



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Étude descriptive des comptages cellulaires somatiques du lait chez deux grands élevages bovins conduits dans la Tunisie littorale semi-aride

Descriptive study of somatic cell counts of milk in two large cattle farms conducted in a semi-arid environment of the coastal Tunisia

Youssef M'SADAK^(1*) et Ibtihel HAMED⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Sousse - Tunisie

Auteur correspondant : msadak.youssef@yahoo.fr

ARTICLE INFO

Reçu : 25-10-2016

Accepté : 31-12-2016

Mots clés :

Lait bovin, Grands troupeaux, Comptages cellulaires individuels, Analyse descriptive, Santé mammaire, Littoral Tunisien semi-aride.

Key words:

Bovine milk, Large herds, Individual Cellular Counting, Descriptive Analysis, Mammary health, Tunisia Coastal semi-arid.

RÉSUMÉ

Le présent travail, accompli chez deux grands élevages bovins soumis à la traite mécanique tri-quotidienne des vaches en salle, constitue une étude qualitative du lait au cours d'une lactation complète examinée pour chacune des vaches suivies, basée sur le Comptage Cellulaire Individuel (CCI) et le Comptage Cellulaire de Troupeau Estimé (CCTE). L'étude entreprise, en milieu semi-aride (région de Sousse, Sahel Tunisien), a dévoilé que 25% des vaches ont enregistré une moyenne arithmétique (MA) des CCI > 200000 cell. /mL, par contre, 81% des CCTE étaient supérieurs à 200000 cell. /mL. En outre, la MA des CCI des vaches était de 371000 cell. /mL, alors que la moyenne géométrique (MG) des CCI des vaches a été strictement de 107500 cell. /mL. La médiane était de 73000 cell. /mL, valeur proche de la MG et largement lointaine de la MA, révélant ainsi l'utilité de la MG. Par ailleurs, le diagramme des quartiles des CCI comparé avec celui des CCTE, a montré que tous les paramètres étudiés pour les CCTE sont assez supérieurs que ceux appréciés pour les CCI. Intégralement, la situation sanitaire mammaire observée des deux troupeaux suivis n'est pas tout à fait convenable, puisqu'au moins un taux de 20% des vaches infectées est à inspecter continuellement avec précaution.

ABSTRACT

This work, done in two large cattle farms subjected to mechanical tri-daily milking of cows indoors, is a qualitative study of milk during a full lactation examined for each of the monitored cows, based on the individually cellular Counting (CCI) and the counting cellular of Herd Estimated (CCTE). The study conducted in semi-arid areas (area of Sousse, Tunisian Sahel), revealed that 25% of cows have recorded an arithmetic average (MA) of CCI > 200000 cell. / mL. On the other hand, 81% of CCTE were higher than 200000 cell. / mL. In addition, the CCI's MA of cows were 371000 cell. / mL, while the geometric mean (MG) of the cows's CCI was strictly 107500 cell. / mL. The median was 73000 cell. / mL, value close to the MG and widely distant of the MA, revealing the usefulness of the MG. Furthermore, the whisker plot of CCI compared with that of CCTE, showed that all the parameters studied for CCTE are quite higher than those for the CCI. Entirely, breast health situation observed of two monitored herds is not entirely appropriate, since at least a rate of 20% of infected cows is to be continually inspected carefully.

Introduction

L'élevage bovin laitier hors sol occupe une place relativement importante dans les économies ménagère et industrielle notamment sur le littoral Tunisien (Hammami *et al.*, 2013). D'une manière générale, la production laitière a connu une évolution spectaculaire durant les dernières décennies permettant à la Tunisie d'atteindre l'autosuffisance en la matière, depuis 1990 (Bousselmi *et al.*, 2010). Il reste, de ce fait, à satisfaire les exigences du consommateur concernant la qualité hygiénique du lait tributaire de l'état sanitaire de la glande mammaire et du transformateur concernant la composition chimique (PROMET, 2008 ; Bousselmi *et al.*, 2011). Les infections mammaires bovines représentent 20% des pathologies rencontrées chez la vache laitière (Aouadi, 1991 ; Ben Hassen *et al.*, 2003).

La mammite bovine, est définie comme étant l'inflammation de la glande mammaire d'origine infectieuse (Wallemacq *et al.*, 2010 ; Sériey, 2012 ; Veh, 2014), caractérisée par la présence de germes pathogènes dans le lait (Zhao *et al.*, 2004), la présence de cellules somatiques, en nombre anormalement élevé, et de modifications chimiques et biochimiques du lait. Cette maladie peut présenter une étiologie infectieuse comme elle peut être asymptomatique (Bradley, 2002 ; Gabli *et al.*, 2005). L'inflammation mammaire chez la vache continue à être la principale cause, loin devant la reproduction, de pertes économiques en élevage bovin laitier (Hänni *et al.*, 2001 ; Dumas *et al.*, 2004 ; Hoogeveen *et al.*, 2011), et la plus pénalisante (Boufaïda-Asnougne *et al.*, 2012). En effet, elle entraîne la perte d'un ou plusieurs quartier (s) ou du lait non commercialisable, un moindre paiement de celui-ci pour une moindre qualité, la réforme des vaches incurables, ainsi que des frais vétérinaires supplémentaires (Debreil, 2008). C'est, aussi, la maladie la plus consommatrice d'antibiotiques avec deux traitements par vache et par an en moyenne, et la première source de pollution du lait par des antibactériens (Durel *et al.*, 2004 ; Sériey, 2004).

La détermination des teneurs en cellules renseigne sur l'état de santé mammaire et de la qualité du lait (M'Sadak *et al.*, 2013). Il existe différentes méthodes d'évaluation de l'état sanitaire mammaire. Il y a des mesures directes et indirectes. Le Comptage des cellules somatiques est une mesure directe de la présence des cellules inflammatoires dans le lait, effectuée par les Organismes de Contrôle Laitier.

Compte tenu de l'importance des mammites dans les troupeaux laitiers et de leurs conséquences sur les performances de production des animaux (Bartlett *et al.*, 1991), la qualité du lait (Barbano *et al.*, 1991) et le revenu de l'éleveur (Yalcin *et al.*, 1999 ; Bachtá & Laajimi, 2003), il est important de bien décrire l'évolution temporelle des comptages cellulaires tant de vache (CCI) que de troupeau (CCTE). Les CCTE étant estimés à partir des CCI.

