

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité/Option : Production et Transformation Laitières
Département : Écologie et Génie de l'Environnement (EGE)

Caractérisation physico-chimique, bactériologique et authentification du lait camelin collecté dans la région de Oued Souf au Sud Est Algérien

Présenté par :

ARBIA Tarek

CHIHEB Ammar Elhassen

Devant le jury composé de :

Dr. SANSRI Soraya

Dr. BOUDALIA Sofiane

Pr. Dr. BENYOUNES Abdel Aziz

Président

Encadreur

Examineur

Université 8 Mai 1945, Guelma

Université 8 Mai 1945, Guelma

Université 8 Mai 1945, Guelma

Juin 2018

Remerciements

Nous rendons grâce à Allah, le Clément, le tout Miséricordieux, pour la chance qu'il nous a donné pour poursuivre nos études supérieures, et pour le courage qu'Il nous a donné pour bien mener ce travail.

Dieu merci

*Nous exprimons toute notre gratitude et nos vifs remerciements à notre encadreur **Dr. BOUDALIA Sofiane** qui nous a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils et sa disponibilité. Merci de nous avoir guidé avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit.*

Nos vifs remerciements à tous les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail :

***Dr. SANSRI Soraya** pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider ce jury.*

***Pr. Dr. BENJOUNES Abdelaziz** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant d'examiner notre travail. Nous le remerciant aussi pour son rôle durant notre formation, pour tout ce qu'il nous a apporté tout au long de ces années d'étude.*

*Nous nous sentirons coupable d'ingratitude si nous ne remercierons pas notre cher **Pr .Dr. CHEMMAM Mabrouk** pour son soutien, son aide, ses précieux conseils et encouragements.*

*Nos remerciements vont aussi à l'ensemble des **éleveurs** de la wilaya de Oued Souf pour leurs aides dans ce travail durant toute la période d'enquête et de prélèvements d'échantillons.*

Nos remerciements vont aussi à tous nos enseignants de département d'écologie et génie de l'environnement, particulièrement les enseignants de production et transformation laitières chacun par son nom, vous resteriez a nos yeux des personnes entières et pleines de talents aussi bien dans la recherche que dans les relations humaines. Merci beaucoup à tout ce que vous aviez fait pour nous.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont guidés
durant les moments les plus difficiles, depuis toujours tout au long de
mon parcours.*

*Ma chère mère qui est ma source d'énergie, elle a été à mes côtés et
n'a jamais cessé de m'encourager et de me pousser vers l'avant
durant toute ma vie.*

*Mon très cher père qui est ma source d'inspiration, il a sacrifié toute
sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.*

*A ma chère sœur **Meryam** pour ces conseils et encouragements*

*A mon cher frère **Fethi** qui a toujours été là pour moi*

A toutes mes tantes et mes oncles

*A mes cousins **Chems Eddine** et **Marouane***

A tous mes enseignants, je leur exprime ma profonde gratitude.

*A mes chers amis **Zaki**, **Wassim**, **Badri**, **Anis** et **Amine** pour leur
amitié, leur soutien inconditionnel et leurs encouragements*

*A mon très cher **Tarek** et sa famille*

*A tous les étudiants de ma promotion « Production et
Transformation Laitières » et à toute personne de connaissance.*

****Ammar****

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A mon cher père (Ammar) source de respect, a qui je témoigne ma
profonde reconnaissance, pour l'effort et le soutien incessant qu'il
m'a toujours apporté.*

*A ma chère mère (Fadila), source d'affection de courage et
d'inspiration qui a tant sacrifié pour me voir ce jour.*

*Je dédie ce travail spécial à Sidi Mohamed El-Aroussi Tijani, que
Dieu le préserve et prolonge sa vie.*

*Pour mes grandes mères Fzara, Hanía et Tounes, mes oncles Hocine
, Abdelhamid, Ismail, Med Saïd, Nacereddine et Abderrahmane, et
mes tantes Bechira, Werida, Dziria, Zina, Nadjeh, Ibtissem, Radhia
et surtout Achwek.*

*A mes chers frères Med Bachir, Mohamed Rachid, Bensalem,
Achref, Mahmoud et surtout mon neveu Wassim.*

A mes chères sœurs Nadjet, Yossra et Rawdha

A toute la famille ARBIA et MERDES

A mes chers amis

*Oussama, Ismail, Mohcen, Abdeljalil, Kheiredine, Anwer, Elhabib
Sedik, Foued, Amar, Brahim, Ishak, Hocine, Abekamel, lazher,
Tahar, Hassan, Amoura, Massoud, Taha, Hamza, Abdelrazek,
Abdelkrim et surtout les plus proches Med Imed Eddine et Walid.*

A mon très cher Ammar et sa famille

*A l'âme du défunt Riadh Kerrouche, que Dieu l'accueille dans son
vaste paradis.*

*En fin, je dédie ce travail à mes camarades et mes amis de la
promotion « Production et Transformation Laitières » 2017/2018.*

TAREK

Résumé

Le lait de chamelle revêt une grande importance, surtout pour les Nomades et les populations du Sahara, car il est compatible avec les besoins de l'Homme en raison de sa très riche composition (protéines, lipides, glucides, vitamines (Vit C et Vit B3). Les objectifs de cette étude sont d'évaluer les qualités physicochimiques et bactériologiques du lait de chamelle cru et traité thermiquement, collecté dans la région de Oued Souf au Sud Est Algérien. Des essais préliminaires sont également effectués pour rechercher l'empreinte spectrale du lait de chamelle, afin de pouvoir discriminer un lait de chamelle « *non adultéré* » d'un lait « *adultéré* » grâce à la Spectroscopie en Moyen InfraRouge (MIR).

Dans un premier temps et après une enquête de terrain relative aux pratiques d'élevages (alimentation, races élevées, types d'élevage, absence ou présence de production laitière...etc.) a été réalisée. Ensuite neuf (9) échantillons de lait cru de chamelle collectés auprès de trois éleveurs (trois chameliers) dans la région de Oued Souf et six (6) échantillons de lait de chamelle traités thermiquement (issus d'une unité de transformation laitière dans la même région) ont été évalués pour leurs qualités physicochimiques et bactériologiques.

Les résultats de cette étude ont montré une qualité nutritionnelle très bénéfique pour le consommateur. Les analyses physicochimiques ont montré que le pH et l'acidité titrable augmentent après la pasteurisation (6,34 à 6,50 ; 18,75 à 18,96 respectivement), alors que la densité diminue significativement (1028,6 à 1020,3) ($p < 0,05$). Les analyses bactériologiques ont été légèrement en dessous des normes, ceci est probablement dû au manque d'hygiène lors de la traite et la collecte, surtout la distance parcourue entre le lieu de la collecte et le laboratoire d'analyse.

Les résultats des essais préliminaires d'authentification rapide du lait de chamelle, par la spectroscopie Moyen IntraRouge sont très intéressants, une discrimination entre « *lait non adultéré* » et « *lait adultéré* » a été mise en évidence.

Le lait de chamelle collecté dans la région de Oued Souf au Sud Est Algérien dispose de qualités nutritionnelles très intéressantes, néanmoins, un traitement thermique maîtrisé sera nécessaire avant sa consommation. La contamination est très rapide, elle est favorisée par les températures élevées. L'analyse par la Spectroscopie en Moyen InfraRouge (MIR) est une excellente alternative aux analyses classiques, elle est rapide, peu coûteuse et non invasive, elle s'adapte parfaitement au mode de vie des éleveurs dans les zones arides ou semi-arides.

L'élevage camelin demeure sommaire et traditionnel, il est souvent confronté à plusieurs problèmes comme la pénurie d'eau, le réseau de collecte et de transformation. Il apparaît évident qu'il présente des potentialités très intéressantes, qui lui permettent d'occuper une place non négligeable dans les programmes de développement des zones du Sud.

Mots clés : Lait de chamelle - Qualités physicochimiques – Qualités bactériologiques - Oued Souf – Pasteurisation - Spectroscopie en Moyen InfraRouge (MIR).

Abstract

Camel milk is of great importance, especially for nomads and people in the Sahara, because it is compatible with man's needs and its very rich composition (proteins, fats, carbohydrates, vitamins (Vit C and Vit B3). The objectives of this study are to evaluate the physicochemical and bacteriological qualities of raw and heat-treated camel milk collected in the region of Oued Souf in South-Eastern of Algeria. Preliminary tests are also carried out to identify the spectral fingerprint of camel milk in order to be able to discriminate a "non-adulterated" from "adulterated" camel milk using the InfraRed Mid Spectroscopy (MIR).

First, and after a field survey on farming practices (feeding, high breeds, breeding, absence or presence of milk production ... etc.), a total of nine (9) samples of raw camel milk collected from three breeders in the region of Oued Souf and six (6) samples of heat-treated camel milk from a dairy processing unit in the same region were evaluated for their physicochemical and bacteriological qualities.

Study results showed a high nutritional quality of camel milk, which beneficial for the consumer. Also, physicochemical analyzes showed that pH and density increase after pasteurization, and acidity decreases ($p < 0.05$). The bacteriological analyzes were slightly below the standards, this is probably due to the lack of hygiene during milking and collection, as well as the distance travelled between collection site place and the laboratory.

Concerning the rapid authentication of camel milk, the results of the preliminary tests using the Mid IntraRouge Spectroscopy are very interesting; discrimination between "non-adulterated milk" and "adulterated milk" has been realized.

In conclusion, camel milk collected in of Oued Souf region in the Southeast of Algeria has very interesting nutritional qualities; nevertheless, a controlled heat treatment is necessary before its consumption. His contamination is very fast and it is favoured by strong temperatures in Sahara. The InfraRed Mid Spectroscopy (MIR) analysis is an excellent alternative to conventional analyzes allowing a quick, inexpensive and non-invasive analysis that adapts perfectly to the lifestyle of breeders in arid or semi-arid zones.

Although exploitation of breeding camel remains very summary to see on the traditional scale, it is often confronted with several problems (shortage of water, the network of collection, transformation). It appears very obvious that this breeding presents very interesting potentialities allowing him to occupy a not insignificant place in the programs of development of Sahara zones.

Keywords: Camel milk – Physicochemical qualities - Bacteriological qualities - Oued Souf – Pasteurization - Spectroscopy in Middle InfraRed (MIR).

الملخص

حليب الإبل له أهمية كبيرة، خاصة بالنسبة للبدو وسكان منطقة الصحراء لأنه يلبي الاحتياجات الغذائية للإنسان كونه غني جداً بالبروتينات، الدهون، الكربوهيدرات والفيتامينات (فيتامين C و فيتامين B3). ان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية لحليب الإبل الطازج و المبستر و الذي تم جمعه في منطقة وادي سوف بجنوب شرق الجزائر. علاوة على ذلك تم إجراء تجارب أولية لتحديد البصمة الطيفية لحليب الإبل "غير مغشوش" من حليب الإبل "المغشوش" باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (MIR).

في مرحلة أولى وبعد تحقيق ميداني عن طرق تربية الإبل (التغذية، السلالات المرعاة، أنتكاثر إنتاج الحليب... الخ)، تم جمع تسعة (9) عينات من حليب الإبل الطازج من ثلاث مربيين في منطقة واد سوف و ست (6) عينات من الحليب المبستر من وحدة تحويل الألبان في نفس المنطقة. تم بعدها تقييم الخصائص الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية لهذه العينات.

أظهرت نتائج هذه الدراسة ان حليب الإبل له نوعية غذائية مفيدة جداً للمستهلك. حيث أظهرت التحاليل الفيزيوكيميائية أن pH و الحموضة تزداد بعد البسترة، في حين تقل الكثافة ($p < 0.05$). فيما يخص التحاليل البكتيرية، كانت النتائج مخالفة للمعايير وهذا ربما راجع لنقص النظافة أثناء عملية الحلب و جمع الحليب، والمسافة الموجودة بين الموقع جمع الحليب بالجنوب ومختبر التحاليل. فيما يتعلق بالتحليل السريع لحليب الإبل باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء فإن نتائج التجارب الأولية جد مشجعة، حيث تم التمييز و التفريق بين "الحليب مغشوش" و "الحليب غير مغشوش".

في الختام، حليب الإبل المنتج و المجمع في منطقة واد سوف جنوب شرق الجزائر له جودة غذائية عالية، ومع ذلك، فإن المعالجة الحرارية "البسترة" ضرورية قبل استهلاكه، لان تلوثه سريع جداً خاصة بسبب الحرارة العالية في الصحراء.

