

Évolution de la qualité cellulaire du lait de vache: Description et facteurs de variation chez deux grands troupeaux soumis à la traite tri-quotidienne (Sahel Tunisien)

Y. M'SADAK¹, I. HAMED¹

(Reçu le 01/03/2016; Accepté le 08/06/2016)

Résumé

Le présent travail, se rapportant à une description des Comptages Cellulaires Individuels (CCI) du lait, suivie d'une analyse des facteurs diversifiés d'évolution cellulaire, a été réalisé sur deux grands élevages bovins conduits en milieu semi-aride (région de Sousse, Tunisie Littorale), l'un privé (Gloulou- Sidi Bou Ali) et l'autre étatique (OTD- Enfidha), soumis tri-quotidiennement à la traite mécanique en salle. Il ressort essentiellement que 25% des vaches ont une moyenne arithmétique (MA) des CCI supérieure à 200 000 cell. /ml. La MA CCI des vaches était de 371 000 cell. /ml, alors que la moyenne géométrique (MG) des CCI des vaches a été seulement de 107 500 cell. /ml. La médiane était de 73 000 cell. /ml, valeur voisine de la MG et amplement écartée de la MA, montrant ainsi l'utilité de la MG. Chez les deux élevages considérés, la variation des CCI a été inversement proportionnelle à la production laitière. Par contre, le CCI a révélé un accroissement avec le rang de lactation, le stade de lactation et la saison printanière de vêlage.

Mots-clés: Bovin laitier, Comptages Cellulaires Individuels, Analyse descriptive, Sources de variabilité cellulaire, Milieu littoral semi-aride

Abstract

The present work, relating to a description of the Individual Cellular Counting (ICC) of the milk followed by an analysis of factors of cellular evolution, was carried out in two large cattle farms in a semi-arid environment (Sousse region, Tunisia). The first farm belongs to the private sector (Gloulou-Sidi Bou Ali) and the second one to the state sector (OTD-Enfidha), all subjected to indoors tri-daily mechanical milking. We have concluded that 25% of cows have an arithmetic average (AA) of > 200 000 cells/ml for ICC. The AA of cows ICC was 371 000 cells /ml, while the geometric average (GA) of cows ICC was only 107 500 cells /ml. The median was 73 000 cells /ml, value which is close to the GA and widely away from the AA, thus showing the utility of the GA. In both considered farms, the change in ICC was inversely proportional to milk production. However, ICC showed an increase with the rank of lactation, lactation stage and the spring calving season.

Keywords: Dairy bovine, Individual Cellular Counting, Descriptive analysis, Sources of cellular variability, Semi-arid littoral environment

INTRODUCTION

La mammite, état d'inflammation de la glande mammaire résultant de l'action de microorganismes pathogènes très variés (Benhamed, 2014), demeure à l'heure actuelle la première source de réduction des marges économiques en exploitation bovine laitière (Hoogveen et al., 2011), d'autant plus qu'elle constitue la pathologie la plus fréquente (Faye et al., 1994; Fourichon et al., 2001) distinguée en élevage bovin laitier. Elle se traduit le plus souvent sous forme inapparente, sans symptôme, ni altération visible du lait (Boufaïda-Asnune et al., 2012).

Le diagnostic des mammites est la base fondamentale des programmes de contrôle et de suivi de la santé du pis (Wallace, 2007), en faisant appel à des méthodes cellulaires indirectes et/ou directes. Les méthodes directes de comptage cellulaire sont reconnues par tous les partenaires de la filière lait et inscrites dans les dispositifs

réglementaires internationaux (Grenon et al., 2004; Institut de l'Élevage, 2004; Kebbal et al., 2008). Le Comptage Cellulaire Individuel (CCI) est une évaluation directe de la réponse immunitaire de la vache contre un agent infectieux de la glande mammaire. L'augmentation du CCI est accompagnée d'une diminution de la production laitière (Rupp et al., 2000) et d'une diminution de la qualité du lait (Durocher et Perreault, 2009). D'une manière générale, les comptages des cellules somatiques constituent un bon moyen pour évaluer l'état global de la santé de la mamelle (Rodenburg, 1985; Rupp et al., 2000; Lévesque, 2007; M'Sadak et al., 2016).