Dans ce cadre, la présente étude se propose, en premier lieu, d'évaluer les conditions sanitaires des mamelles, et en second lieu, de mener une analyse descriptive des CCI et des CCTE dans le lait. Les résultats acquis ont été autant que possible comparés entre deux grandes exploitations bovines laitières suivies en milieu littoral semi-aride. Les conditions d'élevage et de traite correspondantes ont déjà fait l'objet d'une publication antérieure (M'Sadak & Hamed, 2016).

1. Matériel et méthodes

1.1. Contexte général de l'étude

Le présent travail s'est intéressé à deux grands élevages bovins laitiers dépendant des deux zones voisines du gouvernorat de Sousse, région relevant du Sahel Tunisien. La première, est une exploitation étatique (Agro-combinat Enfidha) relevant de l'Office des Terres Domaniales (Ferme 1) et la deuxième est une exploitation privée de Mohamed Gloulou, située à Sidi Bou Ali (Ferme 2). L'investigation a été accomplie sur deux troupeaux inscrits au contrôle laitier regroupant dans l'ensemble 185 vaches présentes (VP) et 154 vaches en lactation (VL), durant une période de 8 mois étalée de Novembre 2012 à Juin 2013. La race élevée étant Frisonne Holstein. La traite étant pratiquée trois fois par jour (matin, après-midi et soir), en ayant recours au système en salle respectivement du type lactoduc en ligne intermédiaire double rangée en épi (Ferme 1) et du type lactoduc en ligne haute simple rangée (Ferme 2).

La Ferme 1 disposant des ressources et des infrastructures hydrauliques, fait appel à l'agriculture irriguée, tout en adoptant ainsi le système d'élevage intensif intégré, caractérisé par une alimentation à base de l'affouragement en vert et de l'ensilage. Les 100 VL existantes sont réparties selon leur niveau de production en quatre groupes. Le premier groupe (Lot 1) est celui des hautes productrices (> 25 L), le deuxième renferme les vaches ayant une moyenne de production entre 20 et 25 L, le troisième est celui des vaches produisant entre 15 et 20 L, et le dernier groupe (Lot 4) est celui des vaches qui produisent moins de 15 L.

La Ferme 2 pratique le système d'élevage hors sol, déterminé par l'insuffisance des ressources fourragères, à cause des ressources en eau généralement limitées tant quantitativement que qualitativement (milieu littoral semi-aride). Les VL de cette ferme, renfermant un effectif de 54, en moyenne, se trouvent rassemblées dans un même lot.

La moyenne de production par VL, pour les deux fermes, est presque la même (19 L/VL/j), malgré la différence de conduite et d'effectif des primipares. Aussi, pour la moyenne de lactation, on note la même marge par vache (3 lactations). On a observé que le cheptel de la Ferme 1 est, en grande partie, jeune avec 43% des vaches primipares. Cette catégorie des vaches intéresse strictement le tiers dans la Ferme 2. Concernant la saison de vêlage, la plupart des vêlages se concentre durant la période froide (Automne + Hiver) avec un taux moyen de 61% des mises-bas.

1.2. Prélèvements du lait

Les échantillons de lait ont été prélevés pendant les trois horaires de traite (matin, après-midi et soir). Les deux installations de traite sont équipées d'un compteur à lait mécanique. Lors de son utilisation, l'appareil doit être suspendu verticalement. Pour éviter que les vaches puissent faire tomber l'appareil, il peut être fixé à l'aide d'une ficelle ou d'un crochet. Lorsqu'une vache est traitée, le cylindre est remis au contrôleur laitier et échangé contre un cylindre vide. Pour éviter la coagulation du lait depuis le moment du prélèvement de l'échantillon jusqu'à l'analyse au laboratoire, chaque flacon est pourvu d'un produit de conservation (bichromate de potassium). Les échantillons ne doivent pas dépasser la limite de 10 jours de conservation. Les analyses du lait ont été effectuées au sein du Laboratoire du Service de Contrôle Laitier du Centre d'Amélioration Génétique de Sidi Thabet, à l'aide d'un compteur cellulaire automatique de type Fossomatic 4000, mis au point par la Société Danoise Foss Electric, donnant les résultats du comptage cellulaire selon la méthode fluoro-opto-électronique qui constitue un moyen direct de comptage des cellules somatiques du lait (Goodger et al., 1993).

1.3. Données du contrôle laitier

Les relevés bi-trimestriels (chaque 6 semaines) du contrôle laitier des vaches laitières constituent la méthode de recueil de renseignements objectifs et ils sont disponibles en permanence à la Direction Régionale de l'Office de l'Élevage et des Pâturages (OEP) pour les élevages adhérents au contrôle laitier. Les fiches extraites datent du mois de Mai 2012 jusqu'à mois d'Avril 2013. Durant cette période, on a pu relever les données du contrôle de 184 VL (Dépouillement de 3 à 8 contrôles disponibles par lactation considérée). Autrement dit, cette période est délimitée par le premier vêlage et le dernier tarissement pris en compte.

1.4. Analyse statistique descriptive des données du Contrôle Laitier

Les données des Comptages Cellulaires Individuels (CCI) et des Comptages Cellulaires de Troupeau Estimés (CCTE), ainsi que les données de la Production Laitière (PL) ont été relevées à partir des fiches du contrôle laitier disponibles dans la base nationale des données du contrôle laitier de l'OEP.

Après dépouillement des CCI, ils ont subi un traitement statistique par le logiciel SAS (version 9.13). On a calculé les moyennes arithmétiques (MA) et géométriques (MG) pour chaque contrôle (du premier au huitième contrôle) dont les formules de calcul sont :

$$MA = \frac{\sum_1^n CCI}{N} \quad \text{et} \quad MG = \sqrt[n]{CCI1 \times CCI2 \times \dots \times CCI_n} \quad (\text{Rupp et al., 2000})$$

Avec CCI : Comptage Cellulaire Individuel ; N : Nombre total des échantillons de lait.

Les écarts-types, les fréquences, les quartiles (Q1, Q2 et Q3) et l'écart interquartile (Q3-Q1) des valeurs des CCI et des CCTE ont été également dénombrés pour mieux apprécier la distribution des données cellulaires.

Auparavant, une présentation globale des CCI a été entreprise, afin d'apprécier la distribution cellulaire permettant le diagnostic sanitaire mammaire selon trois méthodes d'interprétation rapportées respectivement par Darraq (1989 ; cité par PROMET 2008), Fabre et al (1996) et par Noireterre (2006).

