

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة ابن خلدون - تيارت

UNIVERSITE IBN KHALDOUN-TIARET

LABORATOIRE HYGIENE ET PATHOLOGIE ANIMALE

THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT en SCIENCES

SPECIALITE

SCIENCES VETERINAIRES

THEME

**Etude des paramètres bactériologiques et physicochimiques du lait
camelin (*Camelus dromedaruis*)**

Présentée par :

M^{me}. Leyla HADEF

Membres du jury :

Président	Mr KIHAL Mabrouk	Pr. Université d'Oran Es Senia
Rapporteur	Mr AGGAD Hebib	Pr. Université de Tiaret
Examineur	Mr ABBOUNI Bouziane	Pr. Université de Sidi Bel Abbas
Examineur	Mr AICHOUNI Ahmed	Pr. Université de Chlef
Examineur	Mr HAMMOUDI Abdelhamid	Pr. Université de Tiaret
Examinatrice	Mme GHAZI Kheira	Pr. Université de Tiaret

Année universitaire 2018/2019

Dédicace

À mes parents

À mon mari et mes enfants Youcef, Maha et Iyad

À mes frères et mes sœurs

À tous ceux et celles qui ont contribué ou aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Remerciements

Il me sera difficile d'exprimer en quelques mots toute ma reconnaissance au Professeur AGGAD Hebib directeur du laboratoire d'hygiène et de pathologies animale à l'université Ibn Khaldoun à Tiaret, qui a encadré mon travail et apporté son expérience au sujet.

Nous tiens à remercier aussi monsieur KIJAL Mabrouk, professeur à l'université d'Oran Es Senia; pour avoir accepté de présider le jury de thèse.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury :

A Monsieur ABBOUNI Bouziane professeur à l'université de Sidi Bel Abbès ;

A Monsieur AICHOUNI Ahmed professeur à l'université de Chlef ;

A Monsieur HAMMOUDI Abdelhamid professeur à l'université de Tiaret ;

A Madame GHAZI Kheira professeur à l'université de Tiaret .

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet de doctorat.

Nos Respectueuses gratitudee vont à Monsieur LAZHAR REZAZGUI propriétaire de la ferme de Biir naam Biskra, pour son engagement dans la réalisation et la réussite de la plus importante partie de ce travail.

TABLES DES MATIERES

Liste des abréviations.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III
الملخص.....	IV
Résumé.....	V
Abstract	VI
Introduction générale.....	1
Partie bibliographique	
1. Aperçu sur le dromadaire.....	4
2. Paramètres de la reproduction.....	4
3. Production laitière.....	5
3.1. Facteurs de variation de la production laitière.....	6
3.1.1. Le potentiel génétique.....	6
3.1.2. Le stade de lactation.....	6
3.1.3. La fréquence de la traite.....	7
3.1.4. La durée de lactation.....	7
3.1.5. La saison de mise bas.....	7
3.1.6. Le nombre de parité.....	8
3.1.7. La mortalité des chamelons.....	8
4. Propriétés physico chimiques du lait camelin.....	9
4.1. Propriétés physique.....	9
4.1.1. Le pH.....	9
4.1.2. Acidité.....	9
4.1.3. Densité.....	9
4.2. Composition chimique.....	10
4.2.1. Matière grasse.....	10
4.2.2. Protéines.....	11
4.2.3. Lactose.....	12

4.2.4. Extrait sec total.....	13
4.2.5. Minéraux	14
5. Mammite subclinique chez la chamelle.....	15
5.1. Anatomie de la mamelle.....	15
5.2. Définition de mammite.....	16
5.3. Bactéries impliqués dans les mammites subcliniques.....	17
5.3.1. <i>Staphylocoques à coagulase positive</i> (SCP).....	17
5.3.2. <i>Staphylococcus coagulase negative</i>	20
5.3.3. <i>Micrococcus sp.</i>	23
5.3.4. <i>Streptococcus sp</i>	23
5.3.5. <i>Escherichia coli</i>	25
5.3.6. <i>Bacillus cereus</i>	25
5.3.7. <i>Autres bactéries</i>	27
5.4. Facteurs de risque.....	29
5.4.1. Facteurs liés à l'animal.....	29
5.4.1.1. L'âge	29
5.4.1.2. Le numéro de lactation.....	29
5.4.1.3. Le stade de lactation.....	29
5.4.1.4. La race.....	30
5.4.2. Liés à l'environnement et à la conduite.....	30
5.4.2.1. Le système d'élevage.....	30
5.4.2.2. La présence des tiques.....	30
5.4.2.3. Autres facteurs.....	31
5.5. Outils de détection des mammites.....	31
5.5.1. Le PH du lait	31
5.5.2. La conductivité électrique	31
5.5.3. Culture bactériologique.....	32
5.5.4. Comptages cellulaires somatiques individuels.....	32
5.5.4.1. Cytologie du lait.....	33

5.5.4.2. Facteurs de variation.....	34
5.5.4.3. Méthodes de numérations cellulaires.....	34
✚ Les comptages microscopiques.....	34
✚ Le Coulter counter.....	35
✚ Le fossomatic.....	35
✚ Le California Mastitis Test (C.M.T.).....	37
5.6. Importance économique et sanitaire des mammites.....	38
5.7. Traitement des infections mammaires.....	39
5.8. Mise en place d'un plan de prophylaxie.....	40
Partie expérimentale	
1. Matériel et méthodes.....	41
1.1. Matériel.....	41
1.1.1. Zone de l'étude.....	41
1.1.2. Animaux.....	41
1.1.3. Matériel de prélèvements.....	42
1.1.4. Appareillage.....	42
1.1.5. Petit matériel.....	43
1.1.6. Milieux de culture.....	43
1.1.7. Produits chimiques et réactifs	44
1.2. Méthodes.....	44
1.2.1. Prélèvements de lait.....	44
1.2.2. Contrôle de la production laitière.....	45
1.2.3. Analyses physico-chimiques	45
1.2.3.1. Analyse physique.....	45
1.2.3.2. Analyse chimique.....	46
1.2.4. Californian Mastitis Test (CMT).....	46
1.2.5. Comptage cellulaire individuel (CCI)	47
1.2.6. Analyses bactériologiques.....	47
1.3. Analyses statistiques.....	49

1.3.1. Analyse statistique de la production laitière et des paramètres physico-chimiques du lait de chammelles.....	49
1.3.2. Analyse statistique de la comparaison des tests de diagnostic de mammite subclinique.....	49
1.3.3. Analyse statistique des bactéries responsables des mammites subcliniques...	50
2. Résultats.....	51
2.1. Etude de la production laitière et des paramètres physico-chimiques du lait de chamelle.....	51
2.1.1 Production laitière.....	51
2.1.2. Composition physique.....	51
2.1.3. Composition chimique.....	54
2.1.4. Corrélations entre les différents paramètres étudiés.....	58
2.2. Comparaison de l'efficacité des tests de dépistage de mammite subclinique chez les chammelles.....	58
2.3. Bactéries associées aux mammites subcliniques chez les chammelles.....	63
3. Discussion.....	69
3.1. Production laitière et paramètres physico-chimiques du lait de chammelles.....	69
3.1.1. Production laitière.....	69
3.1.2. Composition physique.....	69
3.1.3. Composition chimique.....	70
3.1.4. Effet du stade de lactation sur la production et la composition du lait.....	72
3.1.5. Corrélations entre les différents paramètres étudiés.....	74
3.2. Comparaison de l'efficacité des tests de dépistage des mammites subcliniques chez les chammelles.....	75
3.3. Bactéries associées aux mammites subcliniques chez les chammelles.....	78
Conclusion générale.....	83
Références bibliographiques.....	84

Liste des abréviations

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AFNOR : Association Française de Normalisation

AOAC: Association of Official Agricultural Chemists

B.cereus : *Bacillus cereus*

B.C.P : Bromcresol Purple Lactose

°C : Degré Celsius

CE : Conductivité Electrique

CCI : Comptage Cellulaire Individuel

CCS : Comptage Cellulaire Somatique

cell/ml : cellules par millilitre

CMT: California Mastitis Test

DMSCC: Direct Microscopic Somatic Cell Count

DCC : Direct Coulter Count

DSA : Direction des Services Agricoles

l/ jour : litres par jour

Kg / jour: Kilogramme par jour

Kg: Kilogrammes

% : Kilogrammes

GLM : General Linear Models

FAO: Food and Agriculture Organization

FN : Faux Négatif

FP : Faux Positif

h : heures

Km : Kilomètres

mg : milligrammes

MG : Matières Grasses

ml : millilitres

MP : Matières Protéiques

MS : Matières Sèches

ms : milli siemens

mS /cm : milli siemens par centimètre

pH: potentiel Hydrogène

PNN: Polynucléaires Neutrophiles

g / cm³ : gramme par centimètre cube

mg/100 g: milligramme par cent gramme

NMC: National Mastitis Council

ONPG: L'orthonitrophényl-β-galactoside

Ps sp: *Pseudomonas sp.*

Sn: Sensibilité

Sp: spécificité

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

SCP : *Staphylocoques à coagulase positive*

S. aureus : *Staphylococcus aureus*

S. intermedius : *Staphylococcus intermedius*

S. hyicus : *Staphylococcus hyicus*

SCN : *Staphylocoques à coagulase négative*

S. epidermidis : *Staphylococcus epidermidis*

S. simulans : *Staphylococcus simulans*

S. kloosii : *Staphylococcus kloosii*

S. lentus : *Staphylococcus lentus*

S. haemolyticus: *Staphylococcus haemolyticus*

S. delphini : *Staphylococcus delphini*

S. saprophyticus: *Staphylococcus saprophyticus*

S. lugdunensis: *Staphylococcus lugdunensis*

S. sacchrolyticus: *Staphylococcus sacchrolyticus*

S. carnosus: *Staphylococcus carnosus*

S. chromogenes: *Staphylococcus chromogenes*

S. agalactiae : *Streptococcus agalactiae*

S. dysgalactiae : *Streptococcus dysgalactiae*

S. uberis : *Streptococcus uberis*

TDA : Tryptophane Désaminase

trs/min : tours par minutes

T.S.I : Triple Sugar Iron

UFC : Unité Formant Colonie

VN : Vrai Négatif

VP : Vrai Positif

VP₁ : Voges-Proskauer Test1

VP₂ : Voges-Proskauer Test 2

VPN : Valeur Prédictive Négative

VPP : Valeur Prédictive Positive

Liste des tableaux

Partie bibliographique		
N°	Titre	Page
Tableau 01	Caractéristiques physiques globale (%) du lait camelin (selon différents auteurs) de 2007 – 2015.	10
Tableau 02	Composition chimique globale (%) du lait camelin (selon différents auteurs).	15
Tableau 03	Principaux SCP responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.	19
Tableau 04	Prévalences de SCN responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.	21
Tableau 05	Autres espèces de SCN responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.	22
Tableau 06	Prévalences de <i>strepptococcus</i> et <i>micrococcus</i> responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.	24
Tableau 07	Principales bactéries Gram ⁻ responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.	26
Tableau 08	Autres bactéries responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs	28
Tableau 09	Comparaison des avantages et inconvénients relatifs aux principales méthodes de quantification du CCS directes et indirectes.	36
Tableau 10	Interprétation des résultats du test CMT	38
Partie expérimentale		
Tableau 11	Effet de stade de lactation sur la production et les propriétés physiques du lait de chamelles.	51
Tableau 12	Effet de stade de lactation sur la composition chimique du lait de chamelles.	55
Tableau 13	Matrice de coefficients de corrélations (r) entre la production et les paramètres physico chimiques du lait de chamelles (n = 153).	58
Tableau 14	Analyse des valeurs du pH en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.	59
Tableau 15	Analyse des valeurs de conductivité électrique en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.	59
Tableau 16	Analyse des valeurs de CMT en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.	60

Tableau 17	Analyse des valeurs de CCS en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.	60
Tableau 18	Comparaison des caractéristiques des seuils considérés, les valeurs d'accord et de corrélation de différents tests indirects en comparaison avec la culture bactérienne.	61
Tableau 19	Comparaison des caractéristiques du pH, CE, CMT et CCS enregistrées dans la présente étude avec les résultats des autres auteurs.	62
Tableau 20	Nature de la flore bactérienne des échantillons de lait de chamelles.	63
Tableau 21	Nombre et pourcentages de différentes bactéries isolées des échantillons de lait de chamelles.	64
Tableau 22	Nombre et pourcentages de mammites subcliniques des échantillons de lait de chamelles pendant les différentes phases de lactation.	65
Tableau 23	Nombre et pourcentages des espèces bactériennes isolées à partir des échantillons de lait de chamelles.	67

Liste des figures

N°	Titre	Page
Partie bibliographique		
Figure 01	Courbe de lactation moyenne chez la chamelle basée sur la production hebdomadaire (n = 73 lactations) pendant 101 semaines de lactation.	7
Figure 02	Morphologie de la glande mammaire chez la chamelle.	16
Figure 03	Infestation mammaire par les tiques.	31
Figure 04	Cellules somatiques du lait de chamelle.	33
Figure 05	Section d'acini du lait d'une chamelle en lactation avec des cellules	34
Figure 06	Coulter counter (DeLaval).	35
Figure 07	Test de CMT.	37
Figure 08	Réactif CMT réagit avec les globules blancs et le gel en fonction du niveau d'infection présent.	37
Partie expérimentale		
Figure 09	Carte géographique de la wilaya de Biskra.	41
Figure 10	Chamelles de la population Sahraoui.	42
Figure 11	Echantillons de lait dans des flacons (500 ml).	45
Figure 12	Echantillons de lait dans des boîtes (20 ml).	45
Figure 13	pH-mètre HI 99161.	45
Figure 14	Conductimètre EC 215.	45
Figure 15	Mesure de l'acidité.	46
Figure 16	Mesure de la densité.	46
Figure 17	Application de California Mastitis Test sur un échantillon de lait	47
Figure 18	Comptage des cellules somatiques.	47
Figure 19	Isolement des bactéries.	48
Figure 20	Tests biochimiques pour les entérobactéries.	49
Figure 21	Tests biochimiques pour les staphylocoques.	49
Figure 22	Effet du stade de la lactation sur la production laitière des chamelles.	52

Figure 23	Effet du stade de la lactation sur le pH du lait de chamelles.	53
Figure 24	Effet du stade de la lactation sur l'acidité du lait de chamelles.	53
Figure 25	Effet du stade de lactation sur la densité du lait de chamelles.	54
Figure 26	Effet du stade de lactation sur le taux de matières grasses du lait de chamelles.	55
Figure 27	Effet du stade de lactation sur le taux de matières protéiques du lait de chamelles.	56
Figure 28	Effet du stade de lactation sur la teneur en lactose du lait de chamelles.	56
Figure 29	Effet du stade de lactation sur la teneur en cendres du lait de chamelles.	57
Figure 30	Effet du stade de lactation sur le taux en matières sèches du lait de chamelle.	57
Figure 31	Résultats globaux des analyses bactériologiques des échantillons de lait de chamelles.	64
Figure 32	Pourcentages des bactéries isolées à partir des échantillons de lait de chamelles.	65
Figure 33	Pourcentage de mammite subclinique des échantillons de lait de chamelles en fonction du stade de lactation.	66

الملخص

تتمثل أهداف هذه الدراسة في تحديد كمية إنتاج حليب الإبل ومكوناته طوال فترة الرضاعة، وكذا تعيين عتبات كشف لأربعة اختبارات غير مباشرة لتشخيص التهاب الضرع لدى النوق الحلوب مقارنة بالزرع البكتيري وتقييم فعاليتها وأيضاً تحديد الأنواع البكتيرية المسؤولة عن هذا المرض في الجزائر.

شملت هذه الدراسة 17 ناقه من نوع صحراوي تعيش تحت نظام شبه خارجي في منطقة بئر النعام في ولاية بسكرة جنوب شرق الجزائر خلال الفترة الممتدة من نوفمبر 2014 إلى سبتمبر 2015. تم جمع 153 عينة من الحليب وتحليلها وفقاً للمعايير لتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية للحليب مثل الرقم الهيدروجيني، الحموضة، الكثافة، الدهون، المواد البروتينية، اللاكتوز، الرماد والمواد الجافة. كما تم إجراء التحاليل البكتيرية وفقاً للإجراءات القياسية (NMC, 1987)

وأظهرت النتائج أن المتوسط العام للإنتاج اليومي للحليب، قيمة الرقم الهيدروجيني، الحموضة، الكثافة، المواد الدسمة، المواد البروتينية، اللاكتوز والرماد والمواد الجافة كانت: 1.24 ± 3.96 لتر / يوم، 0.14 ± 6.55 ، 0.01 ± 0.17 %، 0.002 ± 1.032 غ · سم⁻³، 0.14 ± 3.72 %، 0.18 ± 3.37 %، 0.29 ± 4.13 %، 0.22 ± 0.96 % و 9.99 ± 1.82 %، على التوالي. بالإضافة إلى ذلك، كان تغير إنتاج الحليب معنويًا في المرحلة الوسطى من الرضاعة مقارنة مع بدايتها ونهايتها. في حين كانت كثافة الحليب، المواد الدسمة، والمواد الجافة أعلى في بداية مرحلة الرضاعة.

وأظهرت نتائج المقارنة بين اختبارات الفحص أن حساب الخلايا الجسدية هي الطريقة الأكثر موثوقية للكشف عن التهاب الضرع تحت السريري في الجمال مقارنة مع الزرع البكتيري مع عتبة: $240000 \leq$ خلية / مل. كانت حساسية هذا الاختبار: 72.61 %، وكانت خصوصيتها: 70.21 %، ودقتها: 71.75 % على التوالي. وترتبط ارتباطاً معنوياً كبيراً مع الزرع البكتيري ($r = 0.415$, $p < 0.05$).

أظهرت النتائج البكتريولوجية أن 106 (69.28 %) من العينات الـ 153 التي تم فحصها كانت موجبة البكتيريا، منها 84 (54.90 %) من الاستزراع النقي، و 21 (13.73 %) نتجت عن عزلات مختلطة من اثنين أو أكثر من البكتيريا و 1 (0.65 %) أسفرت عن وسط زرع ملوث. من ناحية أخرى، كشفت الفحوصات البكتريولوجية لعينات الحليب أن المكورات العنقودية السالبة التخثر كانت الأنواع الأكثر انتشاراً التي تسببت في التهاب الضرع تحت السريري في الإبل (46.43 %)، تليها البكتيريا المعوية (19.05 %).

الكلمات المفتاحية : الجزائر، الجمال، الحليب، التهاب الضرع تحت السريري، البكتيريا.

Résumé

Les objectifs de cette étude sont de déterminer la production et la composition du lait de chamelle cru tout au long de la période de lactation, d'établir des seuils et d'évaluer l'efficacité de quatre tests indirects pour le diagnostic de la mammites subclinique chez les chèvres laitières en comparaison avec la culture bactériologique et d'identifier les différentes espèces bactériennes responsables de la mammites subclinique chez les chèvres en Algérie.

Ce travail a porté sur 17 chèvres multipares, maintenues sous un système semi extensif dans le Sud Est Algérien au cours de la période allant de novembre 2014 à septembre 2015. Au total, 153 échantillons de lait ont été recueillis et analysés selon des procédures standard pour déterminer les paramètres physico-chimiques du lait. Les examens bactériologiques ont été effectués selon la procédure standard du Conseil National de Mammites (NMC, 1987).

Les résultats ont démontré que le moyen global de la production quotidienne de lait, du pH, d'acidité, de densité, MG, MP, du lactose, de cendre et de MS étaient de l'ordre de : $3,96 \pm 1,24$ L / jour, $6,55 \pm 0,14$, $0,17 \pm 0,01$ %, $1,032 \pm 0,002$ g · cm⁻³, $3,72 \pm 0,14$ %, $3,37 \pm 0,18$ %, $4,13 \pm 0,29$ %, $0,96 \pm 0,22$ % et $9,99 \pm 1,82$ %, respectivement. En outre, la production laitière était significativement ($p < 0,05$) plus élevée au milieu que le début et la fin de lactation, alors que la densité du lait, la MG et la MS étaient plus élevés au premier stade de la lactation.

Les résultats de la comparaison des tests de dépistage ont démontré que le CCS est la méthode de diagnostic la plus fiable pour la détection des mammites subcliniques chez les chèvres en comparaison avec la culture bactériologique avec un seuil de $\leq 240\ 000$ cellules / ml. La sensibilité du CCS était de 72,61, sa spécificité était de 70,21%, sa précision était de 71,75% respectivement. Il était corrélé significativement avec la culture bactériologique ($r = 0,415$, $p < 0,05$).

Les résultats des examens bactériologiques ont montré que 106 (69,28%) des 153 échantillons examinés portaient sur des bactéries, dont 84 (54,90%) ont donné une culture pure, 21 (13,73%) ont donné des isolats mixtes de deux bactéries et plus et 1 (0,65%) ont donné des cultures contaminées. D'autre part, les examens bactériologiques des échantillons de lait ont révélé que les *staphylocoques coagulase négatifs* (SNC) étaient les espèces les plus prédominantes qui causaient les infections mammaires subcliniques chez les chèvres 39 (46,43%), suivie par *Enterobacteriaceae* 16 (19,05%).

Mots clés: Algérie, chèvres, lait, mammites subclinique, bactéries.

Abstract

The aims of this study are to determine the yield and composition of raw camel milk throughout the lactation period, to establish a threshold values and to assess the effectiveness of four indirect tests for the diagnosis of subclinical mastitis in dairy camels comparing with bacteriological culture and to identify the different bacterial species in camel subclinical mastitis in Algeria.

For these purposes seventeen multiparous she-camels, kept under grazing and supplement farming system in South East of Algeria were used in this study. A total of 153 milk samples were collected and analyzed through standard procedures to determine yield and physicochemical parameters of milk such as pH, acidity, density, fat, protein, lactose, ash and total solids. Bacteriological examinations were carried out following standard procedures of National Mastitis Council (NMC, 1987).

The results demonstrated that the overall means of daily milk yield and composition of pH, acidity, density, fat, protein, lactose, ash and total solids (TS) were 3.96 ± 1.24 L / day, 6.55 ± 0.14 , 0.17 ± 0.01 %, 1.032 ± 0.002 g·cm⁻³, 3.72 ± 0.14 %, 3.37 ± 0.18 %, 4.13 ± 0.29 %, 0.96 ± 0.22 % and 9.99 ± 1.82 %, respectively. Moreover, the milk yield was significantly ($p < 0.05$) higher during the mid stage of lactation than the early and the late one, while milk density, fat and total solids were the highest during the first stage of lactation.

The results of the comparison of screening tests demonstrated that CCS is the most reliable diagnostic method for the detection of subclinical mastitis in camels compared to bacteriological culture with a threshold of $\leq 240,000$ cells / ml. The sensitivity of the SCC was 72.61, its specificity was 70.21%, its accuracy was 71.75% respectively. It correlated significantly with bacteriological culture ($r = 0.415$, $p < 0.05$).

The results of bacteriological examinations showed that the, 106 (69,28%) of the 153 samples examined contained bacteria, of which 84 (54,90 %) gave pure culture, 21 (13,73%) gave mixed isolations of two bacteria and more and 1 (0,65%) gave contamination culture. On the other hand, Bacteriological examinations of milk samples revealed that *coagulase negative staphylococci* (CNS) was the most predominant species causing subclinical mastitis in camels 39 (46.43%), followed by *Enterobacteriaceae* 16 (19,05%).

Keywords: Algeria, she camels, milk, subclinical mastitis, bacteria.

Introduction générale

Le dromadaire (*Camelus dromedarius*) est l'animal le plus important dans les régions désertiques et semi-désertiques de l'Afrique du Nord et de l'Est ainsi que dans le désert de la péninsule Arabique (Al-Juboori et *coll.*, 2013).

En Algérie, l'élevage des dromadaires a considérablement augmenté depuis 2000, passant de 234.220 têtes en 2000 à 315.849 en 2010 (MADR, 2012). La production de lait de chamelle en Algérie est estimée à environ 5,6 l/jour (Siboukeur, 2007). En outre, la viande et le lait de dromadaire constituent depuis des temps très lointains les principales ressources nutritives des nomades dans les régions arides et semi-arides d'Algérie. Le lait de chamelle contient plus de nutriments par rapport au lait de vache (Agrawal et *coll.*, 2005), il a également des effets thérapeutiques et antimicrobiens (Khay et *coll.*, 2011).

Selon Abdalla et *coll.* (2015), les valeurs moyennes des différents constituants du lait de chamelle sont respectivement de 3,01%, 3,06%, 0,69%, 4,33% et 11,06% pour les matières protéiques, les matières grasses, les cendres, le lactose et les matières sèches. D'autre part, Babiker et El-Zubeir (2014) ont rapporté que la production laitière des chameilles varie considérablement en fonction des systèmes d'élevage, en plus des autres facteurs tels que le nombre de parité, le stade de la lactation (Al-Saiady et *coll.*, 2012 ; Musaad et *coll.*, 2013; Babiker et El-Zubeir, 2014 ; Abdalla et *coll.*, 2015), la mortalité des chamelons et la saison de mise bas (Abdalla et *coll.*, 2015). De même, une grande variation de ses composantes est attribuée à certains facteurs tels que la race des animaux (Elobied et *coll.*, 2015), la localisation géographique, le régime alimentaire (Khaskheli et *coll.*, 2005), le nombre de parité et le stade de la lactation (Aljumaah et *coll.*, 2012; Babiker et El-Zubeir, 2014; Abdalla et *coll.*, 2015), la saison (Musaad et *coll.*, 2013; Abdalla et *coll.*, 2015) et les systèmes d'élevage (Siboukeur, 2007; Aljumaah et *coll.*, 2012; Babiker et el Zoubeir, 2014).

En Algérie, dans les systèmes traditionnels la vente de lait n'est pas pratiquée par les éleveurs de dromadaires et il n'existe pas de fermes laitières bien établies. Cependant, une nouvelle tendance à la commercialisation du lait de chamelle associée à un nouveau système d'élevage a débuté dans le sud-est Algérien. Peu de travaux ont été réalisés sur le dromadaire algérien, en particulier sur la production (Chehma, 2003; Siboukeur, 2007) et la composition du lait de chamelle (Siboukeur, 2007; Merzouk et *coll.*, 2013). Cependant, la plupart du temps, ceux obtenus étaient basés sur des enquêtes et non sur les mesures et l'expérimentation. De la même façon, il y a très peu de publications sur les fluctuations des composants du lait pendant la période de lactation.

D'une autre part, le lait est un milieu très nutritif, favorisant la croissance des microorganismes provenant de l'environnement (Kotb et *coll.*, 2010) ou de mammite clinique ou sous-clinique (Wanjohi, 2014).

La mammite est une maladie complexe, elle affecte tous les animaux laitiers, sans discrimination. Ce qui provoque de grandes pertes économiques si elles ne sont pas détectées et traitées rapidement (Lyer et *coll.*, 2014). La mammite peut être définie comme une inflammation du tissu parenchymateux de la glande mammaire, indépendamment de sa cause, elle se caractérise donc par une gamme de changements physiques et chimiques du lait (décoloration, la présence de caillots et la présence d'un grand nombre de leucocytes) et des changements pathologiques dans le tissu glandulaire (gonflement, chaleur, douleur et œdèmes dans la glande mammaire) dans le cas clinique (Radostis et *coll.*, 2007). En outre, les mammites affectent plus de 40% des chamelles en lactation (Ahmad et *coll.*, 2011; Regassa et *coll.*, 2013).

La mammite clinique chez la chamelle peut être détectée visuellement, simplement par un examen clinique des mamelles et un examen physique du lait (Abdurahman, 1995). Cependant, chez la chamelle, les infections intra-mammaires sub-cliniques sont les plus répandus (Ahmad et *coll.*, 2011; Alamin, 2013; Husein et *coll.*, 2013), c'est un indice de la présence d'une inflammation malgré l'absence de signes visibles sur la mamelle, le diagnostic précoce reste difficile sauf par des tests de laboratoire (Abdel-Gadir, 2014).

Différentes méthodes ont été proposées pour la détection des mammites subcliniques chez les chamelles, comme le comptage des cellules somatiques (CCS), le test de Schalem (CMT) (Saleh et Faye 2011; Alamin et *coll.*, 2013; Ali et *coll.*, 2016), la conductivité électrique du lait (Eberlein, 2007; Ali et *coll.*, 2016) et le pH du lait (Tuteja et *coll.*, 2003; Ali et *coll.*, 2016). La culture bactériologique est considérée comme le test standard afin d'établir une opinion fiable sur le statut de l'infection de la mamelle (Tuteja et *coll.*, 2013).

Les infections bactériennes sont considérées comme les principales causes des mammites chez les animaux domestiques (Seifu et Tafesse, 2010). Pour cette raison, de nombreuses bactéries ont été isolées dans les glandes mammaires atteintes de mammites chez la chamelle; *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Bacillus cereus*, *Actinomyces pyogenes*, *Escherichia coli*, *Micrococcus sp.* et *Corynebacterium bovis* sont les principaux agents pathogènes des mammites chez la chamelle (Abdel-Gadir, 2014). En plus de *Streptococcus dysgalactiae* (Husein et *coll.*, 2013; Regassa et *coll.*, 2013), les *staphylocoques*

à *coagulase négatifs* (Abdurahman, 2006; Husein et coll., 2013; Wanjohi et coll., 2013), *Pasteurella sp.* et *Pseudomonas aeruginosa* (Al-Juboori et coll., 2013).

Une étude a révélé que, au cours des dernières décennies, les cas de mammite chez les chamelles ont été signalés dans de nombreux pays d'Afrique et d'Asie, tels que le Kenya, la Somalie, le Soudan, l'Égypte, l'Arabie saoudite, l'Irak et les Émirats arabes unis (Abdel-Gadir, 2014). En outre, il existe une certaine littérature sur la mammite bovine et, dans une moindre mesure, sur la mammite ovine et caprine en Algérie. Cependant, nous ne trouvons pas de publication sur la mammite cameline.

Eu égard à cet état des lieux, nous proposons de réaliser une étude qui vise en premier lieu à avoir une meilleure connaissance du lait issu des populations de dromadaires implantés dans le sud-est de l'Algérie. En deuxième lieu, l'étude de la pathologie mammaire subclinique chez les chamelles de la population sahraouie élevées dans la région de Bir Naam wilaya de Biskra. L'étude est composée de six parties qui visent respectivement les objectifs suivants :

1. la détermination du potentiel laitier des chamelles de la population Sahraoui.
2. la détermination de la composition physico-chimique du lait camelin.
3. l'évaluation de l'effet du stade de la lactation sur la production laitière et la composition physico-chimique du lait.
4. l'étude des mammites subcliniques chez les chamelles, ainsi que la détermination et l'optimisation des seuils pour les tests de dépistage de cette maladie (pH, CE, CMT, CCS),
5. l'évaluation de l'efficacité des tests dans le diagnostic des mammites subcliniques chez les chamelles, en comparaison avec la culture bactériologique.
6. l'identification des espèces bactériennes responsables des infections intra-mammaires sous cliniques chez les chamelles.

1. Aperçu sur le dromadaire

Le dromadaire, *Camelus dromedarius*, appartient à la famille des Camélidés qui comprend deux genres, le Lama et le Camelus qui est divisé en deux espèces : *Camelus dromedarius* (dromadaire) et *Camelus bactrianus* (chameau de Bactriane). Le croisement de ces deux espèces produit des hybrides féconds. Le dromadaire fut domestiqué par l'homme dans la péninsule arabique il y a de cela 5000 ans (Al-Harbi, 2012). Le dromadaire est un animal domestique d'une grande importance économique dans les régions chaudes et sèches du monde où il est la principale source de viande et de lait. Il a une grande capacité de résistance au manque d'eau et à une déshydratation sévère pendant plusieurs jours (Schmidt-Neilsen et coll., 1997; Oujad et Kamel, 2009). La population de dromadaires dans le monde augmente régulièrement avec une croissance annuelle de 3,4 % (Faye et coll., 2011).

Selon la FAO (2014), l'effectif mondial des camélidés est d'environ 26,8 millions de têtes dont plus de 80 % se trouvent en Afrique. En Algérie où le Sahara occupe plus des 3/4 de la surface totale et où domine le système camelin extensif, l'effectif total camelin est en déclin, puisqu'il est passé, en ce dernier siècle, de 250 000 à 160 000 têtes (Chehema, 2002) principalement localisés au sud du pays (Aichouni et Jeblawi., 2007). Depuis ces dernières années, les autorités nationales et locales s'intéressent particulièrement à cette espèce afin d'en assurer la sauvegarde et le développement (Aichouni et Jeblawi, 2007) engendrant ainsi une croissance remarquable du nombre des camelins surtout dans les régions sahariennes au cours de ces dernières décennies. D'après les estimations de la FAO, l'effectif camelin en Algérie a atteint 315 000 têtes en 2011, classant de ce fait l'Algérie au 14^e rang mondial (FAO, 2013).

2. Paramètres de la reproduction

À l'inverse des autres ruminants, les dromadaires sont des animaux polyœstrus saisonniers (Wilson, 1984; Sghiri et Driancourt, 1999). Les chamelles deviennent sexuellement matures à l'âge de 4 à 5 ans (Siboukeur, 2007). Elles ont une ovulation spontanée, provoquée essentiellement par le coït ou l'effet du mâle (Wilson, 1984). L'accouplement s'accomplit durant la période s'étalant entre le mois de décembre et la fin du mois de mars (Moslah, 1993).

La durée de gestation est de 12 mois (Babiker et El-Zubeir, 2014). La période de mise bas a lieu généralement, en hiver. L'intervalle entre deux mises bas est égal en moyenne à 24 mois, selon la santé de la chamelle et la période de sevrage. Le tarissement survient entre 4 et

6 mois après le sevrage (Siboukeur, 2007). Sous des conditions normales les chamelles ont de 8 à 10 mises bas durant leur vie, avec une longévité de 25 à 30 ans (Khan et Iqbal, 2001).

3. Production laitière

Le dromadaire est un animal laitier avec un bon potentiel (Knoess, 1979; Breulmann et coll., 2007). En plus de son adaptation aux zones arides, il produit plus de lait pendant les longues périodes de sécheresse que tout autre animal domestique. D'où son importance pour le pastoralisme et à l'agro- pastoralisme (Bekele, 2010).

Les données concernant la production laitière chez la chamelle sont relativement nombreuses. Babiker et El-Zubeir (2014) au Soudan rapportent une production laitière allant de 0,44 à 6,22 l/jour enregistrée chez des chamelles soumises à un système semi-intensif et de 1,77 à 5,33 l/jour pour celles soumises à un système intensif. Cette différence est attribuée essentiellement au type d'élevage, au stade de lactation et au numéro de parité. Bekele et coll. (2002) dans l'est de l'Éthiopie ont enregistré une production journalière de l'ordre de $4,14 \pm 0,04$ kg/jour.

En Algérie et en général, les camelins ne sont pas élevés pour la production de lait. L'excédent de lait (après la tétée du chamelon) est destiné à l'autoconsommation. Une chamelle ne se laisse traire que si son petit est à ses côtés. La production de lait est destinée, essentiellement à l'alimentation des bergers isolés dans les parcours et à celles des nomades. La production laitière des chamelles varie d'une région à l'autre, en fonction de la race, de l'individu, de l'alimentation...etc. (Chehma, 2003). D'après les statistiques officielles éditées par la FAO, la production de lait de chamelle en Algérie, par jour et annuellement, est respectivement de 1,460 kg à 3 kg (Farah, 2011). Les estimations données par certains auteurs donnent des valeurs allant de 0,5 à 10 l/jour, avec des durées de lactation de 12 à 18 mois (Chehma, 2003; Siboukeur, 2007).

Selon la littérature, la durée de lactation est très variable, elle est de 8 à 9 mois (Babiker et El Zubeir, 2014), 11,4 mois (Mayouf et coll., 2014), environ de 12 mois (Khan et Iqbal, 2001; Bekele et coll., 2002; Abdalla et coll., 2015), 12 à 18 mois (Chehma, 2003; Siboukeur, 2007) et plus de 18 mois (Bekele, 2010). Ces variations peuvent être attribuées à la race de l'animal, aux différences agroécologiques (Mehari et coll., 2007), aux types d'élevages (Babiker et El-Zubeir, 2014) et aux conditions environnementales (Khan et Iqbal, 2001).

3.1. Les facteurs de variation de la production laitière

Les facteurs affectant la production laitière cameline sont les mêmes que pour les autres espèces animales tels que le type de nourriture, l'âge, le statut sanitaire, le potentiel génétique, l'eau et le nombre de parités (Al haj et Al Kanhal, 2010). De même que le stade de lactation, la saison de mise bas et la mortalité des chamelons (Abdalla *coll.*, 2015), le système d'élevage (Babiker et El-Zubeir, 2014) et la durée de lactation (Mussad et *coll.*, 2013a; Abdalla et *coll.*, 2015).

3.1.1. Le potentiel génétique

Une grande variété génétique est rapportée, mais la pression de la sélection génétique est généralement faible (Ismail et Al-Mutairi, 1998). Siboukour (2007) rapporte que les populations camelines algériennes peuvent être considérées comme bonnes laitières (environ de 6 à 9 l/jour). Malgré la pauvreté de leur alimentation. En outre, Raziq et *coll.* (2008) signalent que le dromadaire est un animal avec un bon potentiel laitier même dans un environnement difficile. Ils rapportent que le dromadaire pakistanais de race (Marecha) produit de 8 à 10 l/j de lait, mais dans des conditions d'élevage intensif cette production peut augmenter jusqu'à 15 à 20 l/j.

3.1.2. Le stade de lactation

Ce facteur est prépondérant. En effet, Abdalla et *coll.* (2015) en Égypte ont enregistré des fluctuations dans la production laitière entre le début et la fin de la lactation. Le pic de lactation est enregistré à la 12^e semaine, avec une période de persistance de production laitière entre la douzième semaine et la vingtième semaine puis la production régresse graduellement jusqu'à la fin de la lactation à la 101^e semaine (figure 01). Tandis que, Mussad et *coll.* (2013a) en Arabie Saoudite ont rapporté que le pic de lactation est enregistré à la 28^e semaine avec un coefficient de persistance de 94,7 % et une chute de la production après la 59^e semaine. Babiker et El-Zubeir (2014) au Soudan confirment l'effet du stade de lactation sur la production laitière avec un pic de lactation au 3^e mois et une chute significative après le 9^e mois.

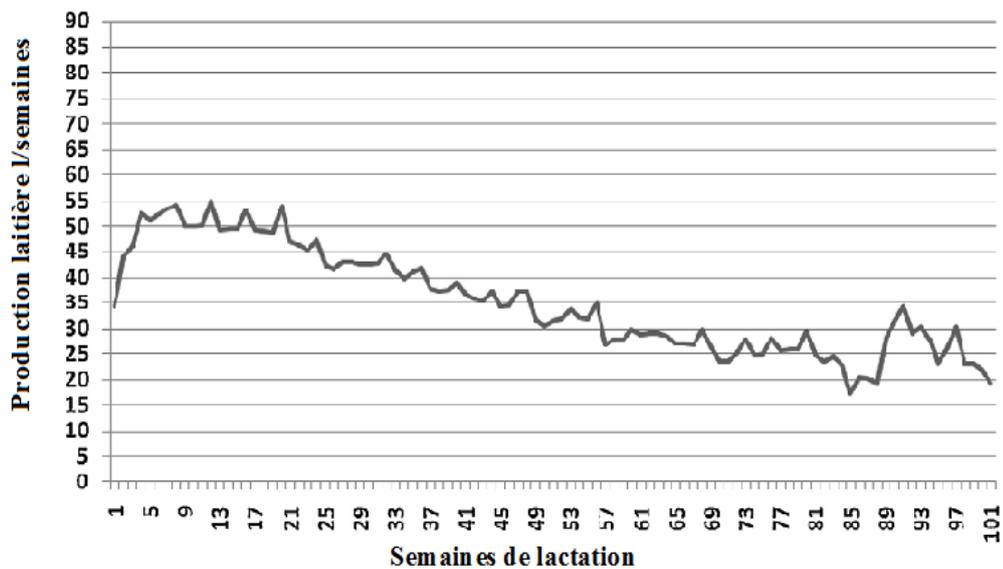


Figure 01. Courbe de lactation moyenne chez la chamelle basée sur une production hebdomadaire (n = 73 lactations) pendant 101 semaines de lactation (Abdalla et *coll.*, 2015)

3.1.3. La fréquence de la traite

Bekele et *coll.* (2002) ont signalé 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. De même que, Ayadi et *coll.* (2009) ont rapporté que la sécrétion de lait diminue avec l'augmentation de l'intervalle entre les traites. Tandis que, Mehari et *coll.* (2007) indiquent que la fréquence de traite n'affecte pas significativement le rendement laitier de la chamelle.