La présente investigation, accomplie chez deux grands élevages bovins laitiers, soumis à la traite mécanique tri-quotidienne, conduits dans la Tunisie littorale semi-aride, se propose particulièrement d'évaluer, sur des vaches laitières soumises régulièrement à des CCI, la part des variations des numérations cellulaires du lait qui est imputable à l'état d'infection mammaire (Rainard et Poutrel,

¹ Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Université de Sousse, Tunisie. Email: msadak.youssef@yahoo.fr

1984; Robert-Granie et al., 2001) et également celle qui résulte, entre autres, de l'incidence de l'âge des vaches, du stade de lactation et de la production laitière (Sérieys, 1985; Coulon et al., 1996).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Contexte général de l'étude

Ce travail s'est intéressé à deux grandes unités bovines laitières, appartenant à deux zones voisines du gouvernorat de Sousse, région relevant du Sahel Tunisien (Figure 1). La première est une exploitation privée de Mohamed Gloulou, située à Sidi Bou Ali (Ferme 1) et la deuxième est une exploitation étatique (Agro-combinat Enfidha) relevant de l'Office des Terres Domaniales (Ferme 2). L'investigation a été accomplie sur deux troupeaux inscrits au Contrôle Laitier (CL) regroupant dans l'ensemble 185 Vaches Présentes (VP) et 154 Vaches en Lactation (VL), durant une période de suivi de 8 mois

étalée de Novembre 2012 à Juin 2013. La distribution de deux élevages enquêtés est donnée dans le Tableau 1. La race perçue étant identique (Frisonne Holstein). La traite étant tri-quotidienne (Matin, Après-midi et Soir), en ayant recours au système en salle respectivement du type lactoduc en ligne haute simple rangée (Ferme 1) et du type lactoduc en ligne intermédiaire double rangée en épi (Ferme 2).

La Ferme 1 opte vers 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). La Ferme 2, 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.

Le Tableau 2 récapitule le contexte général d'élevage pratiqué dans chaque ferme étudiée.

Tableau 1: Répartition et caractéristiques de deux élevages étudiés selon la zone d'étude

Ferme	Zone	Établissement	Production annuelle (l)	Contrôle laitier	VP*		VL*	
					Effectif	%	Effectif	%
1	Sidi Bou Ali	Privé	344 672	AT6**	68	33,5	54	35
2	Enfidha	Étatique	748 509	B6***	117	66,5	100	65
Total					185	100	154	100

*: Nombre moyen des vaches durant la période d'étude. **: CL effectué par un Technicien de l'OEP, toutes les six semaines.
*** CL réalisé par l'Éleveur (Technicien de la ferme), toutes les six semaines.

Tableau 2: Conditions générales d'élevage des vaches suivies

Caractéristiques	Ferme	
	1- Gloulou	2- OTD Enfidha
Type de stabulation	Aire paillée	Aire paillée
Sol	Béton	Béton
État du sol	Régulier	Régulier
Surface Aire de couchage (m ²)	360	475
Surface Aire d'exercice (m ²)	360	460
État des abords des abreuvoirs	Bon	Mauvais
État des abords des râteliers	Bon	Bon
Propreté des circuits des animaux	Bonne	Mauvaise
Fréquence de paillage	1 fois/ jour	1 fois/ 2 jours
Quantité de paille distribuée par vache (kg/vache/j)	1,1	3,5
Quantité de paille distribuée par m ² (kg/m ² /j)	0,2	0,7
Fréquence de raclage (Aire bétonnée)	1 fois/ jour	1 fois/2 jours
Fréquence de curage (Aire paillée)	Journalière	Saisonnière
Drainage des effluents d'élevage	Non	Non



Figure 1: Localisation de deux sites d'étude relevant de la région de Sousse

Prélèvements laitiers

Les deux installations de traite adoptées font appel à un compteur à lait mécanique. Lors de son utilisation, l'appareil doit être suspendu verticalement. Pour éviter que les vaches puissent faire chuter l'appareil, il peut être fixé à l'aide d'une ficelle ou d'un crochet. Lorsqu'une vache est traite, le cylindre est remis au contrôleur laitier et échangé contre un cylindre vide. A chaque passage, 20 ml de lait sont prélevés et versés dans un petit flacon. 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).