Signalons que la distribution des CCI de 8 contrôles considérés a été déterminée pour chaque contrôle et pour chaque ferme en ayant recours aux paramètres statistiques suivants : Moyenne, Ecart-type et valeurs extrêmes (Minimum et Maximum). Ensuite, pour chaque ferme, la distribution des CCI de 8 contrôles examinés (C1 à C8) a été présentée, à titre comparatif, selon les deux méthodes de calcul de la moyenne, à savoir MA et MG. Ultérieurement, le diagramme des quartiles des CCI a été établi pour chaque ferme.

2. Résultats et discussion

2.1. Analyse descriptive des comptages cellulaires somatiques individuels

2.1.1. Appréciation sanitaire mammaire à partir des comptages cellulaires individuels

Les comptages cellulaires individuels (CCI) permettent de gérer les situations d'urgence au cours de la lactation et d'assainir le troupeau pendant la période sèche (Noireterre, 2006). Le CCI est un témoin de l'état inflammatoire de la mamelle et indirectement de la présence d'une infection mammaire (Rupp et al., 2000). Sur un total de 1014 échantillons du lait individuel de 184 vaches considérées, on a réalisé trois manières de distribution des CCI selon trois normes disponibles dans la littérature. L'une, utilisée par la société de Promotion et d'Études (PROMET, 2008), rappelant la norme ramenée par Darraq (1989), évoque la norme généralement appliquée en Tunisie, énoncée dans le Tableau 1. L'autre, rapportée par Fabre et al (1996), rappelle la norme française mentionnée dans le Tableau 2. La dernière, appliquée par Noireterre (2006), indique la norme canadienne, relatée dans le Tableau 3.

La classification des vaches mammites diffère d'un auteur à l'autre, respectivement 3, 2 et 4 classes.

Suivant Fabre et al (1996), une vache est considérée saine, si son CCI est inférieur à 300000 cell./mL (Mezine, 2006), qui est un seuil au-delà duquel une vache est considérée infectée (Guérin & Guérin-Faubleé, 2007). Cette même règle a été auparavant considérée par Darraq (1989), selon PROMET (2008). D'après les résultats obtenus (Tableaux 1 et 2), les vaches de la Ferme 1 (83%) et de la Ferme 2 (81%) sont saines. 9% des vaches des deux troupeaux sont douteux, et le reste, présentant 9% dans les deux élevages, est considéré mammitique. En observant les résultats rapportés dans le Tableau 3, 8% des vaches doivent être réformées à cause des mammites. Une telle pathologie est classée comme la deuxième cause de réforme involontaire des vaches laitières, même dans les pays développés (Durocher & Martin, 2009).

Tableau 1 : Distribution des CCI selon les règles annoncées par (Darraq 1989 ; cité par PROMET 2008)

CCI (x1000 cell. /mL)	État de la mamelle	Ferme 1		Ferme 2		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
< 300	Mamelle saine	590	83	247	81	837	82
300-500	Mammité probable	38	5	15	5	53	6
500-800 (2 contrôles)	Mammité existante	27	4	11	4	38	4
> 800 (2 lactations successives)	Mammité grave (Vache à réformer)	56	8	30	10	86	8
TOTAL		711	100	303	100	1014	100

Tableau 2 : Répartition des CCI selon les règles rapportées par Fabre et al (1996)

CCI (x1000 cell. /mL)	Interprétation	Ferme 1		Ferme 2		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
< 300	Mamelle saine	590	83	247	81	837	82
300 à 800	Mamelle douteuse	64	9	26	9	90	9
> 800	Mamelle infectée	57	8	30	10	87	9
TOTAL		711	100	303	100	1014	100

Tableau 3 : Distribution des CCI selon les règles énoncées par Noireterre (2006)

CCI (x1000 cell. /mL)	Interprétation	Ferme 1		Ferme 2		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
≤ 200	Lait normal	540	75	226	75	766	75
200 à 500	Mammité subclinique, Traite irritante	90	14	37	12	127	13
500 à 1000	Mammité subclinique, Mammité latente	36	5	19	6	55	5
1000 à 5000	Doute de mammité clinique	43	6	15	5	58	6
> 5000	Mammité bien établie	2	0	6	2	8	1
TOTAL		711	100	303	100	1014	100

Selon Noireterre (2006), pour classer une vache comme « non infectée », il faut que son CCI soit inférieur à 200000 cell./mL. D'après le Tableau 3, le lait est considéré normal chez 75% des échantillons individuels prélevés durant la période d'étude. 13% des échantillons montrent une légère altération du lait, qui pourrait être causée par une traite irritante (mammite subclinique consécutive). 5% des échantillons prouvent la présence d'une mammite subclinique ou latente. Le reste, représentant des vaches avec un CCI dépassant 1000000 cell./mL, indiquent l'éventualité ou l'existence (à partir d'un CCI dépassant 5000000 cell./mL) d'une mammite clinique.

Noireterre (2006) a apporté des règles d'appréciation plus sévères, en différenciant davantage les différents degrés de mammites, et en repérant la part des mammites cliniques pour mieux cibler les interventions à entamer. Dans le contexte tunisien, il convient d'appliquer les règles rapportées par Darraq (1989) qui sont moins sévères que celles de Noireterre (2006) et qui donnent plus de détail que celles de Fabre et al (1996).

Rappelons que les CCI représentent bien souvent la seule information objective d'une situation sanitaire mammaire (Santos et al. 2004 ; Hand et al. 2012 ; Dufour & Dohoo 2013). L'analyse des CCI constitue une étape essentielle de l'interprétation épidémiologique d'un problème d'infections mammaires dans un troupeau (Hanzen & Pluvinage 2008 ; Persson & Olofsson 2011 ; Fauteux et al. 2014).

En confrontant les résultats obtenus avec ceux discernés lors de l'étude effectuée par M'Sadak et al. (2010), et qui s'est intéressée à des élevages bovins laitiers hors sol dans la région de Mahdia, on a repéré que la situation sanitaire mammaire dans les élevages de la présente étude est largement meilleure. En effet, 69% des vaches suivies ont eu des CCI moyens supérieurs à 20000 cell./mL. Par contre, l'échantillon des deux grands élevages suivis, a révélé un taux beaucoup plus faible (25%). Ceci pourrait être dû, à ce que les élevages de la présente étude sont des grands élevages, par contre l'étude réalisée à Mahdia a été menée sur des petits troupeaux (moyenne des vaches en lactation égale à 8 vaches par troupeau). La différence de taille de troupeau impliquerait particulièrement une différence au niveau des moyens de maîtrise de la situation sanitaire mammaire et des moyens de dépistage des mammites, ainsi qu'au niveau de la technicité et de la rapidité d'intervention pour guérir une vache mammitiqueuse.