3.1.4. La durée de lactation

Abdalla et *coll.* (2015) ont rapporté qu'une durée de lactation longue affecte la production laitière, ils enregistrent un coefficient de régression partielle entre la production laitière totale et la durée de la lactation de 4,2 l/jour. De ce fait, ils ont enregistré une corrélation positive entre la durée de lactation et la production laitière. C'est-à-dire lorsque la période de lactation augmente, la production laitière totale augmente et inversement.

3.1.5. La saison de mise bas

La production laitière est plus intéressante pendant la saison de pluie par rapport à la saison sèche (Faye, 2003 ; Mehari et *coll.*, 2007). La plus longue persistance de la production laitière a été constatée chez les chamelles ayant mis bas entre novembre et février (Musaad et *coll.*, 2013a). Également, Abdalla et *coll.* (2015) ont rapporté que la saison de mise bas a un

effet significatif sur la production laitière, ils ont signalé que les chammes ayant mis bas entre le mois de juin et novembre produisent moins de lait que celles l'ayant fait entre le mois de mai et de décembre.

3.1.6. Le nombre de parités

Le nombre de parités a un effet significatif sur la production laitière. Dans ce même contexte, Abdalla et *coll.* (2015) ont rapporté une augmentation significative dans la production entre la première et la sixième parité puis une diminution entre la sixième et la huitième parité. Tandis que, Babiker et El-Zubeir (2014) observent que la production laitière la plus élevée est observée chez les chammes de la deuxième parité et une production plus basse a été observée chez les femelles de la cinquième à la septième parité. D'autre part, Al Saiady et *coll.* (2012) ont rapporté une faible production laitière à la première, deuxième et quatrième lactation, tandis qu'une production laitière élevée a été observée à la troisième et la sixième parité de la lactation. Également, Raziq et *coll.* (2008) ont constaté que le pic de production est atteint à la cinquième parité avec une différence significative entre la première parité et les autres parités. De plus, MUSAAD et *coll.* (2013a) ont indiqué que le pic de production varie significativement selon la parité et que les femelles les plus jeunes (primipares) et plus âgées (9^e lactation) sont les moins productrices.

3.1.7. La mortalité des chamelons

Selon Abdalla et *coll.* (2015), la mort des chamelons affecte significativement la production laitière. En effet, l'absence de chamelon est un facteur négatif qui limite la production de lait, car sa présence est essentielle pour la stimulation et l'éjection du lait. Ces mêmes auteurs ont rapporté que le rendement laitier diminue significativement chez les chammes qui ont perdu leurs petits pendant la lactation et la plus forte baisse a été constatée lorsque ces chamelons sont des nouveau-nés (10 %) ou des jeunes en début de lactation (6 % à deux mois d'âge). Toutefois, la formation des chammes à la traite mécanique annule le rôle du chamelon dans la stimulation de l'éjection du lait (Nagy et *coll.*, 2013), et peut contribuer à la résolution de ce problème.

4. Propriétés physico-chimiques du lait camelin

4.1. Propriétés physiques

4.1.1. pH

Les teneurs moyennes du pH du lait camelin rapportées par la littérature varient de 6,30 à 6,63 (Tableau 01). 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, l'hygiène de la traite et le nombre total de microorganismes dans le lait de chamelle peuvent être à l'origine des variations des valeurs de pH (Al haj et Al Kanhal, 2010).

4.1.2. L'acidité

Les valeurs moyennes de l'acidité du lait de chamelle se situent entre 0,12 et 0,22 % (Tableau 01). Le lait camelin est caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (Abu-Tarboush, 1996), c'est-à-dire que le pH arrive à se maintenir approximativement à la même valeur malgré l'élévation de l'acidité dornic.

4.1.3. Densité

Selon plusieurs auteurs, les valeurs moyennes de la densité du lait de chamelle varient de 1,023 à 1,032 g/cm³ (tableau02). La densité du lait dépend directement de la teneur en matière sèche, liée fortement à la fréquence d'abreuvement (Siboukeur, 2007). D'autre part, Laleye et *coll.* (2008) ont rapporté que le lait de chamelle était moins visqueux que le lait de vache.

Tableau 01. Caractéristiques physiques globales (%) du lait camelin (selon différents auteurs) de 2007 – 2015.

Auteurs	pH	Acidité	Densité	Pays
Siboukeur (2007)	6,31	0,18	1,023	Algérie
Omer et Eltinay (2009)	6,57	0,20	-	Sudan
Meiloud et <i>coll.</i> (2011)	-	0,16	1,031	Mauritanie
Abbas et <i>coll.</i> (2013)	6,63	0,15	-	Pakistan
Merzoug et <i>coll.</i> (2013) (septembre, février)	6,36/6,49	0,18	1,031/1,032	Algérie
Alwan et <i>coll.</i> (2014) (Groupe A /Groupe B)	6,57/6,30	0,16/0,22	-	Libye
Babiker et El-Zubeir (2014)	-	0,19	1,030	Sudan
Elobied et <i>coll.</i> (2015)	6,63	-	0,027	Sudan
Sanayei et <i>coll.</i> (2015)	6,52	0,12	-	Iran

Groupe A : chamelles vivant sous un système intensif (dans des fermes)/Groupe B : chamelles vivant sous un système extensif

4.2. Composition chimique

4.2.1. La matière grasse

La matière grasse laitière représente une source importante d'énergie, elle est constituée essentiellement de lipides et de substances lipoidiques. 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. Selon la littérature, les pourcentages moyens en matières grasses du lait camelin sont compris entre 2,35 à 5,21 % (tableau 2).

Il y a une prédominance des lipides simples sur les lipides complexes. Les triglycérides représentent 96 % des lipides totaux, les stérides et les esters de cholestérol se trouvent à une concentration de 9,98 mg/100 g (Gorban et Izzeldin, 1999).

Le lait camelin est composé aussi d'une quantité de carotène (Stahl, 2006). Ainsi que, d'une quantité importante d'acides gras à longues chaînes par rapport au lait de vache (Konuspayeva et *coll.*, 2008). Le taux d'acides gras insaturés dans le lait camelin est de 43 %

(Haddadin et *coll.*, 2008) et le pourcentage d'acides gras saturés est de 69,9 % par rapport à 67,7 % pour le lait de vache (Konuspayeva et *coll.*, 2008). Le cholestérol se trouve à une concentration de 34,5 mg/100g de matière grasse pour le lait camelin comparé à 25,63/100 g pour le lait de bovins (Gorban et Izzeldin, 1999 ; Konuspayeva et *coll.*, 2008). En outre, les matières grasses du lait camelin sont plus visqueuses que celles du lait de vache (Attia et *coll.*, 2000).

Abdalla et *coll.* (2015) ont signalé que l'augmentation du nombre de parités est associée à une diminution de la teneur en différents composants du lait de chamelle incluant les matières grasses. De ce fait, la teneur la plus élevée en matière grasse (3,70 %) a été enregistrée chez les chamelles primipares et la teneur la plus faible a été constatée chez les chamelles de septième parité (2,71 %). Cependant, Babiker et El-Zubeir (2014) et Aljumaah et *coll.* (2012) ont rapporté que le nombre de parités n'a pas d'effet significatif sur la matière grasse du lait de chamelle.

D'autre part, Mustafa et *coll.* (2014) ont constaté que le taux en matières grasses du lait de chamelles élevées sous un système de pâturages traditionnels était plus élevé (4,41 et 7,58 %) par rapport à celui de chamelles vivant sous un système intensif (1,36 et 2,04 %). Tandis que, Babiker et El -Zubeir (2014) ont rapporté que la teneur moyenne en matières grasses dans les échantillons de laits provenant du système de pâturage était plus faible ($3,29 \pm 1,06$ %) que celle provenant du système intensif ($7,2 \pm 1,2$ %).

D'un autre côté, le stade de lactation affecte significativement le taux de matières grasses du lait de chamelle. Konuspayeva et *coll.* (2009) ont indiqué que la teneur en matières grasses diminue tout au long de la lactation et elle varie de 4,34 % à 7,81 %. De même que, Babiker et El- Zubeir (2014) ont constaté que le taux de matières grasses du lait de chamelle en début de lactation est plus élevé que celui en fin de lactation (4,46 % et 3,49 % respectivement).

4.2.2. Les protéines

Selon plusieurs études antérieures, les teneurs moyennes en protéines totales dans le lait de dromadaire se situent entre 2,06 à 4,61 % (tableau 02). La race de l'animal et la saison sont des facteurs qui jouent un rôle essentiel dans les fluctuations du taux de protéines du lait de camelin (Khaskheli et *coll.* 2005; Sheiup et *coll.*, 2008). En effet, Elobeid et *coll.* (2015) au Soudan ont enregistré que le lait de race Anafi a montré le niveau le plus bas de protéines par rapport aux autres races étudiées (Kenana, Daili, Arabi). La prise d'eau et l'alimentation de la

chamelle affectent directement la teneur en protéines dans le lait (Khaskheli et *coll.*, 2005). Haddadin et *coll.* (2008) ont indiqué que le taux de protéines dans le lait camelin était plus bas (2,48 %) au mois d'août, tandis qu'il est plus élevé (2,9 %) au mois de janvier.

Aljumaah et *coll.* (2012) ont signalé que le taux protéique du lait camelin est affecté significativement par le nombre de parités et le stade de lactation. Ils ont indiqué que les teneurs les plus élevées en protéines ont été enregistrées au début de la lactation (3,78 %) et à la première parité (3,64 %).

En outre, Abdalla et *coll.* (2015) ont rapporté que le mois de mise bas de la chamelle avait un effet significatif sur le taux protéique du lait. Ils ont constaté que les valeurs les plus élevées de protéines ont été enregistrées chez les chamelles ayant mis bas au mois de janvier alors que les valeurs les plus basses ont été observées chez celles ayant mis bas au mois de février.

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) ces deux composés sont similaires pour la même race, et cela est prouvé par les travaux qui ont été effectués en Arabie saoudite sur la race Majaheim (Elamin et Wilcox, 1992), mais ils sont différents pour des races différentes, le lait de Majaheim contient un taux de protéines supérieur à celles de Wadah et Hamra (Mehaia et *coll.*, 1995).

4.2.3. Le lactose

Le lactose est le principal carbohydrate dans le lait (Meiloud et *coll.*, 2011). Les teneurs moyennes en lactose dans le lait de chamelle se situent entre 3,05 à 5,47 % (tableau 02). Le type de plante désertique ingéré par l'animal peut être à l'origine de cette grande variation de la valeur du lactose (Khaskheli et *coll.*, 2005). On outre, il a été rapporté que le lactose est le seul composé stable qui n'est influencé ni par la saison (Haddadin et *coll.*, 2008) ni par l'hydratation ou la déshydratation de l'animal (Yagil et Etzion, 1980). D'un autre côté, Elobeid et *coll.*, 2015, signalent que la teneur en lactose chez les chamelles soudanaises «Anafi» est inférieure à celles des autres races étudiées. Ils ont indiqué que la race du dromadaire avait un effet significatif sur la teneur en lactose dans le lait.

Par ailleurs, Aljumaah et *coll.* (2012) et Babiker et El-Zubeir (2014) ont indiqué que la teneur en lactose du lait camelin est affectée significativement par le nombre de parités et le stade de lactation. Ils ont rapporté que la teneur en lactose était élevée dans les premiers mois de lactation puis diminuait significativement jusqu'à la fin de la période de lactation. D'une

autre part, Babiker et El-Zubeir (2014) ont signalé que les teneurs les plus élevées en lactose ont été enregistrées chez les chamelles de 5^e parité. Aljumaah et *coll.* (2012) ont observé cette augmentation chez les chamelles de 1^{re} parité. Toutefois, Abdalla et *coll.* (2015) ont indiqué que le stade de lactation et le nombre de parités n'influencent pas de façon significative la teneur en lactose du lait camelin. D'un autre côté, l'effet du système de production a été mentionné par Alwan et *coll.* (2014) qui ont signalé que la teneur moyenne en lactose des échantillons de lait de chamelle provenant du système traditionnel (5,08 %) était inférieure à celle provenant du système intensif (5,47 %). Tandis que, Babiker et El-Zubeir (2014) parlent d'une teneur moyenne en lactose du lait de chamelle respectivement de $4,43 \pm 0,48$ %, $4,05 \pm 1,5$ % et de $4,47 \pm 0,43$ % dans les systèmes ; intensifs, semi-intensifs et pâturage + supplément.

4.2.4. L'extrait sec total

La teneur moyenne en matière sèche totale du lait de dromadaire est de l'ordre de 9,34 à 14,48 % (Tableau 2). Les variations, de la teneur en matière sèche totale du lait, sont principalement attribuées aux changements dans les taux, de matières grasses, du lactose, des minéraux et des protéines du lait de chamelle. Plusieurs auteurs ont signalé qu'il y a une relation entre l'extrait sec total du lait de chamelle et la quantité d'eau prise par l'animal (Khaskheli et *coll.*, 2005 ; Konuspayeva et *coll.*, 2008).

Alwan et *coll.* (2014) ont rapporté que le système d'élevage avait un effet significatif sur le taux de matière sèche totale du lait de chamelle, ils ont indiqué que le taux de l'extrait sec total du lait chez les chamelles élevées dans de bonnes conditions (dans les fermes) était plus élevé (12,46 %) que celui des chamelles élevées dans les conditions naturelles dans le désert (11,34 %).

Abdalla et *coll.* (2015) ont enregistré que le stade de lactation agit d'une manière significative sur le taux de l'extrait sec total du lait de chamelle et les valeurs de ce dernier étaient plus élevées au cours du premier stade de lactation par rapport au second (milactation) puis elles ont graduellement augmenté à des niveaux similaires à ceux enregistrés au premier stade de lactation.

El-Amin et *coll.* (2006) ont indiqué que le numéro de lactation affecte significativement la teneur en matière sèche totale du lait de chamelle qui diminue de la première parité (10,70 %) à la deuxième parité (10,25 %), et augmente significativement ($P < 0,05$) au cours de la troisième parité (11,97 %).

4.2.5. Les minéraux

Les sels minéraux présents dans le lait de chamelle sont plus 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.) (Siboukeur, 2007). Les minéraux du lait ont de nombreux rôles dans le corps, plus particulièrement dans la formation osseuse, l'entretien de l'équilibre hydrique et le transport d'oxygène (Meiloud et *coll.*, 2011).

Les valeurs moyennes des composés minéraux du lait de chamelle représentent 0,59 à 1,30 % (tableau 02). Les fluctuations de la teneur en minéraux ont été attribuées à la race ou aux procédures d'analyses (Mehaia et *coll.*, 1995) ainsi qu'à la déshydratation de l'animal surtout en période de sécheresse (Haddadin et *coll.*, 2008). Également, Elobeid et *coll.* (2015) observent que le lait produit par les chameilles de race Kenana a montré le niveau le plus élevé de minéraux par rapport aux laits des autres races soudanaises étudiées (Anafi, Daili, Arabi).

En outre, Abdalla et *coll.* (2015) indiquent que les teneurs en cendres dans le lait augmentent significativement avec le stade de lactation de (0,75 %) au premier mois de lactation à (0,84 %) au dernier mois de lactation (10^e mois) et avec le nombre de parités de (0,65 %) chez les chameilles primipares, à (0,91 %) chez les chameilles de septième parité.

De plus, Sheiup et *coll.* (2008) et Alwan et *coll.* (2014) ont rapporté que le système d'élevage n'a pas d'effet significatif sur le taux de cendres dans le lait de chamelle.

Tableau 02. Composition chimique globale (%) du lait camelin (selon différents auteurs) de 2007 – 2015.

Auteurs	MG	PT	L	MS	Cendres	Pays
Siboukeur (2007)	2.8	3.56	4.38	11.31	0.72	Algérie
Konuspayeva et coll. (2009)	3.82	3.35	4.46	12.47	0.79	Plusieurs pays
Omer et Eltinay (2009)	2.35	2.06	4.41	9.78	0.94	Sudan
Al haj et Al Kanhal (2010)	3.5	3.1	4.4	11.9	0.79	Plusieurs pays
Meiloud et coll. (2011)	2.92	2.50	4.91	-	1.30	Mauritanie
Raziq et coll. (2011)	2.63	4.01	3.11	-	0.70	Pakistan
Abbas et coll. (2013)	3.2	3.07	3.97	10.9	0.75	Pakistan
Merzoug et coll. (2013) (septembre, février)	3/5.21	2.63/3.31	-	9.34/14.48	0.74/0.86	Algérie
Alwan et coll. (2014) (groupe A /groupe B)	3.08/2.98	3.19/2.45	5.47/5.08	12.46/11.34	0.78/0.83	Lybie
Babiker et El-Zubeir (2014)	3.69	3.32	4.59	-	-	Sudan
Elobied et coll. (2015)	3.53	2.85	4.46	-	0.59	Sudan
Sanayei et coll. (2015)	2.72	4.61	3.05	11.24	0.86	Iran
Abdalla et coll. (2015)	3.06	3.01	4.33	11.06	0.69	Egypte

Groupe A : chammes vivant sous un système intensif (dans des fermes)/Groupe B : chammes vivant sous un système extensif

5. Mammite subclinique chez la chamelle

5.1. Anatomie de la mamelle

Comme les dromadaires ne sont pas systématiquement élevés pour la production de lait, la forme et la taille du pis et des trayons de la chamelle sont très variables. En outre la conformation de la mamelle peut varier aussi suivant la race, l'âge et le stade de lactation (Tibary et Anouassi, 2000; Wernery et coll., 2004). De ce fait, il ya une grande hétérogénéité dans la morphologie de la mamelle et des trayons chez la chamelle (Juhaz et coll., 2008). Chez ces animaux avant la puberté, il n'est visible de la mamelle que quatre petit trayons, car le tissu mammaire ne se développe que vers la fin de la première gestation. Après la mise bas,

la mamelle augmente de volume et présente une irrigation veineuse bien développée (Tibary et Anouassi., 2000). La mamelle de la chamelle est constituée de quatre quartiers indépendants, chacun se termine par un trayon avec deux orifices et parfois même trois (Juhaz et coll., 2008). Les deux moitiés gauches et droites sont séparées par une rainure, car la mamelle est suspendue par un tissu fibroélastique, un sillon est généralement visible entre ses deux moitiés (Smuts et Bezuidenhout, 1987). Chez tous les ruminants, la mamelle se compose d'un système canaliculaire indépendant ; ainsi, le lait synthétisé dans une glande (quartier) ne peut passer directement à l'autre (Engelking, 2002). Eisa (2012) a rapporté que les quartiers antérieurs produisent plus du lait que les postérieurs.



Figure 02. Morphologie de la glande mammaire chez la chamelle (Juhaz et coll., 2008)

5.2. Définition de mammite

Une mammite est une inflammation d'un ou plusieurs quartiers de la mamelle des animaux laitiers tels que les vaches, chammelles... etc. Cette inflammation est le résultat d'une force physique, chimique et thermique ou d'une réponse immunitaire contre des bactéries et leurs toxines qui infectent le pis et détruisent la glande (Schroder, 2012).

Il existe deux types de mammites : cliniques et subcliniques. La mammite subclinique chez les camélidés se rapporte à l'existence d'une inflammation avec l'absence de signes macroscopiques et peut être détectée par des tests indirects. Cependant, la mammite clinique est une réponse inflammatoire à une infection, elle est caractérisée par la présence de symptômes fonctionnels comme les modifications de l'aspect du lait (modification de couleur, formation de grumeaux... etc.) et des symptômes inflammatoires locaux observés sur la mamelle (chaleur, tuméfaction, douleur, rougeur...etc.) et des signes généraux (hyperthermie, anorexie... etc.) (Tuteja et coll., 2013).

À l'instar d'autres espèces animales domestiques, les mammites ont été décrites récemment chez la chamelle dans plusieurs pays comme l'Égypte (Mohamed et coll., 2016), l'Inde (Tuteja et coll., 2013), l'Arabie Saoudite (Aljumaah et coll., 2011 ; Saleh et Faye, 2011 ; Alamin et coll., 2013), l'Éthiopie (Eyassu et Bekele, 2010 ; Husein et coll., 2013), le Soudan (Abdelgadir, 2014), les Émirats arabes unis (Al-Juboori et coll., 2013), le Pakistan (Ahmed et coll., 2011 ; Ali et coll., 2016), la Jordanie (Hawari et Hassawi., 2008) et le Kenya (Wanjohi et coll., 2013).

5.3. Bactéries impliquées dans les mammites subcliniques

Les infections bactériennes sont considérées comme la principale cause de la mammite chez les animaux domestiques (Eyassu et Bekele, 2010). Les agents responsables de la mammite bovine sont bien définis, il existe une abondante littérature sur la mammite bovine et dans une moindre mesure sur la mammite ovine et caprine. En revanche, il existe peu d'informations sur les agents étiologiques associés à la mammite chez les chameaux. Le peu d'études récentes disponibles indiquent que les *Staphylococcus aureus* (Saleh et Faye, 2011 ; Ahmad et coll., 2011 ; Alamin et coll., 2013 ; Al-Juboori et coll., 2013 ; Husein et coll., 2013 ; Regassa et coll., 2013 ; Mohamed et coll., 2016), *Streptococcus dysgalaxiae*, *Streptococcus agalactiae* (Al-Juboori et coll., 2013 ; Husein et coll., 2013 ; Regassa et coll., 2013 ; Mohamed et coll., 2016), *Micrococcus spp.* (Saleh et Faye, 2011, Al-Juboori et coll., 2013 ; Mohamed et coll., 2016), *Staphylococcus coagulase negative* (Ahmad et coll., 2011 ; Alamin et coll., 2013 ; Al-Juboori et coll., 2013 ; Husein et coll., 2013 ; Regassa et coll., 2013 ; Wanjohi et coll., 2013 ; Mohamed et coll., 2016), *Escherichia coli* (Ahmad et coll., 2011 ; Saleh et Faye, 2011 ; Husein et coll., 2013 ; Wanjohi et coll., 2013 ; Regassa et coll., 2013), *Bacillus spp.*, *Corynebacterium sp* (Ahmad et coll., 2011 ; Alamin et coll., 2013 ; Husein et coll., 2013 ; Mohamed et coll., 2016), ainsi que d'autres bactéries sont impliquées et causent les mammites chez les camélidés.

5.3.1. Les staphylocoques à coagulase positive (SCP)

Généralement, le terme «SCP» décrit *Staphylococcus aureus*. Plusieurs auteurs ont rapporté que le *S. aureus* était le *Staphylococcus à coagulase positive* (SCP) le plus isolés dans les cas de mammite clinique (Aljuboori et coll., 2013 ; Abdella et Mohammed., 2014) et subclinique chez la chamelle (Saleh et Faye 2011 ; Al-Juboori et coll., 2013 ; Alamin et coll., 2013 ; Mohamed et coll., 2016). Autre SCP comme *S. Intermedius* ou *S. hyicus* peuvent se rencontrer dans le lait de chamelle (Woubit et coll., 2001, Alamin et coll., 2013). Mohamed et

coll. (2016) ont indiqué que *S. aureus* (58,07 %) est la principale cause de mammites subcliniques chez la chamelle d'Égypte. Cependant, Woubit et *coll.* (2001) ont constaté que *S. hiycus* et *S. aureus* sont les espèces bactériennes primordiales causant des mammites subcliniques chez ces animaux en Éthiopie. Les prévalences de différentes espèces de SCP responsables des mammites subcliniques chez la chamelle sont représentées dans le tableau 03.

Tableau 03. Principaux SCP responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.

Auteurs	Nombre des animaux	Nombre des échantillons	SCP (%)	<i>S. aureus</i> (%)	<i>S. hyicus</i> (%)	<i>S. intermedius</i>	Pays
Woubit et coll. (2001)	207	828	-	20,85	25,17	8,2	Ethiopie
Kane et coll. (2003)	221	32	-	15,62	-	-	Mauritanie
Abdel Gadir et coll. (2005)	253	956	-	24,6	-	-	Ethiopie
Suheir et coll. (2005)	160	59	-	15,29	2,63	-	Sudan
Eberlein (2007)	43	468	7,1 / 28,5	-	-	-	Emirates Arabes Unies
Saleh et Faye (2011)	30	120	-	7,1	-	-	Arabie Saoudite
Alamin et coll. (2013)	60	216	-	22,75	3,03	7,56	Sudan
Al-Juboori et coll. (2013)	162	630	-	32,26	-	-	Emirates Arabes Unies
Ahmed et coll. (2013)	150	69	-	20,31	-	-	Pakistan
Wanjohi et coll. (2013)	-	384	23,7	-	-	-	Kenya
Mohamed et coll. (2016)	-	337	-	58,07	2,61	-	Egypte

5.3.2. *Staphylococcus coagulase negative*

Les SCN sont parmi les principales causes de mammites subcliniques chez la chamelle (Alamin et coll., 2013; Husein et coll., 2013; Wanjohi et coll., 2013). Les SCN les plus souvent isolés du lait camelin sont le *S. epidermidis* (Alamin et coll., 2013; Al-Juboori et coll., 2013; Mohamed et coll., 2016), *S. simulans*, *S. kloosii*, *S. lentus* (Alamin et coll., 2013, Mohamed et coll., 2016), *S. haemolyticus*, *S. delphini*, *S. saprophyticus*, *S. lugdunensis*, *S. sacchrolyticus*, *S. carnosus* et *S. chromogènes* (Alamin et coll., 2013), les principales espèces de SCN isolées dans le lait de chammelles atteintes de mammites subcliniques et leurs prévalences selon différents auteurs sont illustrées dans les tableaux 04 et 05.

Tableau 04. Prévalences de SCN responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.

Auteurs	Nombre des animaux	Nombre des échantillons	SCN (%)	<i>S.epidermidis</i> (%)	<i>S. simulans</i> (%)	<i>S. kloosii</i> (%)	Pays
Woubit et coll. (2001)	207	828	-	9,9	-	-	Ethiopie
Abdel Gadir et coll. (2005)	253	956	> 56	-	-	-	Ethiopie
Suheir et coll. (2005)	160	59	-	2,63	1,32	-	Sudan
Alamin et coll. (2013)	60	216	-	12,12	6,06	4,55	Sudan
Al-Juboori et coll. (2013)	162	630	-	3,23	-	-	Emirates Arabes Unies
Ahmed et coll. (2013)	150	69	12,50	-	-	-	Pakistan
Wanjohi et coll. (2013)	-	384	66,4	-	-	-	Kenya
Mohamed et coll. (2016)	-	337	-	1,74	0,87	5,22	Egypte

Tableau 05. Autres espèces de SCN responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.

Auteurs	Pays	Nombre des animaux	Nombre des échantillons	Noms de SCN	Prevalence (%)	Pays
Suheir et coll. (2005)	Sudan	160	59	<i>S. sciuri</i>	1,32	Sudan
				<i>S. warneri</i>	1,32	
Alamin et coll. (2013)	Sudan	60	216	<i>S. delphini</i>	3,03	Sudan
				<i>S. carnosus</i>	1,52	
				<i>S. chromogenes</i>	1,52	
				<i>S. lentus</i>	4,55	
				<i>S. lugdunensis</i>	3,03	
				<i>S. sacchrolyticus</i>	1,52	
				<i>S. saprophyticus</i>	3,03	
<i>S. haemolyticus</i>	6,06					
Mohamed et coll. (2016)	Egypte	-	337	<i>S. warnei</i>	1,74	Egypte
				<i>S. lominis</i>	0,87	
				<i>S. sciuri</i>	0,27	
				<i>S. lentus</i>	2,61	

5.3.3. *Micrococcus sp*

C'est une bactérie Gram⁺ qui se trouve partout dans l'environnement des dromadaires, en particulier dans le sol, l'air et l'eau (Kotb et coll., 2010). Hawri et Hawassi. (2008) ont enregistré que *Micrococcus sp* était la principale cause de mammites chez la chamelle. Également, Suheir et coll. (2005) ont rapporté que ces organismes sont des agents importants d'infections mammaires chez les camelins. Cependant, d'autres auteurs minimisent l'incidence de *Micrococcus sp* dans les mammites subcliniques (Saleh et Faye, 2011; Al-Juboori et coll., 2013; Regassa et coll., 2013; Mohamed et coll., 2016). Les prévalences de *Micrococcus sp* comme cause de mammites subcliniques chez la chamelle sont fournis dans différentes études et sont indiquées dans le tableau 06.

5.3.4. *Streptococcus sp*

C'est une bactérie Gram⁺ souvent impliquée dans les infections mammaires chez les camelins (Saleh et Faye, 2011; Al-Juboori et coll., 2013 ; Husein et coll., 2013 ; Mohamed et coll., 2016). *S. agalactiae*, *S. dysgalactiae* et *S. uberis* ont été trouvées dans les mammites cliniques et subcliniques chez les camelins (Ahmed et coll., 2011; Al-Juboori et coll., 2013; Husein et coll., 2013; Regassa et coll., 2013). Plusieurs auteurs ont signalé que *S. agalactiae* est l'une des principales causes de mammites cliniques et subcliniques chez les camelins (Ahmed et coll., 2011 ; Al-Juboori et coll., 2013 ; Regassa et coll., 2013). Cependant, Husein et coll. (2013) ont indiqué que *S. dysgalactiae* est la deuxième cause d'infections mammaires après les SCN chez la chamelle en Éthiopie. D'un autre côté, Al-Juboori et coll. (2013) ont enregistré de faibles prévalences de mammites cliniques et subcliniques causées par le *S. uberis*.

Les pourcentages des différentes espèces de *Streptococcus* responsables de mammites subcliniques chez la chamelle rapportés par plusieurs auteurs sont présentés dans le tableau 06.

Tableau 06. Prévalences de *sterptococcus* et *micrococcus* responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.

Auteurs	Nombre des animaux	Nombre des échantillons	Micrococcus sp (%)	Streptococcus sp (%)	<i>S. dysgalactiae</i> (%)	<i>S. agalactiae</i>	<i>S. uberis</i>	Pays
Woubit et coll. (2001)	207	828	10,5	-	3,4	3,2	0,9	Ethiopie
Kane et coll. (2003)	221	32	18,75	66,62	-	-	-	Mauritanie
Abdel Gadir et coll. (2005)	253	956	0,5	-	-	2,6	7	Ethiopie
Suheir et coll. (2005)	160	59	-	-	2,63	6,58	2,63	Sudan
Saleh et Faye (2011)	30	120	5,7	42,9	-	-	-	Arabie Saoudite
Alamin et coll. (2013)	60	216	-	-	1,52	-	-	Sudan
Al-Juboori et coll. (2013)	162	630	-	-	3,23	9,67	3,23	Emirates Arabes Unies
Ahmed et coll. (2013)	150	69	-	12,50	-	-	-	Pakistan
Mohamed et coll. (2016)	-	337	-	15	-	-	-	Egypte

5.3.5. *Escherichia coli*

E. coli est une bactérie Gram⁻ également connu sous le nom des entérobactéries causant des troubles intestinaux et extra-intestinaux sévères (Kaper et *coll.*, 2004) ainsi que, des mammites cliniques (Ahmad et *coll.*, 2011 ; Regassa et *coll.*, 2013) et subcliniques chez la chamelle (tableau 07) (Saleh et Faye, 2011 ; Ahmad et *coll.*, 2011 ; Husein et *coll.*, 2013, Regassa et *coll.*, 2013 ; Wanjohi et *coll.*, 2013). Wanjohi et *coll.* (2013) dans leurs études sur les mammites subcliniques affectant la qualité hygiénique du lait de chamelle vendu dans la province du nord-est du Kenya, ils ont indiqué un pourcentage d' *E. coli* de (73,0 % des isolats) des quartiers de chamelles de la région de Garissa et de (40,3 % des isolats) de celles de la région de Wajr.

5.3.6. *Bacillus cereus*

Bacillus cereus est une bactérie Gram- d'anaérobie facultatif, elle a la capacité de former des spores avec une forte résistance aux facteurs environnementaux (Becker et *coll.*, 2005). *B.cereus* est également connu comme une cause importante des infections mammaires chez les chamelles (Wanjohi et *coll.*, 2013). Par contre, plusieurs auteurs ont signalé de faibles prévalences de mammites subcliniques causées par *B.cereus* (tableau 07) (Ahmed et *coll.*, 2011 ; Alamin et *coll.*, 2013 ; Mohamed et *coll.*, 2016).

Tableau 07. Principales bactéries Gram⁻ responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.

Auteurs	Nombre des animaux	Nombre des échantillons	<i>E. coli</i> (%)	<i>Bacillus sp</i> (%)	<i>klebsilla</i> (%)	<i>Corynebacterium sp</i> (%)	Pays
Woubit et <i>coll.</i> (2001)	207	828	0,4	10,8	-	3,4	Ethiopie
Kane et <i>coll.</i> (2003)	221	32	18,75	-	-	-	Mauritanie
Abdel Gadir et <i>al.</i> (2005)	253	956	17,3	-	0,9	-	Ethiopie
Eberlein (2007)	43	260	11,8	4,7x10 ¹ UFC/ml	23,5	-	Emirates Arabes Unies
Saleh et Faye (2011)	30	120	13,3	-	-	-	Arabie Saoudite
Alamin et <i>coll.</i> (2013)	60	216	-	9,09	-	3,03	Sudan
Al-Juboori et <i>coll.</i> (2013)	162	630	-	-	-	9,67	Emirates Arabes Unies
Ahmed et <i>coll.</i> (2013)	150	69	10,93	9,37	-	-	Pakistan
Wanjohi et <i>coll.</i> (2013)	-	384	59,9	45,8	-	-	Kenya
Mohamed et <i>coll.</i> (2016)	-	337	-	4	-	1	Egypte

5.3.7. Autres bactéries

Outre les bactéries mentionnées ci-dessus, d'autres espèces sont également signalées (tableau 08). En effet, Aljuboori et *coll.* (2013) ont détecté *Pseudomonas aeruginosa* dans le lait de chamelles atteintes de mammites subcliniques avec une prévalence de 3,23 % et n'ont pas isolé cette bactérie dans les échantillons de lait de celles atteintes de mammites cliniques. Pareillement, la prévalence de *Pasteurella haemolytica* a été donnée avec 6,06 % dans le lait de chamelle ayant une mammite subclinique (Alamin et *coll.*, 2013). Par ailleurs, *Corynebacterium sp* a été isolée avec une prévalence de 1 à 6,25 % chez les chamelles atteintes d'infections mammaires sous cliniques (Ahmed et *coll.*, 2011 ; Alamin et *coll.*, 2013 ; Mohamed et *coll.*, 2016).

Outre la flore pathogène responsable des mammites, le lait cru peut être contaminé par d'autres variétés de micro-organismes qui peuvent être des agents d'altération ou peuvent être, tout simplement, le reflet d'une mauvaise hygiène à la ferme tel que les bactéries : *Providencia*, *Serratia* et *Proteus* (Kotb et *coll.*, 2010).

Tableau 08. Autres bactéries responsables de mammite subclinique chez la chamelle selon différents auteurs.

Auteurs	Nombre des animaux	Nombre des échantillons	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (%)	<i>Pasteurella haemolytica</i> (%)	<i>Enterococcus sp</i> (%)	Pays
Woubit et coll. (2001)	207	828	-	0,1	2,2	Ethiopie
Kane et coll. (2003)	221	32	12,50 (Ps. sp)	-	3,12	Mauritanie
Abdel Gadir et coll. (2005)	253	956	-	2,1	-	Ethiopie
Alamin et coll. (2013)	60	216	-	6,06	-	Sudan
Al-Juboori et coll. (2013)	162	630	3,23	6,45 (Ps.sp)	22,58 (Entrobacteries)	Emirates Arabes Unies

5.4. Facteurs de risque

5.4.1. Facteurs liés à l'animal

5.4.1.1. Âge

Le risque des infections mammaires subcliniques augmente avec l'âge de la chamelle (Ahmad et coll., 2011; Husein et coll., 2013). D'ailleurs, Ahmad et coll. (2011) ont rapporté que la prévalence élevée de mammite (80 %) a été enregistrée chez les chamelles de 14 à 16 ans. En effet, après l'âge de 14 ans, l'immunité des animaux est altérée ce qui les rend vulnérables à cette maladie (Sena et coll., 2000 ; Ahmad et coll., 2011 ; Husein et coll., 2013).

5.4.1.2. Numéro de lactation

La prévalence de mammites chez la chamelle diminue significativement avec le nombre de parités (Ahmad et coll., 2011, Husein et coll., 2013). Les animaux de première parité sont plus sensibles à la mammite que ceux de deuxième et de troisième parité (Husein et coll., 2013). Par contre, Abdel Gadir et coll. (2006) et Aljumaah et coll. (2009) ont rapporté que le pourcentage de mammites chez la chamelle en lactation augmente significativement avec le nombre de parité. Également, Aljumaah et coll. (2009) ont souligné que les animaux de quatrième parité sont les plus vulnérables à cette maladie que ceux de première, de deuxième et de troisième parité.

5.4.1.3. Stade de lactation

Le stade de lactation agit de manière significative sur la prévalence de mammites chez la chamelle. En effet, Ahmad et coll. (2011) au Pakistan ont enregistré une haute prévalence de mammites au début (54,55 %) et la fin de la lactation (54,17 %). De même, Aljumaah et coll. (2009), Husein et coll. (2013) et Regassa et coll. (2013) ont noté une grande prévalence de mammites au début de la lactation. Selon Radostits et coll. (2007) la majorité des nouvelles infections se produisent après la mise bas des animaux et au cours des deux premiers mois de lactation particulièrement par des germes pathogènes présents dans l'environnement. Cependant, Suheir et coll. (2005) au Soudan ont constaté une prévalence élevée de mammites subcliniques en fin de lactation. Par contre, Ali et coll. (2016) dans leur étude sur le comptage cellulaire somatique et les changements hématologiques et biochimiques chez les chamelles atteintes de mammites subcliniques au Pakistan ont rapporté que le stade de lactation n'a pas d'effet significatif sur la prévalence des infections mammaires.

5.4.1.4. La race

Plusieurs auteurs ont rapporté que la race de la chamelle est un facteur prépondérant sur la prévalence des infections mammaires et il ya des races qui sont plus vulnérables que d'autres à cette maladie (Aljumaah et *coll.*, 2009 ; Ahmad et *coll.*, 2011 ; Regassa et *coll.*, 2013). Aljumaah et *coll.* (2009) en Arabie Saoudite ont indiqué que la race «Shu'l» est plus touchée par les mammites que les autres races étudiées (Majahim, Maghatir, Sufer). Cependant, Regassa et *coll.* (2013) en Éthiopie ont enregistré une prévalence élevée des infections mammaires chez les chameaux de races «Dharito» et «Gagna».

5.4.2. Facteurs liés à l'environnement et à la conduite d'élevage

5.4.2.1. Le système d'élevage

Le type d'élevage et les conditions de vie de l'animal ont un effet significatif sur la prévalence des mammites chez les camelins (Aljumaah et *coll.*, 2009 ; Ahmad et *coll.*, 2011). Selon ces auteurs, le pourcentage élevé des infections mammaires subcliniques ont été enregistré dans le système d'élevage semi-nomade, en raison de la mauvaise application des normes d'hygiène par les nomades.

5.4.2.2. Présence des tiques

La présence des tiques est un facteur prépondérant dans l'incidence de mammites chez les camelins. Plusieurs auteurs ont rapporté que la prévalence des infections mammaires chez les chameaux infestés par les tiques et plus élevées que chez celles non infestées (Ahmad et *coll.* 2011 ; Regassa et *coll.*, 2013 ; Husein et *coll.*, 2013). En effet, le pis est un site de prédilection pour l'infestation de tiques (figure 03), qui engendre des lésions de la peau et des trayons, ces lésions facilitent la contamination bactérienne et provoquent des dommages tissulaires permanents, ce qui prédispose les chameaux aux infections mammaires (Megersa, 2010).



Figure 03. Infestations des mammaires par les tiques (Abdelgadir, 2014)

5.4.2.3. Autres facteurs

De nombreux facteurs environnementaux tels que l'habitat, l'air, les équipements servants dans la collecte de lait, l'hygiène des mains des trayeurs ainsi que l'eau exposent les chamelles aux micro-organismes qui sont responsables des infections mammaires (Kotb et coll., 2010). Également, Ahmad et coll. (2011) ont rapporté qu'une hygiène défailante dans le processus de traite est un facteur de risque très important dans l'apparition des mammites chez les camelins. En outre, les plantes épineuses du désert, l'utilisation de protège-mamelle et les traumatismes mammaires peuvent être directement responsables de cette maladie puisqu'ils peuvent causer des lésions et prédisposer le pis à une invasion bactérienne (Bekele et Molla, 2001 ; Woubit et coll., 2001, Younan et coll., 2001 ; Husein et coll., 2013).

5.5. Outils de détection des mammites

5.5.1. Le pH du lait

Le pH normal du lait camelin est approximativement de 6,2 mais lorsqu'il s'approche de 6,4 il peut s'agir d'un cas de mammité subclinique (Tuteja et coll., 2013). Il peut augmenter jusqu'à 7,2 en cas de mammité clinique (Tuteja et coll., 2003).