يُعد تحليل حليب الإبل باستخدام جهاز التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء) بديلاً يسمح بإجراء تحليل سريع وغير مكلف وغير ضار والذي يتناسب تماماً مع نمط حياة المربين في المناطق الصحراوية. على العموم و على الرغم من أن تربية الإبل لا تزال جد ضئيلة على النطاق التقليدي إلا أنها غالباً ما تواجه العديد من المشاكل (نقص في المياه، وشبكة الجمع والتحويل) يبدو واضحاً جداً أن هذا الأخير يظهر إمكانيات مهمة جداً تسمح له بأن يحتل مكاناً هاماً في برامج تنمية مناطق الجنوب.

الكلمات المفتاحية: حليب الإبل - الخصائص الفيزيوكيميائية - الخصائص البكتريولوجية - واد سوف - البسترة - التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (MIR).

Liste d'abréviation

%	Pourcent
ACP	Analyse en Composantes Principales
°C	Degré Celsius
°D	Degré Dornic
μ	Moyenne
σ	Écart-type
BCP	Gélose Lactosée au Pourpre de Bromocresol
BPL	Bonnes Pratiques du Laboratoire
Cl⁻	Ion Chlorure
cm	Centimètres
Col. f	Coliformes Fécaux
Col. t	Coliformes Totaux
CV	Coefficient de variation
E. Coli	Escherichia Coli
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nation</i>
F.T.A.M	Flore Totale Aérobie Mésophile
g	Gramme
h	Heure
ha	Hectare
H₃O⁺	Ion hydronium
H₂S	Sulfure d'Hydrogène
HTST	<i>High Temperature Short Time</i>
ISO	International organization for standardization
J	Jour
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
K⁺	Ion Potassium
Km	kilomètre
L	Litre
MG	Matière grasse
Mg	Milligramme
Max	Maximum
Min	Minimum
min	Minutes
MIR	Moyen Infra Rouge
mL	Millilitres
mm	Millimètre
mmho	Microohms
MS	Matière Sèche
mS	Millisiemens
N	Nombre
Na⁺	Ion Sodium
NaOH	Hydroxyde de sodium

nm	nanomètre
p	Probabilité
PCA	Plate count agar
pH	Potentiel hydrogène
S	Seconde
<i>S. Aureus</i>	<i>Staphylococcus. Aureus</i>
SD	Standard Deviation
SMIR	Spectroscopie dans le Moyen InfraRouge
SS	Salmonella Shigella
TB	Taux butyreux
TP	Taux Protéique
UFC	Unité Formant Colonies
UFC/mL	unités formant colonies par millilitre
UHT	Ultra Haute Température
V	Volume

Indice des figures

Figure	Titre	Page
1	Principe de la spectroscopie	8
2	Situation géographique de Oued Souf	11
3	Cercle des corrélations d'Analyse en Composantes Principales (ACP) déterminé par les composantes principales 1 (86,59%, Riboflavine) et 2 (8,94%, Vitamine A), pour discriminer le lait cru non adultéré vs le lait adultéré.	31

Indice des photos

Photo	Titre	Page
1	Un spectromètre dans le moyen infrarouge avec le passeur d'échantillons (Vet Agro-Clermont-Ferrand, France).	9
2	Photos prises représentant la chamelle de race Chaambi en élevage semi intensif A) et en élevage extensif B), et quelques plantes communément consommées par la chamelle C) Bougriba D et E) Alfa. F) Cyclotaxis Harra.	23

Indice des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Constantes physiques du lait de dromadaire et de vache (Kamoun, 1995).	4
2	Composition chimique globale (%) du lait de chamelle.	5
3	Description des sites d'échantillonnage.	13
4	Caractéristiques zootechniques des différents élevages.	22
5	Qualité physique des échantillons analysés.	26
6	Qualité chimique des échantillons analysés.	28
7	Caractéristiques descriptives des flores étudiées et normes du lait (UFC/mL).	29

Sommaire

Résumé	
Abstract	
المخلص	
Introduction	1
1. Rappels bibliographiques	3
1.1. Lait de chamelle.....	4
1.1.1.Caractéristiques du lait de chamelle.....	4
1.1.2.Importance du lait de chamelle	6
1.1.3.Pasteurisation du lait de chamelle	6
1.2. Spectroscopie dans le Moyen InfraRouge (SMIR).....	7
2. Matériels et méthodes.....	10
2.1. Présentation de la zone d'étude	11
2.2. Enquête de terrain	11
2.3. Plan d'échantillonnage	12
2.4. Analyses physico-chimiques	14
2.5. Caractérisation bactériologique du lait	15
2.5.1.Milieus de culture utilisés	15
2.5.2.Dénombrement.....	17
2.6. Recherche d'empreinte spectrale pour le lait camelin.....	19
2.7. Présentation des résultats et analyses statistiques.....	19
3. Résultats et discussion.....	20
3.1. Analyse descriptive du questionnaire	21
3.2. Analyse descriptives de la qualité physico-chimique des échantillons collectés	24
3.3. Analyse descriptive de la qualité bactériologique des laits analysés.....	29
3.4. Recherche d'empreinte analytique de lait camelin.....	30
4. Conclusion.....	33
Références bibliographiques.....	35

Introduction

Le lait est un fluide biologique complexe produit par les mammifères (**Rasolofu, 2010**). Il occupe une place stratégique dans l'alimentation quotidienne de l'homme, grâce à sa composition équilibrée en nutriments de base (protéines, lipides et glucides), sa richesse en vitamines, en calcium et en divers sels minéraux (**Ouali, 2003**).

Actuellement, les besoins en lait et ses dérivés sont de plus en plus importants car ce produit peut être consommé frais, mais aussi pasteurisé, stérilisé ou après transformation en différents produits : fromage, yaourt, beurre.

En Algérie, la consommation de lait a connu une évolution croissante depuis l'indépendance, cependant la production nationale demeure insuffisante à cause d'une croissance démographique élevée et les changements dans les habitudes alimentaires (**Bousbia et al., 2017**).

Le lait de chamelle connu depuis des temps lointains, représente la principale ressource alimentaire pour les nomades. Il est considéré comme l'aliment de base pour une période annuelle prolongée, dans la plupart des zones pastorales sahariennes. Sa richesse en vitamine C constitue un apport nutritionnel important dans ces régions où les fruits et les végétaux contenant cette vitamine sont rares (**Siboukeur, 2007**). Il est traditionnellement apprécié pour ses propriétés thérapeutiques (pathologies infectieuses, cancer, diabète) et comme aliment restaurateur chez les convalescents (**Kanaspayeva, 2007**).

Sa teneur élevée en facteurs antibactériens (lactoferrine, Lactoperoxydase et lysozyme) lui confère une durée de conservation de quelques jours à des températures relativement élevées (de l'ordre de 25 °C). En conséquence, **Yagil et al. (1994)** concluent que la pasteurisation, qui consiste à chauffer le lait à une température suffisante pendant un temps suffisant pour détruire les micro-organismes pathogènes qu'il contient n'est pas essentielle si tous les chameaux du troupeau sont en bonne santé.

La tendance de consommation du lait de chamelle ne cesse d'augmenter particulièrement dans le Nord du pays à générer des tendances frauduleuses.

Depuis plusieurs années, le développement de nouvelles méthodes d'authentification rapides, non invasives et peu coûteuses est devenu un combat pour les éleveurs, les producteurs, les industriels, les scientifiques et les autorités compétentes (**Damez et Clerjon, 2013**). Ces méthodes permettent non seulement d'assurer la sécurité des produits

alimentaires, d'éviter les risques sanitaires (crise du lait frelaté à la mélamine pour le faire apparaître plus riche en protéines, Chine 2008). Mais également, de revoir le barème de paiement des matières premières, comme dans certains pays européens (la France et les Pays-Bas) où le taux et le profil de la matière grasse sont utilisés pour déterminer le prix du lait (Coppa et al., 2014).

Pour la filière *Lait*, l'utilisation de ces outils de détection rapides, précis et non destructifs, capables d'être installés au niveau de la chaîne de production, et adaptés à un environnement difficile (au niveau des fermes par exemple) visent à obtenir une information fiable sur la qualité du lait tout au long du processus de production de manière à assurer la qualité finale du produit. Les techniques plus prometteuses et qui répondent à ces conditions et pourraient être utilisées pour l'analyse rapide de la qualité du lait sont basées principalement sur l'utilisation des ondes du spectre électromagnétique telles que la *Spectroscopie dans le Moyen InfraRouge* (SMIR).

Pour tenter de garantir un lait authentique, ce travail a pour objectifs:

- ✚ d'étudier la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de chamelle cru et pasteurisé collecté dans la région de Oued Souf située au Sud-est de l'Algérie.
- ✚ de rechercher l'empreinte spectrale par *Spectroscopie dans le Moyen InfraRouge* (SMIR) du lait cru de chamelle collecté dans la même région.

1. Rappels bibliographiques

1.1. Lait de chamelle

1.1.1. Caractéristiques du lait de chamelle

✚ Caractéristiques organoleptiques

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

✚ Caractéristiques physico-chimiques

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 (Siboukeur, 2007). Selon Kamoun (1995), le lait de dromadaire est plus acide et moins dense et sa viscosité est plus faible que le lait de vache (tableau 1).

Tableau 1. Constantes physiques du lait de dromadaire et de vache (Kamoun, 1995).

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

➤ Composition chimique

De manière générale la composition chimique du lait de chamelle Comprend quatre éléments importants : l'eau, les protéines, la matière grasse et le lactose. Cependant, cette composition et même si elle fluctue selon les auteurs (donc selon les animaux et l'environnement considéré), montre des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base (protéines, matière grasse et lactose) avec des proportions similaires à celles présentes dans le lait de vache. Les teneurs en protéines et en matière grasse varient respectivement de 2,5 à 4% et de 1,1 à 4,6% (avec une fréquence élevée à des taux supérieurs à 3%), alors que la teneur en lactose fluctue entre 2,5 et 5,6% (Siboukeur, 2007) (tableau 2).

Le taux en eau varie selon son apport dans l'alimentation, atteint son maximum pendant la période de sécheresse. En effet, il a été montré que la restriction en eau

alimentaire des chamelles se traduit par une dilution du lait : un régime riche en eau donne un lait ayant un taux de 86% alors que dans un régime déficient, celui-ci s'élève à 91% (Yagil et Etzion, 1980 ; Faye et Mulato, 1991). Cette dilution pourrait être l'effet d'un mécanisme d'adaptation naturelle pourvoyant en eau les chamelons durant la période de sécheresse. La composition en vitamines du lait de dromadaire, diffère de celle du lait de vache par une teneur en vitamine C un peu supérieure; le taux de vitamine A est beaucoup plus faible et de plus très variable de 50,0 U.I./100 g de lait (Sawaya *et al.*, 1984) à 12,9 U.I./100 g (Ahmed *et al.*, 1977) il en est de même de la teneur en riboflavine et en vitamine B12.

Tableau 2. Composition chimique globale (%) du lait de chamelle.

Origine de lait	Constituants				Références
	Eau	Protéines	MG	Lactose	
Lait de chamelle	87,0	3,3	3,3	5,6	Gnan et Chereha, 1986
	87,4	4,0	3,2	4,8	Abdel-Rahim, 1987
	88,3	2,8	3,1	4,1	Elamin et Wilcox, 1992
	91,3	3,2	1,1	4,5	Mehaia, 1992
	88,0	2,5	3,9	4,7	Mehaia, 1993
	87,8	3,2	3,2	4,9	Abu-Lehia, 1994
	87,3	3,3	3,4	4,5	Kamoun, 1994
	86,9	3,0	4,6	4,9	Larson-Raznikiewicz et Mohamed, 1994
	90,5	2,7	3,0	3,7	Zia-Ur-Rahman et Straten, 1994
	90,0	3,3	3,3	2,5	Gorban et Izzeldin, 1997

Caractéristiques microbiologiques

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

➤ **Bactéries saprophytes**

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

a). Flore lactique

Les bactéries lactiques forment un groupe très hétérogène. Elles fermentent les sucres dans des conditions diverses. Parmi les genres appartenant à cette flore, on cite les Streptococcus (ou lactococcus), les Lactobacillus, les Leuconostoc et le bifidobacterium.

b). Flore d'altération

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

➤ **Bactéries pathogènes**

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

1.1.2. Importance du lait de chamelle

Traditionnellement, le lait de chamelle est apprécié pour ses propriétés anti-infectieuse, anticancéreuse, antidiabétique et plus généralement comme reconstituant chez les malades convalescents. Ces propriétés relèvent cependant le plus souvent d'observations empiriques dont les fondements scientifiques mériteraient d'être précisés. Ces observations peuvent être reliées à la composition du lait de chamelle. Certains des composants tant sur le plan quantitatif que qualitatif pourraient être associés à ces propriétés particulièrement les facteurs antibactériens, l'insuline et la vitamine C. A cela s'ajoutent les propriétés pro-biotiques des bactéries lactiques présentes dans les produits fermentés camelins (**Al Haj et Al Kanhal., 2010**).