Afin de cerner le modèle épidémiologique, des indices d'infection mammaire du troupeau ont été retenus, en France (Faroult & Sérieys, 2001 ; SNGTV, 2001 ; Bosquet, 2004 ; Seegers et al., 2013), qui sont définis comme suit.

- Pourcentage des vaches à CCI inférieurs à 300000 cell./mL : L'objectif est fixé à une valeur supérieur à 85%

- Pourcentage des vaches à CCI supérieurs à 800000cell./mL : L'objectif est fixé à une valeur inférieur à 5%

Or, on a 81% des CCI de la Ferme 2 et 83% des CCI de la Ferme 1 qui sont inférieurs à 300000 cell. /mL, et 10% des CCI de la Ferme 2 et 8% des CCI de la Ferme 1 qui sont supérieurs à 800000 cell. /mL. Alors, on peut dire que les pourcentages enregistrés au niveau des deux fermes peuvent être considérés relativement bons. Le contrôle de la présence des vaches à taux cellulaires individuels trop élevés (> 800000 cell. /mL) est encore à engager pour une meilleure maîtrise de la situation sanitaire mammaire des vaches.

L'établissement des normes et des indices d'appréciation de l'état d'infection mammaire propres aux conditions Tunisiennes est fortement recherché pour l'application future de paiement du lait à la qualité (notamment cellulaire), afin d'inciter les éleveurs quant à l'importance de la surveillance de l'hygiène laitière à la production, actuellement négligée dans la plupart des élevages surtout chez les troupeaux de petite et de moyenne taille.

2.1.2. Analyse statistique élémentaire des CCI

Les statistiques élémentaires (Moyennes, Écart-Type, Extrêmes) des CCI durant les huit contrôles accomplis sont rapportées dans le Tableau 4. La MA des CCI des vaches de la Ferme 1 a été de 386000 cell./mL, et celle des vaches de la Ferme 2 a été de 355000 cell./mL, soit une valeur moyenne de 371000 cell./mL au niveau des deux fermes. La MG des CCI des vaches des deux élevages a été seulement de 107500 cell./mL, avec une MG de 108000 cell./mL des vaches de la Ferme 1 et de 107000 cell./mL des vaches de la Ferme 2. On remarque, alors, que les CCI apparaissent plus élevés avec la méthode d'estimation basée sur la MA, en comparaison avec celle basée sur la MG.

La situation sanitaire mammaire des deux élevages suivis est considérée meilleure par rapport à celle d'autres grands élevages suivis dans le passé dans le Nord Tunisien (berceau des grandes exploitations laitières), où la moyenne arithmétique de la numération cellulaire de troupeau était de 626000 cell./mL (Mtaallah et al., 2002). Certes, la situation n'est pas comparable en raison tant d'une nette amélioration, entre temps, des conditions d'élevage et de traite chez les grands troupeaux que des méthodes différentes de comptage cellulaire (d'une part, sur lait individuel, et d'autre part, sur lait de mélange). Également, si l'on compare à une autre étude plus récente dans une région voisine de Sousse, qui est le gouvernorat de Monastir, les moyennes arithmétiques et géométriques trouvés sont beaucoup plus meilleures. En effet, Mighri et al. (2011) ont relevé une MA des CCI

des vaches, chez des petits élevages hors sol, qui était de 640000 cell./mL, alors que la MG était de 233000 cell./mL. On constate, ainsi, qu'à l'échelle de la Tunisie, les résultats cellulaires observés méritent d'être considérés admissibles lors de cette étude, soit par rapport aux autres élevages du Sahel Tunisien majoritairement familiaux, soit par rapport aux grands élevages du Nord Tunisien (contexte ancien à considérer avec prudence).

Durant la période considérée de l'étude, on a enregistré un minimum de 1000 cell./mL dans la Ferme 2 et 3000 cell./mL dans la Ferme 1, durant le dernier contrôle (mois d'Avril). Aussi, on a repéré un maximum de 29364000 cell./mL, dans la Ferme 2, et 17232000 cell./mL, à la Ferme 1, durant le troisième contrôle (mois de Juillet).

On a noté, également, que l'hétérogénéité des résultats est grande (Écart-type trop élevé, dépassant la moyenne, d'où, un coefficient de variation supérieur à 100% dans tous les cas).

Tableau 4 : Distribution des CCI moyens des contrôles considérés (x1000 cell. /mL)

Variables	CCI (x1000 cell. /mL)		
	Ferme 1	Ferme 2	Échantillon total
MA*	386	355	371
MG*	108	107	107,5
E-T*	1137	1069	1103
Min.*	3	4	-
Max.*	17232	29364	-

(*) Moyennes arithmétique (MA) et géométrique (MG) ; Écart-type (E-T) ; Extrêmes : Minimum (Min.) et Maximum (Max.).

2.1.3. Diagramme des quartiles de la répartition des CCI

Le diagramme des quartiles de la distribution des CCI (Tableau 5) dévoile que 75% des échantillons (Q3) ont des CCI < 195500 cell./mL et 25% des échantillons (Q1) ont des CCI < 32000 cell./mL.

La valeur observée d'écart interquartile (Q3-Q1) est considérée convenable, puisqu'elle est légèrement inférieure à 200000 cell./mL. La médiane (Q2) de cette distribution est de 73000 cell./mL dont 50% des échantillons ont des CCI inférieurs à cette valeur médiane qui est relativement proche de la MG CCI (107500 cell./mL) et largement éloignée de la MA CCI (371000 cell./mL), ce qui confirme l'utilité de l'utilisation de la MG dans la distribution des comptages cellulaires. En effet, la MA des CCI d'une lactation ne peut pas rendre compte de leur irrégularité qui caractérise également la présence d'infection, alors que la MG permet de ne pas surestimer l'importance d'un CCI élevé et apprécie de façon plus juste ce qui se passe dans la plupart de la population. Ce résultat conforme avec celui discerné par Serieys (1985), qui a utilisé la MG sur les données brutes (cell./mL) et la transformation logarithmique pour le calcul des moyennes arithmétiques et des écarts-types. La même remarque, concernant la grande différence entre la MA CCI et la médiane (Q2), a été signalée par M'Sadak et al. (2013), Haj Mbarek et M'Sadak (2014), M'Sadak et Mighri (2015) et M'Sadak et al. (2016) lors de l'étude des quartiles des CCI des vaches appartenant à des petits et moyens troupeaux bovins hors sol conduits dans différentes régions du Sahel Tunisien. L'étude a révélé, aussi, une valeur d'écart interquartile (Q3-Q1) élevée, et qui a été expliquée particulièrement par l'hétérogénéité marquée des CCI des échantillons observés.

