Camelus dromedarius*) under pastoral management in semi-arid eastern Ethiopia. *Livestock Prod. Sci.*, **76**, 37-44
- Ben-Aissa M. (1989).**Le dromadaire en Algérie.Options Méditerranéennes - Série Séminaires (02), 19-28.
- Bengana M. (2 001).** Caractérisation des enzymes protéolytiques (pepsine/chymosine) isolées de caillettes de bovins adultes. Mémoire de Magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger.
- 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.
- Bergere J.L. et Lenoir J. (1997).** Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages ; in : "Le Fromage" ed. Eck et Gillis, Tec. Doc, 3^{ème} Ed., Lavoisier, Paris.
- Bourdier J.F. et Luquet F.M. (1981).** Dictionnaire Laitier. Tec. Doc. Lavoisier, Paris.

- Cartier P., Chilliard Y. and Paquet D. (1990).** Inhibiting and activating effect of skim milk and proteose-peptone fractions on spontaneous lipolysis and purified lipoprotein lipase activity in bovin milk. *J. Dairy Sci.*, **73**, 1173-1177.
- Chehma A. (2005).** Etude floristique et nutritive des parcours camelins du sahara septentrional algérien: cas des régions de Ouargla et Ghardaïa. Thèse de Doctorat en Biologie Appliquée, Université B. Mokhtar- Annaba.
- Chilliard Y. et Lamberet G. (1984).** La lipolyse dans le lait : les différents types, mécanismes, facteurs de variations, signification pratique. *Lait*, **64**, 544-578
- CHILLIARD Y. (1989).** Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (02), 101-110.
- Conti A., Godovac-Zimmerman J., Napolitano L. et Liberatori J., (1985).** Identification and characterization of two β -Lactalbumin from Somali camel milk (*Camelus dromedarius*), *Milchwissenschaft*, **40**, 673-675.
- Daget P. et Lhoste P. (1995).** Ethnologie Animale. In : Pastoralisme, Troupeaux, Espaces et Sociétés, Editions HATIER, Paris.
- Damerval C., Vienne D., Zivy M., Tarroux P. et Vincens P. (1993).** Electrophorèse bidimensionnelle des protéines, *Biofutur*, **123**, 3-10.
- Desai H.K., Patel J.N. et Pandya A.J. (1982).** Composition of camel milk. Gujarat Agric. Univ. Res. J., **2**, 131-132.
- Desmazeaud M.J. (1990).** Les enzymes utilisées en industrie laitière ; in: Lait et Produits Laitiers: Vaches- Brebis- Chèvre. Tec. et Doc., 2^{ème} Ed., Lavoisier, Paris.
- Desmazeaud M. J. et de Roissard H. (1994).** Métabolisme général des bactéries lactiques ; in : « Bactéries Lactiques I », Tech. Doc., Lavoisier, Paris.
- Diallo B. (1989).** L'élevage du dromadaire en Mauritanie. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (02), 29-32.
- Duhaiman A.S (1988).** Purification of camel milk lysozyme and its lytic effect on *Escherichia coli* and *Micrococcus lysodeikticus*. *Comp. Biochem. Phys.*, **91**, 793-796.
- EI-Abassy F. et Wahba H. (1986).** Studies on camel pepsin 2-manufacture of Domiati cheese with camel pepsin. *Egyptian J. Dairy Sci.*, **14**, 187-194.
- EI-Agamy E.I. (2000a).** 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.
- EI-Agamy E.I. (2000b).** Physico-chemical, molecular and immunological characteristics of camel calf rennet : a comparison with cow's and buffalo rennet. *J. Dairy Res.*, **67**, 73-81.
- EI-Agamy E.I., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P. and Assaf R. (1992).** Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective protein. *J. Dairy Res.*, **59**, 169-175.
- EI-Agamy E.I., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P. et Assaf R., (1996).** Purification and characterization of Lactoferrin, Lactoperoxydase, Lysozyme and Immunoglobulins from camel's milk. *Int. Dairy J.*, **6**, 129-145.