Données du contrôle laitier

Les relevés bi-trimestriels (Toutes les 6 semaines) du CL des vaches laitières constituent la méthode de recueil de renseignements qui sont disponibles en permanence à la Direction Régionale de l'Office d'Élevage et des Pâturages (OEP) pour les élevages adhérents au CL. 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 CL de 184 VL (Dépouillement de 3 à 8 CL disponibles par lactation considérée). Autrement dit, cette période est délimitée par le premier vêlage et le dernier tarissement pris en compte.

Analyse statistique descriptive des données du Contrôle Laitier

Les données des Comptages Cellulaires Individuels (CCI) et les données de la Production Laitière (PL) ont été rele-

vées à partir des fiches du CL disponibles dans la Base Nationale des données du CL 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:

$$MA = \frac{\sum_{i=1}^n CCI}{N} \quad \text{et} \quad MG = \sqrt[n]{CCI_1 \times CCI_2 \times \dots \times CCI_n}$$

(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 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 deux méthodes d'interprétation, annoncées respectivement par Fabre et al. (1996) et par Noireterre (2006).

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

Analyse des facteurs d'évolution de la qualité cellulaire du lait de vache

Il s'agit d'étudier particulièrement les paramètres de variation suivants: production laitière individuelle, rang de lactation, stade de lactation, mois et saison de vêlage. De telles variables d'évolution des CCI ont été également dépouillées et analysées pour chaque ferme.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Présentation générale des caractéristiques essentielles des vaches considérées

Les vaches en production (VL) de la Ferme 1 renfermant un effectif de 54, en moyenne, se trouvent groupées dans un même lot, alors qu'à la Ferme 2, les 100 VL existantes sont distribuées selon leur niveau de production en quatre groupes. Le premier groupe (Lot 1) est celui des hautes productrices (>25 l), le deuxième (Lot 2) renferme les vaches ayant une moyenne de production entre 20 et 25 l, le troisième (Lot 3) 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.

Le Tableau 3, à caractère synthétique, indique la distribution des vaches considérées selon leurs productions laitières (PL), rang de lactation, moyenne de lactation et saison de vêlage. La moyenne des productions laitières

par VL, pour les deux Fermes, est presque la même. On constate, malgré la différence de conduite et d'effectif des primipares, la production laitière par vache est similaire. Aussi pour la moyenne de lactation, on note la même marge par vache. On a observé que le cheptel de la Ferme 2 est, en grande partie, jeune avec 43% des vaches primipares. Cette catégorie des vaches présente environ 47% dans la Ferme 1. Concernant la saison de vêlage, la plupart des vêlages se concentre pendant la période froide (Automne et Hiver) avec un taux moyen de 61% des mises-bas.

Analyse descriptive des comptages cellulaires somatiques individuels

Appréciation sanitaire mammaire à partir des CCI

Les 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). L'amélioration de la qualité du lait passe, entre autres, par l'évaluation de la santé mammaire à la ferme. L'évaluation des comptages en cellules somatiques individuels obtenus mensuellement au contrôle laitier est une avenue

intéressante et économique pour déterminer le portrait et la dynamique de la santé mammaire à la ferme (Fauteux, 2014). Sur un total de 1014 échantillons du lait individuel de 184 vaches suivies, on a réalisé deux façons de distribution des CCI selon deux normes disponibles dans la littérature. L'une, utilisée par Fabre et al. (1996), représente la norme Française (Mezine, 2006) relatée dans le Tableau 4. L'autre, appliquée par Noireterre (2006), évoque la norme Canadienne (Baillargeon, 2011), relatée dans le Tableau 5.

La classification des cas mammites diffère d'un auteur à l'autre, respectivement 2 et 4 classes. Noireterre (2006), a rapporté des règles d'appréciation plus sévères que celles de Fabre et al. (1996), en spécifiant davantage les différents degrés de mammites, et en repérant la part des mammites cliniques pour mieux viser les interventions à entreprendre.

Selon 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 et Guérin-Fauble, 2007). D'après le tableau 4, la quasi-totalité des vaches de la Ferme 1 (81%) et de la Ferme 2 (82%) sont saines. 9% des vaches de deux troupeaux sont douteux, et le reste, représentant 9% dans les deux élevages, est mammitieux.