5.5.2. La conductivité électrique

Cette méthode de diagnostic plus récente s'adresse au dépistage non seulement des mammites cliniques, mais également des mammites subcliniques. Elle est basée sur la capacité du lait à conduire le courant électrique et aux variations de la conductivité observables lors d'infections mammaires (Barrot Debreil, 2008).

La conductivité du lait camelin provenant d'un quartier sain est généralement $< 6,5$ ms (Younan et coll., 2001 ; Ali et coll., 2016). Alors que, la CE du lait chez les chamelles

atteintes de mammites subcliniques est de 7,37 ms et elle atteint 7,77 ms chez celles atteintes de mammites cliniques (Ali et *coll.*, 2016). Néanmoins, plusieurs auteurs estiment que la mesure de la conductivité électrique du lait n'est pas une bonne méthode pour le diagnostic des mammites chez les chamelles (Younan et *coll.*, 2001, Bhatt et *coll.*, 2004 ; Eberlein, 2007), car aucune corrélation n'a été établie entre la présence de mammite et la variation de la conductivité électrique du lait.

5.5.3. Culture bactériologique

Cette méthode directe est la méthode de référence par excellence puisqu'elle permet de savoir si des germes sont présents dans le lait et ensuite de les identifier (Tuteja et *coll.*, 2013). Malheureusement, cet outil présente plusieurs inconvénients : un prix relativement élevé, des contraintes de prélèvements (conditions d'asepsie, température et délais d'acheminements des échantillons) et des délais d'obtentions des résultats assez longs. Ainsi, cette méthode bien qu'efficace ne peut être utilisée de façon systématique ou exhaustive par les éleveurs (Barrot Debreil, 2008).

5.5.4. Comptage cellulaires somatiques individuels

Le comptage cellulaire somatique (CCS) est utilisé comme un diagnostic indirect pour la détection des quartiers infectés et non infectés chez les camelins (Saleh et Faye, 2011, Alamin et *coll.*, 2013 ; Ali et *coll.*, 2016).

Lorsqu'il ya une infection au sein du parenchyme mammaire, comme partout ailleurs dans l'organisme, une réaction inflammatoire se met en place, entraînant un afflux marqué de neutrophiles sanguins vers le lieu de l'infection, dans notre cas vers la mamelle. Le CCS correspond alors au dénombrement des leucocytes et, de façon minoritaire, des cellules épithéliales de la glande mammaire présentes dans le lait (figure 04), ils s'expriment en cellules/ml de lait (Hamed et *coll.*, 2010).

Selon les résultats d'Abdelgadir et *coll.* (2005) et Saleh et Faye (2011), il existe une corrélation positive significative entre CCS, CMT et la présence des bactéries responsables des mammites chez les camelins. Par contre, Alamin et *coll.* (2013) ont rapporté que les résultats des examens bactériologiques étaient significativement supérieurs dans ceux du CCS.

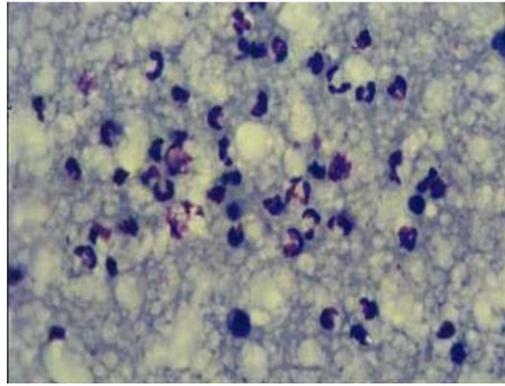


Figure 04. Cellules somatiques du lait de chamelle (Eberlein, 2007).

5.5.4.1. Cytologie du lait

Le nombre total de cellules somatiques dans le lait de chammelles saines est bas, en moyennes (0.97×10^5) cellules/ml. Cependant, il excède largement ce niveau (2.68×10^5) chez les animaux atteints d'infection intra mammaire subclinique (Ali et *coll.*, 2016).

Les cellules du lait, à son état normal, sont les neutrophiles, les macrophages, les lymphocytes et les cellules épithéliales (provenant de la desquamation du tissu sécrétoire et galactophore) (Hamed et *coll.*, 2010). Dans les quartiers exempts d'infections, selon Ali et *coll.* (2016), les macrophages sont le type cellulaire le plus dominant (43,37 %) suivi de PNN (24,51 %) et de lymphocytes (20,08 %). Tandis que, Hamed et *coll.* (2010) ont rapporté la prédominance des macrophages (66 %) suivis de lymphocytes (25 %) et les PNN (9 %). Dans les glandes mammaires infectées, le pourcentage de PNN est significativement élevé tandis que le nombre de lymphocytes et de macrophages diminue en fonction de la sévérité de l'infection (Ali et *coll.*, 2016). L'augmentation du nombre des cellules somatiques et des neutrophiles dans le lait est une réponse inflammatoire du pis (Kamal et *coll.*, 2014). Par contre, Hamed et *coll.* (2010) indiquent que le pourcentage de macrophages (10 %) et des PNN (12 %) diminuent. Tandis que, le pourcentage des lymphocytes reste élevé (75 %) chez les chammelles infectées (Hamed et *coll.*, 2010). La figure 05 montre une section d'acini du lait d'une chamelle en lactation avec des cellules.

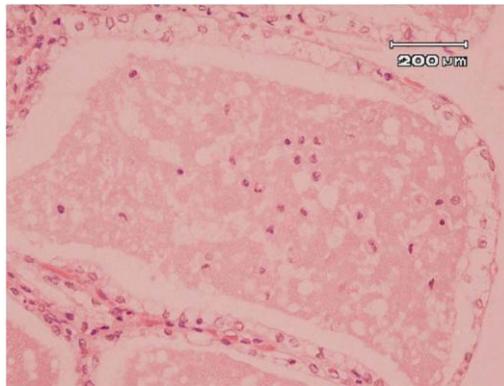


Figure 05. Section d'acini du lait d'une chamelle en lactation avec des cellules (Eberlein, 2007).

5.5.4.2. Facteurs de variation

Vu que l'élévation du CCS est une réponse à une attaque de la glande mammaire qui est modulée par des médiateurs inflammatoires, le statut infectieux de la mamelle est le principal facteur de variation du nombre de cellules dans le lait. Plusieurs auteurs ont rapporté une augmentation du nombre de cellules somatiques dans le lait de chameaux atteints de mammites (Hamad et *coll.*, 2010 ; Saleh et Faye, 2011 ; Alamin et *coll.*, 2013 ; Ali et *coll.*, 2016). Par contre, les effets du stade de la lactation, de l'âge et de la parité sur le CCS sont mineurs si la glande n'est pas infectée (Obied et Bagadi, 1992). De la même façon, Saleh et Faye (2011) rapportent que le CCS augmente avec le nombre de parité, passant en moyenne de 24 000 cellules/mm³ chez les chameaux primipares à 98 000 cellules/mm³ chez celles de deuxième parité et à 157 500 cellules/mm³ chez les multipares.

5.5.4.3. Les méthodes de numération cellulaires

✚ Le comptage microscopique

Le comptage microscopique sur lame constitue la méthode de référence, mais elle n'est pas automatisable et ne peut être appliquée à grande échelle (Weison et *coll.*, 1974 ; Packard et *coll.*, 1992 ; Viguier et *coll.*, 2009). Plusieurs auteurs ont utilisé cette méthode pour le comptage des cellules somatiques chez les camélins (Eberlein, 2007 ; Kathiriya et Shah, 2009 ; Alamin et *coll.*, 2013).

✚ Le Coulter counter (figure 06)

Il est basé sur le principe de la fluorescence optique, Il utilise l'iodure de propidium pour marquer l'ADN nucléaire et déterminer les cellules somatiques dans le lait malgré son utilisation facile et rapide, cet outil est relativement onéreux (Viguiet et *coll.*, 2009). Saleh et Faye. (2011) ont utilisé cette méthode pour le comptage des cellules somatiques du lait de chamelle.



Figure 06. Coulter counter (DeLaval) (Reddy et *coll.*, 2014)

✚ Le Fossomatic

Le Fossomatic peut être défini comme un microscope automatique à fluorescence. Les noyaux des cellules somatiques du lait sont rendus fluorescents par un colorant, le bromure d'éthidium, qui se fixe sur l'ADN (Viguiet et *coll.*, 2009). Hamad et *coll.* (2010) ont utilisé cette méthode pour le comptage des cellules somatiques du lait de chamelle.

Le tableau 09 montre les avantages et les inconvénients des principales méthodes de quantification du CCS directes et indirectes.

Tableau 09. Comparaison des avantages et inconvénients relatifs aux principales méthodes de quantification du CCS directes et indirectes (Viguiier et *coll.*, 2009).

Méthode	Avantages	Inconvénients
DMSCC	Standardisé (ISO 13366-1 IDF 148-1)	<ul style="list-style-type: none"> - Apparence visuelle variable des plages à comptabiliser - Subjectivité humaine substantielle - Chronophage - Fastidieux - Précision perfectible
Fossomatic®	<ul style="list-style-type: none"> - Standardisé (ISO 13366-2 IDF 148 - Rapide (jusqu'à 500 échantillons/h) -Automatisé - Bonne précision - Coût plus faible si beaucoup d'analyses 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût important à l'achat - Complexité d'utilisation
DCC®	<ul style="list-style-type: none"> - Rapide et facile à utiliser. - Assez précis (Se 86%, Sp 82%). - Automatisé - Rapide - Utilisable sur le terrain. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût assez élevé à l'achat et à l'analyse pour un appareil portable.
CMT	<ul style="list-style-type: none"> - Coût faible - Rapide et facile à utiliser. - Utilisable sur le terrain 	<ul style="list-style-type: none"> Grande subjectivité - Faible Se (estimation du SCC)

✚ California Mastitis Test (C.M.T.)

Un réactif tensioactif à base de Teepol du commerce mélangé à un échantillon de lait réagit avec l'ADN notamment dans le noyau des cellules somatiques. Il se forme un précipité dont l'importance et la consistance sont fonction de la teneur en cellules de l'échantillon (Viguiet et *coll.*, 2009).

Dans plusieurs études, le CMT (figure 07) est reconnu comme un test de dépistage sensible adéquat pour les mammites subcliniques chez les dromadaires (Bhatt et *coll.*, 2004, Saleh et Faye, 2011, Hussein et *coll.*, 2013). Par contre, Eberlein, (2007) a rapporté que le CMT seul n'est pas un test adéquat pour le dépistage des infections mammaires chez la chamelle, mais il doit être combiné avec d'autres tests de dépistages. La figure 08 montre la réaction entre le CMT et les échantillons du lait mammitieux et l'interprétation des résultats du CMT est représentée dans le tableau 10.



Figure 07. Test de CMT (Abdelgadir, 2014).

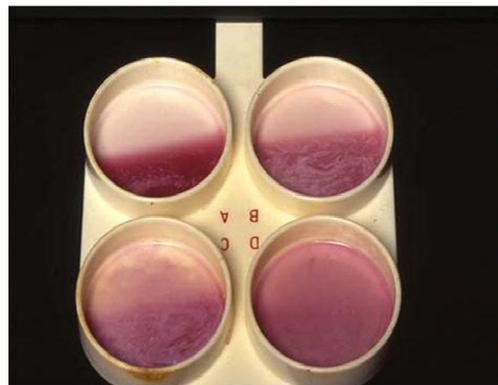


Figure 08. Réactif CMT réagit avec les globules blancs et le gel en fonction du niveau d'infection présent (Abdelgadir, 2014).

Tableau 10. Interprétation des résultats du test CMT (Radostits et *coll.*, 2006).

Degré de la réaction	Aspect de la réaction	Numération cellulaire/ml
Negative	Mélange liquide sans flocculat	0-200 000
traces	Flocculat très léger, disparaissant après une dizaine de secondes	150 000- 500 000
1+	Flocculat léger persistant, pas de tendance à la formation de gel.	400 000-1 500 000
2+	Apparition immédiate d'un flocculat épais. Il s'étale sur tout le fond de la coupelle	800 000- 5 000 000
3+	Gel très épais; consistance blanc d'œuf, formant au centre de la coupelle une masse convexe persistante	>5 000 000

5.6. Incidence économique et sanitaire des mammites

La mammité est une maladie complexe qui provoque de grandes pertes économiques si elle n'est pas détectée et traitée rapidement (Lyer et *coll.*, 2014). Elle peut provoquer des pertes estimées à 70 % de la production laitière (Fazlani et *coll.*, 2011). Généralement, les infections intramammaires sous-cliniques sont considérées comme les plus répandues

(Ahmad et *coll.*, 2011 ; Alamin et *coll.*, 2013 ; Husein et *coll.*, 2013), elles affectent plus de 40 % des chamelles en lactation (Ahmad et *coll.*, 2011 ; Regassa et *coll.*, 2013). La mammite subclinique est un facteur majeur dans la réduction de la production de lait des quartiers touchés chez la chamelle, son effet est plus important sur la productivité des animaux en lactation que les autres formes cliniques sporadiques de la maladie (Wanjohi, 2014). Les infections intramammaires sous cliniques non traitées peuvent évoluer en infections chroniques très difficiles à traiter (Saad et Thabet, 1993), en raison de l'induration et de l'atrophie des quartiers blessés (Abdurahman et *coll.*, 1991 ; Obeid et *coll.*, 1996).

Par ailleurs, en raison de la grande consommation du lait de chamelle cru (Siboukeur, 2007), le lait mammitieux peut constituer un risque pour la santé des consommateurs algériens, il peut être vecteur d'agents responsables des zoonoses tels que la brucellose (Abou-Eisha, 2000 ; Wanjohi, 2014), et les toxi-infections alimentaires graves (salmonellose, listériose, etc.) (Ebrelein, 2007).

5.7. Traitement des infections mammaires

La détection précoce et le traitement immédiat des mammites subcliniques sont déterminants pour assurer un taux de guérison adéquat et une diminution des cellules somatiques dans le lait (Oliver et *coll.* 2004 ; Bacic, 2009). Les traitements vétérinaires reposent essentiellement sur l'utilisation des antibiotiques présents sous forme de seringues prêtes à l'emploi, contenant un ou plusieurs antibactériens associés parfois avec un anti-inflammatoire stéroïdien (Barrot Debreil, 2008). Cependant, certains auteurs ont suggéré que l'utilisation de l'antibiothérapie locale chez la chamelle est difficile et très limitée en raison des particularités anatomiques des mamelles de cet animal (Tibary et Anouassi, 2000). En effet, comparée à la mamelle des autres ruminants, la mamelle de la chamelle est constituée de 4 glandes séparées, chacune se terminant par un trayon avec deux orifices et parfois même trois (Juhasz et *coll.*, 2008). Cela implique que pour le traitement intra-mammaire, non seulement il faut traiter chaque trimestre, mais aussi chaque complexe de glande doit être traité séparément, c'est-à-dire un tube intra mammaire par complexe glandulaire. Aussi, lors de l'application du traitement intra mammaire aux chamelles, il faut être très prudent, car les ouvertures des canaux des trayons de chamelle sont plus petites que celles de la vache (Almaw et *coll.*, 2000 ; Khan et Khan, 2006). Par conséquent, une antibiothérapie par voie générale devrait être instaurée dès les premiers symptômes et le traitement antibiotique par le Triméthoprim-Sulfaméthoxazole ou Pénicilline/Aminoglycoside peut être complété par des traites fréquentes, et par l'administration des anti-inflammatoires (Flunixin meglumine), et

avec le nettoyage régulier de la glande mammaire. Aussi, l'hydrothérapie est bénéfique pour réduire l'œdème local en cas de mammite aiguë (Tibary et Anouassi, 2000, Sanaa, 2005). Pareillement, Mohamed et *coll.* (2016) suggèrent que la Tétracycline, la Gentamycine, à la Kanamycine et l'Ampicilline G sont des antibiotiques efficaces contre les bactéries responsables des mammites subcliniques chez la chamelle. Ils ont recommandé l'utilisation combinée de ces antibiotiques pour le traitement des infections mammaires et pour éviter toute résistance bactérienne. En outre, le traitement de la mammite subclinique est conseillé en période sèche, car le traitement puis la guérison sont plus efficaces chez les chammelles tariées (Khan et Khan, 2006). D'autre part, le traitement de la mammite chronique est très difficile et elle entraîne souvent la perte du quartier affecté (Almaw et *coll.*, 2000 ; Khan et Khan, 2006).

5.8. Mise en place d'un plan de prophylaxie

Afin de lutter contre les infections mammaires, il faut, d'une part, éliminer les infections présentes, ce qui va permettre de diminuer la persistance des infections, et d'autre part prévenir les nouvelles infections, ce qui va diminuer l'incidence des infections (Radostis et al., 2007).

Pour les conseils relatifs aux soins des animaux malades, il faut : s'efforcer de lutter contre les mammites subcliniques qui ont tendance à augmenter dans les élevages camélins par la détection des animaux malades et les traiter avec les antibiotiques appropriés, la réforme des animaux incurables et le contrôle continu du CCS du lait (Khan et Khan, 2006 ; Schroeder, 2012)

Concernant les conseils visant à éliminer ou limiter les sources de germes dans l'élevage et les causes des transmissions, l'hygiène (pré trempage des trayons, lavage des mains des trayeurs avec de l'eau et du savon, et lavement de la mamelle avec un désinfectant adéquat, utilisation de lingettes individuelles) lors de la traite des animaux est indispensable. La traite doit également être réalisée avec de bons gestes techniques pour limiter les contaminations entre les animaux (Khan et Khan, 2006), ainsi que, l'enlèvement régulier du fumier pour le maintien d'une litière propre. En outre, les chammelles en lactation doivent être tenues à l'écart des mouches, des insectes... etc. Et le traitement régulier du traumatisme des pis, des blessures... etc. (Tuteja et *coll.*, 2013).

1. Matériel et méthodes

1.1. Matériel

1.1.1. Zone de l'étude

Les investigations ont été conduites dans la wilaya de Biskra qui est située au sud-est de l'Algérie, à environ 480 km d'Alger et plus précisément dans un élevage situé dans la région de Bir Naam. Cette région est caractérisée par un climat sec, une température estivale moyenne de 42°C et une faible pluviométrie avec une moyenne mensuelle de 10,72 mm, la période hivernale s'étend du mois de novembre au mois de janvier avec un maximum de 23,8 mm de précipitations en janvier, offrant ainsi plus de pâturages. Le reste de l'année, les pâturages sont réduits car la région est localisée dans zone aride (DSA, 2015). Toutes ces données confèrent à cette zone un caractère propice au développement de l'élevage camelin. La majorité du cheptel camelin objet de notre étude est constitué par la population sahraouie.



Figure 09. Carte géographique de la wilaya de Biskra (Anonyme, 2017).

1.1.2. Les animaux

L'étude, comprenant le suivi durant toute la période de la lactation, a été menée du mois de novembre 2014 au mois de septembre 2015, elle concerne 17 chameles (*Camelus Dromadarius*) de la population Sahraouie avec un âge variant de 5 à 7 ans. La chamelle de la population Sahraouie est une bonne laitière, adaptée aux zones arides (Siboukeur, 2007) et qui prédomine dans la région. L'éleveur pratique un élevage semi-extensif : les dromadaires profitent des pâturages offerts par les grands parcours à plantes steppiques, dont l'alfa (*Stipa*

tenacissima), le diss (*Ampelodesmos tenax*) et des suppléments alimentaires à base de concentré d'orge et de la paille de foin sec. Les jeunes et les adultes partagent les mêmes pâturages. En été, la plupart du temps les animaux restent à l'extérieur tandis qu'en hiver et selon les conditions météorologiques, ils sont maintenus dans la bergerie mais toujours pour des périodes limitées. La mise bas a lieu dans la majorité des cas au milieu de l'automne mais débute dès le mois de novembre. Les animaux sont approvisionnés en eau régulièrement et la traite de lait se fait manuellement. En dehors de la période de la traite, les mamelles sont protégées par un protège- mamelle en corde, appelé « schmell », empêchant ainsi la téter du chamelon.



Figure 10. Chamelles de la population Sahraoui

1.1.3. Matériel de prélèvements

- + Glacière + bac à glace,
- + Flacons en verre stériles de 500ml,
- + Boîtes stériles de 50 ml,
- + L'eau additionnée de 2 à 6 gouttes de javel concentrée à 32 degrés chlorométriques par litre,
- + Serviettes propres,
- + Marqueur (feutre indélébile).

1.1.4. Appareillage

- + pH-mètre (Marque HANNA, modèle HI 99161, Roumanie),
- + Conductimètre (Marque HANNA, modèle EC 215, Roumanie),
- + Thermo lactodensimètre,
- + Four à moufle (Marque CARBOLITE, modèle BWF 11/13),

- + Centrifugeuse à butyromètres (Marque, FUNK GERBER), (1000 à 1200 trs/min),
- + Butyromètre (Marque FUNK GERBER),
- + Equipment de la méthode Kjledhal (Marque SELECTA, modèle PRO-NITRO II),
- + Microscope optique (grossissement x 10 et x 40) (Marque OPITKA),
- + Bain marie (Marque MEMMERT),
- + Agitateurs magnétiques de paillasse, chauffants et non chauffants (Marque VELB SCIENTIFA),
- + Balance analytique avec une précision de 0.01 mg (Marque KERAN, modèle 085629),
- + Dessiccateur.

1.1.5. Petit matériel

Un certain nombre d'accessoires et petit matériel spécifique est utilisé dans le cadre de cette étude :

- + Différents types de verrerie (béchers, fioles jaugées, fiole à vide, pipettes graduées, pipettes Pasteur, tubes à essai, burettes...),
- + Seringues stériles de 5 ml,
- + Once de platine,
- + Micropipettes,
- + Plateau de CMT,
- + Coupelle métallique,
- + Hématimètre et pipette de Thoma (volume surmontant la zone de comptage: dix microlitres),
- + Lames et lamelles,
- + Compteur manuel,
- + Appareil photos numérique.

1.1.6. Milieux de culture

- + Gélose nutritive,
- + Gélose au sang 5 %,
- + Milieu de Chapman (recherche de Staphylocoques),
- + Milieu de B.C.P (recherche d'entérobactéries),
- + Milieu T.S.I (Triple Sugar Iron),
- + Mannitol mobilité,
- + Milieu de citrate de Simmons,
- + Bouillon de Clark et lubs,

- ✚ Bouillon nitrate,
- ✚ Bouillon cœur-cervelle (BHIB).

1.1.7. Produits chimiques et réactifs

- ✚ Solvants (hydroxyde de sodium, acide borique, acide sulfurique, alcool isoamylique, permanganate de potassium, phénolphtaléine, ferrocyanure de potassium, réactif de CMT, liquide de Lazarus),
- ✚ Sels (acétate de zinc, sulfate de cuivre, sulfate de potassium),
- ✚ Réactifs pour la bactériologie (bleu de méthylène, eau oxygénée, urée indole, disque d'ONPG, violet de gentiane, lugol, alcool 70%, fushine, plasma sanguin, eau distillée, eau physiologique, rouge de méthyle, réactif nitrate réductase 1 et 2, réactif kovacs, réactif TDA, réactif VP1 et VP 2).

1.2. Méthodes

1.2.1. Prélèvements de lait

Les échantillons de lait ont été recueillis au cours de trois stades de lactation différents (début, milieu et fin respectivement). Trois échantillons ont été prélevés de chaque animal et à chaque étape de la lactation. Au total, 153 échantillons de lait ont été prélevés pour cette étude. La traite du lait se fait après un examen visuel minutieux sur des chamelles pour détecter les signes de mammite (lésions, rougeur, douleur, chaleur et gonflement). Après cela, le pis de la chamelle est nettoyé par lavage du trayon et des parties basses de la mamelle (eau additionnée de 2 à 6 gouttes d'eau de javel concentrée 32% degré chlorométrique par litre), essuyage avec une serviette propre puis désinfection avec de l'alcool à 70° et élimination des premiers jets du lait pour nettoyer le canal du trayon de bactéries saprophytes. Les échantillons ont été prélevés, en maintenant les flacons stériles (500 ml) ouverts inclinés près du trayon, 20 ml de chaque échantillon est transvasé dans des boîtes stériles de 20 ml. Les flacons et les boîtes d'échantillons ont été marqués, stockés séparément dans des glacières et transportés dans l'heure qui a suivi la réalisation des prélèvements vers le laboratoire.



Figure 11. Echantillons de lait dans des flacons (500 ml)



Figure 12. Echantillons de lait dans des boites de 20 ml.

1.2.2. Contrôle de la production laitière

La traite manuelle des chamelles se fait deux fois par jour à 05h00 et à 17h00. Le volume quotidien de lait pour chaque animal correspond au total de la traite du matin et du soir. Le volume de lait est mesuré à l'aide d'un cylindre gradué.

1.2.3. Analyses physico-chimiques

1.2.3.1. Analyse physique

Le pH a été mesuré en utilisant un pH-mètre, la conductivité électrique du lait a été mesurée à l'aide d'un conductimètre tandis que l'acidité Dornic a été déterminée à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium N/9 en présence de phénolphtaléine (AOAC, 2000). La densité a été déterminée à l'aide d'un lactodensimètre.



Figure 13. pH-mètre HI 99161



Figure 14. Conductimètre EC 215



Figure 15. Mesure de l'acidité



Figure 16. Mesure de la densité

1.2.3.2. Analyse chimique

Les teneurs de certains constituants biochimiques ont été déterminées en utilisant les méthodes les plus utilisées dans la filière du lait. Ainsi, la détermination du lactose est réalisée sur le filtrat, après défécation au ferrocyanure de zinc, par la méthode de Bertrand (1988) (norme FIL-IDF 1974/28 A). Les matières grasses sont mesurées selon la méthode de Gerber (AOAC, 2000). L'azote est dosé par la méthode de Kjeldahl qui consiste en la minéralisation complète des molécules organiques à chaud et en présence de l'acide sulfurique concentré et la distillation de l'ammoniaque obtenu, après alcalinisation (AOAC, 2000). La teneur en protéines est obtenue par conversion du taux d'azote total par un facteur de correction égal à 6,38 (AOAC, 2000). La teneur en cendres du lait a été déterminée par incinération de la matière sèche du lait à une température de 550 °C dans un four à moufle (AOAC, 2000). La matière sèche totale a été déterminée par dessiccation à l'étuve réglée à 100 °C, après une évaporation de l'eau au moyen d'un bain-marie bouillant (AOAC, 2000).

1.2.4. Californian Mastitis Test (CMT)

Tous les échantillons de lait ont été testés par CMT. Pour ce faire, 2 ml de lait est recueilli dans une coupelle et additionné à une quantité à peu près égale de réactif. Après agitation de quelques secondes du plateau pour bien mélanger le réactif et le lait, la lecture est effectuée en observant l'aspect du précipité. L'interprétation est donnée dans le tableau (10), la nature de la coagulation et la viscosité du mélange (lait et CMT), indiquent respectivement la présence et la gravité de l'infection.



Figure 17. Application de California Mastitis Test sur un échantillon de lait.

1.2.5. Comptage cellulaire individuel (CCI)

Le comptage cellulaire individuel a été réalisé par examen microscopique à l'aide d'une cellule de Thoma et un compteur manuel. Le lait, conservé à 4°C, est prélevé avec la pipette mélangeur de Thoma et dilué aux 1/10 avec le liquide de dilution de Lazarus (Weisen, 1974). Les extrémités fermées, la suspension a été homogénéisée puis on a déposé une goutte entre lame et lamelle après avoir éliminé les 3 à 4 premières gouttes du mélange. La lame a été observée après 10 minutes de repos sous le microscope (grossissement x 10 et x 40). Le nombre de cellules comptées dans les 16 carreaux que constitue la cellule de Thoma correspond au nombre de cellules par microlitre de lait (Marchal, 1976).



Figure 18. Comptage des cellules somatiques.

1.2.6. Analyses bactériologiques

Tous les échantillons de lait prélevés ont été utilisés pour les analyses bactériologiques pour la détection de bactéries spécifiques de mammite sub-clinique. Les milieux suivants ont été utilisés pour la culture: milieu de Chapman (recherche de Staphylocoques), milieu de Gassner ou B.C.P (recherche d'entérobactéries), gélose au sang (recherches des

streptocoques) et une gélose nutritive (recherche des autres germes). Chaque échantillon a été homogénéisé avant ensemencement, puis 25 microlitres ont été ensemencés sur chaque gélose. Après 24 heures d'incubation à 37°C, le nombre et la nature des colonies ont été évalués. Ces colonies ont été soumises aux tests recommandés par le Conseil National de Mammite par le (NMC) (1987): L'identification présomptive des isolats a été réalisée en fonction des caractéristiques morphologiques des colonies, de la coloration de Gram, des caractéristiques hémolytiques, du test de catalase et du classement biochimique des tests. Sur la base de la coloration Gram, il y avait des Gram-positifs purs, des Gram-négatifs purs et des isolats mélangés. Les staphylocoques et les microcoques ont été identifiés en fonction de leurs caractéristiques de croissance sur gélose à base de sucre triple, agar de sel de mannitol, test de nitrate réductase, test de l'uréase, test de coagulase et autres tests biochimiques. Les isolats qui ont été identifiés provisoirement comme des streptocoques ont été évalués selon les caractéristiques de croissance, sur l'agar du sang de mouton, la production de catalase et le test de fermentation du sucre. Les isolats Gram négatifs ont été cultivés sur de la gélose BCP (Bromcresol Purple Lactose) et testés à l'aide de géloses à triple sucre, test de la motilité, test IMViC (Indole, Methyl red, Voges-Proskauer, Citrate) et par d'autres tests biochimiques. Des échantillons avec une croissance de 5 colonies identiques ou plus (Contreras et *coll.*, 1997; Pradié et *coll.*, 2012) ont été considérés comme positifs pour la mammite subclinique. La croissance de deux ou plusieurs types morphologiques (> 5 UFC par type) a été considérée comme une contamination et le résultat a été exclu de l'analyse (Gonzalo et *coll.*, 2005; Pradié et *coll.*, 2012).



Figure 19. Isolement des bactéries.



Figure 20. Tests biochimiques pour les entérobactéries.



Figure 21. Tests biochimiques pour les staphylocoques.

13. Analyses statistiques

1.3.1. Analyse statistique de la production laitière et des paramètres physico-chimiques du lait de chammelles

Les évaluations statistiques sont effectuées à l'aide du logiciel SPSS (version 16). Tout d'abord, les données sont analysées à l'aide de la procédure des modèles linéaires généraux (GLM), et la distinction des moyennes se fait à l'aide du test d'échantillon apparié ou du test de Wilcoxon Signed après évaluation de la distribution normale par le test Shapiro-wilk et Kolmogorov-Smirnov. Deuxièmement, les coefficients de corrélation de Pearson (r) sont utilisés pour déterminer les relations entre les différents paramètres étudiés. Les résultats sont considérés comme significatifs si la valeur de P associée est $<0,05$.

1.3.2. Analyse statistique de la comparaison des tests de diagnostic de mammite subclinique

Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant SPSS (version 16). Les résultats sont considérés comme significatifs si la valeur de p est $<0,05$. La sensibilité (S_n), la spécificité (S_p), la valeur prédictive positive (VPP), la valeur prédictive négative (VPN) et la précision des tests de dépistage des mammites subcliniques, tous ces paramètres sont calculées à l'aide des tableaux de contingences deux par deux. Les formules suivantes sont utilisées pour l'évaluation des tests de diagnostic:

La sensibilité est la proportion de personnes (d'animaux) vraiment malades qui ont été testés positifs. Elle est calculée comme suit:

$$\text{Sensibilité} = \text{VP} / \text{VP} + \text{FN} \times 100$$

La spécificité est la proportion de personnes (d'animaux) vraiment malades qui ont été testés négatifs. Elle est calculée comme suit:

$$\text{Spécificité} = \text{VN} / \text{FP} + \text{VN} \times 100$$

La valeur prédictive positive est la probabilité qu'une maladie soit présente chez les animaux ayant des résultats positifs. Elle est calculée comme suit:

$$\text{Valeurs prédictives positives} = \text{TP} / \text{VP} + \text{FP} \times 100$$

La valeur prédictive négative est la probabilité que la maladie soit absente chez les animaux ayant des résultats négatifs. Elle est calculée comme suit:

$$\text{Valeurs prédictives négatives} = \text{VN} / \text{FN} + \text{VN} \times 100$$

Où: **VP** = Vrai positif, **FP** = Faux Positif, **VN** = Vrai Négatif, **FN** = Faux Négatif.

Les analyses statistiques Kappa et khi-deux ont été utilisées pour déterminer le niveau d'accord entre les différents tests de diagnostic et de la culture bactérienne. Les valeurs de Kappa supérieures à 0,7 indiquent un excellent accord, les valeurs entre 0,4 et 0,7 montrent un accord modéré. Tandis que, les valeurs inférieures à 0,4 présentent un accord pauvre. La corrélation a été calculée par le test Phi. L'indice de corrélation a été classé comme étant élevé ($r > 0,7$), moyen ($0,5 < r < 0,7$) et faible ($r < 0,5$).

1.3.3. Analyse statistique des bactéries responsables des mammites subcliniques

Les données ont été enregistrées dans la feuille de calcul du logiciel Microsoft Excel 2007 pour l'analyse statistique. La statistique descriptive a été utilisée pour résumer les données, calculer les statistiques des échantillons et les diverses proportions. De plus, l'effet du stade de lactation sur l'apparition de la mammite subclinique a été analysée par le test Cochran Q en utilisant la version SPSS 16. Les probabilités de $p < 0,05$ ont été considérées comme significatives.

2. Résultats

2.1.1. Etude de la production laitière et des paramètres physico-chimiques du lait de chamelle

2.1.1.1. Production laitière

L'analyse de la production laitière a montré des résultats différents selon le stade de la lactation (Tableau 11).

Tableau 11. Effet de stade de lactation sur la production et les propriétés physiques du lait de chameaux.

Nombre d'échantillons	Stade de lactation [mois]	Production laitière [l / j]	pH	Acidité [%]	Densité [g·cm ⁻³]
51	0-2	3,58±1,18 ^a	6,57±0,12 ^a	0,17 ± 0,01 ^a	1,034 ± 0,003 ^a
51	3-5	4,78±1,13 ^b	6,53±0,10 ^a	0,17 ± 0,01 ^a	1,031 ± 0,001 ^b
51	6-9	3,52±0,99 ^a	6,54±0,19 ^a	0,18 ± 0,01 ^b	1,031 ± 0,002 ^b
153	moyenne	3,96±1,24	6,55±0,14	0,17 ± 0,01	1,032 ± 0,002
153	[valeur de <i>p</i>]	0,000	0,355	0,000	0,000

^{a,b} Valeurs avec lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes entre elles (P <0,05).

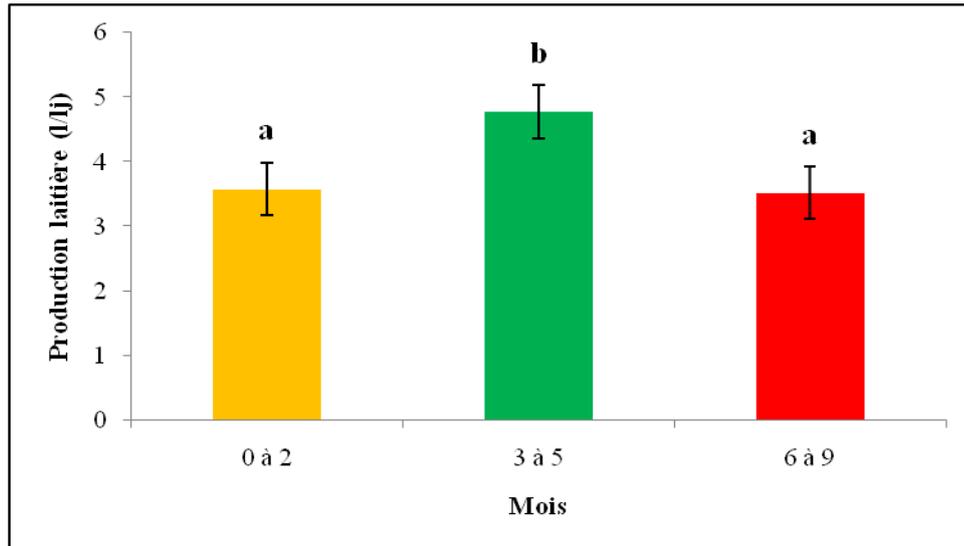


Figure 22. Effet du stade de la lactation sur la production laitière des chamelles.

Le tableau 11 et la figure 22 montrent que la production laitière est plus élevée au milieu et intermédiaire au début et en fin de la lactation. La production laitière des chamelles varie significativement ($P < 0,05$) avec le stade de la lactation.

2.1.1.2. Composition physique

Le tableau 11 donne les taux moyens des paramètres physiques du lait de chamelle à chaque stade de la lactation (début, milieu et fin).

Les valeurs moyennes du pH, de l'acidité et de la densité sont de $6,55 \pm 0,14$, $0,17 \pm 0,01\%$ et $1,032 \pm 0,002 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivement. Au cours de la période de lactation, une augmentation significative ($P < 0,05$) de la densité et de l'acidité a été observée au début et à la fin de la lactation respectivement. Cependant, le pH du lait ne change pas ($p > 0,05$) avec la progression de la lactation.

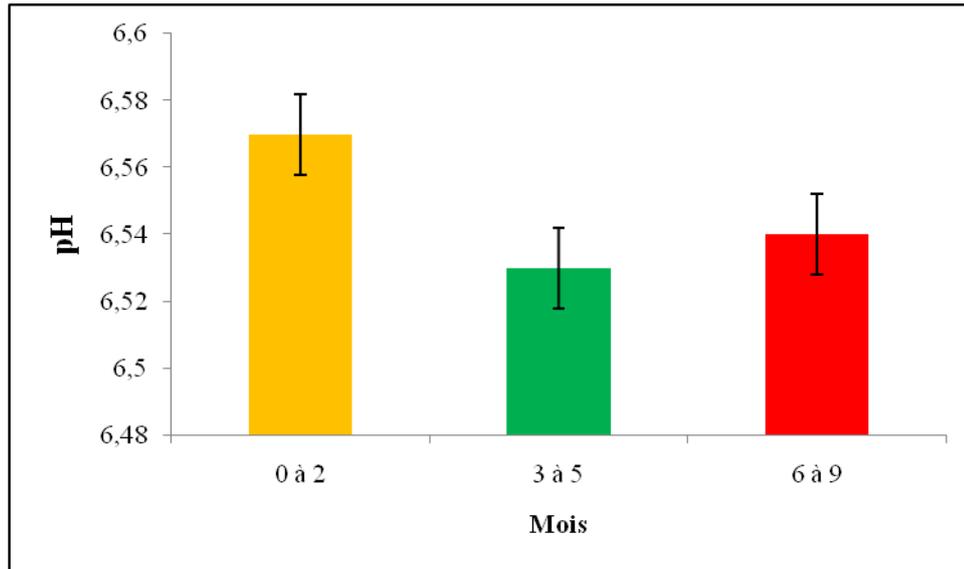


Figure 23. Effet du stade de la lactation sur le pH du lait de chamelles

La figure 23 montre que le pH du lait de chamelle n'a pas changé avec la progression de la lactation, c'est-à-dire que le stade de lactation n'a pas d'effet significatif ($p > 0,05$) sur le pH du lait.

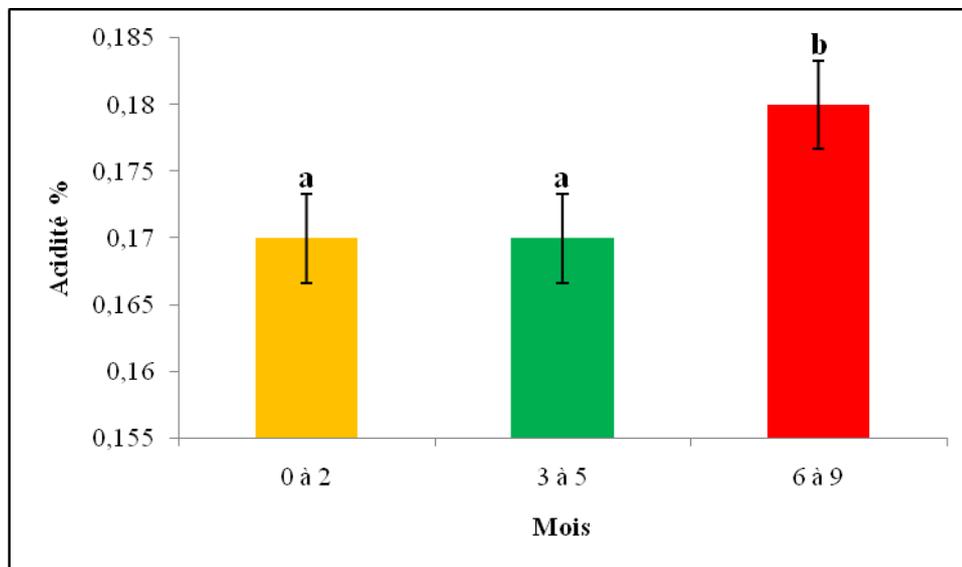


Figure 24. Effet du stade de la lactation sur l'acidité du lait de chamelles

A la fin de la période de lactation, une augmentation significative ($P < 0,05$) de l'acidité a été observée.