- El-Amin F. M. and Wilcox J . (1992).** Composition of Majaheim camels. *J. Dairy Sci.*, **75**, 3155-3157.
- El-Batawy M.A., Amer S.N. et Ibrahim S. A. (1987).** Camel Abomasum as a source of rennet substitute. *Egyptian J. Dairy Sci.*, **15**, 93-100.
- EL- hatmi H., levieux a. and levieux d. (2006).** Camel (*Camelus dromedarius*) immunoglobulin G, #- lactalbumin, serum albumin and lactoferrin in colostrum and milk during the early post partum period. *J. Dairy Res.*, **73**, 1-6.
- 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.
- El Sayed I., El Agamy E.SA., Ruppanner R., Ismail A., Champagne C.P. and Assaf R . (1992).** Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective proteins. *J. Dairy Res.*, **59** 169-175.
- Eigel W.N., Butter J.E., Ernstrom C.A., Farrell J.R., Harwalkar V.R., Jenness R. et Mc Whitney L. R. (1984).** Nomenclature of proteins of cow's milk ; fifty revision. *J. Dairy Sci.*, **67**, 1599-1631.
- Etienne L., Girardet J.M. et Linden G . (1994).** Growth promotion of *Bifidobacterium animalis* by bovin milk proteose-pepton . *Lait*, **74**, 313-323.
- Farah Z. (1986).**Effect of Heat Treatment on Whey Proteins of Camel Milk. *Milchwissenschaft* **41**, 763-765.
- Farah Z. (1993).** Composition and Characteristics of Camel Milk ; review. *J. Dairy Res.*, **60**, 603-626.
- 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. (1 9 89).**The size distribution of casein micelles in camel milk. *Food Microstruct .* , **8**, 211-116.
- Farah Z. et Rüegg M.W. (1991).** The creaming properties and size distribution of Fat globules in camel milk. *J. Dairy Sci.*, **74**, 2901-2904.
- Farah Z., Streiff T. and Bachman M.R. (1989).**Manufacture and characterization of camel milk butter. *Milchwissenschaft*, **44**, 412- 416.
- Farah Z., Streiff T. and Bachman M.R. (1990).** Preparation and consumer acceptability tests of fermented camel milk in Kenya. *J. Dairy Res.*, **57**, 281-283.
- Farah Z., Rettenmaier R. et Atkins D . (1992).**Vitamin content of camel milk. *Internat. J. Vitam. Nutr. Res.*, **62**, 30-33.
- Faye B. et Mulato O.C. (1991).** Facteurs de variation des paramètres protéo-énergétiques, enzymatiques et minérales chez le dromadaire de Djibouti. *Rev. Elev. Méd. Vét. des Pays Trop.*, **44**, 325-334.
- Field C.R. (1979).** Camel growth and milk production in marsabit district, northern Kenya.. *Provisional Report*, **6**, 215-240.
- Gast M., MAUBOIS J.L. et ADDA J. (1969).** Le lait et les Produits Laitiers au Ahaggar. Centre Rech. Anthr. Préhist. Ethnol., Paris, France.

- Girardet J.M. and Linden G. (1995).** Structure of glycopeptides isolated from bovin milk component PP3. *Eur. J. Biochem.*, **234**, 939-946.
- Girardet J.M. et Linden G. (1996). **PP3 component of bovine milk: a phosphorylated whey glycoprotein.** *J. Dairy Res* ., **63**, 333-350.
- Girardet J.M., Linden G., Loye S., Courthaudon J.L. and Lorient D. (1993).** Study of mechanism of lipolysis inhibition by bovine milk proteose-peptone component-3. *J. Dairy Sci.*, **76**, 2156-2163.
- Girardet J. M., Saulnier F., Gaillard J.L., Ramet J.P. et Humbert G. (2000).** Camel (*Camelus dromedarius*) milk PP3 : evidence for an insertion in the amino-terminal sequence of the camel milk whey protein. *Biochem. Cell. Biol.*, **78**, 19-26.
- Glass R.L., Troolin H.A. and Jenness R. (1967) .** Comparative biochemical studies of milks ; IV : constituent fatty acids of milk fats. *Comp. Biochem. Physiol.*, **22**, 415-425.
- Gnan S.O. and Shereha A. M. (1986).** Composition of Libyan camel's milk. *Aust. J. Dairy Techn.*, **41**, 33-35.
- Gnan S.O., Mohamed M.O., Shereha A.M. and Iwegbe A.O. (1994a).** Antimicrobial activity of camel's milk. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Gnan S.O., Mohamed M.O., Shereha A.M. et Iwegbe A.O. (1994 b)** Fermentation ability of camel's milk. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Gorban A.M.S. and Izzeldin O.M. (1997).** Mineral content of camel milk and colostrum. *J. Dairy Techn.*, **64**, 471-474.
- Gorban A.M.S. and Izzeldin O.M. (1999).** Study on cholesteryl ester fatty acids in camel milk lipid. *International J. Food Sci. Techn.* **34**, 229-234.
- Gorban A.M.S. and Izzeldin O.M. (2001).** Fatty and Lipids of Camel Milk and Colostrum. *International J. Food Sci. Nutr.*, **52**, 283-287.
- Gouda A., El-Zayat A. and El-Shabrawy S.A. (1984).** Electron on the size distribution of casein micelles, fat globules and fat globule membrane of camel milk. *Ann. Agric. Sci.*, **29**, 755-762.
- Guirand J. et Galzy P. (1980).** Analyses Microbiologiques en Industries Alimentaires. Ed. l'Usine Nouvelle, Paris.
- Guiraud J.P. (1997).** Microbiologie des principaux produits alimentaires ; in : « Microbiologie Alimentaire, Techniques de Laboratoire » Dunod, Paris.
- Guiraud J.P.,** Techniques d'Ingénieur. Edition Dunod, Paris.
- Hassan A.A., Hagrass A.E., Soryal K.A. and El-Shabrawy S.A. (1987).** Physico-chemical properties of camel milk during lactation period. *Egyptian J. Food Sci.*, **15** , 1-14.
- Hassouna M. et Masrar F. (1995).** Evolution de la flore microbienne et des principales caractéristiques physico-chimiques au cours de la maturation de fromage industriel tunisien à pâte pressée cuite de type gruyère. *Ind. Agro. Alim.*, **112**, 911-922.
- Indra R. and Erdenebaatar B. (1994).** Camel' milk processing and consumption patterns in Mongolia. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