Tableau 3: Répartition des vaches selon des paramètres de production et de reproduction

Ferme	Niveau de production (l/VL/j)	Rang de lactation (%)		Moyenne de lactation	Saison de vêlage* (%)			
		Primipares	Multipares		H	P	E	A
1	19 ± 4	32	68	3 ± 2	37	22	23	18
2	19 ± 5	43	57	3 ± 2	30	14	23	33
Moyenne	19	39	61	3 ± 2	33	17	22	28

* H: Hiver; P: Printemps; E: Été; A: Automne

Tableau 4: Répartition des CCI selon les normes annoncées par Fabre et al. (1996)

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

Tableau 5: Distribution des CCI selon les normes rapportées par Noireterre (2006)

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

Selon Noireterre (2006), pour classer une vache comme «non infectée», il faut que son CCI soit inférieur ou égal à 200 000 cell. /ml. D'après le Tableau 5, 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 occasionnée 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 1 000 000 cell. /ml, indiquent l'éventualité ou l'existence (à partir d'un CCI dépassant 5 000 000 cell. /ml) d'une mammite clinique.

En comparant 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 étudiés est largement meilleure. En effet, 69% des vaches suivies ont eu des CCI moyens supérieurs à 200 000 cell. /ml. Par contre, l'échantillon de ces 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 VL 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 mammitieuse.

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

- Pourcentage des vaches à CCI inférieurs à 300 000 cell. /ml: L'objectif est fixé à une valeur supérieure à 85%

- Pourcentage des vaches à CCI supérieurs à 800 000 cell. /ml: L'objectif est fixé à une valeur inférieure à 5%

Or, on a 81% des CCI de la ferme 1 et 83% des CCI de la ferme 2 qui sont inférieurs à 300 000 cell. /ml, et 10% des

CCI de la ferme 1 et 8% des CCI de la ferme 2 qui sont supérieurs à 800 000 cell. /ml. Ainsi, on peut conclure que les pourcentages enregistrés pour les deux fermes peuvent être considérés relativement acceptables. Le contrôle de la présence des vaches à taux cellulaires individuels trop élevés (> 800 000 cell. /ml) est encore à prélever pour une meilleure maîtrise de la situation sanitaire mammaire.

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 d'une grille 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 particulièrement chez les troupeaux à vocation familiale.

Analyse statistique élémentaire des CCI

Les recensements élémentaires (Moyennes, Écart-Type, Extrêmes) des CCI durant les huit contrôles accomplis sont rapportés dans le tableau 6.

La MA des CCI des vaches de la Ferme 1 a été de 386 000 cell. /ml, et celle des CCI des vaches de la Ferme 2 a été de 355 000 cell. /ml, soit une valeur moyenne de 371 000 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 108 000 cell. /ml des CCI des vaches de la Ferme 1 et de 107 000 cell. /ml des CCI des vaches de la Ferme 2. On constate, 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 de 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 collective était de 626 000 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

Tableau 6: Distribution des CCI moyens des contrôles considérés (x1000 cell. /ml)

	CCI	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Ferme 1	MA*	.**	171,96	570,64	676,51	370,29	330,53	468,40	110,50
	MG*	.**	53,47	99,76	275,44	98,41	81,67	104,82	40,29
	E-T*	.**	361,59	2519,62	1476,71	933,95	1177,82	1267,70	219,99
	Min.*	.**	10,00	15,00	35,00	13,00	14,00	7,00	3,00
	Max.*	.**	1623,00	17232,00	7870,00	4367,00	7770,00	7073,00	859,00
Ferme 2	MA*	251,20	316,14	751,29	531,72	370,33	142,32	365,84	114,27
	MG*	105,89	121,05	23,75	220,09	147,92	86,98	130,58	18,93
	E-T*	535,91	698,25	4434,57	798,18	753,69	207,96	710,43	412,28
	Min.*	16,00	16,00	4,00	31,00	18,00	15,00	12,00	1,00
	Max.*	3898,00	4529,00	29364,00	3497,00	4501,00	1659,00	4418,00	3207,00

(*) Moyennes Arithmétique (MA) et Géométrique (MG); Écart-Type (E-T); Extrêmes: Minimum (Min.) et Maximum (Max.).

(**) Contrôle cellulaire non accompli.

lait de mélange). Encore, si l'on compare à une autre étude plus récente dans une région limitrophe de Sousse, qui est le gouvernorat de Monastir, les MA et MG trouvées sont beaucoup plus meilleures. En effet, Mighri *et al.* (2011) ont relevé une MA des CCI des vaches, chez des petits élevages bovins hors sol, qui était de 640 000 cell. /ml, alors que la MG des CCI des vaches était de 233 000 cell. /ml. On enregistre, ainsi, qu'à l'échelle de la Tunisie, les résultats des CCI trouvés 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 précaution).