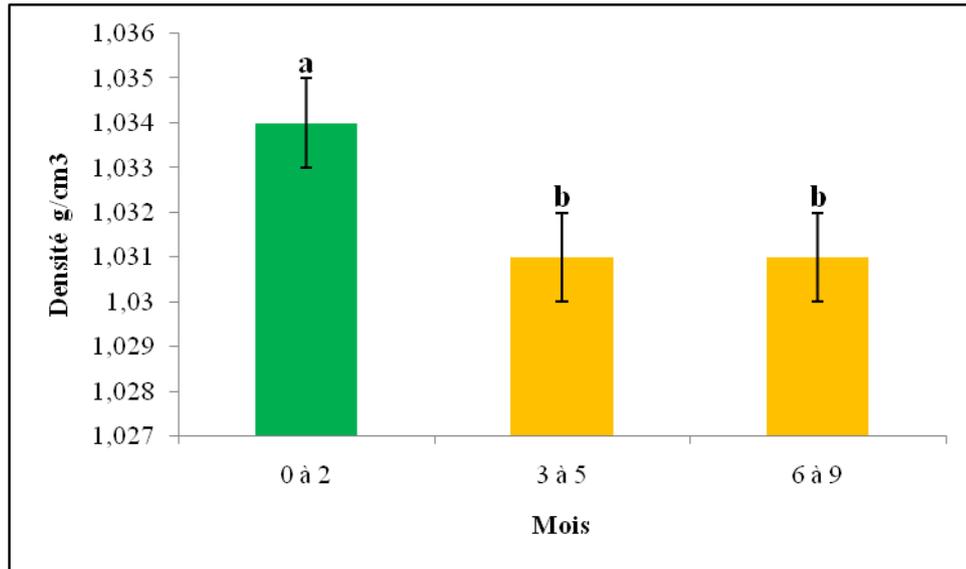


Figure 25. Effet du stade de lactation sur la densité du lait de chammelles

Comme le montre la figure 25, une augmentation significative ($P < 0,05$) de densité a été observée au début de la lactation.

2.1.1.3. Composition chimique

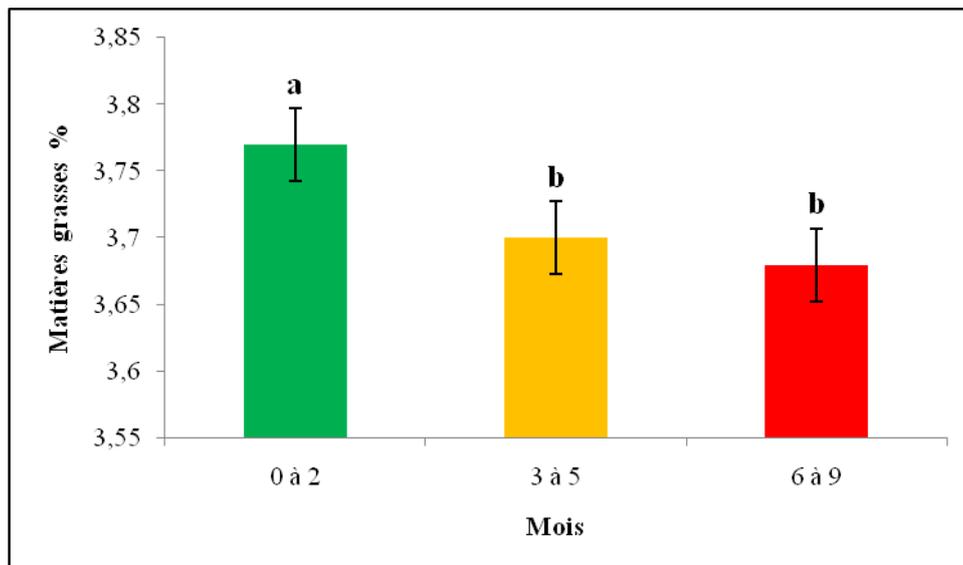
Les taux moyens des paramètres chimiques du lait au cours des stades de la lactation sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12. Effet du stade de lactation sur la composition chimique du lait de chameelles.

Nombre des échantillons	Stade de lactation [Mois]	MG [%]	MP [%]	Lactose [%]	Cendres [%]	MS [%]
51	0-2	3,77 ± 0,15 ^a	3,38 ± 0,14 ^a	4,05 ± 0,25 ^a	0,88 ± 0,18 ^a	11,02 ± 1,56 ^a
51	3-5	3,70 ± 0,13 ^b	3,36 ± 0,19 ^a	4,18 ± 0,29 ^a	1,01 ± 0,20 ^b	9,28 ± 1,85 ^b
51	6-9	3,68 ± 0,14 ^b	3,36 ± 0,20 ^a	4,17 ± 0,31 ^a	1,01 ± 2,45 ^b	9,67 ± 1,60 ^b
153	Overall mean	3,72 ± 0,14	3,37 ± 0,18	4,13 ± 0,29	0,96 ± 0,22	9,99 ± 1,82
153	[p-value]	0,007	0,752	0,057	0,003	0,000

^{a,b} Valeurs avec lettres différentes sur la même colonne sont significativement différentes entre elle ($P < 0.05$), MG = matières grasses, MP= matière protéiques, MS = matières sèches.

D'après les résultats obtenus, les teneurs moyennes en matières grasses, protéines, lactose, cendres et matières sèches étaient de $3,72 \pm 0,14\%$, $3,37 \pm 0,18\%$, $4,13 \pm 0,29\%$, $0,96 \pm 0,22\%$ et $9,99 \pm 1,82\%$, respectivement.

**Figure 26.** Effet du stade de lactation sur le taux de matières grasses du lait de chameelles.

D'après l'analyse du tableau 12 et de la figure 26, le taux moyen en matières grasses est significativement plus élevé ($p < 0,05$) au premier stade de la lactation.

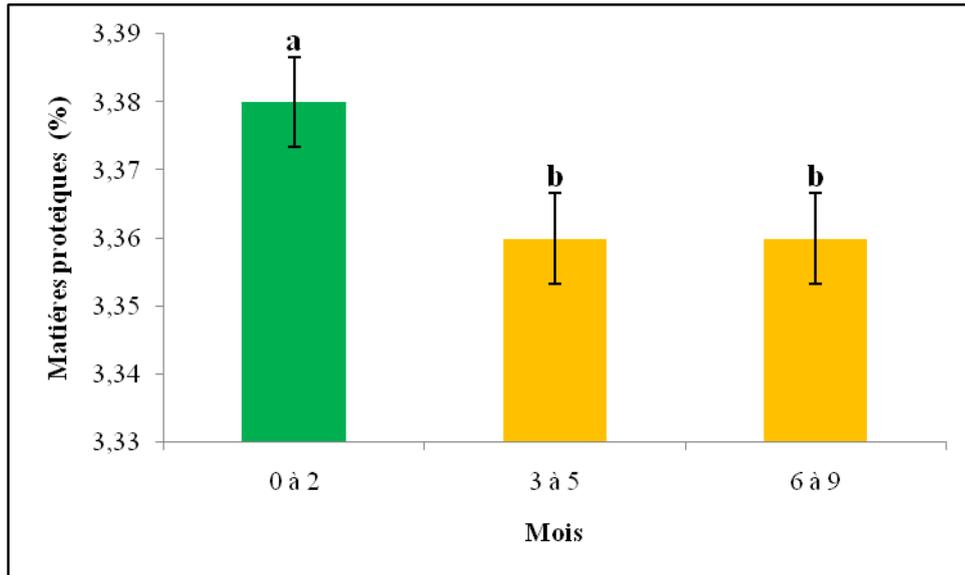


Figure 27. Effet du stade de lactation sur le taux de matières protéiques du lait de chammelles

Les teneurs en protéines dans le lait de chamelle demeurent stables et sans modification significative ($p > 0,05$) pendant la période de lactation (Tableau 12, Figure 27).

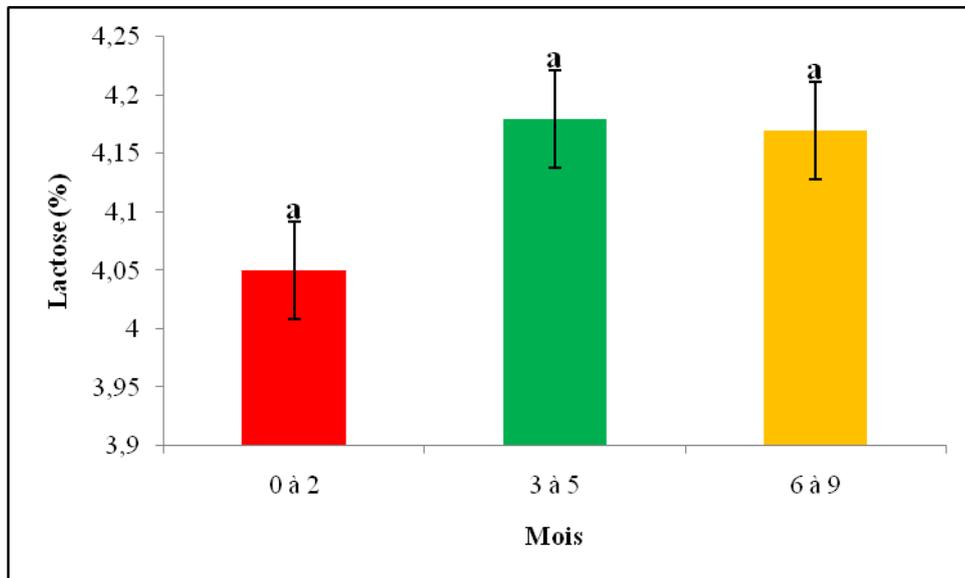


Figure 28. Effet du stade de lactation sur la teneur en lactose du lait de chammelles.

Le niveau de lactose dans le lait ne change pas avec la progression de la période de lactation, le stade de lactation n'agit pas significativement ($p > 0,05$) sur les teneurs en lactose du lait (Tableau 12, Figure 28).

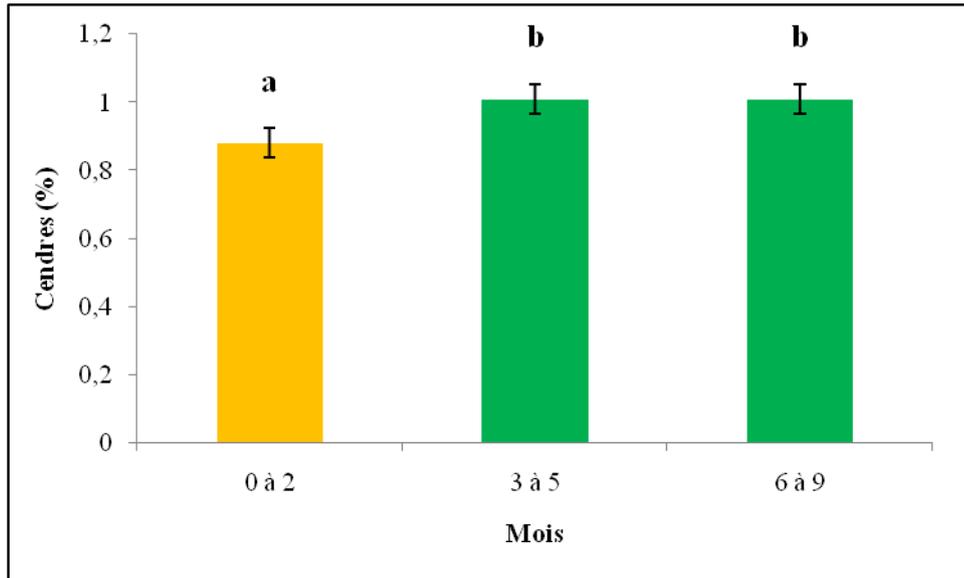


Figure 29. Effet du stade de lactation sur la teneur en cendres du lait de chammelles

La teneur en cendres varie significativement ($p < 0,05$) avec le stade de lactation, elle est plus élevée au milieu et à la fin de la lactation (Tableau 12, Figure 29).

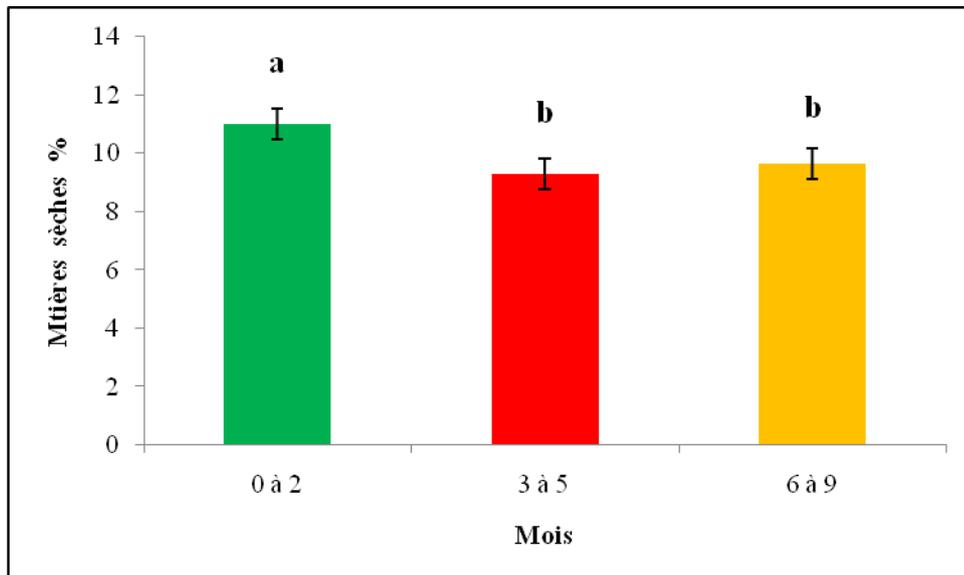


Figure 30. Effet du stade de lactation sur le taux en matières sèches du lait de chammelles

Les valeurs moyennes en matières sèches sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) au premier stade de la lactation par rapport au deuxième et au troisième stade.

2.1.1.4. Corrélations entre les différents paramètres étudiés

Les corrélations entre les différents paramètres étudiés sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13. Matrice des coefficients de corrélations (r) entre la production et les paramètres physicochimiques du lait de chèvres (n = 153).

	pH	Acidité	Densité	MG	MP	Lactose	Cendres	MS
Production laitière	0,035	- 0,131	- 0,153	- 0,034	- 0,010	0,028	0,045	- 0,195*
pH		-0,197*	0,085	0,086	0,015	- 0,022	- 0,005	0,011
Acidité			- 0,039	0,111	0,073	- 0,112	0,142	- 0,057
Densité				0,221**	0,095	- 0,100	- 0,154	0,074
MG					0,797**	0,136	0,243**	0,036
MP						0,247**	0,336**	- 0,023
Lactose							0,633**	- 0,317**
Cendres								- 0,439**

Tous les coefficients de corrélations de Pearson sont significatifs lorsque : $P < 0,05$, * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, MG = matières grasses, MP= matière protéiques, MS = matières sèches.

La production laitière est négativement corrélée avec la densité, l'acidité, les matières grasses et les matières protéiques mais pas de façon significative ($p > 0,05$). Cependant, une corrélation significative négative ($P < 0,05$) entre la production laitière et la teneur en matière sèche a été enregistrée. D'autre part, les corrélations « densité avec MG, MG avec MP et cendres, MP avec lactose et cendres, lactose avec cendre » étaient positives ($p < 0,05$). Néanmoins, une corrélation significative négative ($P < 0,01$) a été observée entre la teneur en MS avec celles en lactose et en cendres.

2.2. Comparaison de l'efficacité des tests de dépistage de mammite subclinique chez les chèvres laitières

Un total de 153 échantillons provenant de 17 chèvres en lactation ont été soumis à l'examen bactériologique, 84 échantillons ont été classés comme positive (croissance de 5 colonies ou plus identiques), 47 échantillons ont été classés comme négatifs (il n'y avait pas

de croissance) et 22 échantillons ont été considérés comme contaminés (croissance de deux types morphologiques ou plus).

La sensibilité, la spécificité, la valeur prédictive et la précision de différents seuils utilisés pour le pH, la CE, le CMT et le CCS, ont été indiqués respectivement dans les tableaux (14, 15, 16 et 17).

Tableau 14. Analyse des valeurs du pH obtenues en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.

Valeurs observées	Valeurs de seuil de pH		
	$\geq 6,40$	$\geq 6,55$	$\geq 6,60$
Sensibilité (%)	62,06	66,66	65,11
Spécificité (%)	20,00	38,02	36,36
Valeur prédictive positive (%)	85,71	47,61	33,33
Valeur prédictive négative (%)	6,38	57,44	68,08
Précision (%)	57,25	51,14	45,80

Les résultats de l'étude ont montré que la bonne combinaison de la sensibilité, de la spécificité, de la valeur prédictive positive et de la valeur prédictive négative du test de pH a été obtenue au seuil de 6,55, avec des valeurs de 66,66%, 38,02%, 47,61% et 57,44%, respectivement (Tableau 14).

Tableau 15. Analyse des valeurs de conductivité électrique obtenues en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.

Valeurs observées	Valeurs de seuil de CE (mS/cm)		
	$\geq 6,5$	$\geq 7,2$	$\geq 7,5$
Sensibilité (%)	59,52	47,61	31,32
Spécificité (%)	36,17	59,57	78,72
Valeur prédictive positive (%)	62,5	67,79	72,22
Valeur prédictive négative(%)	33,33	38,88	39,36
Précision (%)	51,14	51,90	48,46

Pour la conductivité électrique, la bonne combinaison de la sensibilité, de la spécificité, de la valeur prédictive positive et de la valeur prédictive négative ont été observés pour le

seuil de 7,2 mS / cm, avec des valeurs de 47,61%, 59,57%, 67,79% et 38,88%, respectivement (Tableau 15).

Tableau 16. Analyse des valeurs de CMT obtenues en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.

Valeurs observées	Valeurs de seuil de CMT	
	<u>Score trace positif</u>	<u>Score trace négatif</u>
Sensibilité (%)	11,90	39,28
Spécificité (%)	97,87	72,34
Valeur prédictive positive (%)	90,90	71,73
Valeur prédictive négative(%)	38,83	40
Précision (%)	42,74	51,14

Les résultats indiquent que la bonne combinaison de la sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et de la valeur prédictive négative du test CMT a été obtenue lorsqu'on considère le score trace de CMT positif, avec des valeurs de 39,28%, 72,34%, 71,73% et 40% respectivement (Tableau 16).

Tableau 17. Analyse des valeurs de CCS obtenues en comparaison avec les résultats de la culture bactériologique.

Valeurs observées	Valeurs de seuil de CCS (cellules/ml)		
	$\geq 200,000$	$\geq 240,000$	$\geq 300,000$
Sensibilité (%)	7,80	72,61	40,47
Spécificité (%)	40,42	59,57	74,46
Valeur prédictive positive (%)	68,88	81,33	73,71
Valeur prédictive négative(%)	46,34	58,92	41,17
Précision (%)	61,83	71,75	52,67

La meilleure combinaison de sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et valeur prédictive négative du test CCS a été enregistrée lors de l'utilisation d'un seuil de 240 000 cellules / ml, avec des valeurs de 72,61%, 70,21%, 81,33% et 58,92% respectivement (Tableau 17).

La comparaison des caractéristiques des seuils considérés et des valeurs d'accord et de corrélation de divers indicateurs pour les tests directs de dépistage des infections mammaires sous cliniques, en comparaison avec la culture bactérienne (voir tableau 18).

Tableau 18. Comparaison des caractéristiques des seuils considérés, des valeurs d'accord et de corrélation de différents tests indirects en comparaison avec les résultats de la culture bactérienne.

Valeurs observées	Les seuils considérés			
	pH	CE (mS/cm)	CMT	CCS (cell/ml)
	≥6,55	≥7,2	<u>Score trace positif</u>	≥240,000
Sensibilité (%)	66,66	47,61	39,28	72,61
Spécificité (%)	38,02	59,57	72,34	70,21
Valeur prédictive positive (%)	47,61	67,79	71,73	81,33
Valeur prédictive négative(%)	57,44	38,88	40,00	58,92
Précision (%)	51,14	51,90	51,14	71,75
Kappa	0,046	0,064	0,099	0,411
Khi-deux (valeur de p)	0,577	0,427	0,181	0,000
R (corrélation de Phi)	0,049	0,069	0,117	0,415

Corrélation significative si le $P < 0,05$, corrélation non significative si le $P > 0,05$, faible accord si $K < 0,04$, bon accord si $0,75 < K > 0,04$, excellent accord si la valeur $K > 0,75$.

Le test du khi-deux avec: $p < 0,05$ indique un accord entre les résultats obtenus pour les tests de diagnostic et le résultat de la culture bactérienne, $P > 0,05$ indique un désaccord entre les résultats obtenus des tests de diagnostic et le résultat du test de culture bactérienne. * Corrélation significative à un degré de liberté $p = 0,05$.

Le tableau ci-dessus montre que parmi les quatre tests, le CCS a la sensibilité la plus élevée (72,61%), suivi par le pH (66,66%), la CE (47,61%) et le CMT (39,28%). Cependant, le CMT est plus spécifique (72,34%) que le CCS (70,21%), la CE (59,57%) et le pH (38,02%), respectivement.

L'analyse statistique de Kappa a révélé que le CCS avait un bon accord ($k = 0,411$) avec la culture bactériologique. Cependant, une mauvaise concordance a été enregistrée entre le test de référence et les tests du pH, CE et CMT avec des valeurs de ($k = 0,046$), ($k = 0,064$) et ($k =$

0,099), respectivement. En outre, sur la base du khi-deux test, seul le CCS avait un accord ($p < 0,05$) avec les résultats de l'examen bactériologique.

Le CCS a montré la corrélation la plus élevée ($r = 0,415$, $p < 0,05$) avec la culture bactériologique, suivi du CMT ($r = 0,117$, $p > 0,05$), EC ($R = 0,069$, $p > 0,05$) et le pH ($r = 0,049$, $p > 0,05$), qui ont montré respectivement une mauvaise corrélation avec la culture bactérienne.

La comparaison des caractéristiques de divers tests de diagnostic des mammites subcliniques entre les différentes études est illustrée dans le Tableau 19.

Tableau 19. Comparaison des caractéristiques du pH, CE, CMT et CCS enregistrées dans la présente étude avec les résultats des autres auteurs.

Auteurs	Test	Sensibilité	Spécificité	Test de référence
L'étude actuelle	pH	66,66	38,02	Culture bactérienne
Langer et coll. (2014) (vaches)		56,84	61,1	Culture bactérienne
L'étude actuelle	CE	47,61	59,57	Culture bactérienne
Langer et coll. (2014) (vaches)		25	87,1	Culture bactérienne
Reddy et coll. (2014) (vaches)		56,52	84,84	Culture bactérienne
L'étude actuelle	CMT	39,28	72,34	Culture bactérienne
Sharma et coll. (2010) (vaches)		86,07	59,70	Culture bactérienne
Pradieé et coll. (2012) (brebis)		28,67	87,06	Culture bactérienne
Langer et coll. (2014) (vaches)		60,1	62,7	Culture bactérienne
Reddy et coll. (2014) (vaches)		71,07	75,75	Culture bactérienne
L'étude actuelle	CCS	72,61	70,21	Culture bactérienne
Sharma et coll. (2010) (vaches)		88,60	97,76	Culture bactérienne
Pradieé et coll. (2012)(brebis)		13,33	95,29	Culture bactérienne
Langer et coll. (2014) (vaches)		39,8	84,8	Culture bactérienne
Reddy et coll. (2014) (vaches)		65,21	78,78	Culture bactérienne

D'après le tableau ci-dessus, il existe de grandes variations entre les résultats des différentes études, ces différences indiquent une large gamme de propriétés possibles des tests de dépistages des mammites.

2.3. Bactéries associées aux mammites subcliniques chez les chèvres

L'ensemble des résultats des analyses bactériologiques des échantillons de lait de chèvres sont regroupés dans le tableau 20 et illustrés dans la figure 31.

Tableau 20. Nature de la flore bactérienne des échantillons de lait de chèvres.

Nature des isolats	Nombre	Pourcentage (%)
Échantillons positifs	106	69,28
Nature des échantillons	84	54,90
	21	13,73
	1	0,65
Échantillons négatifs	47	30,72
Total	153	100

Parmi les 106 échantillons de lait examinés positifs, on trouve une infection pure (une seule espèce bactérienne), une infection mixte (deux espèces bactériennes ou plus) et une culture contaminée, avec des valeurs respectives de 84 (54,90%), 21 (13,73%) et 1 (0,65%).

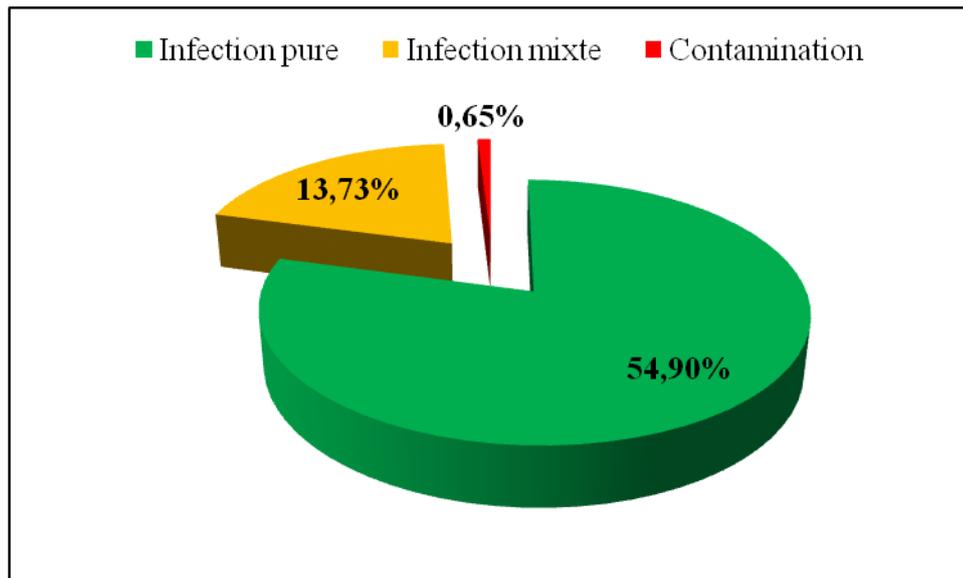


Figure 31. Résultats globaux des analyses bactériologiques des échantillons de lait de chamelles.

D’après le tableau et la figure ci-dessus, Il ressort clairement que l’infection pure est plus fréquente par rapport aux infections mixtes ou cultures contaminées.

Le nombre et le pourcentage des différents types de bactéries rencontrés dans les mammites subcliniques chez les chamelles sont indiqués dans le tableau 21 et la figure 32.

Tableau 21. Nombre et pourcentages des différents types de bactéries isolées dans les échantillons de lait de chamelles.

Isolats	Nombre	Pourcentage %
<i>Staphylococcus Coagulase Negative (SCN)</i>	39	46,43
<i>Enterobacteriaceae</i>	16	19,05
<i>Staphylococcus Coagulase Positive (SCP)</i>	15	17,86
<i>Micrococcus sp.</i>	6	7,14
Autres bactéries	8	9,52
Total	84	100

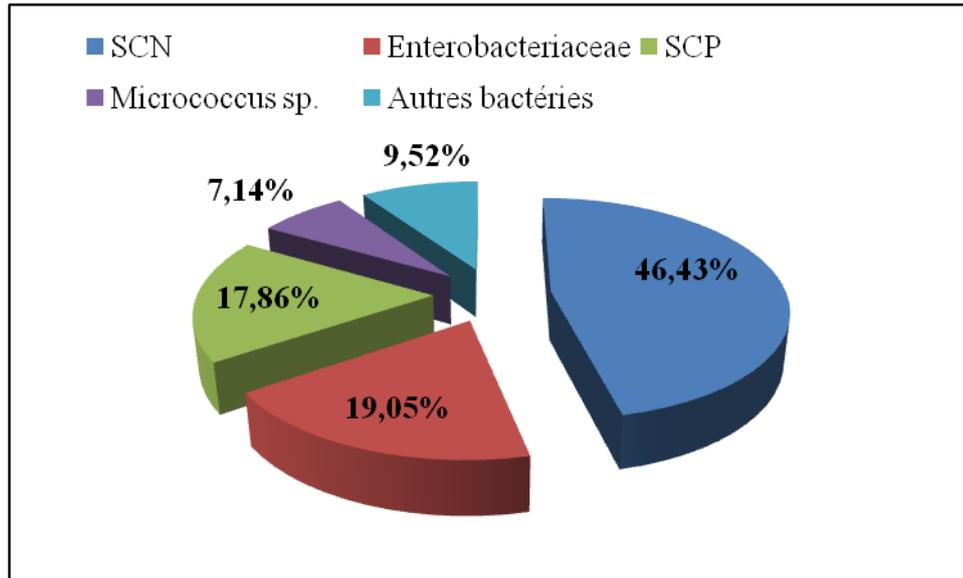


Figure 32. Pourcentages des bactéries isolées à partir des échantillons de lait de chamelles.

Le tableau 21 et la figure 32 révèlent que les staphylocoques coagulases négatives (SCN) étaient les organismes les plus impliqués dans l'apparition des mammites subcliniques chez les chamelles (46,43%). Les *Enterobacteriaceae* (19,05%), viennent en seconde position, suivi de *Staphylocoques coagulase positifs* (CPS) (17,86%), tandis que les pourcentages de *Micrococcus sp.* (7,14%) et d'autres bactéries (9,52%) étaient faibles.

Tableau 22: Nombre et pourcentage des mammites subcliniques des échantillons de lait de chamelles pendant les différentes phases de lactation.

stade de lactation (mois)	0-2	3-5	6-9	Total
Nombre des échantillons	51	51	51	153
Nombre et pourcentage des échantillons positifs	29 (56,86 %)	24 (47,06%)	31 (60,78%)	84 (54,90%)
Effet de stade de lactation (valeur de p)	NS	NS	NS	0,349

* p< 0.05, ** p< 0.01, NS: non significatif p> 0.05.

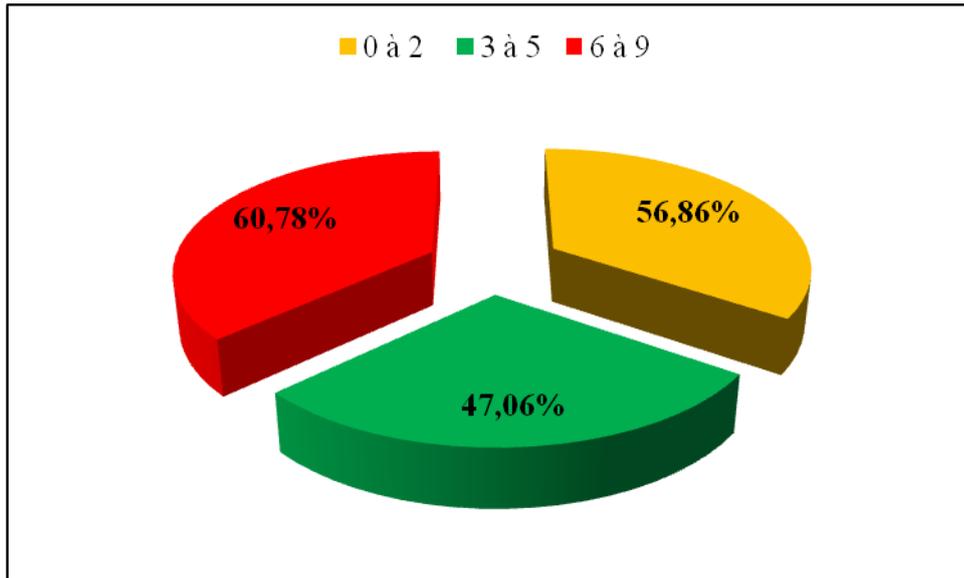


Figure 33. Pourcentage de mammite subclinique des échantillons de lait des chamelles en fonction du stade de lactation

Comme indiqué dans le tableau 22 et la figure 33, les pourcentages des mammites subcliniques des échantillons de lait de chamelles analysés dans cette étude ; au début, au milieu et en fin de lactation étaient très proches. Les taux d'infections mammaires subcliniques ne sont pas significativement affectés par le stade de la lactation ($p > 0,05$).

Le tableau 23 montre les espèces bactériennes isolées et identifiées à partir des échantillons de lait de chamelles.

Tableau 23. Nombre et pourcentages des espèces bactériennes isolées à partir des échantillons de lait de chamelles.

Résultats de Gram		Espèces bactériennes	Nombre	Pourcentage %
Gram positif	<i>Staphylococcus Coagulase Négative (SCN)</i>	<i>S.arlettae</i>	10	11,91
		<i>S.muscae</i>	8	9,53
		<i>S.epidermidis</i>	5	5,95
		<i>S.saccharolyticus</i>	5	5,95
		<i>S.cohnii</i>	4	4,77
		<i>S.succinus</i>	3	3,57
		<i>S.saprophyricus</i>	2	2,38
		<i>S.auricularis</i>	1	1,19
		<i>S.capitis</i>	1	1,19
	<i>Staphylococcus Coagulase Positive (SCP)</i>	<i>S.aureus</i>	6	7,14
		<i>S.hyicus</i>	6	7,14
		<i>S.intermedius</i>	3	3,57
	<i>Microcoques</i>	<i>Micrococcus sp.</i>	6	7,14
	<i>Streptocoques</i>	<i>Streptococcus sp.</i>	2	2,38
Gram négatif	<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Escherichia coli</i>	9	10,72
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	2,38
		<i>Providencia sp.</i>	2	2,38
		<i>Morganella morganii</i>	1	1,19
		<i>Proteus mirabilis</i>	1	1,19
		<i>Serratia sp.</i>	1	1,19
	Autres bactéries	<i>Bacillus cereus</i>	3	3,57
		<i>Aeromonas hydrophila</i>	1	1,19
		<i>Achromobacter sp.</i>	1	1,19
		<i>Flavobacterium sp.</i>	1	1,19
		Total	84	100

D'après le tableau ci-dessus, les espèces bactériennes les plus isolées étaient des espèces de *staphylocoques* à *coagulase négative* (SCN) représentées par : *S.arlettae* (11,91%), *S.muscae* (9,53%), *S .épidermidis* (5,95%), *S. saccharolyticus* (5,95%), *S.cohnii* (4,77%), *S. succinus* (3,57%), *S. saprophyticus* (2,38%), *S. auricularis* (1,19%) et *S. capitis* (1,19%), respectivement. Bien que, les espèces *staphylocoques* à *coagulase positive* (SCP), *S. aureus* (7,14%) et *S. hyicus* (7,14%) étaient la cause de la plupart des infections subcliniques chez les chamelles, suivi de *S. intermedius* (3,57%), respectivement. Cependant, parmi les espèces des *Enterobacteriaceae* isolées, l'*Escherichia coli* (10,72%) était dominante, suivi de *Pseudomonas aeruginosa* (2,38%), *Providencia sp.* (2,38%), *Morganella morganii* (1,19%), *Proteus mirabilis* (1,19%) et *Serratia sp.* (1,19%). Néanmoins, d'autres bactéries ont été isolées telles que : *Micrococcus sp.* (7,14%), *Bacillus cereus* (3,57%), *Streptococcus sp.* (2,38%), *Aeromonas hydrophila* (1,19%), *Achromobacter sp.* (1,19%) et *Flavobacterium sp.* (1,19%).

3. Discussion

3.1. Production laitière et paramètres physico-chimiques du lait de chameelles

3.1.1. Production laitière

Dans la présente étude, la moyenne globale de la production laitière journalière obtenue était dans la fourchette rapportée par d'autres chercheurs (Chehema, 2003 ; Siboukeur, 2007 ; Babiker et El-Zubeir., 2014). Cependant, cette valeur est légèrement supérieure à celle rapportée par Zeleke et Bekele (2000) (1,5 à 3 l / jour) dans l'Est de l'Éthiopie. En outre, la durée de la lactation dans cette étude est plus élevée que celle rapportée par Babiker et El-Zubeir (2014) au Soudan, qui ont mentionné que la durée de la lactation est de 8 mois pour le même système d'élevage. Toutefois, de nombreux chercheurs (Bekele et *coll.*, 2002 ; Chehema, 2003 ; Mehari et *coll.*, 2007 ; Siboukeur, 2007 ; Mayouf et *coll.*, 2014 ; Abdalla et *coll.*, 2015) ont souligné une durée de lactation plus longue que celle indiquée dans notre étude. Cette différence peut être attribuée à la race et aux types d'animaux ainsi qu'aux différences agroécologiques (Mehari et *coll.*, 2007). De même, Al haj et Al Kanhal (2010) ont cité que les facteurs influençant la production laitière chez les camelins sont les mêmes que ceux des autres espèces laitières, parmi ces facteurs, on peut citer ; les conditions de reproduction, d'alimentation et de gestion de l'élevage, le nombre et le stade de lactation. En outre, Babiker et El-Zubeir (2014) ont observé que la production laitière des chameelles était significativement affectée par le système d'élevage, le stade de la lactation et le nombre de parité. D'autre part, Bakheit et *coll.* (2008) ont rapporté que les chameelles élevées sous un système semi-intensif produisent beaucoup plus de lait que celles élevées sous un système traditionnel (système extensif).

3.1.2. Composition physique

La valeur moyenne du pH enregistrée dans cette étude est comparable à celle rapportée par Alwan et *coll.* (2013) en Libye pour le groupe de dromadaires élevés dans des fermes. Mais, elle est supérieure aux valeurs rapportées par Siboukeur (2007) et Merzouk et *coll.* (2013). Cependant, d'autres chercheurs (Khaskheli et *coll.*, 2005 ; Abbas et *coll.*, 2013) ont signalé des valeurs du pH plus élevées. En effet, les variations des valeurs du pH du lait d'une étude à l'autre peuvent être dues aux différences dans les pratiques d'hygiène de la traite et au nombre total des microbes dans le lait (Al haj et Al Kanhal, 2010). Selon Gorban et Izzeldin (2001), le pH du lait de chamelle peut être affecté par l'alimentation de l'animal et la disponibilité de l'eau.

D'un autre côté, la moyenne globale de la densité obtenue dans cette étude est en accord avec les résultats des études antérieures (Meiloud et *coll.*, 2011 ; Babiker et El-Zubeir, 2014). Cependant, elle est plus élevée que celle rapportée par Siboukeur (2007). Cette différence peut être due à la teneur en eau dans le lait, car la densité est directement influencée par l'humidité du lait. D'autre part, Laleye et *coll.* (2008) ont rapporté que le lait de chamelle est moins visqueux que le lait de vache. C'est pour cette raison que, les éleveurs vivant dans les zones arides utilisent le lait de chamelle non seulement comme aliment nutritif, mais surtout comme substitut de l'eau et compensent ainsi le manque d'eau (Wilson, 1998).

La moyenne globale de l'acidité est dans la fourchette rapportée par d'autres rapports (Khaskheli et *coll.*, 2005 ; Meiloud et *coll.*, 2011 ; Alwan et *coll.*, 2014 ; Babiker et El-Zubeir, 2014). Cependant, elle est inférieure aux valeurs enregistrées dans les études antérieures (Siboukeur, 2007, Merzouk et *coll.*, 2013). Selon Meiloud et *coll.* (2011), le lait est de bonne qualité, si l'acidité est comprise entre 14 et 18°. Cela s'explique par le fait qu'une concentration élevée de protéines (y compris la fraction de caséine) détermine l'acidité du lait. En outre, les variations de l'acidité du lait comme le pH peuvent être attribuées aux procédures d'hygiène et au niveau de prolifération de la flore microbienne dans le lait (Al haj et Al Kanhal, 2010). Aussi, Alwan et *coll.* (2014) ont observé une augmentation graduelle de l'acidité titrable du lait de chammelles élevées dans des fermes en comparaison avec celles en liberté dans le désert (système d'élevage extensif). En outre, Shuipe et *coll.* (2008) ont souligné des différences très significatives dans l'acidité du lait de chamelle entre la saison chaude (été) et la saison froide (hiver), la température élevée en saison chaude accélère l'acidification du lait par les bactéries. En revanche, le lait de chamelle est caractérisé par un effet tampon plus important par rapport au lait de vache (Abu-Tarboush, 1996), ce qui explique l'absence de relation directe entre le pH et l'acidité.