- Innocente N., Comparin D. and Corradini C. (2002).** Proteose-peptone Whey fraction as emulsified in ice-cream preparation. *Int. Dairy J.*, **12**, 69-74.
- Jardali Z. (1988).** Contribution à l'étude de la composition du lait de dromadaire. DEA présenté à l'ENSAIA, Nancy, France.
- Jardali Z. et Ramet J.P. (1991), cités par Ramet (1993).**
- Jardali-Maatouk Z. (1991).** Comparaison de la composition en caséines et de l'aptitude fromagère du lait de vache et du lait de dromadaire. Thèse de Doctorat de l'INPL de Nancy, France.
- JOFFIN J.N. et LEYRAL G. (2001).** Microbiologie. Dictionnaire des Techniques, 3^{ème} Ed., Collection Biologie Technique. CRDP d'Aquitaine, Bordeaux.
- Jouany J.P. (2000).** La digestion chez les camélidés ; comparaison avec les ruminants. *Prod. Anim.*, **13**, 165-176.
- Kamoun M. (1990).** La production de fromage à partir du lait de dromadaire. *Option médit.*, **12**, 119-124.
- 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 1994, Nouakchott, Mauritanie.
- Kamoun M. (1995).** Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. *Option Médit.*, **13**, 81-103.
- Kamoun M. et BERGAOUI R. (1989).** Un essai de production et de transformation de lait de dromadaire en Tunisie. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, **42**, 113-115.
- Karray N., Lopez C., Leseir P. and Ollivon M. (2004).** Dromadary milk fat : thermal and structural properties ; 1. crystalline forms obtained by slow cooling. *Lait*, **84**, 399-416.
- Kappeler S. (1991).** Compositional and structural analysis of camel milk proteins fat emulsions stabilized with bovin milk fat globule membrane. *J. Food Sci.*, **56**, 1219-1223.
- Kappeler S., Farah Z. and Puhan Z. (1998).** Sequence Analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins. *J. Dairy Res.*, **65**, 206-222.
- Kappeler S., Farah Z. and Puhan Z. (1999a).** Alternativ splicing of lactophorin mRNA lactating mammary gland of the camel (*Camelus dromedarius*). *J. Dairy Sci.*, **82**, 2084-2093.
- Kappeler S., Manfred A., Farah Z. and Puhan Z. (1999 b).** Sequence Analysis of camel milk (*Camelus dromedarius*) lactoferrin. *Int. Dairy J.*, **9**, 481-486.
- Karue C.N. (1994).** The Dairy Characteristics of Kenyan Camel. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Kherouatou N., Nasri M. and Attia H. (2003a).** A study of the dromadary milk casein micelle and its changes during acidification. *Brazilian J. Food Techn.*, **2**, 304-318.
- Kherouatou N., Dhouib A. and Attia H. (2003 b).** Behavior of dromadary Milk at native and acid pH during the ultrafiltration ; Comparison with cow milk. *Sci. Alim.*, **23**, 237-244.

- 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, 1^{ères} Journées sur la Recherche Cameline, 25 au 27 mai, ITAS, Ouargla.
- Klaenhammer T.R., Fremaux C. et Hechard Y. (1994).** Activités antimicrobiennes des bactéries lactiques ; in " Bactéries Lactiques I"., de Roissard et Luquet, Tech. Doc., Lavoisier, Paris.
- Knoess K.H. (1979).** Milk Production of the Dromadary. Workshop on camels, Khartoum, Soudan
- Knoess K.H., Makjdun A.J., Rafiq M. and Hafeez M. (1986).** Milk Production Potential of the Dromadary with special reference to the province of Penjab *World Anim. Rev.*, **57**, 11 -21.
- Kontopidis G., Holt C. and Sawyer L . (2002).** The Ligand-binding Site of Bovin #-Lactoglobulin : Evidence for a Function. *J. Mol. Biol.*, **318**, 1043-1055.
- Larpent J.P. (1997).** Analyse des croûtes de fromage ; in : « Microbiologie Alimentaire ». ed. Larpent, Tec. Doc., 1^{ère} Ed., Lavoisier, Paris.
- Larpent J.P., Copin M.P., Germonville A., Jacquet M. et Thetas J.L . (1997).** Microbiologie du lait et des produits laitiers ; in : « Microbiologie alimentaire ». ed. Larpent, Tec. Doc., 1^{ère} Ed., Lavoisier, Paris.
- Larsson-Raznikiewicz M. and Mohamed M.A. (1986).** Analysis of the Casein in Camel (*Camelus dromedaries*) milk . *J. Agric. Res.*, **16** , 13-18.
- Larsson-Raznikiewicz M. and Mohamed M.A. (1994).** Camel's (*Camelus dromedarius*) Milk : properties important for processing procedures and nutritional value. Actes du Colloque : « Dromadaires et chameaux animaux laitiers », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Lauwereys M., Arbabi-Ghahroudi M., Desmyter A., Kinne J., Hölzer W., De Gernst E., Wyns L. et Muyldermans S. (1998a).** Des dromadaires pharmaciens. *Biofutur*, **181**, 8-9.
- Lauwereys M., Arbabi-Ghahroudi M., Desmyter A., Kinne J., Hölzer W., De Gernst E., Wyns L. et Muyldermans S. (1998b)** Potent enzym inhibitors derived from dromedary heavy-chain antibodies. *The EMBO Journal*, **17**, 3512-3520.
- Le bars D. et Gripon J .C.(1989).** Specificity of Plasmin towards #S2-casein. *J. Dairy Res.*, **56**, 817-821.
- Le bars D. et Gripon J.C . (1993).** Hydrolysis of #S1-casein byBovin Plasmin. *Lait*, **73**, 337-344.
- LENOIR J., LAMBERET G., SCHMIDT J.L. et TOURNEUR C. (1985).** La maîtrise du bioréacteur fromage. *Biofutur*, **12**, 23-33.
- Lenoir J., Remeuf F. et Schneid N. (1997).** L'aptitude du lait à la coagulation par la présure ; in : "Le fromage" ed. Eck et Gillis, Tec. Doc., 3^{ème} Ed., Lavoisier, Paris.
- Leveau J.Y. et Bouix M. (1981).** Techniques rapides de contrôle en industries agroalimentaire. *Ind. Alim. Agr.*, **10**, 874-875.