Tableau 5 : Distribution des quartiles des CCI

Variables	CCI (x1000 cell. /mL)		
	Ferme 1	Ferme 2	Échantillon total
Q1 (Premier quartile)	32	32	32
Q2 (Médiane)	73	73	73
Q3 (Troisième quartile)	207	193	195,5
Q3-Q1 (Écart interquartile)	175	161	163,5

2.2. Analyse des Comptages Cellulaires de Troupeau Estimés

L'analyse des comptages cellulaires des troupeaux et de leur évolution au cours du temps est toujours plus intéressante pour l'appréciation de la situation sanitaire mammaire. Dans la présente étude, on s'est appuyé sur le suivi des deux troupeaux de vaches laitières, durant 8 contrôles, correspondant à 16 valeurs des Comptages Cellulaires de Troupeau Estimés (CCTE). On s'est limité au calcul des (CCTE) à partir des CCI moyens

des élevages, car on a eu des contraintes au niveau de l'analyse des échantillons de lait collectif, suite à l'objection du Centre d'Analyses à Sidi Thabet quant à la détermination des Comptages Cellulaires de Troupeau (CCT). Le tableau 6 récapitule les statistiques élémentaires (Moyennes, Écart-Type, Minimum et Maximum) des CCTE durant la période d'étude.

La moyenne arithmétique des CCTE (MA CCTE) enregistrés a été de 363438 cell./mL, tous numéros et stades de lactation confondus. En confrontant cette valeur du taux cellulaire de troupeau estimé avec d'autres taux cellulaires de troupeau chez d'autres élevages Tunisiens, cette valeur apparaît moins élevée, en comparaison avec celles trouvées par Mighri et al. (2011), sur un échantillon des petits élevages hors sol dans la région de Monastir, qui était 771000 cell./mL, et celles discernées par Mtaallah et al. (2002), sur un échantillon des grands troupeaux bovins laitiers au Nord de la Tunisie, qui était de 626000 cell./mL.

La moyenne géométrique des CCTE (MG CCTE) a été de 312 945 cell./mL, valeur proche de la MA des CCTE, en raison surtout de l'effectif considéré limité. Les écart-types enregistrés ont été largement élevés, dans les deux fermes, ce qui a répercuté sur l'écart-type de l'échantillon suivi.

On constate, d'après le Tableau 6 que les MA et MG CCTE de la Ferme 2 sont plus élevées que celles de la Ferme 1. Cependant la MG des CCTE relevée dans les deux fermes apparaît conforme à la norme fixée par la réglementation française de paiement du lait à la qualité, qui exige une moyenne géométrique ne dépassant pas les 400000 cell./mL durant une période de 6 mois (Brunet, 2005).

Tableau 6 : Répartition des CCTE (x 1000 cell. /mL) durant les huit contrôles considérés

	Mini.	MA	MG	E-T	Maxi.
Ferme 1	192	405,625	356,837	213,414	666
Ferme 2	97	321,250	274,453	188,813	701
Échantillon total	97	363,438	312,945	199,474	701

(*) Moyennes arithmétique (MA) et géométrique (MG) ; Écart-type (E-T) ; Extrêmes : Minimum (Min.) et Maximum (Max.).

La Figure 1 ci-après illustre l'évolution des CCTE (x1000 cell./mL) au cours de la période d'étude qui s'est caractérisée par une augmentation remarquable au niveau des contrôles C2, C3 et C5 pour la Ferme 1 (respectivement 666, 650 et 641 10^3 cell./mL) et un pic au contrôle C3 dans la Ferme 2 (701 10^3 cell./mL). Ensuite, les valeurs CCTE commencent à décroître jusqu'au dernier contrôle, avec des fluctuations vers la fin de la courbe de lactation. La période marquée de l'élévation des CCTE correspond à la période de la fin d'été et du début d'automne. Une telle augmentation du taux cellulaire de troupeau pourrait être expliquée par les fortes températures enregistrées durant la fin d'été 2012. En effet, la chaleur, la présence des mouches, les changements de rations de l'été à l'automne, tous ces facteurs augmentent le stress des vaches, par la suite les fragilisent (Mounier, 2012). Une étude d'Olde-Reikerink et al. (2007) expose aussi le probable effet de la saison sur le comptage cellulaire, avec une augmentation du taux cellulaire de troupeau en août et septembre, expliqué en partie par l'apparition à cette période des vaches avec des CCI élevés et persistants.

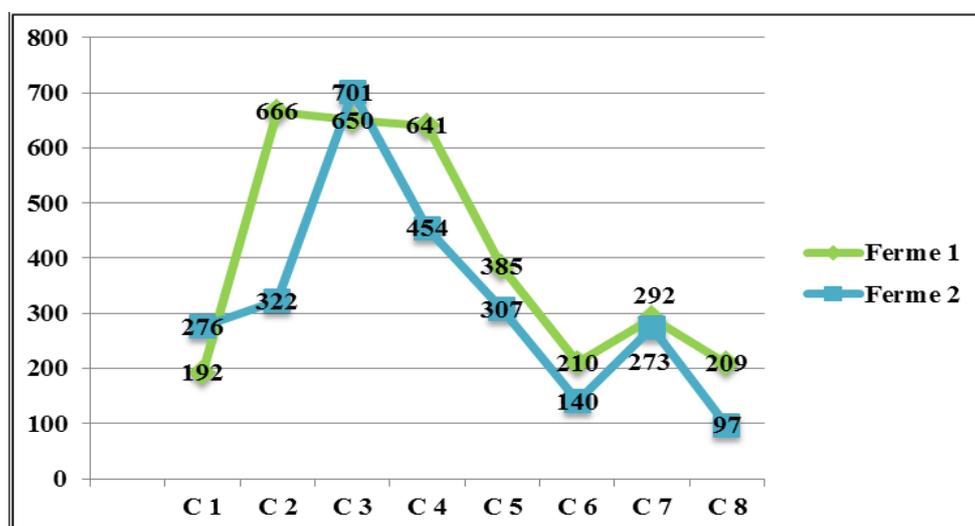


Figure 1 : Évolution des CCTE (x 1000 cell. /mL) durant la période d'étude

La Figure 2 ci-après représente la répartition des CCTE par rapport au seuil d'alerte bas, qui doit être retenu, qui est de 200000 cell./mL (Allain, 2011). On distingue, 19% seulement des CCTE qui sont inférieurs au seuil d'alerte bas, ce qui est loin d'être satisfaisant.