1.1.3. Pasteurisation du lait de chamelle

Le lait cru surtout s'il est en vrac, provenant de plusieurs animaux est susceptible de contenir des micro-organismes pathogènes pour l'Homme (**Khedid et al., 2009**). A moins qu'on ne soit certain que les animaux producteurs sont parfaitement sains, l'hygiène moderne requiert que le lait cru, et notamment le lait cru en vrac, soit traité de façon à

prévenir non seulement son altération rapide mais aussi tout risque de contamination du consommateur. Le traitement le plus satisfaisant à ces deux fins, et celui qui provoque le minimum de changement dans la composition, la saveur et l'acceptabilité du lait, est la pasteurisation (Kay, 1953).

L'étude réalisée par Abderrahmane (1994) a montré que le lait de chamelle pasteurisé a gagné des parts clientèles sur le lait UHT, grâce à sa qualité organoleptique. La pasteurisation est l'une des opérations la plus importante du traitement du lait. Si elles sont effectuées correctement, ces opérations prolongeront la durée de conservation du lait. Trois types de pasteurisation sont pratiqués en fonction des couples temps/température :

Pasteurisation basse

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

Pasteurisation rapide à haute température (*High Temperature Short Time* ou HTST)

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

Pasteurisation haute

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

1.2. Spectroscopie dans le Moyen InfraRouge (SMIR)

Principe général

Le domaine infrarouge est subdivisé en trois catégories selon la fréquence : le proche infrarouge (PIR) est compris entre 750 nm et 2500 nm, entre 2500 nm et 25000 nm se

trouve le domaine de l'infrarouge moyen (MIR) et l'infrarouge lointain à des longueurs d'onde supérieures à 25000 nm.

Découverte par Herschel en 1800, la spectroscopie dans le Moyen infrarouge (SMIR) ou *Mid Infrared Spectroscopy (MIR en Anglais)* peut être définie comme l'étude de l'interaction de la lumière avec la matière. Le rayonnement dans le Moyen InfraRouge (MIR) couvre la plage des longueurs d'onde de la lumière comprise entre 2500 et 25000 nm, et elle a été d'abord appliquée à des produits agricoles par **Norris et Hart (1965)** pour mesurer l'humidité des graines de céréales. Depuis, elle a été utilisée pour obtenir des analyses rapides dans un grand nombre de produits alimentaires.

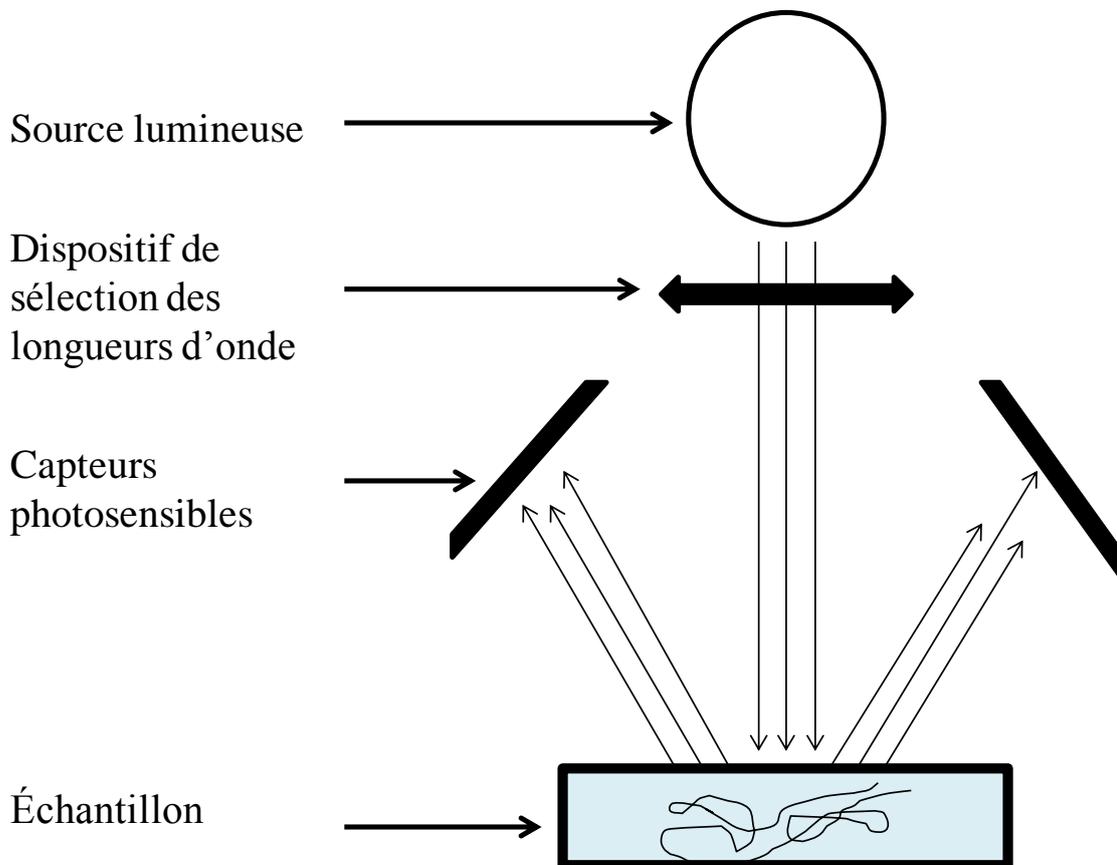


Figure 1. Principe de la spectroscopie.

🚦 Équipement

La saisie de spectres dans le MIR se fait à l'aide d'un spectromètre (**photo 1**). La plage du spectre électromagnétique couvert, la taille de la fenêtre de l'appareil en contact avec l'échantillon ainsi que la robustesse de l'appareil et son adaptation aux environnements peu contrôlés et agressifs pouvant être rencontrés en industrie sont des critères qui peuvent jouer sur les résultats des étalonnages. Par ailleurs, une des différences entre les instruments est la plage du spectre électromagnétique couvert. Certains

instruments sont capables d'obtenir une information entre 2500 et 25000 nm. Cette information peut s'avérer importante pour obtenir des modèles précis d'étalonnage et donc pour effectuer le choix d'un appareil.

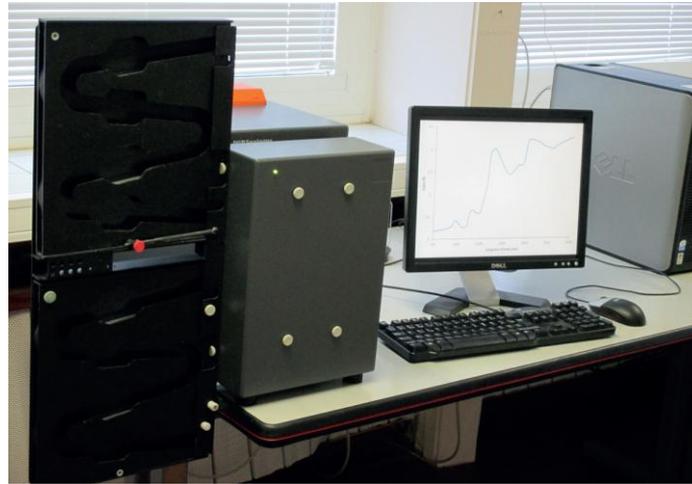


Photo 1. Un spectromètre dans le moyen infrarouge avec le passeur d'échantillons (Vet Agro-Clermont-Ferrand, France).

Pour les produits laitiers, il existe quatre bandes d'absorption explorées pour les analyses quantitatives et qualitatives des principaux constituants (**Grappin et al., 2006**). Ces bandes correspondent respectivement aux groupements C-N et N-H des liaisons peptidiques qui absorbent à 1548 cm^{-1} pour le dosage des protéines, au groupement carbonyle C=O des liaisons ester absorbant à 1746 cm^{-1} , et à la liaison C-O, au groupement hydroxyle O-H absorbant à 1041 cm^{-1} pour le dosage du lactose, ainsi, au groupement C-H des acide gras absorbant à $2920\text{--}2854\text{ cm}^{-1}$ pour la matière grasse.

2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

La région de Oued Souf, appelée région du bas Sahara à cause de la faible altitude, est située au Sud-Est de l'Algérie au centre du *grand Erg oriental*, étalant ses Oasis entre *Oued Righ* et *Chott Melghigh* et égrenant ses Sebkhass jusqu'au *Chott Djerid*.

Oued Souf s'étend sur une superficie totale de 4 458 680 ha. La totalité de la wilaya reçoit une pluviométrie moyenne ne dépassant guère les 100 mm/an.

Elle est limitrophe aux Wilayas suivantes : Biskra, Khenchla et Tébessa au Nord ; Ouargla au Sud ; Biskra, Djelfa et Ouargla à l'Ouest et la république Tunisienne à l'Est.

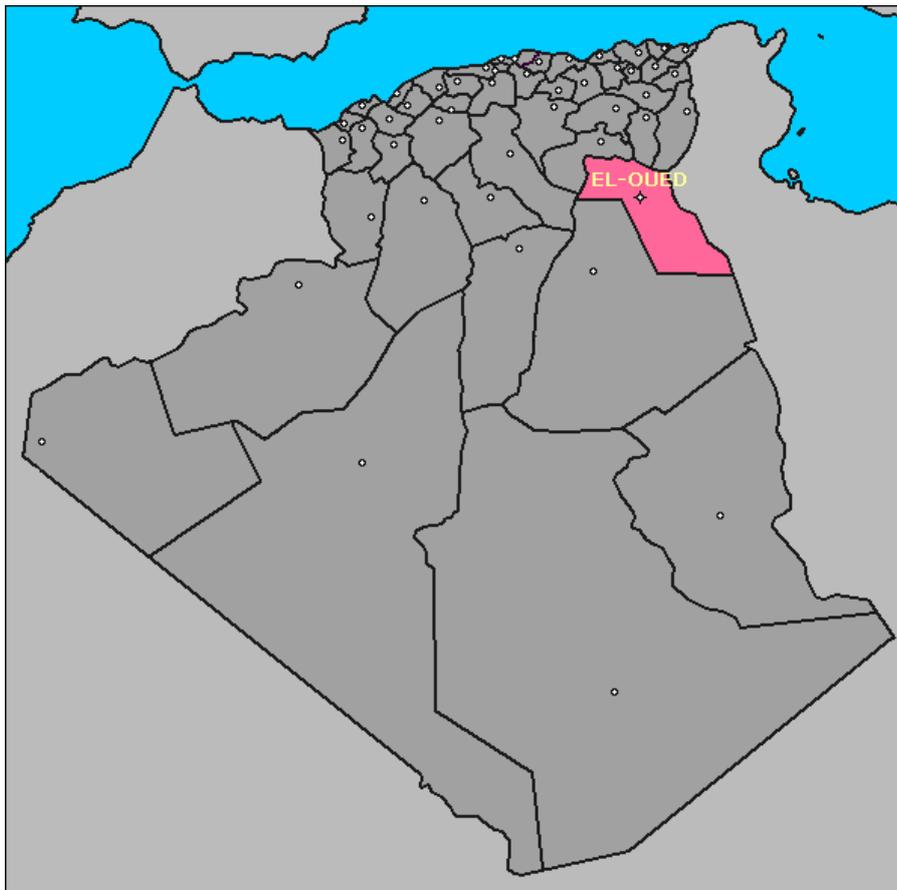


Figure 2. Situation géographique de Oued Souf-Algérie
(<http://www.badiyaproject.com/pourquoi-loued-souf/>).

2.2. Enquête de terrain

Dix chameliers et une unité de transformation de lait camelin ont fait l'objet de notre étude. Pour recueillir les informations finales relatives aux pratiques d'élevages (pour les fermes), et l'application des bonnes pratiques de fabrication (pour l'unité de transformation) deux questionnaires (le premier pour les chameliers, le second pour l'unité de transformation laitière) ont été conçus et remplis lors de plusieurs passages. Les

enquêtes ont été réalisées entre le mois de **Février** jusqu'au mois d'**Avril 2018** sous forme d'entretiens avec les éleveurs et le gérant (pour l'unité de transformation) ; et grâce à des observations *in situ* lors des différentes visites.