- Liberatori J., Morisio Guidetti L., Conti A. and Napolitano L. (1979).** #-Lactoglobulin in the mammary secretions of camel (*Camelus dromedarius*) and she-ass immunological detection and preliminary physico-chemical characterization. *Boll. Soc. Ital. Biol.*, **55**, 1369-1373.
- LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L. and RANDALL R.J. (1951).** Protein measurement with Folin phenol reagent. *Journal of Biochemistry*, **193**, 265-275.
- Luquet F.M. (1985).** Lait et Produits Laitiers ; Vache, Brebis, Chèvre. Tec. Doc., 2^{ème} Ed., Lavoisier, Paris.
- Marchal N., Obre A., Buttion R., Boudon J.L. et Richard C.L. (1982).** Les Milieux de Cultures pour l'Isolément et l'Identification Biochimique des Bactéries. DOIN, 2^{ème} Ed., Paris.
- Mathieu J. (1998).** Initiation à la Physico-Chimie du Lait. Tec. Doc., 1^{ère} Ed., Lavoisier, Paris.
- Mati A. (1992).** Les protéose-peptones dans les laits bovin ovin et caprin : Isolement, caractérisation, origine et évolution de la fraction hydrophobe contenant le composant-3. Thèse de Doctorat en Biochimie appliquée, Université de Nancy 1, France.
- Mati A., Girardet J.M., Xenakis D. et Linden G. (1991).** Isolement et caractérisation de la fraction hydrophobe des protéose-peptones du lait bovin, ovin et caprin. *Lait*, **71**, 259-273.
- Mati A., Mouti-Mati F., Girardet J.M., Belleville-Nabet F., Nabet P. and Linden G. (1993).** Mitogenic Activity of Hydrophobic fractions of Proteose-peptone from cows, ewes and goats milk measured with MARKS 3 hybridoma culture. *J.Dairy Res.*, **60**, 443-448.
- Mehaia M.A. (1987a).** Studies on camel milk casein micelles ; treatment with soluble and immobilized pepsin. *Arab Gulf J. Sci. Res. Agric. Biol. Sci.*, **3**, 391-400.
- Mehaia M.A. (1987b).** Studies on camel milk casein micelles ; treatment with soluble and immobilized neuraminidase. *Carbohydr. Polym.*, **7**, 31-40.
- Mehaia M.A. (1987c).** Studies on camel milk casein micelles ; treatment with soluble and immobilized chymosin. *Milchwissenschaft*, **42**, 706-708.
- Mehaia M.A. (1992).** Studies on camel milk coagulation using soluble and immobilized pepsin. *Egyptian J. Dairy Sci.*, **20**, 31-40.
- Mehaia M.A. (1993a).** Fresh soft white cheese (Domiaty type) from camel milk ; composition, yield and sensory evaluation. *J. Dairy Sci.*, **6**, 2845-2855.
- Mehaia M.A. (1993b)** Composition, yield and organoleptic evaluation of the fresh Domiaty cheese made from a mixture of camel and cow Milk. *Aust J. Dairy Techn.*, **48**, 74-77.
- Mehaia M.A. (1994b).** Vitamin C and riboflavin content in camels milk : effects of heat treatments. *Food Chem.*, **50**, 153-155.
- Mehaia M.A. (1994c),** Effect of milk and calcium concentration and pH on rennet coagulation time of UF camel milk. *Egyptian J. Dairy Sci.*, **22**, 297-306.

- Mehaia M.A. (1995).** The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. *Milchwissenschaft*, **50**, 260-263.
- Mehaia M.A. and Alkanhal M.A. (1992).** Taurine and free amino acids in milk camel, goat, cow and man. *Milchwissenschaft*, **47**, 351-353.
- Mehaia M.A., Cherya N M. (1983).** cités par Farah (1993).
- Mehaia M.A., Abou El-Kheir A..M. and Hablas M.A. (1988).** Enzymatic coagulation of camel milk ; a. study using soluble and immobilized chymosin. *Milchwissenschaft*, **43**, 438-441.
- Mehaia M.A., Hablas M.A., Abdel-Rahman K.M. and El-Mougy S .A. (1995).** Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. *Food Chem.*, **52**, 115-122.
- Mietton B., Desmazeaud M., De Roissard H. et Weber F. (1994).** Transformation du lait en fromage; in : « Bactéries lactiques II ». de Roissard et Luquet, Tech. Doc., Lavoisier, Paris.
- 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. and Larsson-Raznikiewicz M. (1991).** Heat treatment of camel milk ; effects upon casein fraction. *Milchwissenschaft*, **46**, 562-565.
- Mohamed M.A., Larsson-Raznikiewicz M., and Mohamud M.A. (1990).** Hard cheese making from camel milk. *Milchwissenschaft*, **45**, 716-718.
- Morrison W. R. (1968).** Fatty acid composition of phospholipids. *Lipids*, **3**, 107-110.
- Moslah M. (1994).** La production laitière du dromadaire en Tunisie. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Moslam E. et Megdiche F. (1989).** L'élevage camelin en Tunisie. Options Méditerranéennes - Série Séminaires (02), 33-36.
- Ochirkhuyag B., Chobert J.M., Dagalarrondo M., Choiset Y. and Haertle T. (1997).** Characterization of caseins from Mongolian yak , Khainak and Bactrian camel. *Lait*, **77**, 601-613.
- Ochirkhuyag B., Chobert J.M., Dagalarrondo M., Choiset Y. and Haertle T., (1998).** Characterization of whey proteins from Mongolian yak, Khainak and Bactrian camel. *J. Food Biochem.*, **22**, 105-124.
- PanT R. et Chandra P. (1980).** Composition of cow and milk proteins and industrial casein. *Milchwissenschaft*, **35**, 91-93.
- PAQUET D., DRIOU A., BRACQUART P. and LINDEN G. (1987).** Effect of refrigerated storage of milk on proteolysis. Relationship to the proteose-peptone content. *Neth. Milk Dairy J.*, **41**, 81-92.
- Paquet D. (1989).** Revue bibliographique : la fraction protéose-peptone du lait. *Lait*, **69**, 1-21
- Peyre de Fabregues B. (1989)** Le dromadaire dans son milieu naturel. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **42**, 127-132.