Si l'on estime la situation sanitaire mammaire, à ce niveau, par rapport aux normes Françaises et Canadiennes, on constate que seulement les MA CCI des contrôles C2 et C8 de la Ferme 1, et les MA CCI des contrôles C6 et C8 de la Ferme 2, répondent à la norme indiquée respectivement par Fabre *et al.* (1996) et Noireterre (2006), sauf que pour la Ferme 2 s'ajoute la MA CCI du contrôle C1 qui est aussi inférieure à 300 000 cell. /ml. Par contre, si l'on évalue les MG CCI, on constate que la situation est meilleure. En effet, la MG CCI est de loin inférieure à la MA CCI, ce qui mérite, dans l'avenir, des investigations plus approfondies à ce sujet. Un tel résultat est considéré moyen, mais il devrait être considéré avec prudence étant donné l'absence quasiment des normes actuelles d'appréciation relatives à des MG CCI.

On peut également tirer du Tableau 6 que les moyennes des CCI augmentent progressivement avec les contrôles jusqu'à atteindre un pic, puis elles diminuent. Les valeurs les plus élevées des CCI, chez les deux élevages suivis, ont été enregistrées durant les contrôles de la période automnale (Septembre-Octobre).

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 29 364 000 cell. /ml, dans la Ferme 2, et 17 232 000 cell. /ml, à la Ferme 1, durant le troisième contrôle (mois de Juillet).

On a noté, autant, 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).

Diagramme des quartiles de la répartition des CCI

Le diagramme des quartiles de la distribution des CCI (Tableau 7) montre que 75% des échantillons (Q3) ont des CCI < 195 500 cell. /ml et 25% des échantillons (Q1) ont des CCI < 32 000 cell. /ml.

La valeur observée d'écart interquartile (Q3-Q1) est considérée bonne, puisqu'elle est légèrement inférieure à 200 000 cell. /ml. La médiane (Q2) de cette distribution est de 73 000 cell. /ml dont 50% des échantillons ont des CCI inférieurs à cette valeur médiane, qui est relativement proche de la MG CCI (107 500 cell. /ml) et largement éloignée de la MA CCI (371 000 cell. /ml), ce qui témoigne 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 est conforme avec celui trouvé par Sérieys (1985), qui a utilisé la MG sur les données brutes (cell. /ml) et la transformation logarithmique pour le calcul des MA et des écart-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), lors de l'étude des quartiles des CCI des vaches laitières appartenant à des petits troupeaux bovins hors sol dans la région de Mahdia. L'étude a dévoilé, aussi, une valeur d'écart interquartile (Q3-Q1) élevée, qui a été expliquée notamment par l'hétérogénéité marquée des CCI des échantillons laitiers considérés.

Distribution des CCI selon certains facteurs physiologiques et zootechniques

Relation entre numération cellulaire et production laitière

La MA CCI a évolué au cours de la lactation de façon inverse à la production laitière. Elle a été minimale au cours du dernier mois de contrôle (mois d'Avril), et maximale au quatrième contrôle. On remarque, ainsi, que l'élévation des CCI a un effet sur le niveau de production. Ce résultat a été vérifié par M'Sadak *et al.* (2013) et Haj Mbarek et M'Sadak (2014), lors d'un suivi des petits et moyens troupeaux bovins laitiers hors sol en milieu littoral semi-aride, et par M'Sadak *et al.* (2012), lors de l'étude de la situation sanitaire mammaire chez des petits élevages bovins hors sol de la région de Mahdia. Cependant, en examinant l'étude menée par Bousselmi *et al.* (2011) sur plusieurs troupeaux de différentes régions de la Tunisie, on constate que l'effet du niveau de production sur le CCI n'a pas été significatif, dans les élevages appartenant au Nord comme dans le Sud Tunisien.