3.1.3. Composition chimique

Dans notre étude, la teneur moyenne en matières grasses est dans la fourchette rapportée par de nombreuses études (Konuspayeva et *coll.*, 2009 ; Meiloud et *coll.*, 2011 ; Babiker et El-Zubeir, 2014 ; Abdalla et *coll.*, 2015). À l'inverse, d'autres chercheurs ont rapporté des teneurs en matières grasses du lait camelin plus faibles (Siboukeur, 2007, Abbas et *coll.*, 2013 ; Musaad et *coll.*, 2013). Alors que, Merzouk et *coll.* (2013) ont enregistré un taux de matières grasses dans le lait plus élevé durant la saison froide. Ces différences peuvent être dues à la nature des aliments ingérés par les animaux, car il est reconnu que l'apport énergétique total est directement lié à la teneur en matières grasses. Également, Khaskheli et

coll. (2005) ont indiqué que la variation de la teneur en matières grasses est directement ou indirectement liée à la teneur totale en matières solides. En outre, Shuiep et *coll.* (2008) ont constaté que la teneur en matières grasses du lait de chamelle est significativement affectée par les conditions d'élevage des animaux et la saison. Pareillement, Konuspayeva et *coll.* (2009) ont observé que selon la région du monde, il existe de grandes disparités dans les teneurs en matières grasses du lait de chamelle, ils ont montré que la composition du lait des chammelles vivant en Afrique de l'Est contient des teneurs en matières grasses plus élevées que le lait de celles vivant dans le reste de l'Afrique et en Asie occidentale. En outre, Abdalla et *coll.* (2015) ont rapporté que le faible pourcentage de matières grasses dans le lait de chamelle reflète probablement une mauvaise alimentation caractérisant les zones désertiques.

Le contenu total en minéraux (cendres) est en accord avec les résultats de Khaskheli et *coll.* (2005) et Meiloud et *coll.* (2011). Cependant, de nombreuses études antérieures ont rapporté des teneurs en cendres plus basses (Siboukeur, 2007 ; Abbas et *coll.*, 2013 ; Merzouk et *coll.*, 2013 ; Musaad et *coll.*, 2013b ; Alwan et *coll.*, 2014 ; Abdalla et *coll.*, 2015). Le taux de cendres élevé du lait de chamelle observé dans cette étude peut être lié à la nature de la végétation disponible dans la zone d'étude et la nature du régime alimentaire complémentaire. Les variations du contenu en cendres sont attribuées à différents paramètres comme, la race de l'animal, son alimentation (Mehaia et *coll.*, 1995), le nombre de parités, le stade de la lactation (Abdalla et *coll.*, 2015), la saison (Shuiep et *coll.*, 2008), le mode d'élevage (Aljumaah et *coll.*, 2015), et l'apport en eau (Haddadin et *coll.*, 2008).

Dans cette étude, la moyenne globale des matières sèches est comparable aux valeurs rapportées par Khaskheli et *coll.* (2005) et Abbas et *coll.* (2013). Dans certaines études, un taux plus élevé de matières sèches a été enregistré (Siboukeur, 2007 ; Merzouk et *coll.*, 2013 ; Alwan et *coll.*, 2014). Les variations de la teneur en matières sèches peuvent être une conséquence de l'effet négatif du stress thermique sur l'apport alimentaire et donc sur la teneur en protéines, matières grasses et lactoses (Silanikove, 2000). Pareillement, Abdalla et *coll.* (2015) ont signalé que le stade de la lactation et le nombre de parités affectent d'une manière significative la teneur en matières sèches du lait de chamelle, ainsi que d'autres facteurs comme les conditions d'élevage (Alwan et *coll.*, 2014) et la saison (Shuiep et *coll.*, 2008). D'un autre côté, Alwan et *coll.*, (2014) ont conclu à l'existence d'une relation inversée ente le taux en matières sèches et la teneur en eau dans le lait c'est-à-dire que le contenu en matière sèche dans le lait diminue considérablement lorsque la quantité en eau dans le lait frais de chamelle augmente et inversement lorsque la quantité d'eau diminue.

Le taux moyen en protéines obtenue reste dans la fourchette rapportée par les études antérieures (Konuspayeva et *coll.*, 2009 ; Musaad et *coll.*, 2013b ; Alwan et *coll.*, 2014 ; Babiker et El Zubeir, 2014 ; Abdalla et *coll.*, 2015). Cependant, d'autres rapports, indiquent des valeurs en protéines plus basses que celles de notre étude (Merzouk et *coll.*, 2013 ; Alwan et *coll.*, 2014). Cette différence peut être due aux différents modes d'élevage ainsi qu'à la quantité et à la qualité de l'alimentation disponible, sans oublier le facteur génétique. Également, Khaskheli et *coll.*, (2005) ont signalé que le changement dans la teneur en protéines du lait peut être attribué à la race de l'animal, la zone géographique, le type de plantes dans les pâturages, l'âge, le nombre de chameaux, la période de lactation et le système de gestion du troupeau.

La teneur en lactose enregistrée dans cette étude est proche de celle obtenue par d'autres chercheurs (Konuspayeva et *coll.*, 2009 ; Meiloud et *coll.*, 2013 ; Musaad et *coll.*, 2013b ; Babiker et El Zubeir, 2014 ; Abdalla et *coll.*, 2015). Cependant, Khaskheli et *coll.* (2005) ont rapporté une teneur plus faible en lactose dans le lait camelin. D'un autre côté, notre résultat reste inférieur à celui rapporté dans certaines études antérieures (Siboukeur, 2007 ; Alwan et *coll.*, 2014). Le large écart de la teneur en lactose peut être attribué au type de plantes ingérées par l'animal dans le désert (Khaskheli et *coll.*, 2005). Les dromadaires préfèrent habituellement des plantes halophiles telles que l'Atriplex, Salosa et l'Acacia pour répondre à leurs besoins physiologiques (les sels) (Yagil, 1982). Les variations physiologiques du taux de lactose dans le lait de chamelle étaient moins importantes que celles des protéines et des matières grasses, chez les dromadaires (Wangoh et *coll.*, 1998) et les chameaux (Zhang et *coll.*, 1998). Selon Haddadin et *coll.* (2008), la teneur en lactose du lait de chamelle de certaines races de dromadaires dans différentes parties du monde ne varie que légèrement.

3.1.4. Effet du stade de lactation sur la production et la composition du lait

Dans la présente étude, la production laitière est significativement ($p < 0,05$) affectée par le stade de lactation. La production laitière la plus élevée a été enregistrée au milieu de la lactation, alors que, au dernier stade de la lactation, elle a progressivement diminué à des niveaux similaires à ceux enregistrés au début de la lactation. Cette constatation est en accord avec les résultats antérieurs d'Abdalla et *coll.* (2015), Al-Saiady et *coll.* (2012) et Mehari et *coll.* (2007). Cependant, ces résultats ne sont pas similaires à ceux de Babiker et El-Zubeir (2014) et Zeleke (2007), qui ont signalé qu'il n'y avait pas de diminution significative du lait du début et jusqu'au 9ème mois de la lactation. L'augmentation de la production laitière au milieu de la lactation peut être due à la croissance accrue du nombre de cellules sécrétrices

dans le pis ou de l'activité sécrétoire accrue du tissu mammaire ou les deux (Hernandez et coll., 2015). D'autre part, de nombreux auteurs ont signalé que la production laitière est affectée par le stade de la lactation et le nombre de mises bas (Al-Saiady et coll., 2012 ; Musaad et coll., 2013b ; Babiker et El-Zubeir, 2014 ; Abdalla et coll., 2015), les races (Elobeid et coll., 2015), l'intervalle entre les traites, le type d'aliment (Al-Saiady et coll., 2012), la saison de mise bas (Musaad et coll., 2013b ; Abdalla et coll., 2015), la mortalité des chamelons (Abdalla et coll., 2015) et les systèmes d'élevage (Bekele et coll., 2002 ; Mehari et coll., 2007 ; Babiker et El-Zubeir, 2014).

Dans cette étude, la plupart des composants du lait de chamelle étudiés sont significativement ($P < 0,05$) affectés par le stade de lactation, ce qui est conforme aux résultats rapportés par d'autres chercheurs (Aljumaah et coll., 2012 ; Al-Saiady et coll., 2012 ; Babiker et El-Zubeir, 2014 ; Abdalla et coll., 2015). Les résultats de l'étude actuelle indiquent que l'acidité du lait de chamelle est plus élevée au troisième stade de la lactation, alors que la densité est plus élevée au deuxième stade. Cependant, ces résultats sont en désaccord avec ceux de Babiker et El-Zubeir (2014) qui ont signalé que la densité et l'acidité du lait de chamelle ne sont pas affectées par le stade de la lactation. Selon Siboukeur (2007), la densité du lait dépend directement de la teneur en matière sèche cette dernière est fortement liée à la fréquence d'abreuvement de l'animal.

Dans la présente étude, les taux de matières grasses et de matières sèches sont plus élevés au cours de la première étape de la lactation (tableau 12). Des résultats similaires ont également été observés par Zeleke (2007), qui a constaté que les taux de matières grasses et de matières sèches étaient plus élevés au cours des 6 premiers mois de la lactation ainsi que par Al-Saiady et coll. (2012) et Haddadin et coll. (2008). En outre, le contenu en cendres est plus faible au début de la lactation, ce qui est en accord avec les résultats d'El-Hatmi et coll. (2007) qui ont rapporté que la teneur en cendres a augmenté pendant la lactation et a atteint son maximum au moment du pic de lactation vers la 40^e semaine de la lactation.

En outre, l'étude actuelle a démontré que la présence de la plupart des constituants du lait de chamelle était plus faible pendant la deuxième et la troisième phase de la lactation (tableau 12). Ceci peut être expliqué par l'augmentation de la teneur en eau dans le lait pendant la dernière étape de la lactation (Aljumaah et coll., 2012). Ces résultats confirment ceux de Zeleke (2007), qui a démontré que la teneur en matières grasses a progressivement diminué, passant de 11,7% au début de la lactation à 10,1% à la fin. De plus, Konuspayeva et

coll. (2010a) ont indiqué que la teneur en matières grasses a diminué tout au long de la période de lactation.

Néanmoins, aucun effet significatif ($p > 0,05$) du stade de lactation sur la teneur en lactose n'a été observé dans notre étude. Ce résultat est en accord avec les résultats d'Abdalla et *coll.* (2015) qui ont observé l'absence de différences significatives dans la teneur en lactose entre les différentes phases de la lactation. De plus, Haddadin et *coll.* (2008) ont montré que le lactose est le seul composant du lait qui reste stable pour les différentes saisons.

En outre, aucun effet significatif ($p > 0,05$) du stade de lactation sur les teneurs en protéines n'a été observé dans cette étude. Ce résultat est en désaccord avec les résultats des autres chercheurs (Zelege, 2007 ; Haddadin et *coll.*, 2008 ; Aljumaah et *coll.*, 2012 ; Babiker et El- Zubeir, 2014) qui ont mentionné que le pourcentage le plus élevé de protéines du lait de chamelle a été enregistré au premier stade de la lactation puis diminue pendant le reste de la période de lactation. Cela peut être dû à la nature des aliments disponibles et au régime alimentaire riche en protéines qui a produit un lait riche en protéines (Parraguez et *coll.*, 2003). Les variations du contenu protéique du lait peuvent être attribuées à plusieurs facteurs tels que la race (Konuspayeva et *coll.*, 2010a ; Elobeid et *coll.*, 2015), la localisation géographique (Khaskheli et *coll.*, 2005), le nombre de parités (Zelege, 2007 ; Aljumaah et *coll.*, 2012 ; Babiker et El Zubeir, 2014 ; Mustafa et *coll.*, 2014 ; Abdalla et *coll.*, 2015 ; Elobeid et *coll.*, 2015), la saison de mise bas (Musaad et *coll.*, 2013, Abdalla et *coll.*, 2015), les modes d'élevage (Aljumaah et *coll.*, 2012 ; Alwan et *coll.*, 2014 ; Babiker et El-Zubeir, 2014)) et la fréquence de la traite (Nagy et *coll.*, 2013).

3.1.5. Corrélations entre les différents paramètres étudiés

Dans la présente étude, la plupart des paramètres étudiés ont montré des corrélations négatives avec la production laitière. Ces résultats sont en accord avec ceux de Musaad et *coll.* (2013b) et Elobeid et *coll.* (2015), respectivement, ces corrélations négatives sont attribuées à l'effet de la dilution (Musaad et *coll.*, 2013b).

Cependant, un coefficient de corrélation positif a été enregistré entre la production laitière, le pH, le lactose et la teneur en cendres du lait, respectivement. Ces résultats sont en accord avec les résultats d'Elobeid et *coll.* (2015), qui ont signalé que le pH et le taux en cendres du lait étaient positivement corrélés avec la production laitière. En revanche, Musaad et *coll.* (2013b) ont observé une corrélation significative négative ($p < 0,05$) entre la production laitière et les paramètres précédemment cités.

Les corrélations observées entre la majorité des paramètres inclus dans cette étude (tableau 3) sont en accord avec les résultats de Musaad et *coll.* (2013b) et Elobeid et *coll.* (2015), à l'exception de la corrélation négative entre la densité et le lactose ainsi que la densité et les cendres. Dans la présente étude, seule la corrélation significative positive ($p < 0,05$) entre les matières grasses et les protéines était forte ($r = 0,797$). Selon Konuspayeva et *coll.* (2010b), la corrélation positive entre les matières grasses et les protéines dans le lait est un résultat classique pour les mammifères.

3.2. Comparaison de l'efficacité des tests de dépistage des mammites subcliniques chez les chameilles

La connaissance de l'efficacité des différents tests de dépistage des mammites subcliniques est impérative pour la réussite du contrôle et du traitement de cette maladie chez les animaux d'élevage. Beaucoup d'études antérieures ont été publiées sur différentes espèces animales telles que les caprins (Ghasemzadeh-Nava et *coll.*, 2008), les ovins (Pradieé et *coll.*, 2012) et les bovins (Langer et *coll.*, 2014, Reddy et *coll.*, 2014)

Au contraire, il y a très peu d'études sur ce sujet pour les dromadaires. La culture bactérienne est la méthode standard pour le dépistage des mammites chez les chameilles (Tuteja et *coll.*, 2013). Elle est appliquée sur des échantillons individuels (lait de quartier individuel) ou sur des échantillons de mélange, y compris du lait de tous les quartiers. Dans un programme de contrôle des mammites, le coût de la culture bactériologique dans le laboratoire peut être considérablement réduit en utilisant des tests indirects sur les échantillons de lait et ensuite en cultiver les échantillons positifs (Abdurahman et *coll.*, 1995; Almaw et Molla, 2000). Cependant, ces tests sont indirects et ne détectent que les changements inflammatoires. En outre, l'intensité de l'inflammation peut être estimée qualitativement par CMT et quantitativement par le CCS. Ces deux tests sont utilisés comme des outils de diagnostic pour détecter les infections mammaires subcliniques chez les chameilles (Eberlein, 2007; Saleh et Faye, 2011). Par ailleurs, les variations de la conductivité électrique du lait lors d'infections mammaires (Ali et *coll.*, 2016) et le pH du lait peuvent être utilisés pour détecter les mammites chez la chameille (Tuteja et *coll.*, 2003).

Il résulte de la présente étude, que la bonne combinaison de la sensibilité et de la spécificité du test de pH a été obtenue lors de l'utilisation d'un seuil de 6,55. Cependant, ce résultat est en désaccord avec celui de Tuteja et *coll.*, (2013) qui ont signalé qu'un seuil de pH de 6.4 ou plus est un bon indicateur de la présence des mammites subcliniques chez les chameilles laitières. La sensibilité du pH enregistrée dans ce travail est supérieure à celle

rapportée par Langer et *coll.* (2014) chez les vaches. Cependant, la spécificité de ce test est beaucoup plus basse que celle observée par ces auteurs, la faible spécificité notée pour le test du pH suggère que la mesure du pH du lait n'est pas une méthode appropriée pour la détection des mammites subcliniques chez la chamelle. En effet, selon Gorban et Izzeldin (1997), le pH du lait camelin peut dépendre de la nature du fourrage ingéré par l'animal et de la disponibilité de l'eau. De la même façon, d'autres facteurs peuvent affecter le pH du lait comme la production laitière, le stade de lactation, la composition du lait et le temps d'attente pour la mesure du pH entre chaque échantillon de lait. Cependant, Ali et *coll.* (2016) ont rapporté une augmentation du pH des échantillons de lait des chamelles atteintes de mammites subcliniques par rapport à celles non infectées.

L'étude actuelle indique qu'un seuil de 7,2 mS / cm a montré une bonne combinaison de sensibilité et de spécificité de la conductivité électrique dans le dépistage des infections mammaires subcliniques. Ce résultat est comparable à celui rapporté par Ali et *coll.* (2016). Dans cette étude, la sensibilité et la spécificité de la conductivité électrique des échantillons de lait enregistrés étaient inférieures à celles notées par Reddy et *coll.* (2014). En effet, sur la base de ce résultat, la conductivité électrique ne peut pas être utilisée comme un test indirect pour détecter la présence des mammites subcliniques chez la chamelle. Ce résultat est en accord avec les études antérieures (Younan et *coll.*, 2001; Eberlein, 2007).

L'infection mammaire n'est pas la seule circonstance qui cause le changement de la conductivité électrique du lait, mais il existe plusieurs facteurs qui peuvent influencer ce paramètre tels que, la température du lait, la densité, la teneur en eau, les taux en matières grasses et en protéines et la race de l'animal (Elobeid et *coll.*, 2015).

L'utilisation des seuils de CCS et CMT comme indicateurs des mammites subcliniques chez les camelins est récent et n'est pas commun. En effet, selon Merin et *coll.* (2004), les valeurs de CCS pour la mamelle infectée sont plus faibles chez la chamelle en comparaison avec les autres ruminants. Notre étude a montré que la bonne combinaison de sensibilité et de spécificité de CCS et de CMT dans la détection des mammites subcliniques a été acquise lors de l'utilisation d'un seuil de 240 000 cell/ml et lorsque le score trace de CMT a été considéré positif, respectivement. Ce résultat est soutenu par celui rapporté par Alamin et *coll.* (2013) qui ont suggéré que le seuil de CCS supérieur à $2,5 \times 10^5$ cell / ml peut être considéré comme un indicateur d'une infection mammaire chez la chamelle.

La sensibilité de la CMT observée dans notre étude est inférieure à celle rapportée par Younan et *coll.* (2001) qui ont révélé un taux variant de 68 à 77% pour les pathogènes majeures (*S. agalactiae* et *S. aureus*) chez la chamelle et celle observée par Sharma et *coll.*

(2010) chez les bovins. La spécificité du CMT enregistrée est conforme aux observations de Reddy et *coll.* (2014) chez les vaches, mais elle est inférieure à celle rapportée par Younan et *coll.* (2001) (91%) chez la chamelle. Les différents résultats observés dans ces études peuvent être attribués à la subjectivité humaine dans l'interprétation des résultats de CMT. Cependant, de nombreux chercheurs ont confirmé que le CMT peut être utilisé comme un test de dépistage des mammites subcliniques chez la chamelle (Saleh et Faye, 2011; Husein et *coll.*, 2013; Wanjohi et *coll.*, 2013).

Dans cette étude, le CCS est considéré comme plus précis, plus sensible et plus spécifique que le CMT, le pH et la conductivité électrique lorsqu'il est comparé avec la culture bactériologique. Pareillement, Kathiriya et Shah (2009) ont comparé la précision du CCS, du CMT et du pH pour la détection des mammites subcliniques chez les chèvres laitières et ils ont déterminé que le CCS est le test le plus précis. En effet, plusieurs auteurs ont confirmé que le CCS a été utilisé comme un test de dépistage des infections mammaires subcliniques chez les chèvres laitières (Bekele et Molla, 2001 ; Saleh et Faye, 2011). Cependant, Alamin et *coll.* (2013) ont signalé que le CCS ne pouvait pas être utilisé pour la détection des mammites subcliniques chez la chamelle.

L'analyse des résultats statistiques a révélé que le pH, la conductivité électrique et le test CMT avaient des accords faibles ($k = 0,046, 0,064$ et $0,099$, respectivement) et des mauvaises corrélations ($r = 0,049, 0,069$ et $0,117$, respectivement) avec la culture bactériologique. Ces résultats indiquent que l'utilisation unique d'un seul de ces tests ne convient pas au diagnostic des infections mammaires subcliniques. Également, plusieurs études antérieures (Younan et *coll.*, 2001, Bhatt et *coll.*, 2004 et Eberlein et *coll.*, 2007) ont confirmé que la conductivité électrique du lait ne peut pas être utilisée pour la détection des infections intra-mammaires sous cliniques chez la chamelle. Cependant, de nombreux auteurs (Abdel Gadir et *coll.*, 2006 ; Hawari et Hassawi, 2008 ; Saleh et Faye 2011) ont signalé qu'il y avait une corrélation positive du CMT avec la présence d'agents pathogènes de mammites dans le lait de chamelle et que le CMT est un test de dépistage utile dans la détection des mammites subcliniques et peut servir à détecter les infections mammaires causées par des agents pathogènes majeurs. Néanmoins, dans toutes ces études, seuls les échantillons positifs au CMT sont soumis à l'analyse bactérienne.

Dans la présente étude, seul le CCS a montré un bon accord ($k = 0,411$) et une bonne corrélation significative ($r = 0,415, p < 0,05$) avec les résultats de la culture bactérienne. La valeur du test de diagnostic dépend de sa précision, sa sensibilité, sa spécificité, ses valeurs

prédictives, le pourcentage d'accord et de l'applicabilité sur le terrain. Dans cette étude, le CCS est plus précis, plus sensible et plus spécifique que les trois autres tests (pH, EC et CMT) par rapport à la culture bactérienne. Pareillement, Guliye et *coll.* (2002) et Hawari et Hassawi (2008) ont signalé qu'une augmentation du nombre des cellules somatiques dans le lait de chamelle est un bon indicateur de la présence des bactéries pathogènes dans les échantillons de lait analysés. Également, Saleh et Faye (2011) ont confirmé que le CCS peut être utilisé comme un test de dépistage des mammites subcliniques chez la chamelle.

La diversité des valeurs observées entre les résultats de la présente étude et ceux des autres études (tableau 19) peut provenir de plusieurs facteurs possibles, tels que l'espèce de l'animal, l'interprétation subjective des résultats de CMT et CCS, ainsi que l'utilisation d'appareils différents pour la mesure du pH et de la conductivité électrique du lait.

3.3. Bactéries associées aux mammites subcliniques chez les chammelles

Dans cette étude, les échantillons qui contiennent une seule espèce bactérienne sont plus fréquentes (54,90%) que ceux avec plusieurs espèces bactériennes (13,73%). Cette constatation est conforme avec les résultats d'Abdurahman (2006) et de Regassa et *coll.* (2013), qui ont rapporté que les infections pures sont plus fréquentes dans les échantillons de lait présentant des mammites subcliniques chez les chammelles, par rapport aux infections mixtes. D'autre part, Younan et *coll.* (2001) ont signalé que les infections mammaires chez les chammelles en lactation sont très répandues. Généralement, les bactéries dans le lait peuvent se reproduire par colonisation de l'ouverture du canal ou de l'infection du pis (mammites cliniques ou subcliniques), ou comme contaminants (Younan, 2004). En outre, l'étude actuelle a révélé la présence d'infestations de tiques sur les mamelles engendrant des lésions de la peau et de la tétine. Par conséquent, ces lésions facilitent la contamination bactérienne et provoquent des lésions tissulaires permanentes (Megersa, 2010).

Les résultats de la présente étude indiquent que la proportion des cas de mammites subcliniques n'est pas influencée significativement par le stade de la lactation, ce résultat est en accord avec les résultats d'Ali et *coll.* (2016). Cependant, d'autres auteurs ont rapporté que le taux de mammite au premier stade de la lactation est significativement plus élevé (Ahmad et *coll.*, 2011 ; Aljumaah et *coll.*, 2011 ; Husein et *coll.*, 2013 ; Regassa et *coll.*, 2013). D'autre part, Suheir et *coll.* (2005) ont enregistré que la dernière phase de la lactation est associée à un taux élevé de mammite subclinique chez la chamelle. Les variations observées entre les différentes études peuvent être attribuées à d'autres facteurs importants rendant les chammelles plus sensibles aux infections mammaires, tels que l'hygiène lors du processus de

traite (Ahmad et coll., 2011), l'utilisation des protèges-mamelles pour éviter que les chamelons têtent à tout moments, les morsures de tiques au niveau des mamelles, la déformation des tissus mammaires à cause des buissons épineux dans les zones pastorales (Abdel-Gadir, 2014), l'âge de l'animal (Ahmad et coll., 2011), la race, le nombre de parités (Abdurhmann, 2006 ; Ahmad et coll., 2011 ; Aljumaah et coll., 2011) et le mode d'élevage (Ahmad et coll., 2011).

Parmi les isolats bactériens, les staphylocoques à coagulase négative (SCN) ont été identifiés comme la cause principale des mammites subcliniques dans les échantillons du lait de chamelles étudiés. Ce résultat est similaire à ceux rapportés par Abdurahman (2006) et Husein et coll. (2013). Cependant, Wanjohi et coll. (2013) en Ethiopie ont déclaré que *Klebsiella* / *Enterobacter* étaient les bactéries les plus isolées dans le lait de chamelles pour les mammites subcliniques suivies par les SCN respectivement. D'autres rapports affirment que les staphylocoques à coagulase positives (SCP) étaient la cause de la majorité des mammites subcliniques chez les chamelles (Ahmad et coll., 2011 ; Alamin et coll., 2013 ; Al-Juboori et coll., 2013 ; Regassa et coll., 2013). Bien que, les SCN sont connues sous le nom de pathogènes facultatifs ou mineurs spécialement isolés de la mammite subclinique (Abdel-Gadir et coll., 2005). L'apparition fréquente de staphylocoques à coagulase négative (SCN) est très probable due à la présence de ces dernières dans l'air, le sol et l'eau d'abreuvement des animaux (Kotb et coll., 2010).

Notre étude suggère que les *Enterobacteriaceae* sont la deuxième cause des mammites subcliniques chez les chamelles. Ce résultat est conforme à celui rapporté par Al-Juboori et coll. (2013) aux Emirats Arabes Unis. Contrairement à nos résultats, de nombreux auteurs ont indiqué que *Streptococcus sp* est la deuxième cause des mammites chez les chamelles (Abdurahman, 2006 ; Seifu et Tafesse, 2010 ; Ahmad et coll., 2011 ; Husein et coll., 2013 ; Regassa et coll., 2013). Cependant, Wanjohi et coll., (2013) dans leur étude en Ethiopie ont enregistré que les *Enterobacteriaceae* (*Klebsiella* / *Enterobacter* et *E. coli*) étaient les causes les plus fréquentes des infections mammaires chez les chamelles. En effet, l'environnement contaminé de l'élevage est la principale source des *Enterobacteriaceae* (Kotb et coll., 2010), et prédispose les mamelles de chamelles aux infections bactériennes.

Le pourcentage de *staphylocoques à coagulase positives* (SCP) enregistré dans cette étude est comparable à celui rapporté par Suheir et coll. (2005). Mais, il reste inférieur aux pourcentages donnés par Ahmed et coll. (2011); Alamin et coll. (2013) et Wanjohi et coll. (2013) pour les échantillons de lait des districts de Gharissa en Ethiopie. Cependant, il est

supérieur à celui enregistré par Wanjohi et *coll.* (2013) pour les échantillons de lait des districts de Wajir.

Pratiquement toutes les études et les publications concernant l'hygiène du lait ou les mammites cliniques ou subcliniques chez la chamelle, l'infection dû aux staphylocoques est fréquemment cité, à ma connaissance, il n'y a pratiquement aucune publication, même récente sur l'hygiène du lait ou sur les mammites où les staphylocoques ne sont pas mentionnés.

La présente étude a également identifié une faible proportion de *Micrococcus sp.* Ce qui est en accord avec les résultats des autres études (Saleh et Faye, 2011 ; Al-Juboori et *coll.*, 2013). Ainsi que, Regassa et *coll.* (2013) qui ont cité un pourcentage plus faible. Contrairement à nos résultats, Suheir et *coll.* (2005) et Hawari et Hassawi (2008) ont indiqué que ces organismes sont une des causes les plus importantes des mammites chez les chamelles. Cette bactérie est principalement fréquente dans l'environnement des dromadaires, en particulier dans le sol, l'air et l'eau (Kotb et *coll.*, 2010), ce qui favorise la contamination microbienne du lait. En effet, la faible fréquence de *Micrococcus sp* observée dans cette étude pourrait être attribuée à une bonne hygiène lors de la traite et dans l'élevage.

Les espèces isolées de *staphylocoques à coagulase négative* (SCN) sont *S. arlettae*, *S. muscae*, *S. epidermidis*, *S. saccharolyticus*, *S. cohnii*, *S. succinus*, *S. saprophyticus*, *S. auricularis*, *S. capite*. Cependant, Alamin et *coll.* (2013) dans leur étude, ont révélé que les espèces de SCN isolées à partir du lait de chamelles atteintes de mammites subcliniques étaient *S. epidermidis*, *S. simulans*, *S. haemolyticus*, *S. kloosii*, *S. lentus*, *S. delphini*, *S. saprophyticus*, *S. lugdunensis*, *S. sacchrolyticus*, *S. carnosus* *S. chromogenes*. Dans notre étude, *S. arlettae* et *S. muscae* suivies de *S. epidermidis* et *S. saccharolyticus* étaient les espèces les plus répandues dans les échantillons analysés, d'autres auteurs ont indiqué que *S. epidermidis* était la SCN la plus souvent isolée du lait de chamelle (Abdel Gadir et *coll.*, 2005 ; Al-Juboori et *coll.*, 2013).

Parmi les espèces isolées de *staphylocoques à coagulase positive* (CPS), *S. aureus* et *S. hyicus* ont été les plus dominantes suivie par *S. intermiduis*. Ce résultat est en accord avec les résultats de Woubit et *coll.* (2001), qui ont noté que *S. aureus* et *S. hyicus* étaient les principales causes des mammites subcliniques chez les chamelles en Ethiopie. Cependant, Alamin et *coll.* (2013) ont rapporté que *S. aureus* était la principale cause des mammites subcliniques chez les chamelles suivie par *S. intermiduis*, puis de *S. hyicus*. D'autres études ont suggéré que *S. aureus* était l'espèce bactérienne la plus isolée dans les infections intra-

mammaires chez cet animal (Seifu et Tafesse, 2010 ; Saleh et Faye, 2011 ; Al-Juboori et *coll.*, 2013 ; Husein et *coll.*, 2013). Ceci est probablement lié au fait que *S. aureus* est bien adapté pour survivre dans le pis et provoque généralement une infection subclinique légère de longue durée, à partir de laquelle il pénètre dans le lait, ce qui facilite leur transmission à des animaux sains, principalement lors de la traite (Radostits et *coll.*, 2000).

Le taux de *Streptococcus sp* isolé dans cette étude est très similaire à celui rapporté par Alamin et *coll.* (2013). Cependant, il est beaucoup plus faible que ceux enregistrés par des études antérieures (Seifu et Tafesse, 2010 ; Saleh et Faye, 2011 ; Al-Juboori et *coll.*, 2013 ; Husein et *coll.*, 2013). La faible proportion de *Streptococcus sp* peut être expliquée par la prémédication possible des animaux avec les antibiotiques. Ainsi, il a été reconnu que les mammites causées par les espèces de *Streptococcus* sont susceptibles d'être éradiquées par l'utilisation des antibiotiques (Hawari et Hassawi, 2008 ; Alqurashi et *coll.*, 2013).

Le pourcentage d'*E. coli* enregistré dans la présente étude est comparable aux résultats antérieurs de Saleh et Faye (2011) et Ahmad et *coll.* (2011). Mais, il est beaucoup plus bas que celui rapporté par Wanjohi et *coll.* (2013). Le faible taux d'isolats d'*E. coli* peut être partiellement associé aux bonnes conditions d'hygiène avant la traite et une bonne conservation du lait. Comme *E. coli* est une bactérie intestinale commune, l'isolement de cette bactérie est pris comme indicateur de contamination fécale, qui révèle les conditions d'hygiène de la traite. Ceci est important parce que les matières fécales peuvent contenir des organismes pathogènes (Wanjohi, 2014). Mais, les excréments de dromadaires sont secs et ne contaminent pas en temps normal la peau de la mamelle (Eberlein, 2007). Cependant, sa présence dans le lait ne peut pas être totalement évitée, mais seulement réduite par les bonnes pratiques hygiéniques dans l'élevage et lors de la traite.

La présente étude a également identifiée un faible taux de *Pseudomonas aeruginosa*, ce résultat est similaire à celui rapporté par Al-Juboori et *coll.* (2013). D'autres espèces bactériennes ont été isolées telles que : *Providencia sp.*, *Serratia sp.*, *Proteus mirabilis*, *Morganella morganii* et *Flavobacterium sp.*, mais avec des pourcentages très faibles, ces espèces proviennent probablement de l'environnement des chamelles. Selon Kotb et *coll.* (2010), la présence de *Providencia*, de *Serratia* et de *Proteus* est due à la contamination de l'eau et du sol. De plus, Younan (2004) a déclaré que l'hygiène du lait de chamelle brut doit être adaptée aux conditions de la production pastorale pour éviter la contamination d'origine environnementale, comparé à la contamination bactérienne initiale. D'autre part, le lait de chamelle a une activité antimicrobienne élevée par rapport à celui d'autres espèces animales et

il est capable d'inhiber l'activité des bactéries Gram positif et Gram négatif. Mais les facteurs antimicrobiens naturels ne peuvent fournir qu'une protection limitée et pour une courte période, contre les agents pathogènes spécifiques (Benkerroum et coll., 2003).

Une faible proportion de *Bacillus cereus* a été observée, ce qui est conforme aux résultats des études antérieures, indiquant que *B. cereus* n'est pas un agent pathogène important pouvant causer des mammites subcliniques chez la chamelle (Ahmad et coll., 2011; Alamin et coll., 2013). Le pourcentage élevé de *B. cereus* rapporté par Wanjohi et coll. (2013) peut être attribué à une mauvaise hygiène dans les conditions de la traite.

D'une manière générale, les résultats de la présente étude sont conformes aux observations rapportées dans des études antérieures, avec des variations mineures pouvant être attribuées au climat, à une situation géographique différente, au mode d'élevage pratiqué et aux variations individuelles. Cependant, la rareté de certains agents pathogènes dans notre étude, tels que les espèces de *Corynebacterium sp*, *Klebsiella* et d'autres agents pathogènes de mammite peut s'expliquer par la prémédication possible des animaux avec des antibiotiques.

Conclusion générale

En conclusion, les résultats de la présente étude peuvent contribuer à une connaissance générale de la composition et de la production de lait de chamelle dans le sud-est Algérien et ils confirment que le stade de la lactation a un impact sur la qualité et la quantité de lait de chamelle produit. La production laitière la plus élevée a été observée au milieu de la lactation. Cependant, les valeurs de la densité, des matières grasses et des matières sèches les plus élevées ont été observées au début de la lactation, mais le taux en cendres était plus faible. D'autre part, les teneurs en protéines, en lactose et la valeur du pH restent stables avec la progression de la lactation.

D'une autre côté, il ressort de cette étude que le CCS est la méthode de diagnostic la plus fiable après celle de la culture bactérienne pour la détection des mammites subcliniques chez les chammelles laitières. Également, les tests CCS et CMT peuvent aussi être utilisés pour le diagnostic des mammites subcliniques dans le lait de chamelle. En outre, la présente étude confirme que le CMT, le pH et la CE sont de mauvais indicateurs des infections mammaires. Par conséquent, l'utilisation d'un test unique n'est pas assez fiable pour le diagnostic des mammites subcliniques chez les chammelles laitières.

Enfin, les résultats de ce travail peuvent contribuer à la connaissance des principales espèces provoquant les mammites subcliniques chez les chammelles en Algérie. Ainsi, nous constatons que cette étude a montré qu'une infection pure est plus fréquente dans les échantillons du lait de chammelles étudiés par rapport aux infections mixtes et que les SCN sont les principales causes des mammites subcliniques chez les chammelles suivie par les *enterobacteriaeces*. De plus, *S.arlettae*, *E. coli* et *S. muscae* sont les espèces bactériennes les plus fréquentes. D'autre part, la présente étude a confirmé que le stade de lactation n'a pas d'effet significatif sur le taux de mammite subclinique dans les échantillons du lait de chammelles étudiés.

Références Bibliographiques

A

Abbas S., Ashraf H., Nazir A., Sarfraz L., 2013. Physico-chemical analysis and composition of camel milk, *International Researchers*, 2(2): 84-98.

Abdalla E.B., Ashmawy A.E.H.A., Farouk M.H., Salama O.A.R., Khalil F.A., Seioudy A.F., 2015. Milk production potential in Maghrebi she-camels, *Small Ruminant Research*, 123(1): 129-135.

Abdel Gadir A. E., Hildebrandt G., Kleer J. N., Molla B., Kyule M., Baumann M., 2005. Prevalence and risk factors of camel (*Camelus dromedarius*) mastitis based on bacteriological examinations in selected regions of Ethiopia. *Journal of Camel Practice & Research*, 12(1): 33-36.

Abdel Gadir A. E., 2014. Mastitis in camel (*Camelus dromedarius*): past and recent research in pastoral production system of both East Africa and Middle East. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 6(7): 208-216.

Abdurahman O.A.SH., Agab H., Abbas B., Astrom G., 1995. Relations between udder infection and somatic cells in camel (*Camelus dromedarius*) milk. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 36(4):423 -431.

Abdurahman O.A.SH., 2006. Udder health and milk quality among camels in the Errer valley of eastern Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 18 (8).

Abou-Eisha A.M., 2000. Brucellosis in camels and its relation to public health. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 44(87):54-64.

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

Ahmad S., Yaqoob M., Bilal M.Q., Muhammad G., Yang L.G., Khan M.K., Tariq M., 2011. Risk factors associated with prevalence and major bacterial causes of mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) under different production systems. *Tropical Animal Health and Production*, 44(1): 107-112.

- Aichouni A., Jeblawi R.J., 2007. A study of breeding and reproduction of camels in the Algerian South West. *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series*, 29: 51-62.
- Alamin M. A., Alqurashi A.M., Elsheikh A.S., Yasin T.E., 2013. Mastitis incidence and bacterial causative agents isolated from lactating she-camel (*Camelus dromedaries*). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 2(3): 07-10.
- 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.
- Al-Harbi M.S., 2012. Some hematologic values and serum biochemical parameters in male camels (*Camelus dromedarius*) before and during Rut. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(11): 1219-1226.
- Ali, F., Hussain R., Qayyum A., Gul S.T., Iqbal Z., Hassan M. F., 2016. Milk somatic cell counts and some hemato-biochemical changes in sub-clinical mastitic dromedary she-camels (*Camelus dromedarius*). *Pakistan Veterinary Journal*, 36(4): 405-408.
- Al-Juboori A.A., Kamat N.K., Sindhu J.I., 2013. Prevalence of some mastitis causes in dromedary camels in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 27(1): 9-14.
- Aljumaah R.S., Almutairi F.F., Ayadi M., Alshaikh M.A., Aljumaah A.M., Hussein M.F., 2011. Factors influencing the prevalence of subclinical mastitis in lactating dromedary camels in Riyadh Region, Saudi Arabia. *Tropical Animal Health and Production*, 43(8): 1605-1610.
- Aljumaah R.S., Almutairi F.F., Ismail E., Alshaikh M.A., Sami A., Ayadi M., 2012. Effects of production system, breed, parity, and stage of lactation on milk composition of dromedary camels in Saudi Arabia, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(1): 141-147.
- Almaw G., Molla B., 2000. Prevalence and etiology of mastitis in camels (*Camelus dromedaries*) in Eastern Ethiopia. *Journal of Camel Practice and Research*, 7(1): 97–100.
- Alqurashi A M., Alamin M.A., Elsheikh A.S., Yasin T.E., 2013. Sensitivity of bacterial isolates from mastitic she-camel (*Camelus dromedaries*) to antibiotics. *Journal of American Science*, 9(4): 47-52.

Al-Saiady M.Y., Mogawer H.H., Faye B., Al-Mutairi S.E., Bengoumi M., Mussad A., Gar-Elnaby, A., 2012. Some factors affecting dairy she-camel performance, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(1): 85-91.

Anonyme.,2016.<https://www.google.fr/maps/place/Wilaya+de+Biskra,+Alg%C3%A9rie/@34.485701,4.9208788,8z/data=!4m5!3m4!1s0x12f509d451b5c1d1:0x2aee7d5293435578!8m2!3d34.5878061!4d4.8935627>

Attia H., Kherouatou N., Fakhfakh N., Khorchani T., Trigui N., 2000. Dromedary Milk fat: biochemical, microscopic and rheological characteristics. *Journal of Food Lipids*, 7(2): 95-112.

Alwan O.A., Igwegbe A.O., Ahmad A.A., 2014. Effect of rearing conditions on the proximate composition of Libyan Maghrebi camel's (*Camelus dromedaries*) milk, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(8): 1-6.