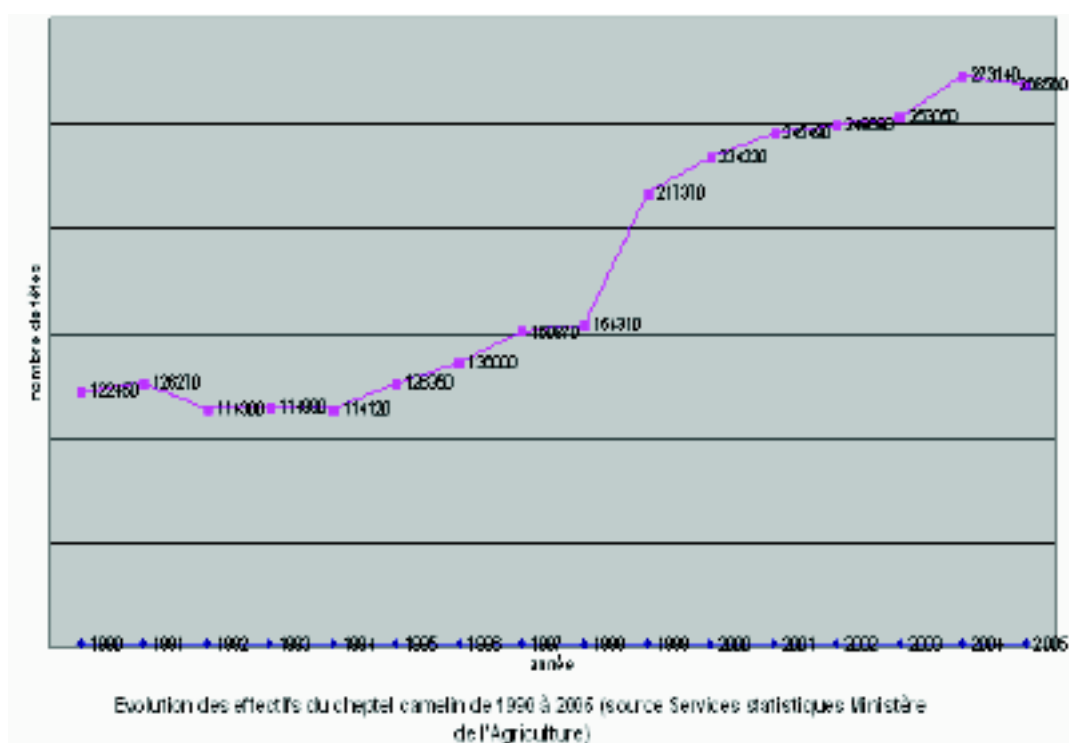
- Rabilloud T., Fath S.S., Baur E.VV., Egly J.M. et Revelant O. (1993).** Detergents et protéines membranaires. *Biofutur*, **126**, 2-12.
- Ramet J .P. (1985).** Study of enzymatic coagulation of camel milk in Saudia-Arabia. Mission Report, FAO, 1-73.
- Ramet J.P. (1989).**L'aptitude fromagère du lait de dromadaire. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trp.*, **42**, 105- 111.
- Ramet J .P. (1990).** Processing of Dairy Production from Camel Milk. Mission Report, FAO, 1-43
- Ramet J.P., (1991).** La transformation en fromage du lait de dromadaire. *Rev. Mond. Zootech.*, **67**, 21-28.
- Ramet J.P. (1993).**La technologie des fromages au lait de dromadaire (*Camelus dromedarius*). Etude F.A.O., Production et santé animales, 113.
- Ramet J.P. (1994).** Les aspects scientifiques et technologiques particuliers de la fabrication de fromage au lait de dromadaire. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Ramet J.P. (1997).** Les agents de la transformation du lait ; in : "Le fromage" éd. Eck et Gillis. Tec. Doc., 3^{ème} Ed., Lavoisier, Paris.
- Ramet J. P. (2003).**Aptitude à la conservation et à la transformation fromagère du lait de chamelle. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger.
- Remeuf F. et Raynal K. (2001).** Effet de différents traitements de correction sur les aptitudes à la coagulation des laits de chèvre, de brebis et de vache chauffés. *Lait*, **81**, 381-399.
- Remeuf F., Lenoir J. et Duby C. (1989).** Etude des relations entre les caractéristiques physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation. *Lait*, **69**, 499-518.
- ROTHE G.A.L., AXELSEN N.H., JOHNLE P. and FOLTMANN B. (1976).** Immunochemical, chromatographic, and milk-clotting activity measurements for quantification of milk-clotting enzymes in bovine rennet's. *J. Dairy Res.*, **43**, 85-95.
- Richard J. et Desmazeaud M. (1997).** Le lait de fromagerie. In : "Le fromage" éd. Eck et Gillis. Tec. Doc., 3^{ème} Ed., Lavoisier, Paris.
- Richard D. et Gerald D. (1989).**La production laitière des dromadaires Dankali (Ethiopie). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trp.*, **42**, 97-103.
- Rohrmoser K. et Wermke M. (1986).** Manuel sur les essais au champ dans le cadre de la coopération technique. Ed (GTZ) et (CTA), Germany.
- Rüegg M.W. and Farah Z. (1991).** Melting Curves of camel milk fat. *Milchwissenschaft*, **46**, 361-362.
- SALEY m. (1993).** La Production Laitière du Dromadaire. CIRAD, EdMaison-Alfort, Paris.
- Sawaya W. N., Khalil J.K., Al-Shalhat A. et Al-Mohammad H . (1989).** Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *J. Food Sci.*, **49**, 744-747