Les questionnaires utilisés sont basés sur l'étude de plusieurs variables :

- ✚ *Identification de l'éleveur* : l'âge, la tribu d'appartenance, le nombre de personnes à charge, les activités en dehors de l'élevage ...etc.
- ✚ *Caractérisation du cheptel* : l'effectif camelin, la race, les types de dromadaires élevés (boucherie, selle, production laitière...), la composition, la taille, le type de l'alimentation...etc.
- ✚ *Mode de conduite des troupeaux* : l'espace pastoral emprunté, les itinéraires utilisés en fonction des saisons, la localisation des points d'eaux par rapport aux campements, la distance moyenne parcourue journallement.
- ✚ *Respect de l'hygiène* : type et fréquence de nettoyage des étables, type de traite, présence ou absence du lavage des mamelles...
- ✚ *Respect des bonnes pratiques de fabrication au niveau de l'unité de transformation* : fréquence de l'entretien et le nettoyage du matériel, formation du personnel, contrôle qualité de la matière première.

2.3. Plan d'échantillonnage

Suite aux résultats d'analyse des questionnaires, trois chameliers, et une unité de transformation laitière ont été retenues pour effectuer les différentes analyses de lait prévues dans le protocole (analyses physicochimiques, bactériologiques et recherche d'empreinte spectrale).

Des prélèvements de lait camelin cru ont été effectués du **2 Mars 2018** jusqu'au **15 mai 2018** à un intervalle de trois semaines, au niveau de trois élevages répartis dans la Wilaya de Oued Souf (**tableau 3**).

Un total, de neuf (9) échantillons de lait de chamelle cru (lait de mélange de la traite matinale ou de soir) ont été collectés, dans des flacons en verre de 200 mL préalablement stérilisés à une température de 180 °C pendant 20 min. Six (6) autres échantillons de lait pasteurisé ont été récupérés au niveau d'une unité de transformation laitière située dans la commune Oued Souf.

Le lait a été prélevé dans le respect des Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL), et les règles d'asepsie (désinfection des mains, nettoyage de la mamelle, élimination du 1^{er} jet

de lait). Au niveau de la laiterie, le lait a été récupéré à la sortie de la ligne de pasteurisation dans des flacons en verre (volume de 500 mL).

Les flacons sont ensuite transportés dans une glacière contenant des blocs réfrigérants au laboratoire de microbiologie de l'Université 8 Mai 1945 Guelma (trajet de 486 km). Une partie est utilisée pour effectuer les analyses rapides (pH, densité et acidité titrable), le reste des flacons est stocké à -20 °C pour des analyses ultérieures. Afin de tenir compte des protocoles analytiques (mesure de l'acidité titrable par exemple) aucun conservateur (azide de sodium par exemple) n'a été rajouté.

Tableau 3. Description des sites d'échantillonnage.

N	Quantité (mL)	Nature de lait	Commune	Coordonnées
1	1500 mL	Cru	Oued Souf	33° 22' 06" Nord, 6° 52' 03" Est
2	1000 mL		Oued Souf	33° 22' 06" Nord, 6° 52' 03" Est
3	1000 mL		Oued Souf	33° 22' 06" Nord, 6° 52' 03" Est
4	1000 mL		Hassi Khalifa	33° 36' 04" Nord, 7° 01' 44" Est
5	1500 mL		Hassi Khalifa	33° 36' 04" Nord, 7° 01' 44" Est
6	1500 mL		Hassi Khalifa	33° 36' 04" Nord, 7° 01' 44" Est
7	1500 mL		Hassani Abdelkrim	33° 28' 38" Nord, 6° 53' 42" Est
8	1500 mL		Hassani Abdelkrim	33° 28' 38" Nord, 6° 53' 42" Est
9	1500 mL		Hassani Abdelkrim	33° 28' 38" Nord, 6° 53' 42" Est
10	2000 mL x 2	Pasteurisé	Oued Souf	33° 22' 06" Nord, 6° 52' 03" Est
11	2000 mL x 2		Oued Souf	33° 22' 06" Nord, 6° 52' 03" Est
12	2000 mL x 2		Oued Souf	33° 22' 06" Nord, 6° 52' 03" Est

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

Pour chaque point de prélèvement, trois à quatre flacons stériles ont été remplis :

✚ Le premier destiné à des analyses physico-chimiques,

✚ Le second à des analyses bactériologiques,

✚ Le dernier à des analyses qualitatives par spectroscopie proche infra rouge (essais préliminaires).

2.4. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont réalisées selon les méthodes publiées dans Journal Officiel de République Algérienne Démocratique et Populaire (JORA, 1998).

✚ **Potentiel hydrogène (pH)** : la mesure est réalisée par la méthode potentiométrique après introduction de l'électrode du pH mètre de type HANNA pH 211 dans un bécher contenant 20 mL de lait à 20°C préalablement étalonner avec une solution tampon. Le résultat s'affiche directement sur le cadran du pH mètre.

✚ **Acidité titrable** : elle est réalisée par titrage à l'aide d'hydroxyde de sodium (NaOH) qui permet de déterminer la concentration molaire en ions H_3O^+ en présence d'un indicateur coloré (phénolphthaléine).

Dans un bécher une quantité de 10 mL de lait est introduite avec une pipette, puis 3 gouttes de la solution de phénolphthaléine sont ajoutées et un titrage avec la solution d'hydroxyde de sodium (9/N) est réalisé jusqu'au début de virage au rose facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait.

L'acidité est exprimée en *degré Dornic* (D°) qui égale à 1 décigramme d'acide lactique par litre.

$$\text{Acidifié en } D^\circ = V \times 10$$

V= le volume en millilitre de la solution NaOH verser.

✚ **Densité** : elle représente le rapport qui existe entre le poids spécifique d'un corps et le poids du même volume d'eau distillée, ce dernier étant pris pour unité de poids spécifique égale à 1. Elle est déterminée à température de 20 °C à l'aide d'un lactodensimètre, qui est plongé dans une éprouvette pleine.

Si la température lors de la mesure est différente de 20 °C, la densité est corrigée par la formule suivante :

$$\text{Densité corrigée} = \text{densité lue} \pm 0.2 \times (\text{température du lait} - 20 \text{ }^\circ\text{C}) \text{ (Sarkar et al., 2006).}$$

✚ **Dosage de la matière grasse, le lactose, l'extrait sec dégraissé, les protéines** : les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de la laiterie *Beni*

foughal (commune Lefdjouj, Guelma), à l'aide d'un LactoScan (Milkotronic Ltd, Bulgaria).

Le *Lactoscan* a été utilisé pour mesurer : la matière grasse, les protéines, le lactose, les minéraux, le point de congélation, l'eau ajouté (mouillage), l'extrait sec, la conductivité, la densité et la température du lait.

2.5. Caractérisation bactériologique du lait

2.5.1. Milieux de culture utilisés

Suivant les techniques employées et selon les souches à identifier, ci dessous les milieux de culture utilisés :

✚ **Gélose Lactosée au pourpre de bromocrésol (BCP)** : utilisé pour :

- le dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- l'inhibition des microorganismes à Gram positive, elle est essentiellement due à l'action du Desoxycholate de sodium ou les citrates de sodium.
- Détecter et isoler les entérobactéries
- Fermentation du lactose en acide est révélée par le virage du bleu violacé au jaune.

Préparation du milieu : une quantité de **31 g** de milieu déshydraté BCP est dissoute dans un 1 L d'eau distillé, puis le mix est porté à ébullition sous agitation constante jusqu'à sa dissolution totale. Le milieu est transvasé dans des flacons et stérilisé à l'autoclave (121 °C pendant 15 min).

✚ **Gélose glucosée a l'extrait de levure (Plate Count Agar PCA)** : contient des facteurs vitaminiques qui constituent la source énergétique pour la croissance de certaines bactéries, cela facilite :

- Le Dénombrement des bactéries aérobies psychrotrophes.
- Le Dénombrement des bactéries mésophiles.

Préparation du milieu : une quantité **20,5 g** de milieu déshydraté PCA est dissoute dans un 1 L d'eau distillé, puis le mix est porté à ébullition sous agitation constante jusqu'à sa dissolution totale. Le milieu est transvasé dans des flacons et stérilisé à l'autoclave (121 °C pendant 15 min).

✚ **Gélose glucosé viande-foie**

Il est utilisé pour le dénombrement des spores de clostridium sulfito-réducteur, car :

- le glucose et l'amidon rend le milieu favorable pour le développement des germes anaérobies et la germination des spores.
- Il provoque la formation de sulfure de fer due à la présence des germes anaérobies et provoque un noircissement des colonies.

✚ **Gélose CHAPMAN au mannitol:** le milieu est utilisé pour le dénombrement des staphylocoques pathogènes.

- la forte concentration en chlorure de sodium inhibe la croissance de la plupart des bactéries autre que les staphylocoques.
- la fermentation du mannitol, mise en évidence par le virage au jaune de l'indicateur pH (rouge de phénol), permet d'orienter le diagnostic.
- la mise en évidence des staphylocoques pathogènes devra être confirmé par la recherche de la coagulase et éventuellement de la désoxyribonucléase et de la phosphatase.

Préparation du milieu : une quantité de **111 g** de milieu déshydraté CHAPMAN est dissoute dans un 1 L d'eau distillé, le milieu est porté à ébullition sous agitation constante jusqu'à sa dissolution totale. Le milieu est transvasé dans des flacons et stérilisé à l'autoclave (121 °C pendant 15 min).

✚ **Bouillon sélénite-cystine :** le milieu est utilisé pour l'enrichissement sélectif des salmonelles, car :

- La teneur en sélénite permet d'assurer l'inhibition des microorganismes autres que les salmonelles et notamment des coliformes et des entérocoques.
- Le phosphate disodique contribue à assurer le maintien du pH et à réduire la toxicité du sélénite afin d'augmenter la capacité de récupération du milieu.

Préparation du milieu : une quantité de **23 g** de milieu déshydraté sélénite-cystine est dissoute dans un 1 L d'eau distillé, le mix est porté à ébullition lentement pendant deux minutes en agitant jusqu'à sa dissolution totale. Le milieu est ensuite refroidi rapidement, et transvasé dans des flacons stériles en remplissant 2/3 de leurs capacités maximales sans stérilisation à l'autoclave.

2.5.2. Dénombrement

✚ Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

✓ **Ensemencement**

Sur 12 boîtes de pétri (par échantillon), 6 boîtes sont ensemencées en profondeur par 1 mL de lait dilué à 10^{-4} et les 6 autres à 10^{-5} , puis un volume de 13 mL de gélose BCP (*Gélose Lactosée au pourpre de bromocresol*) préalablement refroidi et maintenue à 44 °C est ajouté, le contenu est homogénéisé (mouvements circulaires en dessinant des 8 sur la paillasse) et la boîte est gardée jusqu'à solidification de la culture.

✓ **Incubation**

Trois boîtes de chaque dilution 10^{-4} et 10^{-5} sont incubées à 30 °C pendant 48 h pour les coliformes totaux.

Trois boîtes de chaque dilution 10^{-4} et 10^{-5} sont incubées à 44 °C pendant 48 h pour les coliformes fécaux.

✓ **Lecture**

Pour les coliformes totaux :

- Les boîtes qui ont subi un virage de couleur vers le jaune sont des colonies lactose-positif.
- Les boîtes qui ont restées bleu violacé sont des colonies lactose-négatif.

Pour les coliformes fécaux :

- Les colonies apparaissent en couleur rouge foncé de 0,5 mm de diamètre.

Pour l'expression des résultats, les colonies sont comptées et ramenées aux nombres de germes par mL en tenant compte de la dilution.

✚ Dénombrement des germes aérobies mésophiles

✓ **Ensemencement**

Sur 6 boîtes de pétri (par échantillon), 3 boîtes sont ensemencées en profondeur par 1 mL de lait dilué à 10^{-4} et les 3 autres par le même volume de lait dilué à 10^{-5} , puis un volume de 13 mL de gélose à l'extrait de levure Plate Count Agar (PCA) préalablement refroidie et maintenue à 44 °C est ajouté, le contenu est homogénéisé (mouvement circulaire forme d'un 8 sur la paillasse) et la boîte est gardée jusqu'à solidification de la culture.

✓ **Incubation** : trois boîtes de chaque dilution 10^{-4} et 10^{-5} sont incubées à 30 °C pendant 72 h.

✓ **Lecture** : toutes les colonies qui en surface sont dénombrées et les résultats exprimés en unités formant colonies par mL de lait (UFC/mL).