Ayadi M., Hammadi M., Khorchani T., Barmat A., Atigui M., Caja G., 2009. Effects of milking interval and cisternal udder evaluation in Tunisian Maghrebi dairy dromedaries (*Camelus dromedarius L.*). *Journal of Dairy Science*, 92(4): 1452–1459.

B

Bakheit S.A.,Majid A.M.A., Nikhala A.M., 2008.Camels(*Camelus dromedarius*) Under pastoral systems in North Kordofan, Sudan : seasonal and parity effects on milk composition. *Journal of Camelid Sciences*, 1: 32-36.

Babiker, W.I.A., El Zubeir, I.E.M., 2014. Impact of Husbandry, stages of lactation and parity number on yield and chemical composition of dromedary camel milk, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(4): 333-341.

Bacic, G., 2009. Les causes de la mammite. In : Bacic G., Macesic N., Vince S. (Eds), Diagnostic et traitement des mammites chez les bovins. Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Zagreb : Zagreb, p: 29-42.

Barlowska J., Szwajkowska M., Litwińczuk Z., Król J., 2011. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(6): 291-302.

Barrot Debreil E. F. J., 2008. Les analyses bactériologiques du lait des infections mammaires bovines applicables au cabinet vétérinaire en pratique courante et leurs intérêts dans le traitement des mammites. Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 96 p.

Bekele T., Molla B., 2001. Mastitis in lactating camels (*Camelus dromedaries*) in Afar Region, North-East Ethiopia. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 114(5-6): 169–172.

Bekele T., Zeleke M., Baars R.M.T., 2002. Milk production performance of the one humped Camel (*Camelus dromedarius*) under pastoral management in semi-arid eastern Ethiopia, *Livestock Production Science*, 76(1-2): 37-44.

Bekele T., 2010. Milk production, fluid balance and temperature regulation in lactating camels (*Camelus dromedarius*). Doctoral thesis, Acta Universitatis agriculturae Sueciae (1652-6880), pp: 55.

Benkerroum N., Boughdadi A., Bennani N., Hidane K., 2003. Microbiological quality assesment of Morroccan camel's milk and identification of predominating lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(6): 645- 648.

Bhatt L., Chahar A., Tuteja F. C., Tanwar R. K., Verma D., 2004. Therapeutic efficacy of enrofloxacin alone and in combination with levamisole in subclinical mastitis in camel. *Journal of Camel Practice and Research*, 11(2): 153 – 156.

Breulmann M., Böer B., Wernery U., Wernery R., El-Shaer H., Alhadrami G., Gallacher D., Peacock J., Al-Chaudhary S., Brown G., Norton J., 2007. The camel, from tradition to modern times. UNESCO Publ., Doha, Qatar, pp: 44.

C

Sharma N., Pandey V., Sudhan N.A., 2010. Comparison of some screening tests for detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 13(2): 98–103.

Chehma A., 2002. Etude floristique des parcours du dromadaire. Thèse de doctorat. Université Bbadj Mokhtar, Annaba, 302 p.

Chehma A., 2003. Productivité Pastorale et productivité laitière en Algérie in: lait de chamelle en Afrique. Atelier sur la filière laitière caméline en Afrique, p: 43-51.

Contreras A., Corrales J.C., Sanchez A., Sierra D., 1997. Persistence of subclinical intramammary pathogens in goats throughout lactation. *Journal of Dairy Science*, 80(11): 2815-2819.

E

Eberlein V., 2007. Hygienic status of camel milk in Dubai (United Arab Emirates) under two different milking management systems. Doctorate thesis, University of Munchen, Germany. pp: 83.

Eisa M.O., 2012. Udder Conformation and Milkability of She-Camel (*Camelus dromedarius*) in El-Showak, Eastern Sudan. Published by Lambert Academic Publishing (LAP), Germany. 90 pp.

Elamin F.M., Wilcox C.J., 1992. Milk composition of Majaheim camels. *Journal of Dairy Science*, 75(11): 3155-3157.

El-Hatmi H., Girardet J.M., Gaillard J.L., Yahyaoui M.H., Attia H., 2007. Characterisation of whey proteins of camel (*Camelus dromedarius*) milk and colostrums, *Small Ruminant Research*, 70(2-3), 267-271.

Elobied A.A., Osman A.M., Abu Kashwa S.M., Ali A.S., Ibrahim M.T., Salih M.M., 2015. Effect of parity and breed on some physico-chemical components of Sudanese camel milk, *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, 5(1): 20-24.

Eyassu S., Bekele T., 2010. Prevalence and etiology of mastitis in traditionally managed camels (*Camelus dromedarius*) in selected pastoral areas in eastern Ethiopia. *Ethiopian Veterinary Journal*, 14(2): 103-113.

F

Fazlani S.A., Khan S.A., Faraz S., Awan M.S., 2011. Antimicrobial susceptibility of bacterial species identified from mastitic milk samples of camel. *African Journal of Biotechnology*, 10(15):2959-2964.

FAO., 2013. Food and agriculture organization of the United Nations. FAOSTAT online statistical service .Division de la Statistique.

FAO., 2014. Food and agriculture organization of the United Nations.FAOSTAT online statistical service .Division de la Statistique.

Farah Z., 2011. Camel milk, in Encyclopedia of dairy science, (2nd ed). pp: 512-517.

Faye B., 2003. Performance et productivité laitière : les données de la littérature. in: lait de chamelle en Afrique. Atelier sur la filière laitière caméline en Afrique, p: 7-15.

Faye B., Abdelhadi O.M.A., Ahmed A.I., Bakheit S.A., 2011. Camel in sudan: future prospects. *Livestock Research for Rural Development*, 23(10).

G

Ghasemzadeh-Nava H., Bokae S., Tajik P., Mohammadsadegh M., Esfandabadi N. S., 2008. Sensitivity and Specificity of MAS-D-TEC to detect subclinical mastitis in sheep and goats. Proceedings, the 15th Congress of FAVA. OIE Joint Symposium on Emerging Diseases, Bangkok, Thailand , pp: 21–22.

Gonzalo C., Ariznabarreta A., Carriedo J. A., San Primitivo F., 2002. Mammary pathogens and their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 85(6):1460-1467.

Gorban A.M.S., Izzeldin O.M., 1997. Mineral content of camel milk and colostrum. *Journal of Dairy Research*, 64(3): 471-474.

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

Gorban A.M.S., Izzeldin, O.M., 2001. Fatty acids and lipids of camel milk and colostrum. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(3), 283–287.

Guliye, A.Y., Van Creveld, C., Yagil, R. (2002). Detection of subclinical mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) using somatic cell counts and the N-acetyl-beta-D-glucosaminidase test. *Tropical Animal Health and Production*, 34(2), 95–104.

H

Haddadin M.S., Gammoh S.I., Robinson R.K., 2008. Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. *Journal of Dairy Research*, 75(1): 8-12.

Hamed H., Gargouri A., Hachana Y., El Feki A., 2010. Comparison between somatic cell and leukocyte variations throughout lactation in camel (*Camelus dromedarius*) and cow's milk. *Small Ruminant Research*, 94(1-3): 53–57

Hawari A.D., Hassawi F., 2008. Mastitis in one humped she-camels (*Camelus dromedarius*) in Jordan. *Journal of Biological Sciences*, 8(5): 958- 961.

Husein A., Haftu B., Hunde A., Tesfaye A., 2013. Prevalence of camel (*Camelus dromedaries*) mastitis in Jijiga Town, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 8(24): 3113-3120.

K

Kamal R.M., Bayoumi M.A., Abd El Aal S.F.A., 2014. Correlation between some direct and indirect tests for screen detection of subclinical mastitis. *Internatinal Food Research Journal*, 21(3): 1249-1254.

Kaper J.B., Nataro J.P., Mobley H.L.T., 2004. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 2(2):123-140.

Kathiriya J.B., Shah N.M., 2009. A comparative study of different tests for diagnosis of subclinical mastitis in camels. *Indian Journal of Animal Research*, 43(3): 191-193.

Khan B.B., Iqbal A., 2001. Production and composition of camel milk..... Review. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 38 (3-4): 64-68.

Khan M.Z., Khan A., 2006. Basic facts of mastitis in dairy animals: A review. *Pakistan veterinary journal*, 26(4): 204-208.

Khan A., Hussain R., Javed M.T., Mahmood F., 2013. Molecular analysis of virulent genes (coa and spa) of *Staphylococcus aureus* involved in natural cases of bovine mastitis. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 50(4): 739-743.

Khaskheli M., Arain M.A., Chaudhry S., Soomro A.H., Qureshi T.A., 2005. Physico-chemical quality of camel milk, *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 1(2): 164-166.

Knoess K. H., 1979. Milk production of the dromedary. IFS Provisional Report No. 6 camels. Khartoum Sudan, pp: 201-214.

Konuspayeva G., Lemarie E., Faye B., Loiseau G., Montet D., 2008. Fatty acid and cholesterol composition of camel's (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* and hybrids) milk in Kazakhstan. *Dairy Science and Technology*, 88(3): 327-340.

Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., 2009. The composition of camel milk: a meta-analysis of the literature data, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(2): 95-101.

Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Narmuratova M., Ivashchenko A., Meldebekova A., Davletov S., 2010a. Physiological change in camel milk composition (*Camelus dromedarius*) 1. Effect of lactation stage, *Tropical Animal Health and Production*, 42(3): 495-499.

Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Narmuratova M., Ivashchenko A., Meldebekova A., Davletov S., 2010b. Physiological change in camel milk composition (*Camelus dromedarius*) 2. Physico-chemical composition of colostrums, *Tropical Animal Health and Production*, 42(3): 501-505.

Kotb S., Sayed M., Abdel-Rady A., 2010. Sanitary conditions of lactating dromedary she-camel environment with special reference to milk quality and subclinical mastitis monitoring. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 22(3): 207-215.

I

Ismail M.D., Al-Mutairi S.E., 1998. Milk production potential of dairy camels in northern Saudi Arabia. in: P. Bonnet (Ed.) *Dromadaires et Chameaux, Animaux Latitiers/dromadaries and Camels, Milking Animals*. Actes Du Colloque, 24–26 October. Nouakchott, Mauritanie, Montpellier, France, CIRAD, p: 35–40.

J

Juhasz J., Marko O., Nagy P., 2008. Milk production and mastitis in dromedary camels (*Camelus Dromedarius*). Book of Abstracts of the 16th International Conference on Animal Reproduction, *Reproduction in Domestic Animals*, 43 (Suppl. 3). 12. (WS06-04).

L

Laleye L.C., Jobe B., Wasesa A.A.H., 2008. Comparative study on heat stability and functionality of camel and bovine whey proteins, *Journal of Dairy Science*, 91(12): 4527-4534.

Langer A., Sharma S., Sharma N.K., Nauriyal D.S., 2014. Comparative efficacy of different mastitis markers for diagnosis of sub-clinical mastitis in cows. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 2(2): 121-125.

Lyer A.P., Albaik M., Baghalalb I., 2014. Mastitis in camel in African and Middle East countries. *Journal of Bacteriology and Parasitology*, 5: 188.

M

Marchal N., 1976. Notions d'hématologie. Initiation à la microbiologie. Technique & Vulgarisation. Paris, 151-164.

Mayouf R., Benaissa M.H., Bentria Y., Aoun F.Z., Halis Y., 2014. Reproductive performance of *Camelus dromedarius* in the El-Oued region, Algeria, *Online Journal of Animal and Feed Research*, 4(4): 102-106.

Megersa, B., 2010. An epidemiological study of major camel diseases in the Borana Lowland, Southern Ethiopia. *Dry lands Coordination Group Report*, 58: 32-33.

Mehaia M.A., Hablas M.A., Abdel-Rahman K.M., El-Mougy S.A., 1995. Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia. *Food Chemistry*, 52(2): 115-122.

Mehari Y., Mekuriaw Z., Gebru G., 2007. Potentials of camel production in Babilie and Kebribeyah woredas of the Jijiga Zone, Somali Region, Ethiopia, *Livestock Research for Rural Development*, 19 (4).

Meiloud G.M., Ould Bouraya I.N., Samb A., Houmeida A., 2011. Composition of Mauritanian camel milk: results of first study, *International Journal of Agriculture & Biology*, 13(1): 145-147.

Merin U., Sela S., Rosen B., Pinto R., Leitner G., 2004. Standards for camel milk. In B. Faye & P. Esenov (Eds.), *Desertification combat and food safety: the added value of camel producers: Vol. 362. NATO Sciences Series, Life and Behavioural Sciences* (pp. 152–158). Proc. Intern. Workshop, Ashkabad (Turkmenistan), 19–22 April 2004. IOS press Publ., Amsterdam.

Merzouk Y., Chahrour W., Zarour K., Zergui, A., Saidi N.E., Henni J.E., Kihal M., 2013. Physico-chemical and microbiological analysis of Algerian raw camel's milk and

identification of predominating thermophilic Lactic Acid Bacteria, *Journal of Food Science and Engineering*, 3: 55-63.

Mohamed B.A., Freigoun S.A., Gaidan O.K., Mohamed T.E.T., 2016. Isolation of Bacteria From Sub-Clinical Cases in Mastitic She-Camel (*Camelus Dromedaries*) and Their Sensitivity to Some Antibiotics. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*, 51(1): 54-60.

Moslah M., 1993. L'amélioration de la productivité du dromadaire en Tunisie par la séparation précoce du chamelon et l'allaitement artificiel. Actes de l'atelier « Peut-on améliorer les performances de reproduction des camelins » ; I.E.M.V.T. n°41 ; pp : 225- 238.

Musaad A., Faye B., Abu Nikhela A., 2013a. Lactation curves of dairy camels in an intensive system. *Tropical Animal Health and Production*, 45(4): 1039–1046.

Musaad A., Faye B., Al-Mutairi S.E., 2013b. Seasonal and physiological variation of gross composition of camel milk in Saudi Arabia. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(8): 618-624.

Mustafa A.B., Mohamed E.H.A., Haroun E., Attia K.A., Nikhala M.A., 2014. Effect of Parity on Camel Milk composition under Traditional Pastoral and Farmed Systems in Sudan, *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 3(2): 266-272.

N

Nagy P., Thomas S., Marko O., Juhasz J., 2013. Milk production, raw milk quality and fertility of dromedary camels (*Camelus dromedarius*) under intensive management. *Acta Veterinaria Hungaria*, 61(1):71-84.

NMC., 1987. Laboratory and field handbook on bovine mastitis. National Mastitis Council (NMC) Inc., Madison.

O

Obied A. I., Bagadi H.O., Mukhtar M.M., 1996. Mastitis in *Camelus dromedarius* and the somatic cell content of camels' milk. *Research in Veterinary Science*, 61(1): 55–58.

Oliver S.P., Gillespie B.E., Headrick S.J., Moorehead H., Lunn P., Dowlen H.H., Johnson D.L., Lamar K.C., Chester S.T., Moseley W.M., 2004. Efficacy of extended ceftiofur intramammary therapy for treatment of subclinical mastitis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(8): 2393-2400.

Omer R.H., Eltinay A.H., 2009. Changes in chemical composition of Camels raw milk during storage. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(5): 607-610.

Oujad S., Kamel B., 2009. Physiological particularities of dromedary (*Camelus dromedarius*) and experimental implications. *Scandinavian Journal of Laboratory Animals Sciences*, 36(1): 19-29.

P

Pradié J., Moraes C. R., Gonçalves M., Vilanova M.S., Corrêa G.F., Lauz O.G., Osorio M.T.M., Schmidt V., 2012. Somatic Cell Count and California Mastitis Test as a diagnostic tool for subclinical mastitis in ewes. *Acta Scientiae Veterinariae*, 40(2): 1038.

Q

Quinn P.J., Carter M.E., Markey B., Carter G.R., 1999. *Clinical Veterinary Microbiology*. London, England: Wolf publishing.

R

Radostits O.M., Gay C.C., Blood D.C., Hinchcliff K.W., 2000. *Veterinary Medicine. A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses*, 9th edition Philadelphia. WB , pp: 563-700.

Radostits O.M., Gay C.C et Hinchcliff K.W., 2006. *Veterinary Medicine*, 10e edition, 2006, Part 1, Chapter 15, p 686.

Radostits O.M., Gay C.C., Blood D.C., Hinchcliff K.W., Constable P.D., 2007. *Veterinary Medicine, A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats*. 10 th edn, Elsevier Saunders, Ltd. Philadelphia, USA. pp. 842-860.

Raziq A., Younas M., Kakar M.A., 2008. Camel-A potential dairy animal in difficult environments. *Pakistan Journal of Agriculture Science*, 45(2): 263–267.

Reddy B.S.S., Kumari K.N., Reddy Y.R., Reddy M.V.B., Reddy S.B., 2014. Comparison of different diagnostic tests in subclinical mastitis in dairy cattle. *International Journal of Veterinary Science*, 3: 224-228.

Regassa A., Golicha G., Tesfaye D., Abunna F., Megersa B., 2013. Prevalence, risk factors, and major bacterial causes of camel mastitis in Borana Zone, Oromia Regional State, Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, 45(7): 1589-1595.

S

Saleh S.K., Faye B., 2011. Detection of subclinical mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) using somatic cell counts, California mastitis test and udder pathogen. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23(1): 43-53.

Sanaa O.Y., 2005. Bacterial diseases of the reproductive system of camels (*Camelus dromedarius*) in Eastern Sudan. *Journal of Animal and Veterinary advance*, 4(7): 642-644.

Sanayei S., Jahadi M., Fazel M., Janigorban M., 2015. Physico-Chemical Characteristics of Raw Milk of One-Humped Camel from Khur and Biabanak in Isfahan Province of Iran. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 5(2): 67-72.

Sharma,N., Pandey, V., Sudhan, N.A., 2010. Comparison of some screening tests for detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 13(2): 98-103.

Schmidt-Neilsen K., 1997. Animal physiology- adaptation and environment. Cambridge University, Cambridge, Uk, pp : 217-293

Schroeder J., 2012. Bovine Mastitis and milking management. North Dakota State University. <https://pdfs.semanticscholar.org/0f01/352780940fcc619ebc2bedc038c5b5f8f7e0.pdf>

Seifu E., Tafesse B., 2010. Prevalence and etiology of mastitis in traditionally managed camels (*Camelus dromedarius*) in selected pastoral areas in eastern Ethiopia. *Ethiopian Veterinary Journal*, 14(2): 103-113.

Serieys F., 1985. La numération des cellulaires du lait : interprétation pour le diagnostic et le suivi des infections mammaires. *Recueil de Médecine Vétérinaire*, 161(6-7): 553-566.

Sghiri A., Driancourt M.A., 1999. Seasonal effects on fertility and ovarian follicular growth and maturation in camels (*Camelus dromedarius*). *Animal Reproduction Science*, 55(3-4): 223– 237.

Shuiep E.S., El Zubeir I.E.M., El Owni O.A.O., Musa H.H., 2008. Influence of season and management on composition of raw camel (*Camelus dromedarius*) milk in Khartoum State, Sudan, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8(1): 101-106.

Siboukeur O., 2007. Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse doctorat Institut National Agronomique El-Harrach-Alger, Algérie, 128 p.

Smith V.G., Convey E.M., Edgerton L.A., 1972. Bovine serum corticoid response to milking and exteroceptive stimuli. *Journal of Dairy Science*, 55(8): 1170-1173.

Stahl T., Sallmann H.P., Duehlmeier R., Wernery U., 2006. Selected vitamins and fatty acid patterns in dromedary milk and colostrums. *Journal of Camel Practice and Research*, 13(1): 53-57.

Suheir I.A., Salim M.O., Yasin T.E., 2005. Bacteria, Mycoplasma and Fungi associated with sub-clinical mastitis in Camel. *The Sudan Journal of Veterinary Research*, 20: 23-31.

T

Tibari A., Anouassi A., 2000. Lactation and udder diseases. In: Skidmore, J. A. & G. P. Adams (eds): Recent advances in camelid reproduction. International Veterinary Information Service (www.ivis.org).

Tuteja F.C., Dixit S.K., Ghorui S.K., Deen A., Sahani M.S., 2003. Prevalence, characterisation and antibiotic sensitivity of intramammary infections in camel. *Journal of Camel Practice and Research*, 10(1): 69-77.

Tuteja F.C., Dixit S.K., Patil N.V., Suchitra Sena D., Singh S., 2013. Camel mastitis. A technical bulletin (Indian Council of Agricultural Research, Krishi Bhawan, N. Delhi) National Research Centre on Camel, Jorbeer, Shivbari.

V

Viguiet C., Arora S., Gilmartin N., Welbeck K., Kennedy O.R., 2009. Review: Mastitis detection: current trends and future perspectives. *Trends in Biotechnology*, 27(8): 486-493.

W

Wanjohi M., Gitao C.G., Bebor L., 2013. Subclinical mastitis affecting hygienic quality of marketed camel milk from North-Eastern Province, Kenya. *Microbiology Research International*, 1(1): 6-15.

Wanjohi M., 2014. Occurrence of subclinical mastitis, brucellosis and factors responsible for camel milk contamination in Garissa and Wajir districts of north-eastern Kenya. Master thesis, University of Nairobi, 197 pp.

Weisen J.P., 1974. La stratégie de la lutte antimammite. In : La prophylaxie des mammites. Paris, France: Vigot frères Editeurs, pp: 43-79.

Wernery U., Juhasz J., Nagy P., 2004. Milk yield performance of dromedaries with an automatic bucket milking machine. *Journal Camel Practice and Research*, 11: 51-57.

Wilson R.T., 1984. The camel. London, Longman Group Ltd. 233 pp.

Woubit S., Bayleyegn M., Bonnet P., Jean-Baptiste S., 2001. Camel (*Camelus dromedarius*) mastitis in Borena lowlands pastoral area, Southwestern Ethiopia. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 54(3-4) : 207- 212.

Y

Younan M., Ali Z., Bornstein S., Muller W., 2001. Application of California mastitis test in intra mammary *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus* infection of camels (*Camelus dromedaries*) in Kenya. *Preventive Veterinary Medicine*, 51(3-4): 307-316.

Younan M., 2004. Milk hygiene and udder health. In: Milk and meat from the camel Farah Z and Fischer A (ed). Zürich: Handbook on products and processing. vdf Hochschulverlag, pp: 67-76.

SUBCLINICAL MASTITIS IN DAIRY CAMELS IN ALGERIA: COMPARISON OF SCREENING TESTS

Leyla HADEF^{1,2}, Hebib AGGAD^{1,3}, Brahim HAMAD^{1,2}, Mohamed Said MAHMOUD¹, Aicha ADAIKA²Received March 30, 2016; accepted December 28, 2016.
Delo je prispelo 30. marca 2016, sprejeto 28. decembra 2016.*Subclinical mastitis in dairy camels in Algeria: Comparison of screening tests*

The aim of the present study was to determine a threshold values and to assess the effectiveness of four indirect tests for the diagnosis of subclinical mastitis in dairy camels comparing with bacteriological culture. One hundred fifty three milk samples from 17 lactating camels were subjected to bacteriological culture, where 84 milk samples were positive, 47 were negative and 22 samples were considered as contaminated. A total of 131 milk samples were screened by pH, electrical conductivity (EC), California mastitis test (CMT) and somatic cell count (SCC). The good combination of sensitivity and specificity were obtained with a threshold of 6.55, 7.2 mS/cm, score trace was considered as CMT (+) and 240000 cells/ml for the four tests, respectively. The sensitivity of the SCC, pH, EC and CMT was 72.61, 66.66, 47.61 and 39.28 %; the specificity 70.21, 38.02, 59.57 and 72.34 %; percentage accuracy 71.75, 51.14, 51.90 and 51.14 %; and positive predictive value 81.33, 47.61, 67.79 and 71.73 %, respectively. The SCC was significantly correlated with bacteriological culture ($r = 0.415$, $p < 0.05$). Kappa value of SCC was higher than that of other tests (SCC > CMT > EC > pH). In conclusion, the results suggest that the SCC was the most accurate, reliable, diagnostic method compared to other tests used in this study after cultural isolation for the detection of subclinical mastitis in dairy camel under field conditions.

Key words: camels; dromedaries; *Camelus dromedarius*; lactation; subclinical mastitis; screening tests; indirect tests; pH value; electrical conductivity; California Mastitis Test; somatic cell count; bacteriological test

Subklinični mastitis pri mlečnih kamelah v Alžiriji: primerjava presejalnih testov

Namen te študije je bil določiti mejne vrednosti in preveriti učinkovitost štirih posrednih testov za diagnozo subkliničnega mastitisa pri kamelah v primerjavi z bakteriološko kulturo. Sto triinpetdeset vzorcev mleka 17 kamel v laktaciji smo analizirali s kultivacijsko metodo, kjer je bilo 84 vzorcev mleka pozitivnih, 47 je bilo negativnih, 22 vzorcev pa je bilo okuženih. Na skupno 131 vzorcih mleka smo izmerili pH vrednost, električno prevodnost (EC) in število somatskih celic (SCC) ter opravili Kalifornijski test za mastitis (CMT). Dobro kombinacijo občutljivosti in specifičnosti smo dobili pri mejnih vrednostih: za pH 6,55, električno prevodnost 7,2 mS/cm, pozitivnim izidom CMT (+) in 240.000 somatskimi celicami na ml mleka. Občutljivost testa za SCC je bila 72,61, za pH 66,66, za EC 47,61 in za CMT 39,28 %. Specifičnost testov se je gibala med 38,02 in 72,34 %; natančnost med 51,14 in 71,75 % in pozitivna napovedna vrednost med 47,61 in 81,33 %. SCC je bilo statistično značilno povezano z bakteriološko kulturo ($r = 0,415$, $p < 0,05$). Kapa vrednost za SCC je bila višja kot pri drugih testih (SCC > CMT > ES > pH). Rezultati kažejo, da je v praktičnih pogojih reje SCC med primerjanimi metodami najnatančnejša in najbolj zanesljiva metoda za določanje subkliničnega mastitisa pri kamelah v primerjavi z bakteriološko metodo osamitve povzročiteljev mastitisa.

Ključne besede: enogrbne kamele; *Camelus dromedaries*; laktacija; subklinični mastitis; presejalni testi; posredni testi; pH vrednost; električna prevodnost; Kalifornijski test za mastitis; število somatskih celic; bakteriološki test

1 Univ. of Tiaret, Laboratory of Hygiene and Animal Pathology, BP 75 Tiaret, 14000. Tiaret, Algeria

2 Univ. El-Oued, Fac. Nature and life sciences, 39000. El-Oued, Algeria

3 Corresponding author: e-mail: h_aggad@yahoo.com

L. HADEF et al.

1 INTRODUCTION

Many reports revealed that lactating camel can get mastitis easily (Abdel Gadir et al., 2006; Alamin et al., 2013; Al-Juboori et al., 2013), especially in its subclinical form (Hawari and Hassawi, 2008; Ahmed et al., 2011; Alamin et al., 2013; Husein et al 2013). Subclinical mastitis causes suffering of the animal, reduces milk yield, alters milk properties, impairs preservation and processing and represents a public health concern for consumers of camel milk (Tibary and Anouassi, 2000; Saleh and Faye, 2011).

Clinical mastitis in camel can be detected without special tests, by physical examination of the udder and milk (Abdurahman, 1995). However, sub-clinical mastitis refers to the existence of inflammation in the absence of gross signs (Bekele and Molla, 2001).

Detection of subclinical mastitis is difficult and depends upon various test procedures aimed at detecting the cause or the products of inflammation in milk. Cultural examination is considered the golden standard in order to establish reliable opinion about infection status of the udder (Tuteja et al., 2013).

Different methods have been suggested for detection of subclinical mastitis in camels, such as somatic cell count (SCC), California mastitis test (CMT) (Saleh and Faye 2011; Alamin et al., 2013; Ali et al., 2016), electrical conductivity (Eberlein, 2007; Ali et al., 2016) and pH estimation (Tuteja et al 2003; Ali et al., 2016).

These various tests are based upon detection of products of inflammation or changes in milk and have a well established role as screening test for predicting disease status of mammary gland in cattle, sheep and goat but their relevance for application to the camel is less known. Therefore, the aim of this study was to optimize and determine threshold values for pH, electrical conductivity, California mastitis test and somatic cell counts and also to evaluate the effectiveness of these methods for the diagnosis of subclinical mastitis in dairy camel in comparison with microbiological culture.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 SAMPLE COLLECTION

The study was carried out on 17 dairy camels (*Camelus dromedarius*) from the south-East of Algeria. Between November 2014 and September 2015, a total of 153 milk samples were collected during the routine morning milking.

Udders of the camels were examined visually and by palpating for the presence of any lesions, such as redness,

pain, heat, and swelling. Moreover, milk samples from each animal were taken and checked for any change in color and consistency.

The teat end was then scrubbed with a cotton wool wetted with 70 % alcohol. After the teat-end had dried, the first strip was discarded and then approximately 50 ml of milk was collected into sterile bottles.

The samples were immediately transported on ice to the laboratory where they were examined using the pH, EC, SCC, CMT and the milk bacteriological culture.

2.2 MEASUREMENT OF pH

The pH of each milk sample was measured by digital pH-meter (Hanna HI 99161, Romania). The pH meter was calibrated in buffers of pH 4 and 7.

2.3 ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC) TEST

The Electrical conductivity of milk samples (mS/cm) was detected by electrical conductivity meter (Hanna EC 215). The device was calibrated using standard buffer solutions.

2.4 CALIFORNIA MASTITIS TEST (CMT)

Sub-clinical mastitis was diagnosed based on CMT results and the nature of coagulation and viscosity of the mixture (milk and CMT), which shows the presence and severity of the infection, respectively. Before sample collection for bacteriological examination, milk samples were examined for visible abnormalities, they were screened by CMT according to Quinn et al. (1999) from each animal, a squirt of milk sample was placed in each of the cups on CMT paddle and an equal amount of 3 % CMT reagent was added to each cup and mixed well.

2.5 SOMATIC CELL COUNT (SCC)

Somatic cell counts were determined according to Weisen (1974) using the microscopic count. The method involves diluting the sample of milk to 1/10 with Lazarus liquid. The suspension was homogenized and cells counted. In a drop between slide and cover slip, after eliminating the first 3 to 4 drops of the mixture. The cell concentration (cells/ml) was determined using a hemocytometer (Thoma cell) examined at a magnification 40x.

Three various threshold values for pH, electrical conductivity and somatic cell counts were used to

evaluate the effectiveness of these methods on screening of subclinical mastitis by evaluating its sensitivity (SE), specificity (SP), the positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) in comparison with bacterial culture. However, low threshold scores were used to assess the effectiveness of CMT test.

2.6 BACTERIOLOGICAL EXAMINATIONS

All milk samples, were randomly selected and used for bacteriological analysis. A loopful of each milk sample was streaked on defibrinated sheep (5 %) blood agar, nutrient agar, BCP (Bromcresol Purple Lactose) agar, and Chapman agar. Plates were incubated at 37 °C for 48 h. Grown colonies were subjected to the following tests as recommended by the National Mastitis Council (NMC, 1987): morphology, haemolysis pattern, Gram stain and biochemical classic tests. Samples with a growth of 5 or more identical colonies were considered positive for subclinical mastitis (1997; Pradié et al., 2012). The growth of two or more morphological types (> 5 UFC per type) was considered as contamination and the result was excluded from the analysis (Gonzalo et al., 2005; Pradié et al., 2012).

2.7 STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analyses were performed using SPSS software (Version 16). The results were considered significant if the associated *p* value was < 0.05.

Sensitivity (Sn), specificity (Sp), positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV) and the accuracy of tests were calculated using standard two-by-two contingency tables.

The following formulas were used for diagnostic test evaluation:

Sensitivity is the proportion of truly diseased that had the test positive and it was calculated as:

$$\text{Sensitivity} = TP / TP + FN \times 100.$$

Specificity is the proportion of truly non-diseased that had the test negative and it was calculated as:

$$\text{Specificity} = TN / FP + TN \times 100.$$

Positive predictive value is the probability that a disease is present in animals with positive test results. It was calculated as:

$$\text{Positive predictive values} = TP / TP + FP \times 100.$$

Negative predictive value is the probability that the

disease is absent in animals with negative test results. It was calculated as:

$$\text{Negative predictive values} = TN / FN + TN \times 100.$$

Where: TP = true positive, FP = false positive, TN = true negative, FN = false negative.

The Kappa and Chi-square statistical analysis were used to determine the level of agreement between the diagnostic tests and bacterial culture.

Kappa values above 0.7 indicated an excellent agreement, whereas values between 0.4 and 0.7 indicated a moderate agreement. Values under 0.4 indicated a poor agreement. The correlation was calculated by the Phi test. The correlation index was classified as high ($r > 0.7$), medium ($0.5 < r < 0.7$) and low ($r < 0.5$).

3 RESULTS

A total of 153 samples from 17 animals were examined with cultural examination, 84 samples were classified as positive (growth of 5 or more identical colonies), 47 samples were taken as negative (there was no growth) and 22 samples were considered as contamination (growth of two or more morphological types).

The sensitivity, specificity, predictive value and accuracy of various thresholds used for pH, EC, CMT and SCC tests, when cultural test was taken as standard are shown in Table 1, 2, 3 and 4 respectively.

The results of the study showed that the good combination of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of pH test was obtained while using a threshold of 6.55, with values of 66.66 %, 38.02 %, 47.61 % and 57.44 %, respectively (Table 1).

For electrical conductivity, the good combination of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value were observed while using a threshold of 7.2 mS/cm, with values of 47.61 %, 59.57 %, 67.79 % and 38.88 %, respectively (Table 2).

Table 1: Analysis of the pH values in comparison with bacterial culture

Preglednica 1: Analiza pH vrednosti v primerjavi z bakteriološko kulturo

Values observed	pH threshold values		
	≥ 6.40	≥ 6.55	≥ 6.60
Sensitivity (%)	62.06	66.66	65.11
Specificity (%)	20.00	38.02	36.36
Positive predictive value (%)	85.71	47.61	33.33
Negative predictive value (%)	6.38	57.44	68.08
Accuracy (%)	57.25	51.14	45.80

L. HADEF et al.

Table 2: Analysis of the electrical conductivity values in comparison with bacterial culture

Preglednica 2: Analiza električne prevodnosti v primerjavi z bakteriološko kulturo

Values observed	Electrical conductivity threshold values (mS/cm)		
	≥ 6.5	≥ 7.2	≥ 7.5
Sensitivity (%)	59.52	47.61	31.32
Specificity (%)	36.17	59.57	78.72
Positive predictive value (%)	62.5	67.79	72.22
Negative predictive value (%)	33.33	38.88	39.36
Accuracy (%)	51.14	51.90	48.46

The results indicated that the good combination of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of CMT test was obtained while considered score trace as CMT positive, with values of 39.28 %, 72.34 %, 71.73 % and 40 % respectively (Table 3).

Table 3: Analysis of the California mastitis test values in comparison with bacterial culture

Preglednica 3: Analiza rezultatov kalifornijskega testa za mastitis v primerjavi z bakteriološko kulturo.

Values observed	California mastitis test threshold values (cells/ml)	
	Score trace was considered as CMT (-)	Score trace was considered as CMT (+)
Sensitivity (%)	11.90	39.28
Specificity (%)	97.87	72.34
Positive predictive value (%)	90.90	71.73
Negative predictive value (%)	38.83	40
Accuracy (%)	42.74	51.14

The best combination of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of somatic cell count test was recorded while using a threshold of 240,000 cells/ml, with values of 72.61 %, 70.21 %, 81.33 % and 58.92 %, respectively (Table 4)

The comparison of considered thresholds characteristics, agreement and correlation values of various indirect tests in comparison with bacterial culture are given in Table 5.

The results showed that among the four tests, the SCC had the highest sensitivity (72.61 %), followed by pH (66.66 %), EC (47.61 %) and CMT (39.28 %). However, the specificity of the of CMT (72.34) were higher than those of SCC (70.21 %), EC (59.57 %) and pH (38.02 %). The accuracy of SCC, EC, pH and CMT was 71.75 %, 51.90 %, 51.14 % and 51.14 %, respectively.

The analysis of Kappa statistics revealed that SCC

Table 4: Analysis of the somatic cell count values in comparison with bacterial culture

Preglednica 4: Analiza števila somatskih celic v primerjavi z bakteriološkim testom

Values observed	Somatic cell count threshold values (cells/ml)		
	≥ 200000	≥ 240000	≥ 300000
Sensitivity (%)	73.80	72.61	40.47
Specificity (%)	40.42	70.21	74.46
Positive predictive value (%)	68.88	81.33	73.91
Negative predictive value (%)	46.34	58.92	41.17
Accuracy (%)	61.83	71.75	52.67

had a good agreement ($k = 0.411$) with the bacteriological culture examination. However, a poor concordances were observed between the bacteriological culture test and the pH, EC and CMT tests with values of ($k = 0.046$), ($k = 0.064$) and ($k = 0.099$), respectively.

Furthermore, based on Chi-square statistic test, only the SCC had an agreement ($p < 0.05$) with the results of culture examination. However, there was significant difference ($p > 0.05$) between the bacteriological culture test and the pH, EC and CMT tests.

The somatic cell count test showed the highest correlation ($r = 0.415$, $p < 0.05$) with bacterial culture test, followed by CMT ($r = 0.117$, $p > 0.05$), EC ($r = 0.069$, $p > 0.05$) and pH ($r = 0.049$, $p > 0.05$), respectively which showed a poor positive correlation with bacterial culture.

The comparison of various indirect diagnostic tests characteristics between the different studies is shown in Table 6. The observed differences with the results of the other studies indicate a wide range of possible tests properties.

4 DISCUSSION

The knowledge and effectiveness of different screening tests to detect subclinical form of mastitis have long been acknowledged as an imperative to the success of mastitis control and treatment in livestock animals. Many previous studies were reported for various species such as goat (Ghasemzadeh-Nava et al., 2008), sheep (Pradiee et al., 2012) and cattle (Langer et al 2014; Reddy et al.,

SUBCLINICAL MASTITIS IN DAIRY CAMELS IN ALGERIA: COMPARISON OF SCREENING TESTS

Table 5: Comparison of considered thresholds characteristics, agreement and correlation values of various indirect tests in comparison with bacterial culture

Preglednica 5: Primerjava mejnih vrednosti, ujemanja in korelacij med različnimi posrednimi testi in bakteriološko kulturo

	Threshold values			
	pH	Electrical conductivity (mS/cm)	California mastitis test	Somatic cell count (cells/ml)
Values observed	≥ 6.55	≥ 7.2	Score trace = CMT (+)	≥ 240000
Sensitivity (%)	66.66	47.61	39.28	72.61
Specificity (%)	38.02	59.57	72.34	70.21
Positive predictive value (%)	47.61	67.79	71.73	81.33
Negative predictive value (%)	57.44	38.88	40.00	58.92
Accuracy (%)	51.14	51.90	51.14	71.75
Kappa	0.046	0.064	0.099	0.411
Chi-square (p value)	0.577	0.427	0.181	0.000
R (Phi correlation)	0.049	0.069	0.117	0.415

Chi-square test with: $p < 0.05$ indicates an agreement between the results obtained for the diagnostic tests and the result of bacterial culture test, $p > 0.05$ indicates a disagreement between the results obtained for the diagnostic tests and the result of bacterial culture test.

2014). However, there is very little report about these aspects on sub-clinical mastitis in camels.

Bacterial culture is a standard method for examination of mastitis in camels (Tuteja et al., 2013). It may be carried out on individual quarter samples or on composite samples including milk from all quarters. In a mastitis control program, the cost of bacteriological culture in the laboratory can be greatly reduced by screening the

camels with the indirect tests first and then culturing the positive reactors (Abdurahman et al., 1995; Almag and Molla, 2000). These tests are indirect and detect only presence of inflammatory changes. Moreover, the intensity of the inflammation can be estimated qualitatively by CMT and quantitatively by SCC. The two tests have been used as diagnostic tools to detect subclinical mastitis in camel (Eberlein, 2007; Saleh and Faye, 2011). Similarly,

technique that examines change in the milk conductivity (Ali et al., 2016) or its pH could be used to detect mastitis in camel (Tuteja et al., 2003).