Tableau 7: Distribution des quartiles des CCI

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

Répartition des CCI en fonction du rang et du stade de lactation

Les résultats acquis confirment les résultats trouvés par Coulon et al. (1996), Hanzen (2009) et M'Sadak et al. (2012), qui ont montré que les vaches primipares ont, en moyenne, des CCI faibles, en comparaison avec les vaches multipares. Ceci est dû surtout à une augmentation de l'effet de mammite avec l'âge. Il peut également se produire à partir du résultat d'une réaction plus forte au niveau cellulaire contre une infection ou à une plus grande étendue des lésions permanentes du pis, faisant suite à une infection chez les vaches âgées (Leslie, 2012). Pour cette raison, les élevages jeunes, où le pourcentage des vaches en 1^{ère} et 2^{ème} lactation est élevé, peuvent être relativement moins touchés par les élévations des taux cellulaires.

Pour l'effet du rang de lactation sur la quantité journalière produite, on a constaté que, dans le troupeau de la Ferme 1, les primipares produisent moins de lait (18 l/j) que les multipares (25 l/j), alors qu'à la Ferme 2, il n'y a pas eu de différence relevée entre les deux catégories.

Le dépouillement des résultats CCI en fonction de l'âge et du stade de lactation des vaches, a confirmé les résultats trouvés par M'Sadak et al. (2012) et M'Sadak et al. (2013), ainsi que par Haj Mbarek et M'Sadak (2014). Les travaux réalisés ont prouvé que les MA CCI et les MG CCI chez les primipares sont inférieures à celles des multipares. Mais, aussi, les MG CCI des primipares (75 000 cell. /ml) et des multipares (90 000 cell. /ml) sont nettement moins

élevées par rapport aux MA CCI des primipares (214 000 cell. /ml) et des multipares (437 000 cell. /ml).

En plus du rang de lactation, le stade de lactation est un facteur de variation des CCI. En effet, dans les 100 premiers jours de lactation, à l'exception des jours de lactosérum, les MA CCI (74 000 cell. /ml pour les primipares et 135 000 cell. /ml pour les multipares) et les MG CCI (43 000 cell. /ml pour les primipares et 59 000 cell. /ml pour les multipares) sont faibles. Par contre, à la fin de la lactation, les CCI sont élevés (Tableau 8). De tels résultats concordent avec ceux relatés dans la bibliographie (Coulon et al., 1996; Barnouin et al., 1999; Rupp et al., 2000; M'Sadak et al., 2013; Haj Mbarek et M'Sadak, 2014; Hanzen, 2015).

Distribution des CCI en fonction du mois de vêlage

Le Tableau 9 dévoile la distribution des CCI des vaches de deux élevages suivis en fonction du mois de vêlage. On a enregistré le plus faible CCI au mois d'Octobre (151 000 cell. /ml), alors que le CCI le plus élevé a été enregistré au mois de Mars (923 000 cell. /ml).

Les résultats diffèrent en fonction, entre autres, de la région d'élevage. Une étude réalisée en France par Coulon et al., (1996) a révélé que les CCI augmentent légèrement au cours des mois d'Août et de Septembre contredisant, ainsi, les résultats ainsi obtenus. Une autre étude effectuée aussi en France par Rupp et al. (2000) a dévoilé que les CCI des vaches vêlant en Septembre sont nettement les plus faibles. Ce résultat est aussi différent de celui relevé lors de cette étude.

Tableau 8: Variation des valeurs des CCI selon les facteurs de lactation

CCI (x 100 cell. /ml)		< 100 j		100-200 j		> 200 j	
		MA	MG	MA	MG	MA	MG
Ferme 1	Primipares	59 ± 57	44	247 ± 525	97	274 ± 286	105
	Multipares	136 ± 177	73	408 ± 1097	103	1516 ± 3518	217
Ferme 2	Primipares	80 ± 95	43	212 ± 422	77	488 ± 922	129
	Multipares	114 ± 222	52	382 ± 2067	82	877 ± 3154	179
Total	Primipares	74 ± 87	43	221 ± 448	82	457 ± 886	126
	Multipares	135 ± 238	59	391 ± 1780	89	1043 ± 3250	189

Tableau 9: Répartition des CCI (x 1000 cell. /ml) des vaches considérées de deux fermes selon le mois de vêlage

Mois de vêlage	Effectif	%	Min.	Max.	MA CCI	MG CCI
Janvier	20	11	40	1257	395	135
Février	18	10	59	863	228	88
Mars	18	10	43	4675	923	193
Avril	12	7	39	540	218	84
Mai	2	1	138	583	361	121
Juin	7	4	110	828	389	132
Juillet	21	12	48	898	272	97
Août	12	7	24	2257	394	173
Septembre	18	10	29	953	265	105
Octobre	16	9	48	476	151	73
Novembre	17	9	44	459	221	88
Décembre	19	10	46	765	178	72