✚ **Identification de clostridium sulfito-réducteur**

✓ **Ensemencement**

Un volume de 2,5 mL de lait cru dans un tube à essai au bain marie à 80 °C pendant 10 min (conditions favorables) afin de pasteuriser le lait, un choc thermique à l'eau froide (conditions défavorables) est réalisé afin de détruire la forme végétative et l'activité des spores.

Un volume de 10 mL de gélose glucosé viande-foie est ajouté dans le tube (ensemencement en profondeur) avec quatre gouttes de l'Alun de fer et 10 gouttes de sulfite de sodium. Pour créer l'anaérobiose du milieu, 2 mL de paraffine est ajoutée.

Cette opération est faite pour tous les échantillons.

✓ **Incubation** : les tubes sont incubés à 37 °C pendant 48 h.

✓ **Lecture** : les Clostridium sulfito-réducteur apparaissent sous forme de grosses colonies noires ayant un diamètre supérieur à 0,5 mm.

✚ **Dénombrement des staphylocoques présumés pathogène**

✓ **Ensemencement**

Dans un premier temps, 12 boîtes de pétri ont été coulées avec un milieu sélectif solide (Chapman), l'ensemencement se fait en surface avec chaque solution mère. Puis, les boîtes sont gardées jusqu'au refroidissement et solidification totale du milieu.

✓ **Incubation** : les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 48 h.

✓ **Lecture** : les staphylocoques pathogènes forment des colonies luxuriantes, pigmentées, entourées d'une auréole jaune. Les staphylocoques non pathogènes forment en générale des petites colonies rouges qui ne modifient pas la couleur du milieu.

✚ **Dénombrement des salmonelles**

✓ **Ensemencement**

Deux gouttes de chaque échantillon ont été introduites en tubes avec le milieu.

✓ **Incubation** : les tubes sont incubés à 37 °C pendant 24 h. Puis l'isolement se fait sur milieu sélectif solide gélose SS (Gélose Salmonella Shigella). Un volume de deux gouttes de chaque tube est prélevé et ensemencé en stries sur la surface de la gélose SS.

✓ **Lecture** : les salmonelles apparaissent incolores, transparentes avec ou sans un centre noire (production d H₂S). Les résultats sont exprimés par la présence ou l'absence de germe.

2.6. Recherche d’empreinte spectrale pour le lait camelin

Aucune préparation des échantillons n’est nécessaire pour acquérir les spectres en moyen infrarouge. Les tubes contenant les échantillons à analyser sont déposés dans un portoir thermo-régulé à 25 °C. Cela permet d’acquérir l’ensemble de la collection spectrale dans les mêmes conditions de température. Ainsi, le facteur température est maîtrisé et n’influence pas le spectre obtenu.

Un volume de 1 mL de lait est prélevé avec une pipette pour remplir une cuve d’analyse en verre. Le spectrophotomètre Perkin Elmer Frontier a été utilisé pour mesurer les échantillons en mode d’absorption dans la gamme de longueur d’onde de (2500-25000 nm), à une résolution de 2 cm⁻¹. Les pics d’absorption importants sont apparus dans la région de 4000 à 7500 cm⁻¹. L’analyse de chaque échantillon dure environ une minute.

2.7. Présentation des résultats et analyses statistiques

Les résultats de l’analyse sont exprimés sous forme des moyennes ± SD (*Standard Deviation = Écart type*). Pour la comparaison des moyennes des paramètres physicochimiques, nous avons utilisé le test t-*Student* lorsque la normalité est respectée.

Pour la recherche d’empreinte spectrale, nous avons additionné la matière grasse d’origine végétale à un échantillon (échantillon adultéré), les données obtenues par la spectroscopie infra rouge ont été analysées par des méthodes statistiques multi-variées afin d’obtenir des modèles qui permettent de différencier les échantillons analysés. L’analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée aux échantillons de laits, ainsi qu’aux échantillons de laits adultérés avec des matières grasses d’origine végétale.

L’analyse discriminante des spectres du lait et des laits adultérés a été appliquée séparément pour chaque région spectrale et pour chaque critère de classification. Pour pouvoir discriminer les échantillons (cru et cru adultéré avec de la matière grasse d’origine végétale, les modèles ont été construits en considérant la présence ou l’absence d’adultération (comme empreinte d’authenticité) de façon individuelle et pour l’ensemble des spectres.

Les composés discriminants les plus significatifs ont été sélectionnés par la procédure pas à pas ascendant ou descendant selon le cas. Les données ont été traitées grâce au logiciel Minitab [Minitab, Ltb., United Kingdom (Version 16)]. Le seuil minimum de significativité retenu est p<0,05.

3. Résultats et discussion

3.1. Analyse descriptive du questionnaire

Suite à notre enquête sur terrain, nous avons constaté que la taille des troupeaux de chameaux des éleveurs interrogés varie en fonction de type d'élevage (11 à 36 têtes pour l'élevage semi intensif et entre 150 à 200 têtes par chamelier pour l'élevage extensif). Le type d'élevage pratiqué dans cette région de l'étude est de type pastoral extensif, basé sur des sentiers sahariens naturels (Alfa, Cyclotaxis Harra, Acacia ...etc.) voir semi intensif (utilisation de complémentation alimentaire : tourteau d'arachide, orge, tourteau de soja, tourteau de maïs) (**photo 2**) (**tableau 4**).

Sur les dix éleveurs interrogés, trois pratiquaient un élevage laitier semi-intensif. Ce type d'élevage a été développé au niveau des zones périurbaines pour approvisionner les magasins laitiers de la ville et des villages situés aux alentours. La production laitière est très faible (4-7,5 L/Jour). La race la plus rencontrée dans la région de notre étude est la « Chaambi », elle est très robuste, utilisée pour le transport et la selle. Elle est élevée essentiellement dans l'élevage extensif où la moyenne d'âge varie entre 8 - 30 ans, elle est caractérisée par un très faible taux de production laitière (non significatif) (**tableau 4**).

Cependant, les races Nailia, Beldia, Targuia et Othmania rencontrées essentiellement dans l'élevage semi-intensif où l'âge moyen varie entre 8-9 ans sont considérées comme d'excellentes reproductrices et bonnes productrices de lait (**tableau 4**).

Les déclarations des éleveurs indiquent que la production laitière en élevage extensif est très faible (< 3 L/Jour), elle est moins importante par rapport à celle en élevage semi-intensif (4,5-7 L/Jour). **Adamou et Boudjenah (2012)** ont signalé que pour des chameaux de la race « Sahraoui » vivant en semi-intensif dans la région de Oued Souf la production laitière est de 2,48 L/Jour. Cette différence est probablement liée à la race. Pour d'autres populations, une production de 1 à 5 L/chamelle/J a été signalée pour le système extensif (**Titaouine et al., 2014**).

Parmi les dix chameliers enquêtés dans cette étude, trois d'entre eux commercialisent le lait. Cependant, et malgré que nos trois éleveurs, précisent qu'un lavage rigoureux de leur mains et du pis de la chamelle avant la traite est effectué, l'enquête *in situ* a montré que les conditions d'hygiène relatives à la traite manuelle à l'air libre sont peu respectées. Ce constat est aggravé par les conditions environnementales dans le Sahara : vents de sable très forts, poussière et surtout la pénurie d'eau ...etc.

Une fois l'opération de la traite effectuée, le lait est stocké et transporté dans des récipients en inox à température ambiante jusqu'aux tanks de réfrigération, où il est stocké à une température de 4°C avant sa commercialisation ou sa transformation.

Les données obtenues dans cette étude relatives aux pratiques d'élevage camelin et la production du lait camelin (mode d'habitation des chameliers: les nomades, les transhumants et les sédentaires ; type d'élevage : semi intensif, extensif ; races élevées : Chambii, Targuia...etc.) concordent avec les constatations rapportées par de nombreux auteurs (**Odongo *et al.*, 2016 ; Matofari *et al.*, 2013 ; Farah *et al.*, 2007**).

Pour des raisons liées essentiellement à la faible production laitière, aux contraintes de temps, l'éloignement des fermes et le volume de lait nécessaire pour les analyses (physicochimiques, bactériologiques et la recherche d'empreinte spectrale) nous avons choisis trois chameliers pratiquant l'élevage semi intensif.

Tableau 4. Caractéristiques zootechniques des différents élevages.

Éleveur	Type d'élevage	Effectif	Race	Age (an)	Production laitière (L/Jour)	Alimentation
1	Semi Intensif	11	Nailia, Beldia	8-9	5-7,5	Pâturage : Alfa, Cyclotaxis Harra, Acacia ...etc. Concentré : tourteau d'arachide, orge, tourteau de maïs, tourteau soja, blé.
2		36	Chaambi, Beldia, Targuia	8-9	4-5	
3		26	Othmania, Beldia, Targuia	8-9	4-5	
4	Extensif	40-50	Chaambi	8-30	< 3	Pâturage : Alfa, Cyclotaxis Harra, Acacia ...etc.
5		> 150	Chaambi	8-30	< 3	
6		> 150	Chaambi	8-30	< 3	
7		> 150	Chaambi	8-30	< 3	
8		> 150	Chaambi	8-30	< 3	
9		> 150	Chaambi	8-30	< 3	
10		> 150	Chaambi	8-30	< 3	

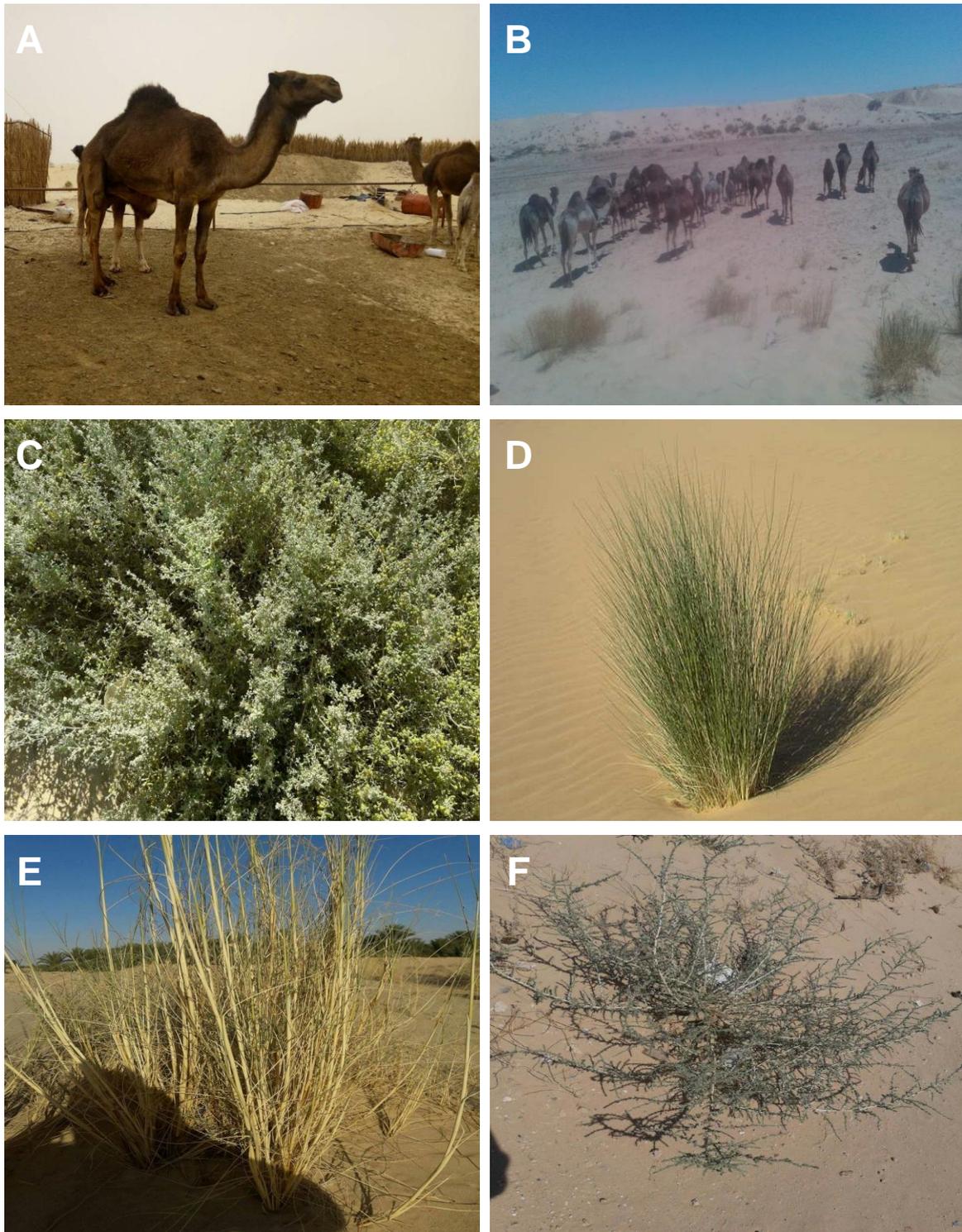


Photo 2. Photos prises représentant la chamelle de race Chaambi en élevage semi intensif A) et en élevage extensif B), et quelques plantes communément consommées par la chamelle C) Bougriba D et E) Alfa. F) Cyclotaxis Harra (Photos prises par Mr ARBIA T et CHIHEB A le 15 Mai 2018).