Le diagramme des quartiles des CCTE (Tableau 7) montre que la médiane des valeurs cellulaires (Q2) de la Ferme 1 et de la Ferme 2, ainsi que celle du total des deux troupeaux suivis sont plus proches de la MG des CCTE et lointain de la MA des CCTE. En effet, on a enregistré une médiane de tout l'échantillon de 299500 cell./mL qui est proche de 312945 cell./mL valeur de la MG des CCTE et éloignée de 363438 cell./mL qui est la MA des CCTE.

Tableau 7 : Diagramme des quartiles de la distribution des CCTE

Variables	CCTE (x 1000 cell. /mL)		
	Ferme 1	Ferme 2	Échantillon total
Q1 (Premier quartile)	209,75	239,75	209,75
Q2 (Médiane)	338,50	291,50	299,50
Q3 (Troisième quartile)	643,25	355,00	500,75
Q3-Q1 (Écart interquartile)	433,50	115,25	291,00

En comparant le diagramme des quartiles des CCI avec celui des CCTE (Tableaux 5 et 7), il ressort que toutes les variables considérées pour les CCTE sont assez supérieures que celles observées pour les CCI. Ce résultat est analogue à celui constaté par Mighri et al. (2011) lors d'une étude effectuée sur des petits élevages bovins hors sol dans la région de Monastir.

La numération cellulaire du lait de troupeau estimé ne donne qu'une indication globale de l'état sanitaire de tout le troupeau (Haj M'Barek et al., 2013). En effet, deux troupeaux qui présentent des numérations cellulaires collectives identiques peuvent cependant avoir des situations différentes sur le plan sanitaire mammaire.

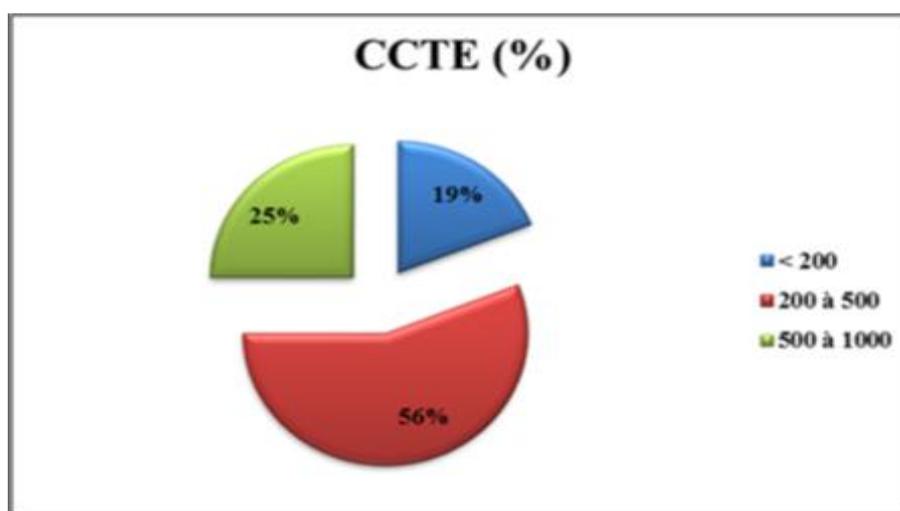


Figure 2 : Classification des CCTE (x 1000 cell. /mL) durant la période d'étude

Conclusion

L'analyse cellulaire descriptive mise en œuvre a permis d'étudier les Comptages Cellulaires Individuels (CCI) d'un ensemble de vaches laitières adhérant au Contrôle Laitier et appartenant à deux grandes fermes du Sahel Tunisien.

Il ressort particulièrement de cette étude que 75% des vaches des deux troupeaux suivis ont prouvé un taux cellulaire du lait inférieur à 200000 cell./mL. On a relevé, ainsi, des moyennes arithmétiques (MA) des CCI voisines pour les deux élevages suivis, mais une grande hétérogénéité de la qualité cellulaire du lait produit, a été enregistrée. Dans l'ensemble, la situation observée de la santé mammaire des deux élevages n'est pas tout à fait bienfaisante, car au moins un taux de 20% des vaches infectées est à contrôler avec discernement. Par ailleurs, on peut dire que la moyenne géométrique (MG) est un paramètre incontestable dans le calcul des moyennes des comptages cellulaires, méritant d'être valorisé dans la normalisation recherchée relative à l'élaboration d'un système de paiement du lait à la qualité à établir ensuite dans les Conditions Tunisiennes. Le diagramme des quartiles a été adopté pour mieux apprécier la répartition des données cellulaires au sein de l'échantillon étudié. Il a témoigné l'utilité de l'utilisation de la MG au lieu de la MA dans l'analyse des

moyennes cellulaires chez les deux élevages examinés, du fait que les MG des CCI sont proches des valeurs médianes des valeurs des CCI. Les résultats obtenus à propos de l'évolution de la qualité cellulaire du lait de vache, en ayant recours aux Comptages Cellulaires de Troupeau Estimé (CCTE), est considérablement différente de celle obtenue en faisant appel aux CCI. En effet, le CCTE ne peut concéder qu'une indication globale de l'état sanitaire de tout le troupeau.

Décidément, les différences, entre résultats obtenus lors de la présente étude et des études antérieures, découlent, notamment, de l'effet du contexte particulier à chaque investigation. Par ailleurs, signalons que quelques renseignements cellulaires informant sur le statut mammaire infectieux des vaches n'étaient pas régulièrement disponibles pour certaines vaches contrôlées.