- Scherra B . (1984).** Biostatistiques. Ed Gaétan Morin Boucheville.
- Schmidt D. G. (1989).** Colloidal aspects of casein. *Neth. Milk Dairy J.*, **34**, 42-64.
- Sood M. and Sidhu K.S. (1979).** Heat stability, the voluminosity and hydration of casein micelles from milks of different species. *New Zealand J. Dairy Sci. Technol.*, **14**, 217-225.
- Sorensen E.S. and Petersen T.E. (1993).** Phosphorylation, glycosylation and amino acids sequence of component PP3 from fraction of bovin milk. *J.Dairy Res.*, **60**, 535-542.
- 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 26^{ème} Congrès Mondial de Laiterie, 24-27 septembre, Paris.
- swaisgood h.e. (1982).** Chemistry of milk Protein ; in : "Developments in Dairy Chemistry". Applied Science Publishers, London.
- Taha N.M . and Kielwein G. (1990),** Pattern of peptide-bound and free amino-acids in camel, buffalo and ass milk. *Milchwissenschaft*, **45**, 22-25.
- Thouvenot C. (1997).** Le fromage et le lait. In: « Le Fromage », Eck et Gillis, 3^{ème} Ed., Tec. Doc., Lavoisier, Paris.
- Trujillo A.J., Miranda G., Le Bars D. , and Delacroix- buchet A. (1998).** Proteolytic specificity of chymosin on caprin #S₁-CN A and F. *J. Dairy Res.*, **65**, 233-241
- Urbisinov Zh.K., Servetnik-Chalaia G.K. and Izatullaev E.A . (1981).** Protein composition of camel's milk. *Voprosy Pitaniia*, **6**, 2-41. (Abstract).
- Valles E. et Furet J.P . (1977).** Etude des caillettes des bovins à l'état ruminant pour l'obtention d'extraits coagulants à base de pepsine bovine ; méthodes d'extraction. *Lait*, **61**, 601-617.
- Wahba A.H., Al-Abbassy F., Ismail A. et El-Agamy S.I. (1988).** Studies on some physical properties of camel milk. *Egyptian J. Dairy Sci.*, **16**, 19-22.
- Wangoh J., Farah Z. et Puhan Z. (1993).** Extraction of rennet and its omparison with calf rennet extract. *Milchwissenschaft*, **48**, 322-325.
- Wangoh J., Farah Z. and Puhan Z. (1998a).** Iso-electric focusing of camel milk proteins. *Int. Dairy J.*, **8**, 617-621.
- Wangoh J., Farah Z. and Puhan Z. (1998 b).** Composition of Milk from 3 Camels (*Camelus dromedarius*) Breeds in Kenya during Lactation. *Milchwissenschaft*, **53**, 136-139.
- Wardeh M.F . (1994).** Dairy Camel Breeds in the Arab Countries. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Via Franck S.G., Bonfoh B., Garba M., Ilou I., Kamil H. et Faye B. (2003).** Valorisation du lait de chamelle au Sahel : Opération "fromages camelins" dans le Tadsit (Niger) et à Tombouktou (Mali). Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger

- Wilson R.T. (1988)**, The Camel. Ed Longman.Group Ltd, London, U.K.
- Yagil R. (1982)**. Camels and Camel Milk. FAO, Animal Production and Health, Paper N° 26, 1-69.
- Yagil R. (1985)**.The Desert camel ; comparative physiological adaptation. Ed KARGER, 109-120.
- Yagil R. and Etzion Z. (1980a)**. Effect of drought conditions on the quality of camel milk. *J. Dairy. Res.*, **47**, 159-166.
- Yagil R. and Etzion Z. (1980b)**. Milk Yields of Camel (*Camelus dromedarius*). *Comp. Biochem. Physiol.*, **67**, 207-209.
- Yagil R., Saran A. and Etzion Z. (1984)**. Camel milk for drinking only. *Comp. Biochem. Physiol.*, **78**, 263-266.
- Yagil R., Zagorski O. and Van Creveld C. (1994)**.Science and Camel's Milk Production. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- Yagil R., Van Creveld C., Abur'Kaik G. et Merin U. (1999)**. Milk " Let Down" in Camels. *J. Camel Practice Res.*, **6**, 27-29.
- Yasin S.A. and wahid A . (1957)**. Pakistan camels ; a preliminary survey. *Agric.*, **8**, 289-297.
- Zahran A.S. and Al -Salah A.A. (1997)**. Isolation and identification of proteases producing psychrotrophic bacteria from raw camel milk, *Austr. J. Dairy Techn.*, **52** (1) , 5-7.
- Zeuner F. E. (1963)**.A History of Domesticated Animals. Hutchinson Ed., London
- Zia-Ur-Rahman and Sraten M.V. (1994)**.Milk Production and composition in lactating camels injected with recombinating bovin somatotropin. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers" 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie

Annexes

Annexe 1 : Evolution des effectifs camelins de 1990 à 2005 (Service des Statistiques, Ministère de l'Agriculture)



Annexe 2 : Fiche d'enquête

Eléments d'informations contenus dans le questionnaire :

- a- identification des éleveurs
- b- principales sources de revenus
- c- caractérisation de leurs troupeaux ;
- d- taille des troupeaux ;
- e- caractérisation spécifiques des chamelles de la population Sahraoui : taille ; poids ; couleur de la robe ; reproduction ; alimentation ; complémentation ; abreuvement
- f- production laitière : production journalière ; production laitière en début de lactation ; production laitière en milieu de lactation ; production laitière en fin de lactation ; pic de lactation ; production laitière saisonnière ; production laitière printanière ; production

laitière estivale ; production laitière automnale ; production laitière hivernale ; nombre et fréquence de traites ; durée de lactation ; mode d'utilisation du lait ;

- g - problèmes rencontrés par les éleveurs.

Annexe 3 :Milieux de culture

Milieu de Chapman (MARCHAL <i>et al</i> , 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 <i>et al</i> , 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	

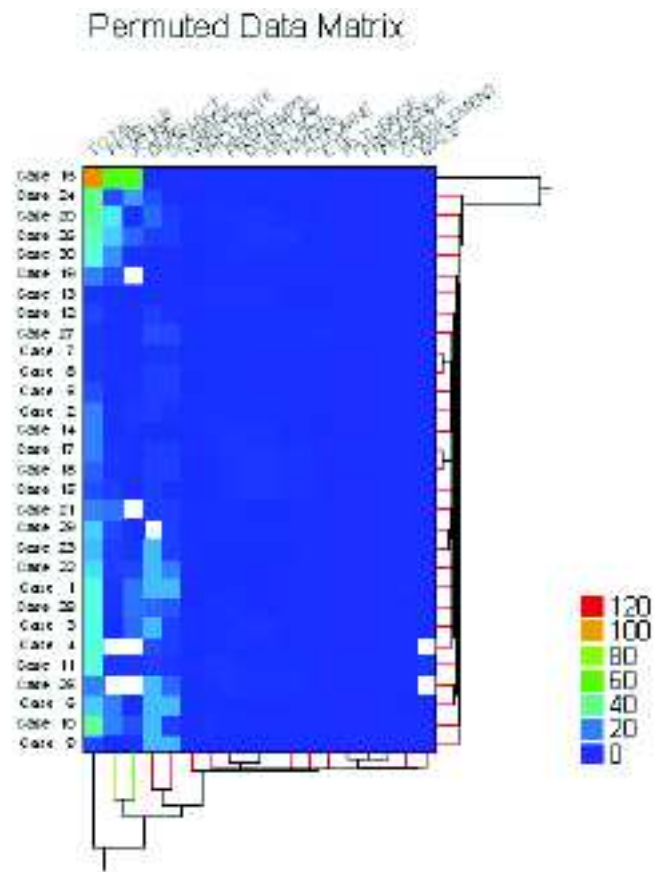
pH 7.4

Milieu de Hektoen ((JOFFIN et LEYRAL, 2001)	composition	
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 au désoxycholate-lactose	
Chlorure de sodium	5g
Citrate de sodium	2g
Désoxycholate	0.5g
Rouge neutre	0.0033g
Gélose	15g
Eau distillée	1000 ml
Milieu de Elliker (LARPENT <i>et al</i> , 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 <i>et al</i> , 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	
Sulfate de magnésium	0.2g
Sulfate de manganèse	0.05g
Saccharose	5g
Eau distillée	1000 ml

Annexe 4 : Matrice de données permutées (Permuted Data Matrix)