3.2. Analyse descriptive de la qualité physico-chimique des échantillons collectés

Dans cette étude, au total, onze paramètres ont été déterminés (pH, acidité titrable, densité, conductivité, point de congélation, taux butyrique, taux protéique, lactose, matière minérale, extrait sec dégraissé et taux de mouillage) pour deux type de lait de chamelle : cru (N=9) et pasteurisé (N=6).

L'acidité des échantillons de laits crus était moyennement acceptable avec un pH moyen de 6,34 et 6,5 pour le lait cru et pasteurisé respectivement. L'acidité titrable, tourne autour de 18 °D pour les échantillons pour les deux types de lait (**tableau 5**). Ces résultats sont proches à ceux rapportés par **Siboukeur, (2007)** dans le Sud Algérien et **Khaskheli et al. (2005)** en Inde. Cependant, d'autres études rapportent des valeurs plus élevées, **Konuspayeva, (2007)** et **Faye et al. (2008)** signalent des valeurs plus élevées (26 et 24,04 °D respectivement au Kazakhstan, ou bien des valeurs encore plus basses autour de 17 °D pour un lait collecté dans le Sud Tunisien (**Sboui et al., 2009**).

La densité moyenne mesurée à 20 °C pour les échantillons est de 1028,6 et 1020,3 (lait cru vs le lait pasteurisé respectivement), avec des écart-types très faibles et des coefficients de variation de 0,02% et 0,54% (lait cru vs le lait pasteurisé respectivement). Ces valeurs sont proches à ceux rapportés par **Siboukeur (2007)** pour le lait de chamelle algérien avec une densité de 1023 signalée. Il est à noter que la densité du lait de Chamelle est liée au taux de l'extrait sec dégraissé et à la fréquence d'accès à l'eau pour les chamelles (**Rahli et al., 2013**).

La conductivité moyenne enregistrée est de l'ordre de 5,96 mS/cm et 5,03 mS/cm (lait cru vs le lait pasteurisé respectivement) avec une variation relativement faible pour le lait cru (CV= 0,8). Cependant, pour le lait de chamelle pasteurisé, une très forte variabilité a été enregistrée (CV = 13,2). Dans la littérature, la conductivité électrique est affectée par les concentrations de fer présent dans le lait. Dans le lait, environ 60 à 80% du courant transporté par le Na⁺, le K⁺ et le Cl⁻ (**Schulz et Sydow, 1957**). A notre connaissance, des données concernant la conductivité électrique du lait de chamelle sont très peu disponibles. **Jaydeep et al. (2015)**, rapportent une conductivité électrique moyenne du lait de chamelle collecté dans les régions d'Anand et Kheda en Inde autour de 6,08 mmho (=6,08 mS/cm), ce résultat est très proche de notre résultat.

La moyenne du point de congélation des laits collectés est de $-0,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-0,33$ (lait cru vs le lait pasteurisé respectivement) avec un CV très faible pour le lait cru (CV = $-0,79\%$) et très fort pour lait pasteurisé (CV = $29,57\%$) (**tableau 5**).

Le point de congélation du lait dépend des solides dissous présents dans celui-ci. Le point de congélation inférieur du lait de chamelle est peut être attribué à sa faible teneur en extrait sec dégraissé par rapport au lait d'autres ruminants (vache, brebis et chèvre).

Dans la littérature, le point de congélation pour le lait de chamelle est un paramètre physicochimique très peu évalué, à notre connaissance seule deux études sont disponibles. **Wangoh (1997)** a signalé que le point de congélation du lait de chamelle se situait entre $-0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $-0,61\text{ }^{\circ}\text{C}$, tandis que **Jaydeep et al. (2015)** rapportent une moyenne de $-0,518\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour le lait de chamelle collecté dans les régions d'Anand et Kheda en Inde. Ces valeurs concordent avec les résultats obtenus dans notre étude.

L'analyse statistique des résultats a révélée des différences significatives entre les deux types de lait (cru et pasteurisé) pour les paramètres suivants : pH, densité, conductivité et le point de congélation ($p < 0,05$) (**tableau 5**). Cette variation de pH peut être attribuée à la dégradation de quelques composants intrinsèques du lait comme le lactose, qui se dégrade en acide organique, ainsi que de la précipitation du phosphate de calcium qui influence l'acidité du lait (**Martinez-Castro et al., 1986 ; Walstra et al., 2005**). Dans le même sens, la variation de la densité, le point de congélation est probablement due au mouillage observé après la pasteurisation (**Zagorska et Ciprova, 2013**).

La teneur en matière grasse du lait de chamelle cru, varie entre $3,53$ et $3,68\%$ ($35,3$ et $36,8\text{ g/L}$), avec une moyenne de $3,60 \pm 0,057\text{ g/L}$, et un CV de $1,6\%$. Cependant, pour le lait pasteurisé et malgré une moyenne assez proche à celle du lait cru, le CV est de $12,78\%$, ce qui nous donne un écart type élevé ($0,41$) (**tableau 6**).

Il est rapporté que le niveau de la matière grasse du lait de chamelle varie de $1,2$ à $6,4\%$ (soit 12 g/L - 64 g/L). Les variations de la teneur en matière grasse dépendent de plusieurs facteurs, tels que l'accès à l'eau (**Konuspayeva et al., 2009**), la région de l'élevage, le stade de lactation et la saison ; **Rahli et al. (2013)** rapportent un taux de matière grasse dans le lait de chamelle cru collecté dans la région de Bechar-Algérie qui vari de $3,08\%$ à $4,02\%$ pendant les saisons. Dans le même sens, **Abbas et al. (2009)** rapportent que la teneur en matières grasses du lait de chamelle cru collecté dans le désert

de Cholistan, Punjab-Pakistan varie de $2,6 \pm 0,08$ à $3,7 \pm 0,11\%$. Ces valeurs concordent avec les résultats obtenus dans notre étude.

Tableau 5. Qualité physique des échantillons analysés.

	Type de lait	N	μ	σ	CV (%)	Min	Max
pH	Cru	9	6,34	0,11	1,78	6,2	6,5
	Pasteurisé	6	6,5 *	0,14	2,18	6,3	6,7
Acidité titrable (° Dornic)	Cru	9	18,758	0,829	4,42	18	20
	Pasteurisé	6	18.967	0.52	2.74	18.2	19.6
Densité (mg/cm ³)	Cru	9	1028,6	0,22	0,02	1028,4	1028,9
	Pasteurisé	6	1020,3 *	5,55	0,54	1014,7	1025,4
Conductivité (mS/cm ¹)	Cru	9	5,96	0,01	0,28	5,94	5,99
	Pasteurisé	6	5,03 *	0,66	13,2	4,42	5,71
Point de congélation (°C)	Cru	9	-0,48	0,003	-0,79	-0,49	-0,48
	Pasteurisé	6	-0,33 *	0,09	-29,57	-0,429	-0,235

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; σ : écart-type ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; *CV* : coefficient de variation. Les résultats sont exprimés en moyenne.

* indique une différence significative entre le cru et le lait pasteurisé pour le même paramètre (pH ; Acidité titrable ; Densité ; Conductivité ; Point de congélation) ($p < 0,05$) (test *t*-de Student).

Le taux protéique du lait cru est moins variable par rapport le taux butyrique, cependant, il est relativement faible, avec une moyenne de $2,8 \pm 0,02\%$ ($28 \pm 0,2$ g/kg) et un CV de 0,72%. Pour le lait pasteurisé, une forte variabilité a été enregistrée avec un CV de 27,74% (tableau 6).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Arroum et al. (2015)** pour le lait de chamelle cru issu d'un élevage en semi-intensif dans la région de Smar Tatouine-Tunisie, et par **Maha et al. (2016)** au Sud du Maroc avec des teneurs de $29,20 \pm 4,55$ g/L et $25,5 \pm 2,70$ g/L (respectivement). Cependant, les résultats de notre étude sont relativement faibles par rapport à ceux obtenus par **Sboui et al. (2009)** avec $34,15 \pm 3,11$ g/L pour le lait de chamelle cru collecté dans le Sud Tunisien. Ces différences sont probablement dû au régime alimentaire qui peu être basé sur l'herbe, le concentré ou l'ensilage de maïs. Les races et les conditions saisonnières en particulier influencent également la teneur en protéines du lait de chamelle.

Les résultats du dosage de la teneur en lactose montrent un très faible taux de variation pour le lait de chamelle cru ($42,20 \pm 0,02$ g/L) avec un CV = 0,68%, contrairement au lait pasteurisé où un taux de $29,9 \pm 8,2$ g/L a été enregistré avec un CV très élevé (27,64%) (**tableau 6**).

De nombreuses études ont montré que le taux moyen de lactose peut varier entre 29 et 58 g/L, ce qui est en accord avec les résultats obtenus dans notre étude. **Rahli et al. (2013)**, rapportent des teneurs en lactose du lait de chamelle collecté dans la région Sud Ouest de l'Algérie qui avoisinent 38 g/L. Les variations de la teneur en lactose pourraient être dues au type de végétation consommée dans les zones désertiques (**Khaskheli et al., 2005**). Les chameaux préfèrent habituellement les plantes halophiles comme Atriplex, Salosa et Acacia pour satisfaire leurs besoins physiologiques en matière minérale. Un régime déshydraté diminue le taux de lactose dans le lait de chamelle.

Pour le lait de chamelle cru, la très faible variation en nutriments (matière protéiques et lactose) nous donne une très faible variation de l'extrait sec dégraissé ($76,5 \pm 00,5$ g/L) où le CV est de 0,71%. Contrairement au lait pasteurisé, où la variation enregistrée dans les résultats du TP et la teneur en lactose nous révèle une forte variation de l'extrait sec dégraissé ($54,5 \pm 15,1$; CV = 27,69) (**tableau 6**). Ces données sont en accord avec les résultats obtenus dans l'étude de **Rahli et al. (2013)**.

En ce qui concerne le taux de la matière minérale, un taux de $6,2 \pm 0,006$ g/L a été enregistré pour le lait cru, avec un très faible taux de variation (CV = 0,96%), contrairement au lait pasteurisé, où les résultats sont très hétérogènes (CV = 27,84%). Ces résultats concordent avec les données de la bibliographie, où **Rahli et al. (2013)** rapportent un taux de matière minérale de $7,4 \pm 0,064$ g/L.

La quantité de la matière minérale varie de 0,6 à 0,9% (soit 6 à 9 g/L) dans le lait de chamelle (**Konuspayeva et al., 2007**), avec des valeurs qui varient de 7,26 g/L à 8,6 g/L (**Alloui-lombarkia et al., 2007**). Les variations dans les teneurs en matière minérale dépendent essentiellement de l'alimentation et la consommation d'eau (**Mehaia, 1995**). Un régime alimentaire riche en plantes éphémères (comme Atriplex et Acacia) qui sont riches en minéraux, et abondantes, surtout après les pluies du mois de janvier au mois d'avril, provoque l'augmentation des taux de minéraux dans le lait camelin (**Longo, 1988**).

Le taux de mouillage est très élevé dans le lait pasteurisé $35,16 \pm 19,17\%$ (CV = 54,53), contrairement au lait de chamelle cru, où un CV très faible a été enregistré (CV =

10,59%) (**tableau 6**). Cette variation est probablement due à l'augmentation de la teneur en eau observé après la pasteurisation (**Zagorska et Ciprovica, 2013**).

Tableau 6. Qualité chimique des échantillons analysés.