The results of present study indicate that the good combination of sensitivity and specificity of pH test was obtained while using a threshold of 6.55. However, our current findings are in disagreement with the findings of Tuteja et al. (2013) who reported that a threshold of 6.4 or more is indicative of sub-clinical mastitis in dairy camels. Sensitivity of pH test observed in present study was higher than that reported by Langer et al. (2014) for cows. Although, the specificity of this test was much lower than that reported by those authors, the low specificity observed for pH test suggests that pH of milk is not suitable method

Table 6: Comparison of pH, EC, CMT and SCC characteristics

Preglednica 6: Primerjava značilnosti pH, EC, CMT in SSC metod

Authors	Test	Sensitivity	Specificity	Basis
Current study	pH	66.66	38.02	Bacterial Culture
Langer et al (2014) (cows)		56.84	61.1	Bacterial Culture
Current study		47.61	59.57	Bacterial Culture
Langer et al (2014) (cows)	EC	25	87.1	Bacterial Culture
Reddy et al (2014) (cows)		56.52	84.84	Bacterial Culture
Current study		39.28	72.34	Bacterial Culture
Sharma et al. (2010) (cows)	CMT	86.07	59.70	Bacterial Culture
Pradisee et al (2012) (ewes)		28.67	87.06	Bacterial Culture
Langer et al (2014) (cows)		60.1	62.7	Bacterial Culture
Reddy et al (2014) (cows)		71.07	75.75	Bacterial Culture
Current study		72.61	70.21	Bacterial Culture
Sharma et al. (2010) (cows)	SCC	88.60	97.76	Bacterial Culture
Pradisee et al (2012) (ewes)		13.33	95.29	Bacterial Culture
Langer et al (2014) (cows)		39.8	84.8	Bacterial Culture
Reddy et al (2014) (cows)		65.21	78.78	Bacterial Culture
Current study		65.21	78.78	Bacterial Culture

L. HADEF et al.

for detection of subclinical mastitis in camels. The pH of milk may depend on the nature of fodder and water availability (Gorban and Izzeldin, 1997). Similarly, other factors may affect milk pH such as milk yield, lactation stage, milk composition and waiting time between sampling and testing. However, Ali et al. (2016) reported an increase in pH of camel milk samples in subclinical infection when compared to non-infected animals.

The current study indicated that a threshold of 7.2 mS/cm showed the good combination of sensitivity and specificity of electrical conductivity. This finding is comparable with that reported by Ali et al. (2016). In the present study, sensitivity and specificity of electrical conductivity was lower than that reported by Reddy et al. (2014). Likewise, based on this result, electrical conductivity cannot be used as an indirect test to detect subclinical mastitis in camel. This finding was in line with the previous report (Younan et al., 2001; Eberlein, 2007). Mastitis is not the only circumstance that causes changes in milk electrical conductivity and non-mastitis related variation in electrical conductivity is a major drawback. Non-mastitis factors influencing electrical conductivity include milk temperature, density, water, fat, protein percentage and breed (Elobeid et al., 2015).

The threshold values on SCC and CMT in camel milk were recent and not common. According to Merin et al., (2004), the SCC values in infected udder are lower in camel compared to the other ruminants. The present study showed that the good combination of sensitivity and specificity of these tests was obtained with a thresholds of 240000 cell/ml and score trace of CMT was considered as positive, respectively. This finding is supported by the report of Alamin et al (2013) who suggested that a threshold of SCC more than 2.5×10^5 cells/ml can be considered as indication of udder infection in camel. Sensitivity of CMT observed in our study was lower than that reported by Younan et al. (2001) which revealed a rate ranging from 68 %–77 % for major pathogen (*S. agalactiae* and *S. aureus*) in camel and that observed by Sharma et al. (2010) in cattle. The specificity of CMT concurs with the observations of Reddy et al. (2014) for cows but is lower than that reported by Younan et al. (2001) (91 %) for camel. The observed differences between the results of these studies indicate a wide range of possible CMT properties. This may be influenced by the subjectivity involved in interpreting the results of CMT. However, many researchers confirm that CMT can be used as a screening test to detect subclinical mastitis in camels (Saleh and Faye, 2011; Husein et al., 2013; Wanjohi et al., 2013).

In this study, SCC was found to be more accurate, sensitive, and specific than the CMT, pH and electrical conductivity tests compared to the bacteriological cul-

ture. Kathiriya and Shah (2009) compared the accuracy of SCC, CMT and pH for the detection of subclinical mastitis in dairy camels and stated that SCC was the most accurate test after examination using bacteriological culture. In addition, previous reports have confirmed that milk SCC can be used as a screening test to detect subclinical mastitis in camels (Bekele and Molla, 2001; Saleh and Faye, 2011). However, Alamin et al. (2013) reported that the SCC couldn't be used for detection of subclinical mastitis in camel.

The analysis of statistical results revealed that the pH, electrical conductivity and CMT test have a poor agreement ($k = 0.046, 0.064$ and 0.099 , respectively) and poor correlation ($r = 0.049, 0.069$ and 0.117 , respectively) with bacteriological examination. These results indicate that any single test may not be suitable in diagnosing sub-clinical mastitis. This finding is in agreement with previous studies (Younan et al., 2001, Bhatt et al., 2004 and Eberlein et al., 2007) who confirmed that electrical conductivity cannot be used for detection of subclinical mastitis in camels. However, many researchers (Abdel Gadir et al., 2006, Hawari and Hassawi, 2008 and Saleh and Faye 2011) reported that the positive correlation of CMT with the presence of mastitis pathogens in camel milk and stated that CMT is useful screening test in the detection of mastitis in camel and may serve to detect udder infected with major pathogens in a subclinical form. However, all of these studies subjected to cultural examination only the milk samples which had positive reaction on CMT.

In the present study only the SCC showed a good agreement ($k = 0.411$) and a good significant correlation ($r = 0.415, p < 0.05$) with the results of bacteriological culture. The value of the diagnostic test depends on its accuracy, sensitivity, specificity, predictive values, percentage agreement, and field applicability. In this study, SCC was found to be more accurate, sensitive, and specific than the other three tests (pH, EC and CMT) compared to the bacterial culture. Also, Guliye et al. (2002), Hawari and Hassawi (2008) reported that an increase in the number of somatic cells in camel milk is a good indication of the presence of pathogenic microorganisms in milk samples. Moreover, Kathiriya and Shah (2009) compared the accuracy of SCC, CMT and pH for the detection of subclinical mastitis in dairy camels and stated that SCC was the most accurate test after cultural examination. Similarly, Saleh and Faye (2011) confirm that SCC can be used as a screening test to detect subclinical mastitis in camels.

The observed discrepancy between the results of current study with those of other reports (Table 6) can be attributed to several possible factors such as animal species, subjective interpretation of the CMT and SCC results as well as the difference in the devices used for

measurement of pH and electrical conductivity of milk samples.

5 CONCLUSION

It is concluded that the SCC was the most accurate and reliable diagnostic method following the cultural isolation for the detection of sub-clinical mastitis in dairy camels under field conditions. Therefore, the combination between the SCC and CMT tests might be used effectively for diagnosis of sub-clinical mastitis in dairy camels. Moreover, the current study stated that the CMT, pH and EC were a poor predictor of udder infections. Therefore, the use of any single test may not be reliable in diagnosing sub-clinical mastitis in dairy camels.

6 AUTHORS' CONTRIBUTIONS

This work was carried out in collaboration between all authors. Author LH conducted the study. Author HA designed the study and served as principal supervisor. Author BH and MSM searched for the literatures and participated in manuscript writing. Authors AA wrote the protocols. All authors read and approved the final manuscript.

7 REFERENCES

- Abdel Gadir Atif, E., Hildebrandt, G., Kleer, J. N., Molla, B., Kyule, M. N. & Baumann, M. P. (2006). Comparison of California Mastitis Test (CMT), Somatic Cell Counts (SCC) and bacteriological examinations for detection of camel (*Camelus dromedarius*) mastitis in Ethiopia. *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift*, 119(1–2), 45–49.
- Abdurahman, O. A., Agab, H., Abbas, B., & Åström, G. (1995). Relations between udder infection and somatic cells in camel (*Camelus dromedarius*) milk. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 36(4), 423–431.
- Ahmad, S., Yaqoob, M., Bilal, M. Q., Muhammad, G., Yang, L.-G., Khan, M. K., & Tariq, M. (2012). Risk factors associated with prevalence and major bacterial causes of mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) under different production systems. *Tropical Animal Health and Production*, 44(1), 107–112. doi:10.1007/s11250-011-9895-0
- Alamin M. A., Alqurashi, A. M., Elsheikh, A. S., & Yasin, T. E. (2013). Mastitis incidence and bacterial causative agents isolated from lactating she-camel (*Camelus dromedaries*). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 2(3), 7–10. doi:10.9790/2380-0230710
- Ali F, Hussain, R., Qayyum, A., Gul, S. T., Iqbal, Z., & Hassan, M. F. (2016). Milk somatic cell counts and some hemato-biochemical changes in sub-clinical mastitic dromedary she-camels (*Camelus dromedarius*). *Pakistan Veterinary Journal*, 36(4), 405–408.
- Al-Juboory, A. A., Kamat, N. K., & Sindhu, J. I. (2013). Prevalence of some mastitis causes in dromedary camels in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 27(1), 9–14.
- Almaw, G., & Molla, B. (2000). Prevalence and etiology of mastitis in camels (*Camelus dromedaries*) in Eastern Ethiopia. *Journal of Camel Practice and Research*, 7(1), 97–100.
- Bekele T., & Molla, B. (2001). Mastitis in lactating camels (*Camelus dromedaries*) in Afar Region, North-East Ethiopia. *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift*, 114(5–6), 169–172.
- Bhatt L., Chahar, A., Tuteja, F. C., Tanwar, R. K., & Verma, D. (2004). Therapeutic efficacy of enrofloxacin alone and in combination with levamisole in subclinical mastitis in camel. *Journal of Camel Practice and Research*, 11(2), 153–156.
- Eberlein, V. (2007). *Hygienic status of camel milk in Dubai (United Arab Emirates) under two different milking management systems* (Doctoral dissertation). Ludwig-Maxmillians-Universität, Munich, Germany.
- Elobied, A. A., Osman, A. M., Abu Kashwa, S. M., Ali, A. S., Ibrahim, M. T. & Salih, M. M. (2015). Effect of parity and breed on some physico-chemical components of Sudanese camel milk. *Research opinions in animal & veterinary sciences*, 5(1), 20–24. <http://www.roavs.com/pdf-files/Issue-1-2015/20-24.pdf>
- Ghasemzadeh-Nava, H., Bokaei, S., Tajik, P., Mohammad-sadegh, M., & Esfandabadi, N. S. (2008). Sensitivity and Specificity of MAS-D-TEC to detect subclinical mastitis in sheep and goats. *Proceedings, The 15th Congress of FAVA. OIE Joint Symposium on Emerging Diseases, Bangkok, Thailand* (pp. 21–22). Retrieved from http://161.200.35.61/Data_files/ebook/FAVA2008/paperfile/PA009.pdf
- Gonzalo, C., Ariznabarreta, A., Carriedo, J. A., & San Primitivo, F. (2002). Mammary Pathogens and their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy Ewes. *Journal of Dairy Science*, 85(6), 1460–1467. doi:10.3168/jds.s0022-0302(02)74214-8
- Gorban, A. M. S., & Izzeldin, O. M. (2001). Fatty acids and lipids of camel milk and colostrum. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52(3), 283–287. doi:10.1080/713671778
- Guliye, A. Y., Van Creveld, C., & Yagil, R. (2002). Detection of subclinical mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) using somatic cell counts and the N-acetyl-beta-D-glucosaminidase test. *Tropical Animal Health and Production*, 34(2), 95–104. doi:10.1023/a:1014324421258
- Hawari, A. D., & Hassawi, D. S. (2008). Mastitis in One humped She-Camels (*Camelus dromedarius*) in Jordan. *Journal of Biological Sciences*, 8(5), 958–961. doi:10.3923/jbs.2008.958.961
- Husein, A., Berihu, H., Abbisalem, H., & Asamenew, T. (2013). Prevalence of camel (*Camelus dromedaries*) mastitis in Jijiga Town, Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 8(24), 3113–3120.
- Kathiriya, J. B., & Shah, N.M. (2009). A comparative study of different tests for diagnosis of subclinical mastitis in camels. *Indian Journal of Animal Research* 43(3), 191–193.

L. HADEF et al.

- Langer, A., Sharma, S., Sharma, N. K., & Nauriyal, D. S. (2014). Comparative efficacy of different Mastitis markers for diagnosis of sub-clinical Mastitis in cows. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 2(2), 121–125. doi:10.3126/ijasbt.v2i2.10191
- Merin U., Sela, S., Rosen, B., Pinto, R., & Leitner, G. (2004). Standards for camel milk. In B. Faye, & P. Esenov (Eds.), *Desertification combat and food safety: the added value of camel producers: Vol. 362. NATO Sciences Series, Life and Behavioural Sciences (pp. 152–158). Proc. Intern. Workshop, Ashkabad (Turkmenistan)*, 19–22 April 2004. IOS press Publ., Amsterdam.
- NMC. (1987). *Laboratory and field handbook on bovine mastitis*. Madison: National Mastitis Council (NMC) Inc.
- Pradié J., Moraes, C. R., Gonçalves, M., Vilanova, M. S., Corréa, G. F., Lauz, O. G., . . . Schmidt, V. (2012). Somatic Cell Count and California Mastitis Test as a diagnostic tool for subclinical mastitis in ewes. *Acta Scientiae Veterinari* 40(2), 1038.
- Quinn P.J., M.E. Carter, B. Markey, and G.R. Carter. 1999. *Clinical Veterinary Microbiology*. London, England: Wolf publishing.
- Reddy, B. S. S., Kumari, K. N., Reddy, Y. R., Reddy, M. V. B., & Reddy, B. S. (2014). Comparison of different diagnostic tests in subclinical mastitis in dairy cattle. *International Journal of Veterinary Science*, 3(4), 224–228.
- Saleh S. K., Faye, B. (2011). Detection of subclinical mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedaries*) using somatic cell counts, california mastitis test and udder pathogen. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 17(1), 48–58. doi:10.9755/ejfa.v23i1.5312
- Sharma N., Pandey, V., & Sudhan, N. A. (2010). Comparison of some screening tests for detection of subclinical mastitis in dairy cows. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 13(2), 98–103.
- Tibary A., & Anouassi, A. (2000). Lactation and udder disease. In: L. Skidmore, & G. P. Adams (Eds.), *Recent Advances in Camelid Reproduction*. Retrieved from <http://www.ivis.org>, International veterinary Information Service
- Tuteja, F. C., Dixit, S. K., Ghorui, S. K., Deen, A., & Sahani, M. S. (2003). Prevalence, characterisation and antibiotic sensitivity of intramammary infections in camel. *Journal of Camel Practice and Research*, 10, 69–77.
- Tuteja, F. C., Dixit, S. K., Patil, N. V., Suchitra Sena, D., & Singh, S. (2013). *Camel mastitis. A technical bulletin*. Jorbeer, Shivbari, Bikaner-334001: National Research Centre on Camel.
- Wanjohi, M., Gitao, C. G., & Bebor, L. (2013). Subclinical mastitis affecting hygienic quality of marketed camel milk from North-Eastern Province, Kenya. *Microbiology Research International*, 1(1), 6–15.
- Weisen J. P. (1974). La stratégie de la lutte antimammite. In : *La prophylaxie des mammites* (pp. 43–79). Paris, France: Vigot frères Éditeurs.
- Younan, M., Ali, Z., Bornstein, S., & Müller, W. (2001). Application of the California mastitis test in intramammary *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus* infections of camels (*Camelus dromedarius*) in Kenya. *Preventive Veterinary Medicine*, 51(3–4), 307–316. doi:10.1016/s0167-5877(01)00228-8

STUDY OF YIELD AND COMPOSITION OF CAMEL MILK IN ALGERIA

Leyla Hade^{1,2*}, Hebib Aggad¹, Brahim Hamad^{1,2},
Messaouda Saied²

¹University of Tiaret, Institute of Veterinary Sciences, Laboratory of Hygiene and Animal Pathology, P.O. Box 78 Tiaret, 14000, Tiaret, Algeria
²University of El-Oued, Faculty of Nature and Life Sciences, Department of Agronomy, P.O. Box 789 El-Oued, 39000, El-Oued, Algeria

*Corresponding author: leila.hadef@yahoo.fr

Received: March, 02, 2017

Accepted: March, 05, 2018

Abstract: The aim of this study was to determine the yield and composition of raw camel milk throughout the lactation period. For this purpose seventeen multiparous she-camels, kept under grazing and supplement farming system in South East of Algeria were used in this study. A total of 153 milk samples were collected and analyzed through standard procedures to determine yield and physicochemical parameters of milk such as pH, acidity, density, fat, protein, lactose, ash and total solids. The results demonstrated that the overall means of daily milk yield and composition of pH, acidity, density, fat, protein, lactose, ash and total solids (TS) were $3.96 \pm 1.24 \text{ L}\cdot\text{day}^{-1}$, 6.55 ± 0.14 , $0.17 \pm 0.01 \%$, $1.032 \pm 0.002 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $3.72 \pm 0.14\%$, $3.37 \pm 0.18 \%$, $4.13 \pm 0.29 \%$, $0.96 \pm 0.22 \%$ and $9.99 \pm 1.82 \%$, respectively. Moreover, the milk yield was significantly ($p < 0.05$) higher during the mid stage of lactation than the early and the late one, while milk density, fat and total solids were the highest during the first stage of lactation. However, pH, protein and lactose contents content remained stable without significant change ($p > 0.05$). The results indicated that Algerian camel milk could provide a valuable nutritious food and energy source for population living in arid and semi arid zones and it was concluded that the stage of lactation had a significant effect ($p < 0.05$) on milk yield and most physicochemical parameters of raw camel milk.

Keywords: acidity, Algeria, ash, camel, density, fat, lactose, milk, pH value, protein

INTRODUCTION

In Algeria, camel breeding has been considerable momentum from 2000, rising from 234,220 head in 2000 to 315,849 head in 2010 [1]. Camel milk production in Algeria, estimated to about 5.6 L·day⁻¹ [2]. Moreover, camel meat and milk are the key foods in arid and semi-arid areas of Algeria. Camel milk does not only contain more nutrients compared to cow milk [3]. But, also it has therapeutic and antimicrobial agents [4]. According to Abdalla *et al.* [5], the mean values of different constituents of camel milk were: 3.01 %, 3.06 %, 0.69 %, 4.33 %, and 11.06 %, for protein, fat, ash, lactose and total solids respectively. On the other hand, Babiker and el Zoubeir [6] reported that the milk yield of camel varies greatly depending on the husbandry systems, in addition to the other factors such as parity number, stage of lactation [5 – 8], calf mortality and calving season [5]. Similarly, wide variation in its components is attributed to some factors such as breed [9], geographical location, feeding regime [10], calving number and stage of lactation [5, 6, 11], seasons [5, 8], and management systems [6, 11, 12]. In Algeria, selling of milk is neither practiced nor accepted by camel herders in the traditional systems and there are no well-established camel dairy farms. However, currently a new trend towards commercialization of camel milk associated with the new farming system has started in the South East of Algeria. Few works were done on the Algerian camel, especially on milk yield [2, 13] and composition [2, 14]. However, mostly those obtained were based on surveys and not in measuring or monitoring. Nevertheless, there is no published data on the composition fluctuations and yield of camel milk throughout the lactation period. Therefore, the objective of this study was to determine the yield and composition of Algerian camel milk and to evaluate its variability during the lactation period.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was conducted at the locality of Bir Naam, South East of Algeria. This region has an arid climate, an average summer temperature of 42 °C and low monthly precipitation with 10.72 mm. The rainy period extends from November to January with a 23.8 mm maximum in January. The rest of the year, pastures in the region are considered arid. The vegetation commonly consists of steppe plants such as *Stipa tenacissima* and *Ampelodesmos tenax*.

Management of camels

This study was conducted from November 2014 to September 2015. Seventeen multiparous healthy lactating she camels kept under grazing and supplement farming system were randomly selected, where the animals graze in open areas surrounding the farm from the morning times until mid-day then they were kept inside the farm for milking and supplement feeding. These camels were supplemented with some barley concentrate and dry hay straw. The animals were watered regularly. The calving occurs mostly in winter season but starts as early as November.

STUDY OF YIELD AND COMPOSITION OF CAMEL MILK IN ALGERIA

Sampling procedure

A total of 153 raw milk samples were taken for estimating physicochemical compositions. The samples were collected during three different stages of lactation (early, mid and late respectively). Three samples were taken from each animal in each lactation stage. The samples were collected in the early morning into sterilized bottles after water washing and disinfection of the teats with alcohol (70 °C) and eliminating the first streams and immediately labeled. Furthermore, the samples were stored in ice box and transferred within 2 - 4 hours to the laboratory. Five hundred milliliters per milking were taken after thorough mixing for analyzing: pH, acidity, density, fat, protein, lactose, ash and total solids (TS).

Control of milk production

The animals were hand-milked twice daily at approximately 05:00 and 17:00 hours. The daily milk yield of each animal was the sum of morning and evening milking. The volume of milk was measured with a graduated cylinder.

Milk composition analysis**Physical analysis**

The pH was measured using a pH-meter (Hanna HI 99161, Romania), while the titratable acidity was determined according to Association of Official Agricultural Chemists - AOAC [15] by titration of the fresh milk with 0.1 N NaOH in the presence of phenolphthalein indicator. The density at 20 °C was determined using a lactodensitometer to give a simple reading of the line corresponding to the point of touching the density of the test sample in which it floats.

Chemical analysis

Fat content of milk was analyzed by Gerber method according to AOAC [15]. Protein was determined through the quantification of the nitrogen content by the standard Micro-Kjeldahl method [15] and multiplying by a conversion factor of 6.38 to arrive at protein content. Lactose content was determined by Bertrand's method [16]. Ash content of milk was determined by the incinerations of dried sample in muffle furnace at 550 °C using method given in AOAC [15]. Total solids (TS) content was determined after drying in an oven at 100 °C for 3 hours [15]: $TS \% = W_1/W_2 \times 100$ (where: W_1 = weight of sample after drying; W_2 = weight of sample before drying).

Statistical analysis

Statistical evaluations were performed using SPSS software (Version 16). Firstly, the data were analyzed using the General Linear Models (GLM) procedure, and the means were separated using the Paired Sample T-Test or Wilcoxon Signed-rank test after evaluating normal distribution by the Shapiro-wilk and Kolmogorov-Smirnov test. Secondly, Pearson's correlation coefficients (r) were used to determine relationships between the various studied parameters. The results were considered significant if the associated P-value was < 0.05.

RESULTS AND DISCUSSION

Milk yield

According to the study results, the overall mean of milk yield was $3.96 \pm 1.24 \text{ L}\cdot\text{day}^{-1}$ (Table 1). So, the length of lactation period was estimated as long as 9 months. The milk yield was significantly ($p < 0.05$) higher during the mid stage as compared to those obtained for the early and late stage of lactation, respectively (Table 1). The data showed that milk production does start at a low level during the first 2 months and then increased at the mid stage of lactation. Then it showed a slight gradual decline until the last stage of lactation (Table 1).

Table 1. Effect of lactation stage on yield and physical compositions of Algerian camel milk

Number of samples	Stage of lactation [months]	Milk yield [$\text{L}\cdot\text{day}^{-1}$]	pH	Acidity [%]	Density [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]
51	0 - 2	3.58 ± 1.18^a	6.57 ± 0.12^a	0.17 ± 0.01^a	1.034 ± 0.003^a
51	3 - 5	4.78 ± 1.13^b	6.53 ± 0.10^a	0.17 ± 0.01^a	1.031 ± 0.001^b
51	6 - 9	3.52 ± 0.99^a	6.54 ± 0.19^a	0.18 ± 0.01^b	1.031 ± 0.002^b
153	overall mean	3.96 ± 1.24	6.55 ± 0.14	0.17 ± 0.01	1.032 ± 0.002
153	[p-value]	0.000	0.355	0.000	0.000

^{a,b} Means with different superscripts within a column are significantly different ($P < 0.05$)

In the present study, the overall mean of the observed daily milk yield was within the range reported by other researchers [2, 6, 13]. However, this finding was slightly higher than the range reported by Zeleke and Bekele [17] ($1.5 - 3 \text{ L}\cdot\text{day}^{-1}$) in eastern Ethiopia. Moreover, the length of lactation period was found to be higher than that reported by Babiker and El Zubeir [6] in Sudan, who mentioned that lactation length was 8 months for the same husbandry practice.

However, many previous researchers [2, 5, 13, 18 – 20] have reported a longer lactation length than that found in our study. This variation could be attributed to the breed/type and agro-ecological differences [19]. Similarly, Al-Haj and Al-Kanhal [21] mentioned that the factors affecting milk yields are the breed, feeding and management conditions, lactation number and stage of lactation, which are common to all dairy animals.

In addition, Babiker and El Zubeir [6] found that milk yield was significantly affected by husbandry system, stage of lactation and parity number. On the other hand, Bakheit *et al.* [22] reported that camels raised under semi-intensive system were able to produce significantly more milk than the other reared under traditional system.

Physical composition

The mean contents of physical parameters of milk at each stage of lactation (beginning, middle and end) are given in Table 1. The overall means of pH, acidity and density were 6.55 ± 0.14 , $0.17 \pm 0.01 \%$ and $1.032 \pm 0.002 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, respectively. During lactation, a significant increase ($P < 0.05$) in acidity was observed at the late stage of lactation and in density for the first one. However, the pH value did not change significantly ($p > 0.05$) with advancing lactation.

STUDY OF YIELD AND COMPOSITION OF CAMEL MILK IN ALGERIA

The overall mean of pH observed in our study was comparable to the finding of Alwan *et al.* [12] in Libya for group of Farm-reared. This result was higher than that reported by Siboukeur [2] and Merzouk *et al.* [14]. However, other researchers [10, 23] reported higher pH values. The variation of pH value could be due to differences in hygiene of the milking practices and the total microbial count of milk [21]. According to Gorban and Izzeldin [24], the pH of camel milk can be affected by feed and availability of water.

Therefore, the overall mean of density was in agreement with the results of previous studies [6, 25]. However, this finding was higher than the results reported by Siboukeur [2]. This variation could be due to the water content in milk because the density is influenced directly by humidity of camel milk. On other hand, Laleye *et al.* [26] reported that camel milk was less viscous than bovine milk. For this reason herders living in arid zone use camel milk not only as nutritious food but especially as a substitute to almost deficient water as well [27].

The overall mean of acidity was within the range reported by other reports [6, 10, 12, 25]. However, it was lower than that declared in previous studies [2, 14]. According to Meiloud *et al.* [25], the milk is of good quality (acidity between 14 and 18°). This could be explained by the fact that the increased concentration of protein, including the casein fraction to a considerable degree, determines the acidity of milk. Moreover, variation in acidity may refer to differences in hygiene of the milking procedures and the total microbial count of milk [21].

Also, Alwan *et al.* [12] observed a gradual increase in the titratable acidity of the farmed reared camel milk than that of desert reared ones. Moreover, Shuiep *et al.* [28] reported highly significant differences in acidity of camel milk between summer and winter seasons which related to high temperature and acidification of bacteria in the hot season. However, the camel milk characterized by a greater buffering effect with respect to bovine milk [29], helps explain the lack of direct relationship between pH and acidity.

Chemical composition

The chemical parameters of milk at each stage of lactation are shown in Table 2. The study showed that the overall means of fat, protein, lactose, ash and TS were 3.72 ± 0.14 %, 3.37 ± 0.18 %, 4.13 ± 0.29 %, 0.96 ± 0.22 % and 9.99 ± 1.82 %, respectively. Fat content and TS were significantly ($p < 0.05$) higher during the first stage of lactation than second and third ones. On the other hand, the ash content was higher during the mid and the late stage of lactation. However, the protein and lactose contents remained stable without significant changes ($p > 0.05$) throughout the lactation period (Table 2).

In our study, the mean fat content was within the range reported by many reports [5, 6, 25, 30]. Conversely, other researchers reported lower fat content [2, 8, 23]. Although Merzouk *et al.* [14] stated higher fat finding for cold season. This diversity may be due to the nature of food taken by animals because it is known that total energy intake is directly related to fat content. In the same way, Khaskheli *et al.* [10] reported that variation in fat content is directly or indirectly related to the total solids content.

HADEF, AGGAD, HAMAD and SAIED

Table 2. Effect of lactation stage on chemical compositions of Algerian camel milk

Number of samples	Stage of lactation [Months]	Fat [%]	Protein [%]	Lactose [%]	Ash [%]	TS [%]
51	0 - 2	3.77 ± 0.15 ^a	3.38 ± 0.14 ^a	4.05 ± 0.25 ^a	0.88 ± 0.18 ^a	11.02 ± 1.56 ^a
51	3 - 5	3.70 ± 0.13 ^b	3.36 ± 0.19 ^a	4.18 ± 0.29 ^a	1.01 ± 0.20 ^b	9.28 ± 1.85 ^b
51	6 - 9	3.68 ± 0.14 ^b	3.36 ± 0.20 ^a	4.17 ± 0.31 ^a	1.01 ± 2.45 ^b	9.67 ± 1.60 ^b
153	Overall mean	3.72 ± 0.14	3.37 ± 0.18	4.13 ± 0.29	0.96 ± 0.22	9.99 ± 1.82
153	[p-value]	0.007	0.752	0.057	0.003	0.000

^{a,b} Means with different superscripts within a column are significantly different (P < 0.05), TS = Total Solids

Besides, Shuiep *et al.* [28] confirmed that the fat content of camel milk is significantly affected by management conditions and seasons. Also, Konuspayeva *et al.* [30] observed that there is a wide variation in camel milk fat in different parts of the world and showed that the milk composition from camels living in East Africa contains higher fat contents than the milk from camels living in Africa and Western Asia. Moreover, Abdalla *et al.* [5] reported that the low percentage of fat matter in camels probably reflects poor nutrition that is typical to the desert habitat conditions.

The total content of minerals (ash) was in agreement with the results of Khaskheli *et al.* [10] and Meiloud *et al.* [25]. However, many previous studies have reported lower ash content [2, 5, 8, 12, 14, 23]. The higher ash contents of camel milk that observed in this study might be correlated with the nature of the available vegetation in the study area and the nature of supplementary diet. Variations in ash content were attributed to breed differences, feeding [31], parity number and stage of lactation [5], season [28], management systems [11] and water intake [32].

In this study, the overall mean of total solids was in parallel with those of Khaskheli *et al.* [10] and Abbas *et al.* [23]. In some studies, higher content of TS were found [2, 12, 14]. The variation in TS content might be a consequence variation of negative effect of heat stress on feeding intake and thus protein, fat and lactose content [33]. Also, Abdalla *et al.* [5] reported that the stage of lactation, parity numbers affected significantly the content of total solids of camel milk in addition to other factors such as management conditions [12] and seasons [28]. Moreover, Alwan *et al.* [12] concluded that the total solids are significantly lowered as the amount of water in the camel's fresh milk is significantly increased when drinking water is restricted.

The obtained mean of protein content was within the range reported by previous studies [5, 6, 8, 12, 30]. However, other reports, demonstrated lower values of protein content [12, 14]. This difference may be due to the different management systems and variation of quality and quantity of feed available for such region, in addition to some individual factors including genetics. In the same way, Khaskheli *et al.* [10] reported that change in proteins content of milk could be attributed to difference in breeds and geographic areas, type of plants in the pasture, age, number of calves, lactation period and herd management.

The lactose content observed in this study was consistent with the results of other researchers [5, 6, 8, 25, 30]. However, Khaskheli *et al.* [10] found lower lactose content. Though, the given result was lower than that reported in previous studies [2, 12]. The wide variation of lactose content could be referred to the type of plants ingested in deserts [10]. Camels usually prefer halophilic plants such as *Atriplex*, *Salosa* and *Acacia*

STUDY OF YIELD AND COMPOSITION OF CAMEL MILK IN ALGERIA

to meet their physiological requirement so salts [34]. The physiological variations of the lactose concentration were less important than for protein and fat matter, as well as in Dromedary camel [35] than in Bactrian camel [36]. According to Haddadin *et al.* [32], lactose content was only found to change slightly for camel milk of some dromedary breeds in different part of the world.

Effect of lactation stage on yield and composition of milk

In the present study, the milk yield was significantly ($p < 0.05$) affected by stages of lactation. The highest milk yield was recorded at the mid stage of lactation, while at the late stage of lactation, the milk yield gradually decreased to similar levels to those recorded at the early stage of lactation. This finding was in agreement with the previous findings of Abdalla *et al.* [5], Al-Saiady *et al.* [7] and Mehari *et al.* [19]. However, these results were not consistent with Babiker and El Zubeir [6] and Zeleke [37], who reported that there was no significant decrease in milk, yield till the 9th month of lactation.

Increased milk yield during mid lactation due to increased growth and number of secretory cells in the udder or increased secretory activity of the mammary tissue or both [38]. On the other hand, many authors reported that milk yield was affected by stage of lactation and calving number [5 - 8], breeds [9], milking interval, diet type of camels [7], calving season [5, 8], calf mortality, lactation period [5] and management systems [6, 18, 22].

In current study, the most parameters of camel milk composition were significantly ($P < 0.05$) affected by stages of lactation, which was consistent with the results of other researchers [5 - 7, 11]. The results of the current study showed that the acidity of camel milk was higher at the late stage of lactation, while the density was higher during the first one. However, these findings disagreed with the results of Babiker and El Zubeir [6] who reported that the density and acidity of camel milk were not affected by stage of lactation. According to Siboukeur [2], the density of camel milk is directly dependent on the dry matter content which is strongly related to the frequency of watering.

In the present study, the fat and TS contents were higher during the first stage of lactation than the second and third one (Table 1). Similar results have also been observed by Zeleke [37], who found that the values of fat and total solids were the highest during the first 6 months of lactation and that was also reported by Al-Saiady *et al.* [7] and Haddadin *et al.* [32]. In addition, ash contents were lower during early stage of lactation, which was in agreement with the finding of El-Hatmi *et al.* [39] who reported that the ash content increased during lactation and reached peak (1 %) at the week 40 of lactation.

Furthermore, the current study demonstrated that the most camel milk constituents were lower during the second and third stage of lactation (Table 2). This finding may be due to the increase in the milk water content during the last stage of lactation [11]. These results support those of Zeleke [37], who demonstrated that total solids decreased from 11.7 % in the first stage of lactation to 10.1 % by the end and that fat content was gradually decreased. As well, Konuspayeva *et al.* [40] reported that fat content decreased all along the lactation period.

However, no significant ($p > 0.05$) effect of lactation stage on lactose content was observed in our study, This result agreed with Abdalla *et al.* [5] who stated that there

HADEF, AGGAD, HAMAD and SAIED

were no significant differences in lactose content between various stages of lactation. Also, Haddadin *et al.* [32] showed that the lactose matter was found to be the only milk component that remained over a season.

Also, no significant ($p > 0.05$) effect of lactation stage on the protein content was observed in this study. This result disagreed with the findings of other researchers [6, 11, 32, 37] who mentioned that the highest percentage of protein content of camel milk were at the first stage of lactation and then decreased along the lactation period. This may be due to the nature of food available and protein diet which resulted in production of milk rich in protein [41]. The variations in protein contents could be attributed to several factors such as breed [9, 40], geographical location [10], calving number [5, 6, 9, 11, 37, 42], season of calving [5, 8], management systems [6, 11, 12] and milking frequency [43].

Correlations between the different studied parameters

The correlations between the different studied parameters are presented in Table 3. The milk yield was negatively correlated with density, acidity, fat and protein but without significance ($p > 0.05$). However, a negative significant correlation ($P < 0.05$) between milk production and TS content was found in this study. On the other hand, correlations involving density with fat, fat with protein and ash, protein with lactose and ash, lactose with ash were positive ($p < 0.05$). However, a negative significant correlation ($P < 0.01$) was observed between TS content with lactose and ash.

Table 3. Matrix of correlation coefficient (r) between yield, physical and chemical parameters of Algerian camel milk ($n = 153$)

	pH	Acidity	Density	Fat	Protein	Lactose	Ash	TS
Milk yield	0.035	- 0.131	- 0.153	- 0.034	- 0.010	0.028	0.045	- 0.195*
pH		- 0.197*	0.085	0.086	0.015	- 0.022	- 0.005	0.011
Acidity			- 0.039	0.111	0.073	- 0.112	0.142	- 0.057
Density				0.221**	0.095	- 0.100	- 0.154	0.074
Fat					0.797**	0.136	0.243**	0.036
Protein						0.247**	0.336**	- 0.023
Lactose							0.633**	- 0.317**
Ash								- 0.439**

All Pearson correlation coefficients are significant at $P < 0.05$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; TS = Total Solids

In the present study, the most studied parameters showed negative correlations with the milk yield. These findings were in agreement with those of Musaad *et al.* [8] and Elobeid *et al.* [9], respectively. In the same way, Musaad *et al.* [8] attributed these negative correlations to the dilution effect.

However, positive correlation coefficient was found in our study between milk production and pH, lactose and ash contents, respectively. These results were in agreement with the findings of Elobeid *et al.* [9], who reported that the pH and ash contents were positively correlated with the milk yield. In contrast, Musaad *et al.* [8] found a significant ($p < 0.05$) negative correlation between milk yield and previous parameters.

The relationship between most parameters included in this study (Table 3) agreed with the results of Musaad *et al.* [8] and Elobeid *et al.* [9], except for the negative correlation

STUDY OF YIELD AND COMPOSITION OF CAMEL MILK IN ALGERIA

between density and lactose, density and ash. In the present study, only the significant ($p < 0.05$) positive correlation between fat and protein was strong ($r = 0.797$). According to Konuspayeva *et al.* [44], the correlation between fat and protein is classical in the milk of all mammals.

CONCLUSIONS

In conclusion, the results of the current study may contribute to the overall knowledge about the compositions and production of camel milk in south east of Algeria and it confirmed that lactation stages have impact on milk yield and physicochemical compositions. The highest milk production was observed at the mid stage of lactation. However, the highest density values, fat and TS contents were noted at the first one, while ash was lowest. On the other hand, the protein, lactose contents and pH values did not change with advancing lactation. For future prospects, more research should be conducted to know the effect of breeds, season, milking frequency, calving number and to delineate management and feeding regime for the Algerian camel in order to make camel rearing an economical proposition.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Dr. Youcef Halis and Mr. Djelani Ghemam Hamed, for their careful reading of the manuscript. Also, the authors like to thank the staff of the Laboratory of Hygiene and Animal Pathology, at the Institute of Veterinary Sciences, University of Tiaret, Algeria.