Liste des abréviations

α -La	A-Lactalbumine
2-ME	2-mercaptoéthanol
AFNOR	Association Française de Normalisation
APS	Persulfate d'ammonium
BBP	Bleu de bromophénol
BSA	Albumine Sérique Bovine
β -Lg	β -Lactoglobuline
cfu	Unité formant colonie
Cn	Caséine
CWBP	«Camel Whey Basic Protein »
D.O	Densité Optique
Da	Dalton
DEAE	Diéthylaminoéthyl
ECD	Extrait coagulant gastrique de dromadaires
ECD2	Extrait coagulant gastrique de dromadaires âgés de 2 ans
ECD8	Extrait coagulant gastrique de dromadaires âgés de 8 ans
Ez	Enzyme
F	Force coagulante
FHPP	Fraction hydrophobe des Protéose-peptones
FIL	Fédération Internationale de Laiterie
FPLC	Chromatographie liquide rapide des protéines (<i>Fast Protein Liquid Chromatography</i>)
Ig	Immunoglobuline
kDa	Kilo Dalton
LABAB	Laboratoire de Biochimie Analytique et Biotechnologies
LAPEZA	Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones arides et Semi-arides
LBSA	Laboratoire des Biosciences des Aliments
LCP	Lait camelin additionné de PP3 camelin
LCS	Lait camelin non additionné de PP3 camelin
LF	Lactoferrine
LHP	Lait bovin écrémé type "Low heat" additionné de PP3 camelin
LHS	Lait bovin écrémé type "Low heat" non additionné de PP3 camelin
LPL	Lipoprotéine Lipase
LPh	Lactophorine
LSP	Lactoperoxydase-thiocyanate-péroxyde d'hydrogène
LZ	Lysozyme
MRS	Milieu de "de Man, Rogosa et Sharpe
NFV	Normes Françaises
NPN	Azote non proteique
NT	Azote total
NWP	« Novel Whey Protein »
P/V	Poids / volume
PAGE	Electrophorèse sur gel de polyacrylamide
PGRP	Protéine de reconnaissance du peptidoglycane
pHi	Point isoélectrique
PLS	Protéines du lactosérum
PM	Poids moléculaire
PP3	Composant-3 des protéose-peptones
PP5	Composant-5 des protéose-peptones
PP8 "F"	Composant-8 " rapide" des protéose-peptones
PP8 "S"	Composant-8 " lent" des protéose-peptones
PT	Protéines totales
R	Coefficient de corrélation
SDS	Dodécylsulfate de sodium
T (%)	% d'acrylamide et de bis-acrylamide dans un volume V de tampon
TCA	Acide trichloracétique
TEMED	N,N,N',N'-tetraméthyl-éthylène diamine
tf	Temps de floculation

Publications & Communications

Une partie de cette présente étude, en collaboration avec les travaux menés au laboratoire de Biochimie Analytique et Analytique (LABAB) de l'Université M. Mammeri de Tizi Ouzou, a fait l'objet de publications et communications suivantes :

I/ Publications :

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

2 - **SIBOUKEUR O. et MATI A.** Evolution de la flore microbienne d'origine exogène dans le lait de chamelle (*Camelus dromedarius*) lors de sa transformation artisanale en lait fermenté. *Les Annales de l'INRAT* (article accepté pour publication).

3 - **MATI A., SMAIL R., SIBOUKEUR O., MOULTI-MATI F. et BLECKER C. (2006)**. Le lait de chamelle (*Camelus dromedarius*) ; synthèse des données bibliographiques. Soumis à publication à *Lait* (article en révision).

II/ Communications internationales :

1 - **BADAOUI D., SIBOUKEUR O. K. et MATI A. (2001)**. Contribution à la connaissance du lait de chamelle : essai de caractérisation des protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide (PAGE). Actes du Séminaire International sur « l'éco-développement en zones arides », 6-8 février, Ghardaïa.

2 - **SIBOUKEUR O., MATI A. et ABIDI K. (2002)**. Caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles du lait de chamelle. Congrès International sur « l'éco-développement dans les pays arabes », 26-28 mars, Assiut, Egypte.

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

1 - **SAIDI M., SIBOUKEUR O. , OULED BELKHEIR A., GUERRADI. (1999)**. Caractéristiques physico-chimiques, composition et qualité bactériologique du lait de chamelle population sahraoui (Wilayates de Ouargla et Ghardaia). Aptitudes technologiques. 1^{ères} Journées sur la Recherche Cameline, 25 au 27 mai, ITAS, Ouargla.

2 - **SMAIL R., ABERKANE A., BOUADOU S., RENAI T., RACHEK S., TOUMI K ., SIBOUKEUR O. et MATI A. (2001)**. Le lait de chamelle collecté dans les régions de Ouargla et Tamanrasset : composition, comportement électrophorétique des protéines et aptitudes technologiques. 3^{èmes} Journées de Recherche sur les Productions Animales, 13-15 Novembre, Tizi Ouzou.

3 - **SMAIL R., SADAT L., BAAZIZ F., RACHEK S., TOUMI K., SIBOUKEUR O. et MATI A. (2003)**. Composition physico-chimique et phénotypage protéique du lait de chamelle collecté dans la région de Ouargla et Tamanrasset. 4^{èmes} Journées de Recherche sur les Productions Animales, 7-9 décembre, Tizi Ouzou.

4 - **SIBOUKEUR O ., SI AHMED S., SMAIL R. et MATI A. (2007)**. Evolution des populations microbiennes au cours de l'entreposage du lait de chamelle ; effet d'inhibition exercé par le composant-3 des protéose-peptones. 5^{ème} Journées de Recherche sur les Productions Animales, 08 et 09 mai, Tizi Ouzou.

5 - **SI AHMED S., SIBOUKEUR O ., RACHEK S., TOUMI K., SMAIL R., MATI A. (2007)**. Effets des paramètres liés à l'animal sur la composition physico-chimique du lait de chamelle de la région de Tamanrasset, 5^{ème} Journées de Recherche sur les Productions Animales, 08 et 09 mai, Tizi Ouzou

6 - **SMAIL R., BELKACEMI, SIBOUKEUR O., MATI A. (2007)**. Incidence de la nature des protéines sur les aptitudes technologiques : cas des laits de chèvre et de chamelle. 5^{ème} Journées de Recherche sur les Productions Animales, 08 et 09 mai, Tizi Ouzou

D'autres manuscrits sont en préparation :

1 - **SIBOUKEUR O ., MATI A.** Etude de l'activité du composant 3 des protéoses-peptones (PP3) du lactosérum camelin sur la flore microbienne, de contamination et indigène, du lait de chamelle (*Camelus dromedarius*).