	Type de lait	N	μ	σ	CV (%)	Min	Max
Taux Butyrique (%)	Cru	9	3,60	0,057	1,6	3,53	3,68
	Pasteurisé	6	3,27	0,41	12,78	2,73	3,67
Taux Protéique (%)	Cru	9	2,80	0,02	0,72	2,78	2,83
	Pasteurisé	6	1,99 *	0,55	27,74	1,43	2,51
Lactose (%)	Cru	9	4,20	0,02	0,68	4,18	4,25
	Pasteurisé	6	2,99 *	0,82	27,64	2,15	3,76
Matière minérale (%)	Cru	9	0,62	0,006	0,96	0,62	0,64
	Pasteurisé	6	0,44 *	0,12	27,84	0,32	0,56
Extrait Sec Dégraissé (%)	Cru	9	7,65	0,054	0,71	7,6	7,74
	Pasteurisé	6	5,45 *	1,51	27,69	3,91	6,85
Taux de mouillage (%)	Cru	9	7	0,74	10,59	5,76	7,69
	Pasteurisé	6	35,16 *	19,17	54,53	17,5	54,8

N : nombre d'échantillons analysés ; μ : Moyenne ; σ : écart-type ; *Min* : Minimum ; *Max* : Maximum ; *CV* : coefficient de variation. Les résultats sont exprimés en moyenne.

* indique une différence significative entre le cru et le lait pasteurisé pour le même paramètre (Taux Butyrique ; Taux Protéique ; Lactose ; Matière minérale ; Extrait Sec dégraissé ; Taux de mouillage) (test *t*-de Student).

Les analyses statistiques comparant les deux types de lait (cru vs pasteurisé) nous révèle une différence significative pour le taux de mouillage, qui est très hétérogène dans le lait pasteurisé. Cette variabilité est probablement responsable des variations dans le taux protéique, la teneur en lactose, en matière minérale. Cela se répercute sur le taux en extrait sec dégraissé, où une différence significative a été également enregistrée entre les deux types de lait ($p < 0,05$) (**tableau 6**). Ces données sont légèrement inférieures à ceux rapportées par **Rahli et al., (2013)** pour un lait de chamelle collecté dans la région de Bechar au Sud Ouest de l'Algérie.

3.3. Analyse descriptive de la qualité bactériologique des laits analysés

Les germes dénombrés sont considérés comme des indicateurs de la qualité globale du lait et des pratiques hygiénique lors de la traite (lait cru), l'entreposage et la transformation (pasteurisation). Les caractéristiques descriptives des flores dénombrées sont résumées dans le tableau 7. La moyenne de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) de lait cru varie de $2,38 \times 10^5 \pm 1,312 \times 10^5$ UFC/mL, ces valeurs sont assez proches des valeurs moyennes de la FTAM de lait pasteurisé ($2,75 \times 10^5 \pm 1,612 \times 10^5$ UFC/mL). La charge bactérienne globale est très importante et elle se situe au dessus de 5×10^5 UFC/mL. Ces données sont relativement supérieures à ceux rapportées par **Guiraud (2003)** qui rapporte un taux égal à 10^5 UFC/mL.

Cependant, **Arroum et al. (2015)** rapportent un taux égale à $5,36 \pm 0,36 \times 10^5$ UFC/mL qui est très élevé et reflète une qualité hygiénique médiocre pour un lait de chamelle collecté dans la région Sud en Tunisie. Même après pasteurisation de lait issu de l'unité de transformation, la qualité hygiénique reste très médiocre. Cela est probablement dû à un délai important entre le moment de la traite et la réception du lait au centre de collecte, ce qui pénalise les laits. Selon les éleveurs, des laits qui répondaient aux normes au moment de la traite sont refusés au centre de collecte parce qu'ils ne sont plus de qualité sanitaire suffisante. Cela est surtout vrai lorsque le délai de transport dépasse quatre heures.

Tableau 7. Caractéristiques descriptives des flores étudiées et normes du lait (UFC/mL).

Flores (UFC/mL)	Lait	N	$\mu \pm \sigma$	Norme	Références
F.T.M.A (x 10⁵)	Cru	9	$2,38 \pm 1,31$	10^5	JORA, 1998
	Pasteurisé	3	$2,75 \pm 1,62$		
Col.t (x 10⁵)	Cru	9	$3,35 \pm 1,04$	10^6	JORA, 1998
	Pasteurisé	3	$3,56 \pm 1,24$		
Col.f. (x 10⁵)	Cru	9	$3 \pm 4,24$	10^3	JORA, 1998
	Pasteurisé	3	0		
Staphylococcus aureus	Cru	9	Absence	Absence	JORA, 1998
	Pasteurisé	3	Absence		
clostridium sulfito-reducteur	Cru	9	Absence	50 UFC/mL	JORA, 1998
	Pasteurisé	3	Absence		
Salmonelles	Cru	9	2 cas positifs	Absence	JORA, 1998
	Pasteurisé	3	Absence		

F.T.M.A : Flore totale aérobie mésophile; *Col.t.*: Coliformes totaux ; *Col.f.*: Coliformes fécaux ; % des échantillons qui présentent une charge inférieure au critère légal, *N* : nombre d'échantillons analysés.

Les résultats relatifs aux coliformes totaux et fécaux ont montré une charge bactérienne de $3,35 \times 10^5 \pm 1,04 \times 10^5$ UFC/mL pour le lait de chamelle cru, et $3,56 \times 10^5 \pm 1,24 \times 10^5$ UFC/mL pour le lait pasteurisé. La comparaison avec les données publiées par Guiraud 2003, révèle un dénombrement en coliformes totaux de lait de chamelle faible (normes : 10^6 UFC/mL) et très élevé pour les coliformes fécaux (normes : 10^3 UFC/mL).

Les clostridiiums sulfito-réducteurs n'ont pas été détectés dans les échantillons des laits crus et pasteurisés analysés. Ce résultat est conforme à la réglementation (<50 UFC/mL). Une absence des staphylocoques aureus a été enregistrée sur tous les échantillons analysés. L'analyse des salmonelles n'a pas montré une contamination en salmonelles pour le lait pasteurisé, contrairement au lait de chamelle cru, où deux cas positifs ont été détectés.

3.4. Recherche d'empreinte analytique de lait camelin

L'analyse du lait cru camelin par *Spectroscopie dans le Moyen InfraRouge* (MIR) consiste à étudier le spectre fourni par l'absorption d'un rayonnement lumineux par les molécules constitutives du lait.

Cette technique permet d'estimer la composition fine de chaque échantillon de lait prélevé dans le cadre du contrôle qualitatif ou quantitatif. Il est également possible d'accéder à la composition fine en termes de matière grasse (différents types d'acides gras), de matière protéique (protéines liposolubles et protéines solubles) et d'autres constituants du lait tels que les minéraux et les vitamines. Ces informations intéressent les acteurs de la filière lait (éleveurs, transformateurs et autorités compétentes chargé des différents contrôles sanitaires).

L'analyse Spectrale Moyen Infrarouge discriminante appliquée aux spectres infrarouges du lait de chamelle cru ou adultéré (par de la matière grasse d'origine végétale) a permis de les discriminer selon les informations relatives à :

✚ *La riboflavine* : utilisée comme sonde intrinsèque pour déterminer l'état d'oxydation des laits et des produits laitiers depuis quelques années (**Dowell et al., 2008 ; Kristensen et al., 2000**), la riboflavine ou la Vitamine B2, joue un rôle très important dans le domaine alimentaire en influençant des facteurs de qualité comme la couleur et la valeur nutritionnelle. Cette vitamine est très sensible et instable sous l'action de la lumière et de l'oxygène. Elle se dégrade en composés fluorescents tels le lumichrome qui se traduit par des modifications de l'allure des spectres de fluorescence (**Miquel Becker et al., 2003**).

✚ La vitamine A : utilisée également comme facteur intrinsèque pour évaluer l'état ainsi que la structure de la matière grasse du lait. L'allure du spectre de la vitamine A contenue dans la matière grasse laitière varie fortement avec l'état physique des triglycérides. Dans la littérature, il a été montré que l'allure des spectres de la vitamine A est sensible à l'état de la membrane du globule gras : il est possible de discriminer des laits ayant subi des traitements technologiques au cours de processus de transformation (lait natif, chauffé, homogénéisé, chauffé et homogénéisé) altérant légèrement ou partiellement la membrane des globules gras (Dufour et Riaublanc, 1997).

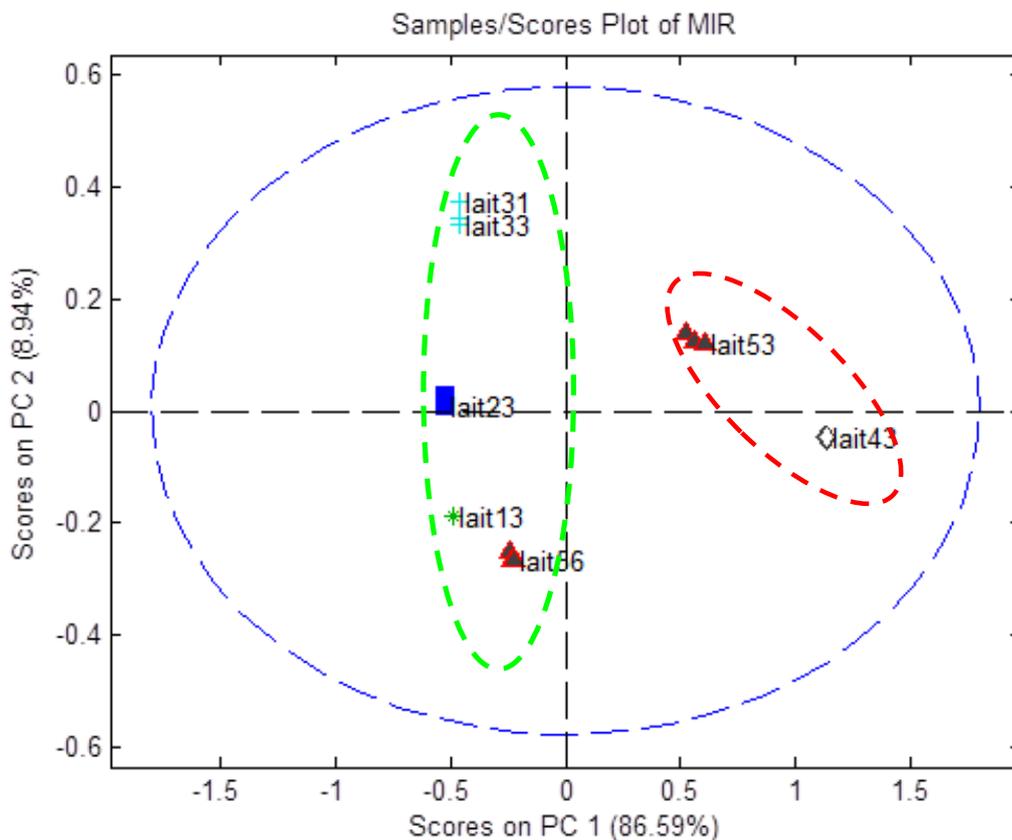


Figure 3. Cercle des corrélations d'Analyse en Composantes Principales (ACP) déterminé par les composantes principales 1 (86,59%, Riboflavine) et 2 (8,94%, Vitamine A), pour discriminer le lait cru non adultéré (-----) vs le lait adultéré (-----).

Les résultats obtenus dans cette étude représentés sur la figure 3 montrent que la meilleure discrimination des composants est associée à la *riboflavine* (état d'oxydation de la matière grasse) représentée par l'axe 1 (PC 1); et la vitamine A (matière grasse, état physique) représentée par l'axe 2 (PC2). Un problème dans l'acquisition de l'échantillon

N°5 a été soulevé dans notre analyse, où une fois se place dans la catégorie des laits « non adultérés » et une autre dans la catégorie des laits « adultérés » (**figure 3**).

Le plan factoriel défini par les composants PC1 et PC2, qui expliquent respectivement 86,59% et 8,94% de la variance totale, rend possible la séparation de deux groupes bien définis, un pour les échantillons de lait cru et l'autre pour les échantillons adultérés. Le modèle discriminant a permis classier correctement les échantillons. Excepté pour un seul échantillon, tous les spectres de lait de chamelle cru, et le lait adultéré ont été classés correctement.

4. Conclusion

Nos résultats ont montrés que la conduite d'élevage est essentiellement dans un système extensif avec alimentation basée sur le pâturage (Alfa, Cyclotaxis Harra, Acacia ...etc.) où la production laitière est quasi inexistante. Trois chameliers ont un élevage semi intensif, avec une production laitière avoisinant les 5 L/Jour/Chamelle, où une complémentation avec du concentré (tourteau d'arachide, orge, maïs, soja, blé) est essentielle.