Références bibliographiques

- [1]. HAMMAMI M., BOUROUAI R., LAHMAR M., SELMI H.(2013). L'élevage bovin laitier hors sol dans le Sahel Tunisien (Cas de la région de Sousse). *Livestock Research of Rural Development*, 25 (4).
- [2]. BOUSSELMI K., DJEMALI M., BEDHIAF S., HAMROUNI A. (2010). Facteurs de variation des taux des matières grasses et protéiques du lait de vache de race Holstein en Tunisie. *Actes Renc. Rech. Ruminants*, 17, p. 399.
- [3]. PROMET (2008). Étude des déterminants de la qualité du lait. Rapport final. Société de Promotion et d'Études. Agence de Promotion des Investissements Agricoles (APIA), Ministère de l'Agriculture, Tunisie. 42 p.<http://www.apia.com.tn/ar/images/stories/pdf/lait.pdf>
- [4]. BOUSSELMI K., DJEMALI M., BEDHIAF S., HAMROUNI A., BEDHIAF A. (2011). Facteurs de variation des Scores des Cellules Somatiques du lait de vache de race Holstein en Tunisie. *Actes Renc. Rech. Ruminants*, 18, p. 203.
- [5]. AOUDI A. (1991). Contribution à l'étude des paramètres zootechniques dans les grands élevages bovins du gouvernorat de Béja, Thèse doctorat vétérinaire, École Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi Thabet, Tunisie, 100 p.
- [6]. BEN HASSEN S., MESSADI L., BEN HASSEN A. (2003). Identification et caractérisation de *Staphylococcus* isolées de lait de vaches atteintes ou non de mammite, *Ann. Méd. Vét.*, 147, 41-47.
- [7]. WALLEMACQ, H., GIRARD, B., LEKEUX, P., BUREAU, F. (2010). La vaccination contre les mammites à *Staphylococcus aureus* chez la vache laitière. *Ann. Med. Vét.* 154, 16-29.
- [8]. SÉRIEYS F. (2012). Mammites : comment s'y prendre aujourd'hui ? (et quelques perspectives d'avenir). Séminaire FIDOCL, 12 avril 2012, Cibeins, France, 117 diapos.
- [9]. VEH K.A. (2014). Validation de marqueurs de virulence de *Staphylococcus aureus* comme outils de pronostic de persistance intramammaire. Mémoire Faculté des Sciences Université de Sherbrooke, Québec, Canada, Mars 2014, 92 p.
- [10]. ZHAO X., ARIF F.M., LACASSE P., PAQUETTE B. (2004). Prévention des dommages de l'épithélium mammaire par la modulation de la réponse inflammatoire lors d'une mammite. *FICHE Trans-Info*, Forum Technologique, Novalait 2004, 2 p.
- [11]. BRADLEY A.J.(2002). Bovine mastitis: An evolving disease, *The Veterinary Journal* 2002, Elsevier Science Ltd, 163 (2), 1-13.
- [12]. GABLI A., BOULOUIS H.J., REMY D., BOUAZZIZ O., OUZROUTI O. (2005). Étude cinétique des cellules somatiques et analyses bactériologiques du lait de vaches en péripartum dans deux exploitations algériennes. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, Vol. 3, N° 1, 7-13.
- [13]. HÄNNI A., REIST M., GRABER H.U., HÜSSY D., STEINER A. (2001). Lutte contre les mammites en Suisse : la situation actuelle et l'évolution future des diagnostics et des stratégies, Suisselab AG Zollikofen, 6 p.
- [14]. DUMAS P.L., FAROULT B., SÉRIEYS F. (2004). Assurer le traitement en exploitation laitière : expérience et perspectives de l'action G.T.V. Partenaire. *Journées Nationales des G.T.V.*, Tours 2004, 71-75.
- [15]. HOOGEVEEN H., HUIJPS K., LAM T.J.G.M. (2011). Economic aspects of mastitis: new developments. *New Zealand Veterinary Journal*, vol. 59, 16-23.
- [16]. BOUFAIDA-ASNOUNE Z., BUTEL M.J., OUZROUT R. (2012). Prévalence des principales bactéries responsables de mammites subcliniques des vaches laitières au nord-est de l'Algérie. *Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 2012, 65 (1-2), 5-9.
- [17]. DEBREIL E.F.J.B. (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 doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, France, 103 p.
- [18]. DUREL L., FAROULT B., LEPOUTRE D., BROUILLET P., LEPAGE Ph. (2004). Mammites des bovins (cliniques et subcliniques)- Démarches diagnostiques et thérapeutiques. *La Dépêche Technique*. Supplément Technique 87 à *La Dépêche Vétérinaire* du 20 Décembre 2003 au 2 Janvier 2004, 39 p.