REFERENCES

1. MARD.: *Algeria Animal Health Yearbook 2011/2012*, Algiers, Algeria: Ministry of Agriculture and Rural Development, **2012**;
2. Siboukeur, O.: *Study of camel milk locally collected: physicochemical and microbiological characteristics*; Abilities for coagulation [Doctorat Thesis], El-Harrach, Algiers, Algeria, National Institute of Agronomy, **2007**;
3. Agrawal, R.P., Beniwal, R., Kochar, D.K., Tuteja, F.C., Ghorui, S.K., Sahai, M.S., Sharma, S.: Camel milk as an adjunct to insulin therapy improves long-term glycaemia control and reduction in doses of insulin in patients with type-1 diabetes - a 1 year randomized controlled trial, *Diabetes Research and Clinical Practice*, **2005**, **68** (2), 176-177;
4. Khay, E.O., Idoamar, M., Castro, L.M.P., Bernárdez, B.F., Senhaji, N.S., Abrini, J.: Antimicrobial Activities of the Bacteriocin-like Substances Produced by Lactic Acid Bacteria Isolated from Moroccan Dromedary Milk, *African Journal of Biotechnology*, **2011**, **10** (51), 10447-10455;
5. Abdalla, E.B., Ashmawy, A.E.H.A., Farouk, M.H., Salama, O.A.R., Khalil, F.A., Seioudy, A.F.: Milk production potential in Maghrebi she-camels, *Small Ruminant Research*, **2015**, **123** (1), 129-135;
6. Babiker, W.I.A., El Zubeir, I.E.M.: Impact of Husbandry, stages of lactation and parity number on yield and chemical composition of dromedary camel milk, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, **2014**, **26** (4), 333-341;
7. Al-Saiady, M.Y., Mogawer, H.H., Faye, B., Al-Mutairi, S.E., Bengoumi, M., Mussad, A., Gar-Elnaby, A.: Some factors affecting dairy she-camel performance, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, **2012**, **24** (1), 85-91;

HADEF, AGGAD, HAMAD and SAIED

8. Musaad, A.M., Faye, B., Al-Mutairi, S.E.: Seasonal and physiological variation of gross composition of camel milk in Saudi Arabia, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, **2013**, 25 (8), 618-624;
9. Elobied, A.A., Osman, A.M., Abu Kashwa, S.M., Ali, A.S., Ibrahim, M.T., Salih, M.M.: Effect of parity and breed on some physico-chemical components of Sudanese camel milk, *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, **2015**, 5 (1), 20-24;
10. Khaskheli, M., Arain, M.A., Chaudhry, S., Soomro, A.H., Qureshi, T.A.: Physico-chemical quality of camel milk, *Journal of Agriculture and Social Sciences*, **2005**, 1 (2), 164-166;
11. Aljumaah, R.S., Almutairi, F.F., Ismail, E., Alshaikh, M.A., Sami, A., Ayadi, M.: Effects of production system, breed, parity, and stage of lactation on milk composition of dromedary camels in Saudi Arabia, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **2012**, 11 (1), 141-147;
12. Alwan, O.A., Igwegbe, A.O., Ahmad, A.A.: Effect of rearing conditions on the proximate composition of Libyan Maghrebi camel's (*Camelus dromedaries*) milk, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, **2014**, 4 (8), 1-6;
13. Chehema, A.: Pastoral productivity and dairy productivity in Algeria in: *Camel milk for Africa. Workshop on the dairy chain of camel in Africa*, **2003**, 43-51;
14. Merzouk, Y., Chahrour, W., Zarour, K., Zergui, A., Saidi, N.E., Henni, J.E., Kihal, M.: Physico-chemical and microbiological analysis of Algerian raw camel's milk and identification of predominating thermophilic Lactic Acid Bacteria, *Journal of Food Science and Engineering*, **2013**, 3, 55-63;
15. AOAC - Association of Official Agricultural Chemists: Official Methods of Analysis, 17th edition, Washington, DC, AOAC International, **2000**;
16. AFNOR - Association Française de Normalisation: Contrôle de la qualité des produits alimentaires, Lait et produits laitiers, AFNOR Edition, Paris, **1993**;
17. Zeleke, M., Bekele, T.: Camel herd health and productivity in eastern Ethiopia selected semi-nomadic households, *Revue d' Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, **2000**, 53 (2), 213-217;
18. Bekele, T., Zeleke, M., Baars, R.M.T.: Milk production performance of the one humped Camel (*Camelus dromedarius*) under pastoral management in semi-arid eastern Ethiopia, *Livestock Production Science*, **2002**, 76(1-2), 37-44;
19. Mehari, Y., Mekuriaw, Z., Gebru, G.: Potentials of camel production in Babilie and Kebribeyah woredas of the Jijiga Zone, Somali Region, Ethiopia, *Livestock Research for Rural Development*, **2007**, 19 (4);
20. Mayouf, R., Benaissa, M.H., Bentría, Y., Aoun, F.Z., Halis, Y.: Reproductive performance of *Camelus dromedarius* in the El-Oued region, Algeria, *Online Journal of Animal and Feed Research*, **2014**, 4 (4), 102-106;
21. Al Haj, O.A., Al Kanhal, H.A.: Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk, *International Dairy Journal*, **2010**, 20 (12), 811-821;
22. Bakheit, S.A., Majid, M., Abu-Nikhila, A.M.: Camels (*Camelus dromedarius*) under pastoral systems in North Kordofan, Sudan: Seasonal and parity effects on milk composition, *Journal of Camelid Science*, **2008**, 1, 32-36;
23. Abbas, S., Ashraf, H., Nazir, A., Sarfraz, L.: Physico-chemical analysis and composition of camel milk, *International Researchers*, **2013**, 2 (2), 84-98;
24. Gorban, A.M.S., Izzeldin, O.M.: Fatty and Lipids of Camel Milk and Colostrum, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **2001**, 52 (3), 283-287;
25. Meiloud, G.M., Ould Bouraya, I.N., Samb, A., Houmeida, A.: Composition of Mauritanian camel milk: results of first study, *International Journal of Agriculture & Biology*, **2011**, 13 (1), 145-147;
26. Laleye, L.C., Jobe, B., Wasesa, A.A.H.: Comparative study on heat stability and functionality of camel and bovine whey proteins, *Journal of Dairy Science*, **2008**, 91 (12), 4527-4534;
27. Wilson, R.T.: Camel. The tropical agriculturalist, Macmillan Edition, London, **1998**;
28. Shuipep, E.S., El Zubeir, I.E.M., El Owni, O.A.O., Musa, H.H.: Influence of season and management on composition of raw camel (*Camelus dromedarius*) milk in Khartoum State, Sudan, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **2008**, 8 (1), 101-106;
29. Abu-Tarboush, H.M.: Comparison of growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows, *Journal of Dairy Science*, **1996**, 79 (3), 366-371;
30. Konuspayeva, G., Faye, B., Loiseau, G.: The composition of camel milk: a meta-analysis of the literature data, *Journal of Food Composition and Analysis*, **2009**, 22 (2), 95-101;

STUDY OF YIELD AND COMPOSITION OF CAMEL MILK IN ALGERIA

31. Mehaia, M.A., Hablas, M.A., Abdel-Rahman, K.M., El-Mougy, S.A.: Milk composition of Majaheim, Wadah and Hamra camels in Saudi Arabia, *Food Chemistry*, **1995**, 52 (2), 115-122;
32. Haddadin, M.S., Gammoh, S.I., Robinson, R.K.: Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan, *Journal of Dairy Research*, **2008**, 75 (1), 8-12;
33. Silanikove, N.: Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants, *Livestock Production Science*, 2000, 67 (1-2), 1-18;
34. Yagil, R.: Camels and camel milk, Animal Production and Health Report, Rome, FAO, **1982**;
35. Wangoh, J., Farah, Z., Puhán, Z.: Composition of milk from three camel (*Camelus dromedarius*) breeds in Kenya during lactation, *Milchwissenschaft*, **1998**, 53 (3), 136-139;
36. Zhang, H., Yao, J., Zhao, D., Liu, H., Li, J., Guo, M.: Changes in chemical composition of Alxa Bactrian camel milk during lactation, *Journal of Dairy Science*, **2005**, 88 (10), 3402-3410;
37. Zeleke, Z.M.: Major non-genetic factors affecting milk yield and milk composition of traditionally managed camels (*Camelus dromedarius*) in Eastern Ethiopia. In: proceedings of the International Camel Conference, Bikaner, India, **2007**, 168-170;
38. Hernandez, L.L., Stiening, C.M., Wheelock, J.B., Baumgard, L.H., Parkhurst, A.M., Collier, R.J.: Evaluation of serotonin as a feedback inhibitor of lactation in the bovine, *Journal of Dairy Science*, **2008**, 91(5), 1834-1844;
39. El-Hatmi, H., Girardet, J.M., Gaillard, J.L., Yahyaoui, M.H., Attia, H.: Characterisation of whey proteins of camel (*Camelus dromedarius*) milk and colostrums, *Small Ruminant Research*, **2007**, 70 (2-3), 267-271;
40. Konuspayeva, G., Faye, B., Loiseau, G., Narmuratova, M., Ivashchenko, A., Meldebekova, A., Davletov, S.: Physiological change in camel milk composition (*Camelus dromedarius*) 1. Effect of lactation stage, *Tropical Animal Health and Production*, **2009**, 42 (3), 495-499;
41. Parraguez, V.H., Thénot, M., Latorre, E., Ferrando, G., Raggi, L.A.: Milk composition in alpaca (*lamas pacos*): comparative study in two regions of Chile, *Archivos de Zootecnia*, **2003**, 52 (200), 431-439;
42. Mustafa, A.B., Mohamed, E.H.A., Haroun, E., Attia, K.A., Nikhala, M.A.: Effect of Parity on Camel Milk composition under Traditional Pastoral and Farmed Systems in Sudan, *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, **2014**, 3 (2), 266-272;
43. Nagy, P., Thomas, S., Markó, O., Juhász, J.: Milk production, raw milk quality and fertility of dromedary camels (*Camelus Dromedarius*) under intensive management, *Acta Veterinaria Hungarica*, **2013**, 61 (1), 71-84;
44. Konuspayeva, G., Faye, B., Loiseau, G., Narmuratova, M., Ivashchenko, A., Meldebekova, A., Davletov, S.: Physiological change in camel milk composition (*Camelus dromedarius*) 2. Physico-chemical composition of colostrums, *Tropical Animal Health and Production*, **2010**, 42 (3), 501-505.

Bacterial Causative Agents Associated with Subclinical Mastitic in Dromedary She-Camels in Southeastern Algeria

Leyla Hade^{1,2,*}, Hebib Aggad¹ and Brahim Hamad^{1,2}

¹Ibn Khaldoun University of Tiaret, Institute of Veterinary Sciences, Laboratory of Hygiene and Animal Pathology, P.O. Box 78 Tiaret, 14000 Tiaret;

²University of El-Oued, Faculty of Nature and Life Sciences, Department of Agronomy, P.O. Box 789 El-Oued, 39000 El-Oued, Algeria

Received October 19, 2017; Revised November 19, 2017; Accepted November 23, 2017

Abstract

The present study was designed to identify the different bacterial species causing the subclinical mastitis in she-camels in Algeria, and to determine their evolution during the lactation period. One hundred and fifty three milk samples were collected from seventeen lactating she-camels from southeastern Algeria. The results showed that, 106 (69.28%) of the 153 samples examined contained bacteria, of which 84 (54.90 %) gave pure culture, 21 (13.72%) gave mixed isolations of two types of bacteria or more, and 1 (0.65%) showed contamination of culture. Furthermore, the percentage of the sub-clinical mastitis cases in the Algerian camels was not significantly different ($p > 0.05$) on the basis of the lactation stage. On the other hand, the Bacteriological examinations of the milk samples revealed that coagulase negative staphylococci (CNS) were the most predominant species causing the subclinical mastitis in she camels 39 (46.43%), followed by *Enterobacteriaceae* at 16 (19.05%), coagulase positive staphylococci (CPS) 15 (17.86%), and *Micrococcus* spp. at 6 (7.14%), in addition to other bacteria types. Among the CNS isolated, *Staphylococcus arlettae* (11.91%) and *Staphylococcus muscae* (9.53%) were the most dominant species. From the CPS species isolated, *Staphylococcus aureus* (7.14%) and *Staphylococcus hyicus* (7.14%) were the major species isolated, and from the *Enterobacteriaceae*, *E.coli* (10.72%) was the main species isolated. Other species, including *Bacillus cereus*, *Streptococcus* spp., *Aeromonas hydrophila*, *Achromobacter* spp. and *Flavobacterium* spp. were also isolated with low percentages.

Keywords: Algeria, Bacteria, She-camels, Subclinical mastitis.

1. Introduction

The dromedary camel (*Camelus dromedarius*) is the most important livestock species in the desert and semi-desert areas of Northern and Eastern Africa as well as in the deserts of the Arabian Peninsula (Al-Juboori *et al.*, 2013). On the whole, camels are considered as the main source of both milk and meat production in these areas (Lyer *et al.*, 2014).

The she camel milk, similar to that of other dairy animals, contains all the essential nutrients and is regarded a perfect nutritious drink (Tuteja *et al.*, 2013). Furthermore, it contains a high proportion of antibacterial substances and higher concentrations of vitamin C in comparison with the cow milk (Barlowska *et al.*, 2011). People in arid, semi-arid and desert areas consume raw camel milk as one of the main components of their diet (Siboukeur, 2007). This poses a health risk to humans since the milk is a very nutritious medium; readily supporting the growth of microorganisms originating from

environmental contaminants (Kotb *et al.*, 2010), or as a result of clinical and subclinical mastitis (Wanjohi, 2014).

Mastitis is a complex disease which affects all dairy animals without discrimination. It causes great economic losses if not detected and treated promptly (Lyer *et al.*, 2014). Mastitis can be defined as an inflammation of the parenchymal tissue of the mammary gland. Regardless of cause, it is characterized by a range of physical and chemical changes in the milk in addition to pathological changes in the glandular tissue which include swelling, heat, pain, and edema of mammary gland. The most important changes in the milk include discoloration, presence of clots and presence of a large number of Leukocytes (Radostits *et al.*, 2007).

Moreover, camel mastitis has been estimated to affect more than 40 % of the lactating she-camels (Ahmad *et al.*, 2011; Regassa *et al.*, 2013). It was also known to cause approximately a 70% loss in milk production (Fazlani *et al.*, 2011). The sub-clinical mastitis in she camels is considered as the most prevalent type (Ahmad *et al.*, 2011; Alamin *et al.*, 2013; Husein *et al.*, 2013). It refers to the existence of inflammation with an absence of gross

* Corresponding author. e-mail: : leila.hadef@yahoo.fr.

inflammatory changes in the udder, making it difficult to be diagnosed early. It can be detected only through laboratory testing (Abdel Gadir, 2014). Some reports have indicated that the sub-clinical infection in the udder of dromedary causes lower milk production, and changes in the milk properties which impair the processing and preservation of the milk (Saleh and Faye, 2011). On these accounts, the comprehension of its pathogenesis and the early diagnosis are of vital importance in the treatment of mastitis (Khan *et al.*, 2013).

Bacterial infections are the primary causes of mastitis in domestic animals (Seifu and Tafesse, 2010). For this reason, many different bacteria have been isolated from mastitic mammary glands of she-camels. The major pathogens of mastitis in she-camels are *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Bacillus cereus*, *Actinomyces pyogenes*, *Escherichia coli*, *Micrococcus* spp. and *Corynebacterium bovis* (Abdel Gadir, 2014), in addition to, *Streptococcus dysgalactiae* (Husein *et al.*, 2013; Regassa *et al.*, 2013), coagulase negative staphylococci (Abdurahman, 2006; Husein *et al.*, 2013; Wanjohi *et al.*, 2013), *Pasteurella* spp., and *Pseudomonas aeruginosa* (Al-Juboori *et al.*, 2013).

According to a review study, during the last decades, cases of mastitis in dromedary camels have been reported from many of the camel-rearing counties of Africa and Asia, such as Kenya, Somalia, Sudan, Egypt, Saudi Arabia, Iraq and UAE (Abdel Gadir, 2014). There is slight literature on bovine mastitis, and to a lesser extent on ovine and caprine mastitis in Algeria. However, there is no published data about mastitis in she camels. Accordingly, the present study was undertaken to identify the most significant species of bacteria involved in causing subclinical mastitis in she-camels, and to evaluate the evolution of this disease throughout the lactation period.

2. Materials And Methods

2.1. Study Area

The present study was conducted at Bir Naam, South East of Algeria. This region is characterized by an arid climate with an average summer temperature of 42 °C, and low monthly precipitation of 10.72 mm. The rainy period extends from November to January with a 23.8 mm maximum in January, and pastures in this region are considered arid for the rest of the year. The vegetation commonly consists of steppe plants such as *Stipa tenacissima* and *Ampelodesmos tenax*.

2.2. Management of Camels

This study was conducted from November, 2014 to September, 2015. Seventeen multiparous and healthy lactating she-camels kept under grazing and supplementary farming systems were randomly selected. The she-camels were kept grazing in open areas surrounding the farm from the morning times until mid-day then they were taken inside the farm for milking and for supplemental feeding. They were given supplemental barley concentrate and dry hay straw. The animals were provided with water regularly. The calving occurs mostly during the winter season, starting as early as November. The milking was manual. A good number of the she-camels were infested with the ecto-parasite (ticks).

2.3. Sampling Procedure

The milk samples were collected during three different stages of lactation (early, mid and late respectively). Three samples were taken from each animal at each lactation stage. A total of 153 milk samples were collected for this study. Before the collection of the samples, udders of the she-camels were examined visually, and by palpating for the presence of any lesions, and for redness, pain, heat, and swelling. After that, the camels were allowed for udder preparation by washing with water and by the disinfection of the teats with alcohol 70 °C. The raw camel-milk samples were collected in the early morning in sterilized bottles after eliminating the first streams. The milk samples were labeled, stored in an ice box, and were taken immediately within 2-4 hours after collection to the laboratory for the Bacteriological analysis.

2.4. Bacteriological Analysis

All milk samples were randomly selected, and used for Bacteriological analysis for the detection of specific bacteria causing the sub-clinical mastitis. A loopful of each milk sample was streaked on defibrinated sheep (7%) blood agar, nutrient agar, BCP (Bromocresol Purple Lactose) agar, and Chapman agar. Plates were incubated at 37°C for 24- 48 hours. The grown colonies were subjected to the following tests as recommended by the National Mastitis Council (NMC, 1987): the presumptive identification of the isolates based on the colony morphologic features, Gram stain reaction, hemolytic characteristics, catalase test and biochemical classic tests. Based on the Gram stain technique, there was pure Gram-positive cocci, pure Gram-negative, and mixed isolates. Staphylococci and Micrococci were identified based on their growth characteristics on triple sugar iron agar, mannitol salt agar, nitrate reductase test, urease test, coagulase and catalase tests (Forbes *et al.*, 2002; Quinn *et al.*, 2011). Isolates that were tentatively identified as streptococci were evaluated according to growth characteristics on sheep blood agar, catalase production and sugar fermentation tests. Gram-negative isolates were sub cultured on BCP agar and were further tested using triple sugar iron agar, testing motility, the IMViC test (Indole, Methylred, Voges-Proskauer, and citrate utilization tests) and the urease test (Forbes *et al.*, 2002; Quinn *et al.*, 2011). Samples with a growth of 5 or more identical colonies (Contreras *et al.*, 1997; Pradić *et al.*, 2012) were considered positive for subclinical mastitis. The growth of two or more morphological types (> 5 CFU per type) was considered as contamination, and the result was excluded from the analysis (Gonzalo *et al.*, 2002; Pradić *et al.*, 2012).

2.5. Statistical Analysis

Data were recorded in Microsoft Excel, 2007 spread sheets for statistical analysis. Descriptive statistics were used to summarize the data and calculate the sample statistics and the various proportions. Additionally, the effect of the stage of lactation on the occurrence of subclinical mastitis was analyzed by Cochran Q Test using SPSS (version 16). Probabilities of $p < 0.05$ were considered significant.

3. Results

The nature of the milk samples recorded in the present study is given in Table 1. Out of the 106 culture-positive milk samples examined, 84 (54.90%), 21 (13.73%) and 1 (0.65%), were determined having pure, mixed bacteria with two species or more, or contaminated cultures, respectively. It is clear from the present investigation, that pure infection was common as compared to mixed or contaminated infections (Table 1). On the other hand 47 out of 153 examined milk samples (30.72%) were bacteriologically negative cultures.

Table 1. The bacterial nature of milk samples of the she-camels.

Nature of isolates	Number	Percentage %
Culture-positive samples	106	69.28
Nature of samples		
Pure samples	84	54.90
Mixed samples	21	13.73
Contamination	1	0.65
Culture-negative Samples	47	30.72
Total	153	100

The data available on the relative frequency of different types of organisms encountered in the udder infection (Table 2) revealed that coagulase negative staphylococci (CNS) were the most important organisms involved in the causes of subclinical mastitis in she-camels (46.43%). *Enterobacteriaceae* came next in significance at (19.05%), followed by coagulase positive staphylococci (CPS) at (17.86%). The percentage of *Micrococcus* spp. was (7.14%), and other bacteria types were low (9.52%) (Table 2).

Table 2. The number and percentage of the predominance of different bacteria in subclinical mastitis of she-camels.

Isolates	Number	Percentage %
<i>Coagulase negative staphylococci (CNS)</i>	39	46.43
<i>Enterobacteriaceae</i>	16	19.05
<i>Coagulase positive staphylococci (CPS)</i>	15	17.86
<i>Micrococcus spp.</i>	6	7.14
Other bacteria	8	9.52
Total	84	100

As indicated in Table 3, the percentage of subclinical mastitis in this study was not affected significantly by the lactation stage ($p > 0.05$).

Table 3. The percentage of subclinical mastitis in she-camels based on the stage of lactation.

Lactation stage (months)	0-2	3-5	6-9	Total
Number of samples	51	51	51	153
Number and percentage of positive samples	29 (56.86 %)	24 (47.06%)	31 (60.78%)	84 (54.90%)
Effect of lactation stage (P-value)	NS	NS	NS	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, NS: no significant $p > 0.05$.

Table 4 shows the identification and differentiation of bacterial species causing the subclinical mastitis in she-camels in the current study. The most common isolated CNS species were *S. arlettae* (11.91%), *S. muscae* (9.53%), *S. epidermidis* (5.95%), *S. saccharolyticus* (5.95%), *S. cohnii* (4.77%), *S. succinus* (3.57%), *S. saprophyticus* (2.38%), *S. auricularis* (1.19%) and *S.*

capitis (1.19%), respectively. Although, from the CPS species, *S. aureus* (7.14%) and *S. hyicus* (7.14%) were the most dominant causes of subclinical mastitis in she-camels followed by *S. intermedius* (3.57%), respectively. However, from *Enterobacteriaceae*, the *Escherichia coli* (10.72%) was the most dominant species, followed by *Pseudomonas aeruginosa* (2.38%), *Providencia* spp. (2.38%), *Morganella morganii* (1.19%), *Proteus mirabilis* (1.19%) and *Serratia* spp. (1.19%). Nevertheless other bacteria were isolated such as: *Micrococcus* spp. (7.14%), *Bacillus cereus* (3.57%), *Streptococcus* spp. (2.38%), *Aeromonas hydrophila* (1.19%), *Achromobacter* spp. (1.19%) and *Flavobacterium* spp. (1.19%).

Table 4. The percentage of bacterial species in subclinical mastitis of she-camels.

Gram stain result	Bacteria Species	Number	Percentage %
Gram positive	<i>Coagulase negative staphylococci (CNS)</i>		
	<i>S. arlettae</i>	10	11.91
	<i>S. muscae</i>	8	9.53
	<i>S. epidermidis</i>	5	5.95
	<i>S. saccharolyticus</i>	5	5.95
	<i>S. cohnii</i>	4	4.77
	<i>S. succinus</i>	3	3.57
	<i>S. saprophyticus</i>	2	2.38
	<i>S. auricularis</i>	1	1.19
	<i>S. capitis</i>	1	1.19
Gram negative	<i>Coagulase positive staphylococci (CPS)</i>		
	<i>S. aureus</i>	6	7.14
	<i>S. hyicus</i>	6	7.14
	<i>S. intermedius</i>	3	3.57
	<i>Micrococcus spp.</i>	6	7.14
	<i>Streptococcus spp.</i>	2	2.38
	<i>Enterobacteriaceae</i>		
	<i>Escherichia coli</i>	9	10.72
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	2.38
	<i>Providencia spp.</i>	2	2.38
Other bacteria	<i>Morganella morganii</i>	1	1.19
	<i>Proteus mirabilis</i>	1	1.19
	<i>Serratia spp.</i>	1	1.19
	<i>Bacillus cereus</i>	3	3.57
	<i>Aeromonas hydrophila</i>	1	1.19
	<i>Achromobacter spp.</i>	1	1.19
	<i>Flavobacterium spp.</i>	1	1.19
	Total	84	100

4. Discussion

In this study, samples containing a single bacterial organism were the most common (54.90%), than those containing two bacterial species or more (13.73%). This finding was consistent with the results of Abdurahman (2006) and Regassa *et al.* (2013), who reported that

compared to mixed infections, pure infections were more common in the milk samples of the she-camels infected with subclinical mastitis. On the other hand, Younan *et al.* (2001) reported that infections in the udder of the lactating camels are quite widespread. Generally speaking, bacteria in the milk can occur through colonization of the teat canal or an infected udder (clinical or subclinical mastitis), or as contaminants (Younan, 2004). Moreover, the current study revealed the presence of tick infestation on udders which causes skin and teat lesions. Furthermore, these lesions facilitate bacterial entry and cause permanent tissue damage (Megersa, 2010).

The results of the present study indicated that the proportion of sub-clinical mastitis cases in camels was not significantly different with the variation of the lactation stage. This result was in agreement with Ali *et al.* (2016). However, Ahmad *et al.* (2011); Aljumaah *et al.* (2011); Husein *et al.* (2013) and Regassa *et al.* (2013) stated that the percentage of mastitis in the early stage of lactation was significantly higher. On the other hand, Suheir *et al.* (2005) declared that the last stage of lactation was found to be associated with a high rate of subclinical mastitis. This variation could be attributed to other factors which were important for predisposing mastitis in she-camels such as the hygienic milking process (Ahmad *et al.*, 2011), the use of anti-suckling devices to prevent suckling by the camel's calves, tick bites on the udder, deformities of the udder tissue due to the thorny bushes in the pastoral areas, and camel pox (Abdel-Gadir, 2014), in addition, to age (Ahmad *et al.*, 2011), breed, parity number (Abdurhmann, 2006; Ahmad *et al.*, 2011; Aljumaah *et al.*, 2011) and the production system (Ahmad *et al.*, 2011).

Among the bacterial isolates, CNS were identified in this study as the predominant organisms causing subclinical mastitis in she-camels. This finding agreed with the reports of Abdurahman (2006) and Husein *et al.* (2013). However, Wanjohi *et al.* (2013) declared that the most isolated bacterium from mastitic camel's milk in Ethiopia was *Klebsiella/Enterobacter* followed by CNS, respectively. Other reports stated that the CPS bacteria were the most dominant causes of mastitis in she-camels (Ahmad *et al.*, 2011; Alamin *et al.*, 2013; Al-Juboori *et al.*, 2013; Regassa *et al.*, 2013). CNS bacteria are known as the facultative or minor pathogens isolated from subclinical mastitis (Abdel-Gadir *et al.*, 2005). The frequent occurrence of CNS was most probably due to the contamination of the samples through the teat canal or teat skin. Moreover, CNS were mainly present in air, soil and water of camels (Kotb *et al.*, 2010) which served as a source of contamination, and were associated with subclinical mastitis in camels' udders.

The current study suggests that the *Enterobacteriaceae* bacteria were the second cause of subclinical mastitis in she-camels. This finding agreed with that reported by Al-Juboori *et al.* (2013) in UAE. In contrast to the results of this study, many authors reported that *Streptococcus spp.* bacteria were the second most common cause of mastitis in camel herds (Abdurhmann, 2006; Seifu and Tafesse, 2010; Ahmad *et al.*, 2011; Husein *et al.*, 2013; Regassa *et al.*, 2013). However, Wanjohi *et al.* (2013) reported that the *Enterobacteriaceae* (*Klebsiella/Enterobacter* and *E.coli* species) were the most predominant causes of she-camel mastitis in a

study conducted in Ethiopia. The contaminated environment of breeding was the main source of *Enterobacteriaceae* (Kotb *et al.*, 2010), which mostly predisposed the udders towards bacterial infections.

The percentage of CPS noted in our study was in agreement with the finding of Suheir *et al.* (2005), but it was lower than that reported by Ahmed *et al.* (2011); Alamin *et al.* (2013) and Wanjohi *et al.* (2013) in milk samples collected from Gharissa districts in Ethiopia. However, the obtained percentage of CPS was higher than that (14.3%) recorded by Wanjohi *et al.* (2013) in milk samples from Wajir districts. The frequency of *Staphylococcus* varied according to different studies, but there is practically no recent or even previous publication on the Bacteriological pathogens in mastitis affecting she-camels where staphylococci are not stated.

The present study also identified a low proportion of *Micrococcus spp.* which was in consistent with the findings of other studies (Saleh and Faye, 2011; Al-Juboori *et al.*, 2013), even though Regassa *et al.* (2013) found lower percentage. In contrast to our results, Hawari and Hassawi (2008) recorded that *Micrococcus spp.* bacteria were the predominant mastitis-causing organisms in she-camels. Similarly, Suheir *et al.* (2005) stated that these organisms are an important causative of the mastitis among camels. This bacterium was mainly frequent in the camel environment, particularly, in soil, air and water (Kotb *et al.*, 2010), which subjected the milk to the microbial contamination existing in the surroundings elevating the contamination. The low frequency of *Micrococcus spp.* observed in this study could be attributed to the existence of adequate hygiene during the milking and in the management system.

The isolated CNS species in positive samples were *S. arlettae*, *S. muscae*, *S. epidermidis*, *S. saccharolyticus*, *S. cohnii*, *S. succinus*, *S. saprophyticus*, *S. auricularis* and *S. capitis*. However, Alamin *et al.* (2013) recorded that the commonly isolated CNS species in persistent subclinical mastitis in camels were *S. epidermidis*, *S. simulans*, *S. haemolyticus*, *S. kloosii*, *S. lentus*, *S. delphini*, *S. saprophyticus*, *S. lugdunensis*, *S. saccharolyticus*, *S. carnosus* and *S. chromogenes*. In this study, *S. arlettae* and *S. muscae* followed by *S. epidermidis* and *S. saccharolyticus* were the most prevalent causative microorganisms involved in she-camel mastitis. Other authors reported that *S. epidermidis* was the most frequent CNS isolated from the camel milk (Abdel Gadir *et al.*, 2005; Al-Juboori *et al.*, 2013).

Among the isolated CPS, *S. aureus* and *S. hyicus* were the most predominant species followed by *S. intermedius*. This result was in agreement with Woubit *et al.* (2001), who recorded that *S. aureus* and *S. hyicus* were predominant subclinical mastitis-causing organisms in camels in Ethiopia. However, Alamin *et al.* (2013) reported that *S. aureus* was the main organism involved in causing subclinical mastitis in camels and *S. intermedius* came next in significance, followed by *S. hyicus*. Other reports suggested that *S. aureus* was the most isolated CPS species (Seifu and Tafesse, 2010; Saleh and Faye, 2011; Al-Juboori *et al.*, 2013; Husein *et al.*, 2013). This is probably related to the fact that *S. aureus* is well adapted to survive in the udder, and usually establishes a mild subclinical infection of a long duration, from which it shed

in milk, facilitating the transmission to healthy animals, mainly during the milking procedure (Radostits *et al.*, 2000).

The relative number of *Streptococcus* spp. isolated in this study, was very similar to that reported by Alamin *et al.* (2013). However, it was much lower than previous studies (Seifu and Tafesse, 2010; Saleh and Faye, 2011; Al-Juboori *et al.*, 2013, Husein *et al.*, 2013). The low proportion of *Streptococcus* spp. could be explained by the possible premedication of the animals with antibiotics, especially that it is known that mastitis caused by *Streptococcus* spp. is susceptible to eradication via the use of antibiotics (Hawari and Hassawi, 2008; Alqurashi *et al.*, 2013).

The percentage of *E. coli* recorded in this study is equal to the earlier findings of Ahmad *et al.* (2011) and Saleh and Faye (2011), but it was much lower than that reported by Wanjohi *et al.* (2013). The low rate of *E. coli* isolates might be partially associated with effective udder washing and drying, post milking teat dipping, and keeping washing towels clean. Because *E. coli* is a common intestinal bacterium, the isolation of this bacterium was taken as indicator of fecal contamination that is contamination of one of the milking hygiene conditions. This is significant because the feces may have contained pathogenic organisms (Wanjohi, 2014). But, camel feces are dry, and do not normally contaminate the udder skin (Eberlein, 2007). However, its presence in milk cannot be avoided completely, but can be rather minimized by good management and hygienic milking practices.

The present study also identified a low rate of *Pseudomonas aeruginosa*, which was in agreement with that reported by Al-Juboori *et al.* (2013). Other bacterial species were isolated including *Providencia* spp., *Serratia* spp., *Proteus mirabilis*, *Morganella morganii* and *Flavobacterium* spp., but with very low percentage originating possibly from the camel environment. According to Kotb *et al.* (2010) *Providencia*, *Serratia* and *Proteus* resulted from the contamination of the water and the soil. Moreover, Younan (2004) declared that under pastoral production conditions, environmental contamination was likely to play a bigger role in contaminating the raw camel milk than the initial bacterial contamination of the camel milk. On the other hand, the camel milk has a high antimicrobial activity as compared to that of other animal species, and it's able to inhibit Gram-positive and Gram-negative pathogens. But the natural antimicrobial factors can only provide a limited protection against specific pathogens and for a short period of time (Benkerroum *et al.*, 2003).

A low proportion of *Bacillus cereus* was recorded through the present study which complied with the results of most investigations stating that the *B. cereus* species was not a pathogen of importance in camel milk (Ahmad *et al.*, 2011; Alamin *et al.*, 2013). The high percentage of *B. cereus* reported by Wanjohi *et al.* (2013) could be due to poor management and unhygienic milking practices.

On the whole, the findings of the present study were in accordance with the observations of several previous studies, with only minor variations, possibly attributable to different geographical climates, the management system, and individual variations in susceptibility. However, the failure of some pathogen to grow in the current study such

as *Corynebacterium* spp., *Klebsiella* spp., and other mastitis pathogens could be explained by the possible premedication of the infected animals with antibiotics.

5. Conclusion

In conclusion, the results of the current study contribute to the overall knowledge about the main species causing subclinical mastitis in camels in Algeria. It is concluded from this work that pure infection was common in camels as compared to mixed infections and that CNS were the dominant mastitis isolated pathogens, followed by *Enterobacteriaceae*. Furthermore, *S. arlettae*, *E. coli* and *S. muscae* were the main frequent bacterial isolates from the camels infected with subclinical mastitis in the study area. On the other hand, the present study confirmed that the percentage of sub-clinical mastitis cases in Algerian camels was not significantly different with the difference of the lactation stage. Moreover, adequate hygienic conditions in the environment, identification of subclinical infected glands, clinical treatment of the infected she-camels, dry-period therapy, and performing a systematic regular ecto-parasite control of the livestock are all required in order to minimize the occurrence of subclinical mastitis in the study area and therefore, reduce the adverse effects of mastitis on the production and quality of camel milk.

Acknowledgements

The authors of the present study are grateful to the camels' owner for agreement to participate in this study. We also like to thank the staff of the Laboratory of Hygiene and Animal Pathology, Institute of Veterinary Sciences at Ibn Khaldoun University of Tiaret.

References

- Abdel Gadir AE. 2014. Mastitis in camel (*Camelus dromedarius*): past and recent research in pastoral production system of both East Africa and Middle East. *J Vet Med Anim Health*, **6**: 208-216.
- Abdel Gadir AE, Hildebrandt G, Kleer JN, Molla B, Kyule M and Baumann M. 2005. Prevalence and risk factors of camel (*Camelus dromedarius*) mastitis based on bacteriological examinations in selected regions of Ethiopia. *J Camel Pract Res*, **12**: 33-36.
- Abdurahman OASH. 2006. Udder health and milk quality among camels in the Errer valley of eastern Ethiopia. *Livest Res Rural Dev*, **18**: 1-9.
- Ahmad S, Yaqoob M, Bilal MQ, Muhammad G, Yang LG, Khan MK and Tariq M. 2011. Risk factors associated with prevalence and major bacterial causes of mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) under different production systems. *Trop Anim Health Prod*, **44**: 107-112.
- Alamin MA, Alqurashi AM, Elsheikh AS and Yasin TE. 2013. Mastitis incidence and bacterial causative agents isolated from lactating she-camel (*Camelus dromedarius*). *IOSR-JAVS*, **2**: 7-10.
- Ali F, Hussain R, Qayyum A, Gul ST, Iqbal Z and Hassan MF. 2016. Milk somatic cell counts and some hemato-biochemical changes in sub-clinical mastitic dromedary she-camels (*Camelus dromedarius*). *Pak Vet J*, **36**: 405-408.

- Al-Juboori AA, Kamat NK and Sindhu JI. 2013. Prevalence of some mastitis causes in dromedary camels in Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Iraqi J Vet Sci*, **27**: 9-14.
- Aljumaah RS, Almutairi FF, Ayadi M, Alshaikh MA, Aljumaah AM and Hussein MF. 2011. Factors influencing the prevalence of subclinical mastitis in lactating dromedary camels in Riyadh Region, Saudi Arabia. *Trop Anim Health Prod*, **43**: 1605-1610.
- Alqurashi AM, Alamin MA, Elsheikh AS and Yasin TE. 2013. Sensitivity of bacterial isolates from mastitic she-camel (*Camelus dromedarius*) to antibiotics. *J Am Sci*, **9**: 47-52.
- Barłowska J, Szwajkowska M, Litwińczuk Z and Król J. 2011. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comp Rev in Food Sci Food Safety*, **10**: 291-302.
- Benkerroum N, Boughdadi A, Bennani N and Hidane K. 2003. Microbiological quality assessment of Moroccan camel's milk and identification of predominating lactic acid bacteria. *World J Microbiol Biotechnol*, **19**: 645-648.
- Contreras A, Corrales JC, Sanchez A and Sierra D. 1997. Persistence of subclinical intramammary pathogens in goats throughout lactation. *J Dairy Sci*, **80**: 2815-2819.
- Eberlein V. 2007. Hygienic status of camel milk in Dubai (United Arab Emirates) under tow different milking management systems. Doctorate thesis, Munchen University, Germany.
- Fazlani SA, Khan SA, Faraz S and Awan MS. 2011. Antimicrobial susceptibility of bacterial species identified from mastitic milk samples of camel. *Afr J Biotechnol*, **10**: 2959-2964.
- Forbes BA, Sahm DF and Weissfeld AS. 2002. **Bailey and Scotts Diagnostic Microbiology**, 11th ed. Mosby Inc, Missouri.
- Gonzalo C, Ariznabarreta A, Carriedo JA and San Primitivo F. 2002. Mammary pathogens and their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy ewes. *J Dairy Sci*, **85**: 1460-1467.
- Hawari AD and Hassawi F. 2008. Mastitis in one humped she-camels (*Camelus dromedarius*) in Jordan. *J Biol Sci*, **8**: 958-961.
- Husein A, Berihu H, Abbisalem H and Asamenew T. 2013. Prevalence of camel (*Camelus dromedaries*) mastitis in Jijiga Town, Ethiopia. *Afr J Agric Res*, **8**: 3113-3120.
- Khan A, Hussain R, Javed MT and Mahmood F. 2013. Molecular analysis of virulent genes (*coa* and *spa*) of *Staphylococcus aureus* involved in natural cases of bovine mastitis. *Pak J Agric Sci*, **50**: 739-743.
- Kotb S, Sayed M and Abdel-Rady A. 2010. Sanitary conditions of lactating dromedary she-camel environment with special reference to milk quality and subclinical mastitis monitoring. *Emir J Food Agric*, **22**: 207-215.
- Lyer AP, Albaik M and Baghalallb I. 2014. Mastitis in camel in African and Middle East countries. *J Bacteriol Parasitol*, **5**: 188.
- Megersa B. 2010. An epidemiological study of major camel diseases in the Borana Lowland, Southern Ethiopia. *Dry Lands Coordination Group Report*, **58**: 32-33.
- NMC. 1987. **Laboratory and Field Handbook on Bovine Mastitis**. National Mastitis Council (NMC) Inc, Madison.
- Pradić J, Moraes CR, Gonçalves M, Vilanova MS, Corrêa GF, Lauz OG, Osorio MTM and Schmidt V. 2012. Somatic cell count and California castitis cest as a diagnostic tool for subclinical mastitis in ewes. *Acta Sci Vet*, **40**: 1038.
- Quinn PJ, Markey BK, Leonard FC, Hartigan P, Fanning S and FitzPatrick ES. 2011. **Veterinary Microbiology and Microbial Disease**, 2nd ed. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK.
- Radostits OM, Gay CC, Blood DC and Hinchcliff KW. 2000. **Veterinary Medicine**, 9th ed. Harcourt Publisher Ltd, London.
- Radostits OM, Gay C, Hinchcliff KW and Constable PD. 2007. **Veterinary Medicine, A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats**. 10th ed. Elsevier Saunders, Spain.
- Regassa A, Golicha G, Tesfaye D, Abunna F and Megersa B. 2013. Prevalence, risk factors, and major bacterial causes of camel mastitis in Borana Zone, Oromia Regional State, Ethiopia. *Trop Anim Health Prod*, **45**: 1589-1595.
- Saleh SK and Faye B. 2011. Detection of subclinical mastitis in dromedary camels (*Camelus dromedarius*) using somatic cell counts, California mastitis test and udder pathogen. *Emir J Food Agric*, **23**: 48-58.
- Seifu E and Tafesse B. 2010. Prevalence and etiology of mastitis in traditionally managed camels (*Camelus dromedarius*) in selected pastoral areas in eastern Ethiopia. *Ethiop Vet J*, **14**: 103-113.
- Siboukeur O. 2007. Study of camel milk locally collected: physicochemical and microbiological characteristics; Abilities for coagulation (in French). Doctorate thesis, National Institute of Agronomy, El-Harrach, Algiers, Algeria.
- Suheir IA, Salim MO and Yasin TE. 2005. Bacteria, Mycoplasma and Fungi associated with sub-clinical mastitis in Camel. *Sudan J Vet Res*, **20**: 23-31.
- Tuteja FC, Dixit SK, Patil NV, Suchitra Sena D and Singh S. 2013. **Camel Mastitis**. A technical bulletin (Indian Council of Agricultural Research, Krishi Bhawan, N. Delhi) National Research Centre on Camel, Jorbeer, Shivbari.
- Wanjohi M, Gitao CG and Bebora L. 2013. Subclinical mastitis affecting hygienic quality of marketed camel milk from North-Eastern Province, Kenya. *Microbiol Res Int*, **1**: 6-15.
- Wanjohi M. 2014. Occurrence of subclinical mastitis, brucellosis and factors responsible for camel milk contamination in Garissa and Wajir districts of north-eastern Kenya. MSc. thesis, University of Nairobi, Kenya.
- Woubit S, Bayleyegn M, Bonnet S and Baptiste J. 2001. Camel (*Camelus dromedarius*) mastitis in Borena lowlands pastoral area, Southwestern Ethiopia. *Rev Elev Med Vet Pays Trop*, **54**: 207-212.
- Younan M, Ali Z, Bornstein S and Muller W. 2001. Application of California mastitis test in intra mammary *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus* infection of camels (*Camelus dromedaries*) in Kenya. *Prev Vet Med*, **51**: 307-316.
- Younan M. 2004. Milk hygiene and udder health. In: **Milk and Meat from the Camel. Handbook on Products and Processing**. Farah Z and Fischer A (Eds.), VDF Hochschulverlag, Zürich, pp.67-76.