La caractérisation physicochimique montre que le traitement thermique affecte la qualité du lait de chamelle, ils ont permis également de montrer que c'est un produit à valeur nutritionnelle élevée. Cependant, et même après pasteurisation, une très forte contamination du lait a été enregistrée, d'où la nécessité de raccourcir au maximum le temps d'attente entre la traite, la commercialisation et la consommation du lait de chamelle surtout dans les régions du Sud, où la très forte température participe à cette périssabilité très rapide.

Concernant l'authentification rapide de lait de chamelle, les essais préliminaires par la Spectroscopie Moyen Infrarouge représente sont très intéressantes. Cette méthode est une excellente alternative aux analyses classiques permettant une analyse rapide, peu coûteuse et non invasive qui s'adapte parfaitement avec le mode de vie des éleveurs dans les zones arides ou semi-arides. Néanmoins, des analyses en parallèle en chromatographie en phase gazeuse (méthode de référence) sont nécessaires pour confirmer nos résultats.

Après cette étude réalisée dans la région de Oued Souf au Sud Est Algérien ; il apparait très évident que l'élevage camelin présente des potentialités très intéressantes lui permettant d'occuper une place non négligeable dans les programmes de développement des zones du Sud. Cependant, l'exploitation demeure sommaire et traditionnelle, elle est souvent confrontée à plusieurs problèmes comme la pénurie d'eau, le réseau de collecte et de transformation.

Références bibliographiques

1. **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.
2. **Abbas, S., Ashraf, H., Aalia Nazir, A., and Sarfraz, L. 2013.** Physico-chemical analysis and composition of Camel milk. *The International Research Journal "International Researchers"*. 2 (2).
3. **Adamou, A et Boudjenah, S. 2012.** Potentialités laitières chez la chamelle Sahraoui dans la région du Souf. *Annales des Sciences et Technologie*, 4(2).
4. **Abderrahmane-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.
5. **Arroum, S., Zmouli, K., Gaddour, A., Fguiri, I., Ayeb, N., Khorchani. T. 2015.** Étude comparative des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques de lait camelin en fonction du mode d'élevage. *Volume JS-INAT (4). Published September.*
6. **Abu-Lehia, I. H. 1994.** Bacterial growth pattern in pasteurized camel's milk. *Egypt. J. Dairy. Sci.*, 22, 243-252.
7. **Ahmed, A.A., Awad, Y.L., and Fahmy, F. 1977.** Studies on some minor constituents of camel milk. *Vet. Med. J.*, 25, 51–56.
8. **Al Haj, O.A., Al Kanhal, H.A. 2010.** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal*, 20(12) 811-821.
9. **Alloui-lombarkia, O., Ghennam, E.H., Bacha, A., and Abededdaim, M. 2007.** Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle et séparation de ses protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide. *Renc. Rech. Ruminants*, 14: 108.
10. **Bousbia, A., Boudalia, S., Chelia, S., Oudaifia, K., Amari, H., Benidir, M., Belkheir, B., and Hamzaoui, S. 2017.** Analysis of Factors Affecting Consumer Behavior of Dairy Products in Algeria: A Case Study from the Region of Guelma. *International Journal of Agricultural Research*, 12, (2), 93-101.
11. **Coppa, M., Ferlay, A., Leroux, C., Jestin, M., Chilliard, Y., Martin, B., and Andueza, D. 2010.** Prediction of milk fatty acid composition by near infrared reflectance spectroscopy. *International Dairy Journal*, 20, 182-189.

12. **Damez, J.L., Clerjon, S. 2013.** Quantifying and predicting meat and meat products quality attributes using electromagnetic waves: An overview. *Meat Sci.*, 95, 879-896.
13. **Dowell, F.E., Maghirang, E.B., Fernandez, F.M., Newton, P.N., and Green, M.D. 2008.** Detecting counterfeit anti-malarial tablets by near-infrared spectroscopy. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 48(3), 1011-1014.
14. **Dieng, M. 2001.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits caillés industrielle commercialisés sur le marché Dakarois Thèse. Méd. Vét., n°10, Dakar, Sénégal 111p.
15. **Dufour, É., and Riaublanc, A. 1997.** Potentiality of spectroscopic methods for the characterisation of dairy products: Front-face fluorescence study of raw, heated and homogenised milks. *Lait*, 77(6), 657-670.
16. **El-Amin, F.M., and Wilcox, J. 1992.** Composition of Majaheim camels. *J. Dairy Sci.*, 75, 3155-3157.
17. **Farah, Z., and Bachman, M.R. 1987.** Rennet coagulation properties of camel milk. *Milchwissenschaft*, 42, 689-692.
18. **Farah, Z., Mollet, M., Younan, M., et Dahir, R. 2007.** Camel dairy in Somalia: Limiting factors and development potential. *Jornal of Livestock Science*, 110. P.187-191.
19. **Faye, B., and 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.
20. **Gnan, S.O., and Sheriha, A.M. 1986.** Composition of Libyan camel milk. *Australian Journal of Dairy Technology*, 41, 33-35.
21. **Gorban, A.M.S., and Izzeldin, O.M. 1997.** Mineral content of camel milk and colostrum. *J. Dairy. Techn.*, 64, 471-474.
22. **Grappin, R., Lefier, D., and Mazerolles, G. 2006.** Analyse du lait et des produits laitiers. In D. Bertrand & E. Dufour (Eds.), *La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques* (2 ed., pp. 583-626). Paris, France: Lavoisier.
23. **Jaydeep, Y., Bhavbhuti, M.M., Wadhvani, K.N., Darji, V.B., and Aparnathi, K.D. 2014.** Comparison of physico-chemical properties of camel milk with cow milk and buffalo milk. *Journal of Camel Practice and Research*. 21 (2), p 253-258.

24. **Kagembega, J. M. 1984.** Contribution à l'étude de la salubrité des laits caillés et yaourt à Dakar. Th. Pharm., Dakar, n° 24.
25. **Kamoun, M. 1994.** Évolution 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.
26. **Kamoun, M. 1995.** Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. *Option Médit.*, 13, 81-103.
27. **Kanuspayeva, G. 2007.** Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* et hybrides) au zakhstan. Thèse de doctorat en science des aliments. Université de Montpellier II, France.
28. **Kay, H.D. 1953.** La pasteurisation: exposé général des techniques- méthodes de contrôle. Twyfordlaboratoires.Ltd.,Twy ford Road, Londres, Angleterre. 261- 272.
29. **Khaskheli, M., Arain, M.A., Chaudhry, S., Soomro, A.H., and Qureshi, T.A. 2005.** Physico-chemical quality of camel milk. *J of Agr and Social Sciences*, 2:164-66.
30. **Khedid, K., Faid, M., Mokhtari, A., Soulaymani, A., Zinedine, A. 2009.** Characterization of lactic acid bacteria isolated from the one humped camel milk produced in Morocco. *Microbiological Research*, 164, 81-91.
31. **Konuspayeva, G., Faye, B., Loiseau, G., and Levieux, D. 2007.** Lactoferrin and immunoglobulin contents in camel's milk (*Camelusbactrianus*, *Camelusdromedarius*, and hybrids) from Kazakhstan. *J. Dairy. Sci.*, 90: 38-46.
32. **Konuspayeva, G., B. Faye and G. Loiseau. 2009.** The composition of camel milk: a meta-analysis of the literature data. *J. Food Compos. Anal.* 22: 95-101.
33. **Kristensen, D., Orlie, V., Mortensen, G., Brockhoff, P., and Skibsted, L.H. 2000.** Light induced oxidation in sliced Havarti cheese packaged in modified atmosphere. *International Dairy Journal*, 10(1-2), 95-103.
34. **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.

35. **Longo, H.F., Chehma, A., and Oulad Belkhir, A. 1988.** Quelques aspects botaniques et nutritionnels des pâturages du dromadaire en Algérie. Option méditerranéennes série séminaires, 2: 47-53.
36. **Maha Alaoui, I., Bouchta, S., Zahar, M., Hamama, A., Raghia, E. 2016.** Composition and microbial quality of raw camel milk produced in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.12.001>
37. **Martinez-Castro, I., Olano, A., and Corzo, N. 1986.** Modifications and interactions of lactose with mineral components of milk during heating processes. *Food Chem.* 21, 211-221.
38. **Matofari, J.W., Shalo, P.L., Younan, M., Nanua, J.N., Adongo, A., Qabale, Misiko, B.N. 2013.** Analysis of microbial quality and safety of camel (*Camelus dromedarius*) milk chain and implications in Kenya. *J. Agric. Extension Rural Develop.* 5(3), 50-54.
39. <http://www.academicjournals.org/journal/JAERD/article-full-text-pdf/F5263105668>
40. **Mehaia, M.A. 1992.** Studies on camel milk coagulation using soluble and immobilized pepsin. *Egyptian J. Dairy Sci.*, 20, 31-40.
41. **Mehaia, M.A. 1993.** Fresh soft white cheese (*Domiaty type*) from camel milk; composition, yield and sensory evaluation. *J. Dairy Sci.*, 6, 2845-2855.
42. **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 Chemistry*, 52, (2), 115-122.
43. **Miquel Becker, E., Christensen, J., Frederiksen, C.S., and Haugaard, V. K. 2003.** Front-face fluorescence spectroscopy and chemometrics in analysis of yogurt: rapid analysis of riboflavin. *Journal of dairy Science*, 86, 2508-2515.
44. **Norris, K.H., and Hart, J.R. 1965.** Direct spectrophotometric determination of moisture content of grain and seeds. In: "Humidity and Moisture", 4, "Principles and Methods of Measuring Moisture in Liquids and Solids", Reinhold Publish. Corp., New York.
45. **Odongo, N.O., Lamuka, P.O., Matofari, J.W., Abong, G.O. 2016.** Risk factors associated with the post-harvest loss of milk along camel milk value chain in Isiolo County, Kenya. *Afr. J. Agric. Res.*, 11 (8), 674–682. 25.

<http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/3717A0E57314>

46. **Ouali, S. 2003.** Qualité du fromage a pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda : nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage. *Mémoire De Magister en Sciences Alimentaires*. Université Frères Mentouri. Constantine. Algérie.
47. **Rahli, F., Saidi, N., Kihal, M. 2013.** Evaluation of the Factors Affecting the Variation of the Physicochemical Composition of Algerian Camel's Raw Milk During Different Seasons. *Advances in Environmental Biology*, 7(14), P: 4879-4884.
48. **Rasolof, E.A. 2010.** Analyse du microbiote du lait par les méthodes moléculaires. Mémoire pour l'obtention du grade de Philosophie Doctor (Ph.D.) de l'université Laval .Québec .Canada.
49. **Sarkar, U., Gupta, A.K., Sarkar, V., Mohanty, T.K., Raina, V.S and Prasad, S. 2006.** Factors affecting test day milk yield and milk composition in dairy animals. *J. Dairying, Foods & H.S.* 25: 129-132.
50. **Sawaya, W.N., Kalil J.K., Al-Shalhat, A., and Al-Mohamed, H. 1984.** Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *J. Food Sci.*, 49, 744-747.
51. **Sboui, A., Khorchani, T., Djegham, M., et Belhadj, O. 2009.** Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. *Afrique SCIENCE*, 05(2) 293-304.
52. **Schulz, M.E. and Sydow, G. 1957.** The electrical conductivity (chloride-free) of milk and dairy products. *Milchwissen-schaft*, 12:174-184.
53. **Siboukeur, O.K., Mati, A., and Hesses, B. 2005.** Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait cameline (*Camelusdromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers Agricultures* (14), n° 5, p. 473-478.
54. **Siboukeur, O.K. 2007.** Étude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques université INA EL Harrach-Alger.
55. **Titaouine, M., Meziane, T., Deghnouche, K. 2014.** Evaluation of Biochemical Parameters in the Blood of Dromedary (*Camelus Dromedarius*). *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Bioengineering and Life Sciences*, 8, (12).

56. **Walstra, P., Wouters, J.T.M., and Geurts, T.J. 2005.** Dairy Science and Technology. CRC Press Taylor & Francis Group, London, pp. 782.
57. **Wangoh, J. 1997.** Chemical and Technological Properties of Camel (*Camelus dromedarius*) Milk. Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland www.scholar.waset.org/1307-6892/15910
58. **Yagil, R., and Etzion, Z. 1980.** Effect of drought conditions on the quality of camel milk. *J. Dairy. Res.*, 47, 159-166.
59. **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.
60. **Zagorska, J., and Ciprova, I. 2013.** Evaluation of Factors Affecting Freezing Point of Milk. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering Vol:7, No:2: 106-111.
61. **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.