- [19]. SÉRIEYS F. (2004). Le traitement cible des mammites : enjeux et faisabilité. *Le Point Vétérinaire*, 2004, 35(246), 54-59.
- [20]. M'SADAK Y., MIGHRI L., KRAIEM K. (2013). Étude des facteurs de variation des niveaux de comptage cellulaire individuel du lait chez des petits troupeaux bovins hors sol en Tunisie, *Revue Nature & Technologie*, B-Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 08/Janvier 2013, 48-52.
- [21]. BARTLETT P.C., VAN WIJK J., WILSON D.J., GREEN C.D., MILLER G.Y., MAJEWSKI G.A., HEIDER L.E. (1991). Temporal patterns of lost milk production following clinical mastitis in a large Michigan Holstein herd, *J. Dairy Sci.*, 74, 1561-1572.
- [22]. BARBANO D.M., RASMUSSEN R.R., LYNCH J.M. (1991). Influence of milk somatic cell count and milk age on cheese yield, *J. Dairy Sci.*, 74, 369-388.
- [23]. YALCIN C., STOTT A.W., LOGUE D.N., GUNN J. (1999). The economic impact of mastitis-control procedures used in Scottish dairy herds with high bulk-tank somatic-cell counts, *Prev. Vet. Med.*, 41, 135-149.
- [24]. BACHTA M.S., LAAJIMI A. (2003). Adéquation de l'offre et de la demande des produits laitiers en Tunisie : Une analyse microéconomique, Symposium International sur les filières lait en Méditerranée : Enjeux pour un futur durable, Hammamet, 26-28 Octobre 2000, *EU. Assoc. Anim. Prod.*, 99, 392-400.
- [25]. M'SADAK Y., HAMED I. (2016). Évaluation comparée des conditions d'élevage et de traite chez deux grands troupeaux bovins en milieu semi-aride (Tunisie littorale). *Revue Agriculture Sétif*, 11, 2016, 23-36.
- [26]. GOODGER W.J., FARVER T., PELLETIER J., JOHNSON P., DESNAYER G. & GALLAND J. (1993). The association of milking management practices with bulk tank somatic cell counts. *Prev. Vet. Med. (USA)*, 15, 235-251.
- [27]. RUPP R., BOICHARD D., BERTRAND C., BAZIN S. (2000). Bilan national des numérations cellulaires dans le lait des différentes races bovines laitières françaises. *INRA Prod. Anim.*, 13(4), 257-267.
- [28]. FABRE J.M., BAZIN S., FAROULT B., CAIL P., BERTHELOT X. (1996). Lutte contre les mammites. Résultats d'enquête réalisée auprès de 1038 élevages français. *Bulletin des GTV*, 2, 13-16.
- [29]. NOIRETERRE Ph. (2006). Suivi de comptages cellulaires et d'examens bactériologiques lors de mammites cliniques chez la vache laitière. Thèse doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon, France, 98 p.
- [30]. MEZINE D.M.C.S. (2006). Analyse descriptive des facteurs de risque liés aux mammites dans des élevages d'une clientèle des Ardennes appliquant la démarche GTV partenaire. Thèse doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, France, 146 p.
- [31]. GUÉRIN P., GUÉRIN-FAUBLEE V. (2007). Les mammites de la vache laitière, École Nationale de Médecine Vétérinaire de Lyon, France, 139 p.
- [32]. DUROCHER J., MARTIN R. (2009). Ajouter de la valeur à la ferme : Évolution de la production laitière québécoise 2008 : Un coup d'œil sur la réforme. *Le Producteur de Lait Québécois, Valacta*, Numéro Spécial, 2009, 48-53.
- [33]. SANTOS J.E., CERRI R.L., BALLOU M.A., HIGGINBOTHAM G.E., KIRK J.H. (2004). Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactational and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 80, 31-45.
- [34]. HAND K.J., GODKINET A., KELTON D.F. (2012). Milk production and somatic cell count. *J. Dairy Sci.*, 95, 1358-1362.
- [35]. DUFOUR S., DOHOO I.R. (2013). Monitoring herd incidence of intramammary infection in lactating cows using repeated longitudinal somatic cell count measurements. *J. Dairy Sci.*, 96, 1568-1580.
- [36]. HANZEN CH., PLUVINAGE P. (2008). Propédeutique de la glande mammaire, Approche d'élevage. Université de Liège, Belgique, R22, 12 p.
- [37]. PERSSON Y., OLOFSSON I. (2011). Direct and indirect measurement of somatic cell count as indicator of intramammary infection in dairy goats. *Acta Vet. Scand.*, 53, 15 p.
- [38]. FAUTEUX V., ROY J.P., SCHOLL D.T., BOUCHARD E. (2014). Benchmarks for evaluation and comparison of udder health status using monthly individual somatic cell count. *Can. Vet. J.*, 55, 741-748.
- [39]. M'SADAK Y., MIGHRI L., KRAIEM K. (2010). Effet des conditions de traite sur la santé mammaire des vaches laitières et estimation des pertes en lait consécutives dans la région de Mahdia en Tunisie, *Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 63 (1-2), 35-39.
- [40]. FAROULT B., SÉRIEYS F. (2001). Bonnes pratiques vétérinaires pour la définition d'un plan de traitement des mammites de troupeau, *Référentiel Vétérinaire*, 27 p.
- [41]. SNGTV (2001). Conférence de Consensus SNGTV-PFIZER. Conférence Pragues, 22-25 Janvier 2001, 28 p.
- [42]. BOSQUET G. (2004). L'analyse lors d'une flambée de mammites cliniques : une étape indispensable riche d'enseignements. *Journées Nationales G.T.V.*, Tours 2004, 771-778.
- [43]. SEEGER H., BAREILLE N., GUATTEO R., JOLY A., CHAUVIN A., CHARTIER C., NUSINOVICI S., PEROZ C., ROUSSEL P., BEAUDEAU F., RAVINET N., RELUN A., TAUREL A.F., FOURICHON C. (2013). Épidémiologie et leviers

pour la maîtrise de la santé des troupeaux bovins laitiers : approche monographique pour sept maladies majeures. *INRA Prod. Anim.*, 26 (2), 157-176.

[44]. MTAALLAH B., OUBEY Z., HAMMAMI H. (2002). Estimation des pertes de production en lait et des facteurs de risque des mammites subcliniques à partir des numérations cellulaires de lait de tank en élevage bovin laitier. *Rev. Méd. Vét.*, 2002, 153, 4, 251-260.

[45]. MIGHRI L., M'SADAK Y., KRAIEM K. (2011). Analyse des numérations cellulaires du lait en élevage bovin hors sol dans la région de Monastir (Tunisie). *Actes Renc. Rech. Ruminants*, 18, p. 274.

[46]. SÉRIEYS F. (1985). Concentration cellulaire du lait individuel de vache : Influence de l'état d'infection mammaire, du numéro, du stade de lactation et de la production laitière. *Ann. Rech. Vét.*, 1985, 16 (3), 255-261.

[47]. HAJ MBAREK R., M'SADAK Y. (2014). Facteurs de variation cellulaire du lait de vache chez des petits et moyens troupeaux hors sol menés en milieu semi-aride (Tunisie Littorale). *Algerian Journal of Arid Environment*, vol.4, n° 1, Juin 2014, 26-38.

[48]. M'SADAK Y., MIGHRI L. (2015). Analyse descriptive et facteurs d'évolution des numérations cellulaires individuelles du lait chez des petits troupeaux bovins hors sol dans la région de Monastir (Tunisie). *Algerian Journal of Arid Environment*, vol. 5, n° 2, Décembre 2015, 3-16.

[49]. M'SADAK Y., HAJ MBAREK R., MIGHRI L. (2016). Description and variation factors of individual cell counts of milk in of units bovins aboveground (Tunisian Sahel). *J. Fundam. Appl. Sci.*, Janvier 2016, 8 (1), 61-72.

[50]. BRUNET J. (2005). Modalités du paiement du lait à la qualité. Laboratoire Interprofessionnel Laitier du Centre-Ouest (LILCO), France, 11 p. <https://www.fichier-pdf.fr/2014/02/.../modalites...lait/modalites-de-paement-du-lait.pdf>

[51]. MOUNIER P. (2012). Comment expliquer la forte augmentation estivale des taux cellulaires ? Fédération Interdépartementale des Organismes de Conseil Laitier (FIDOCL), Conseil Élevage Sud-Est de la France. <http://www.fidocl.fr/content/comment-expliquer-la-forte-augmentation-estivale-des-taux-cellulaires>

[52]. OLDE-RIEKERINK R.G.M., BARKEMA H.W., STRYHN H. (2007). The effect of season on somatic cell count and the incidence of clinical mastitis. *J. Dairy Sci.*, 90 (4), 1704-1715.

[53]. ALLAIN M. (2011). Étude descriptive de l'identification des bactéries du lait dans un élevage à l'aide de la bactériologie, des comptages cellulaires de tank (CCT) et des comptages cellulaires individuels (CCI). Thèse doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire d'Alfort, France, 122 p.

[54]. HAJ MBAREK R., M'SADAK Y., KRAIEM K. (2013). Analyse descriptive des facteurs de risque des mammites chez des troupeaux bovins laitiers hors sol en milieu semi-aride (Tunisie). *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* (2013), 3, 26-31.