Répartition des CCI en fonction de la saison de vêlage

Le Tableau 10 montre la variation des CCI selon la saison de vêlage. Les troupeaux suivis, ayant un schéma saisonnier de mises-bas, présentent une MA CCI plus élevée durant la période de vêlage de la saison printanière, et en second lieu, de la saison estivale. Les MA CCI les plus faibles, ont été inscrites durant la saison automnale, et en second lieu, lors de la saison hivernale. Ces constatations diffèrent des résultats obtenus par M'Sadak *et al.* (2013). En effet, l'étude en question a été accomplie également dans la région de Mahdia (Sahel Tunisien), mais les saisons de vêlage qui ont influencé les CCI ont été l'automne et l'hiver. La hausse des CCI durant les saisons printanière et estivale pourrait être expliquée, à la fois par une augmentation des nouveaux cas de CCI élevés au printemps et par la hausse des cas chroniques en été. Barkema et Riekerink (2008a; 2008b) ont expliqué cette élévation des CCI par l'augmentation des nouvelles infections qui pourrait être due à une plus grande incidence d'infections du pis causées par *Staphylococcus aureus*.

Dans l'ensemble, les auteurs divergent concernant la saison et les mois de vêlage défavorables à la conduite sanitaire mammaire des vaches. A titre indicatif, une étude accomplie par Rupp *et al.* (2000) a révélé que les CCI sont généralement plus élevés pour les vaches vêlant au printemps ou en été que pour celles vêlant en automne ou en hiver. Selon une autre étude réalisée en Tunisie par PROMET (2008), il a été montré que l'incidence des mammites est plus élevée pour les vaches vêlant durant la période estivale. Leslie (2012) a dévoilé que les CCI sont inférieurs pour les vêlages en hiver et supérieurs pour les vêlages en été. Finalement, l'étude effectuée en Tunisie par Hachana *et al.* (2006) a rapporté que la saison n'a pas d'effet significatif sur la variation des CCI.

CONCLUSION

L'étude cellulaire descriptive entreprise a permis d'analyser les CCI d'un certain nombre de vaches laitières adhérent au Contrôle Laitier et appartenant à deux grandes exploitations du littoral semi-aride de la Tunisie. Elle a présenté, tout d'abord, les CCI moyens recensés pour 8 contrôles successifs d'une lactation complète considérée pour chacune des vaches suivies. Ensuite, elle a tenté d'expliquer les sources de variabilité cellulaire, en ayant recours à la recherche de l'incidence de certains facteurs de variation des CCI en tant que facteurs physiologiques (rang et stade de lactation, production laitière) et climatiques (saison et mois de vêlage).

Il ressort essentiellement de cette étude que 75% des vaches de deux troupeaux suivis ont révélé une numération cellu-

laire du lait inférieure à 200 000 cell. /ml. On a enregistré, ainsi, des moyennes arithmétiques (MA) des CCI voisines pour les deux élevages considérés, mais une grande hétérogénéité de la qualité cellulaire du lait produit, a été relevée. Globalement, la situation observée de deux élevages n'est pas tout à fait bienfaisante, car au moins un taux de 20% des vaches infectées est à surveiller avec prudence. Par ailleurs, on peut dire que la moyenne géométrique (MG) est un paramètre plus crédible dans le calcul des moyennes des numérations cellulaires, méritant d'être valorisé dans la normalisation recherchée concernant l'élaboration d'un système de paiement du lait à la qualité à instaurer ultérieurement 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 confirmé l'utilité de l'utilisation de la MG au lieu de la MA dans l'analyse des moyennes cellulaires chez les deux élevages contrôlés, du fait que les MG des CCI sont adjacentes des valeurs médianes des valeurs des CCI. Les résultats obtenus à propos de l'évolution de la qualité cellulaire du lait de vache selon certains paramètres physiologiques et zootechniques considérés n'ont pas toujours concordé avec ceux relatés dans la littérature. Dans l'ensemble, la numération cellulaire a affecté la production laitière d'une façon inverse. Aussi, on a observé que le CCI a augmenté avec le numéro de lactation, le stade de lactation, et la saison printanière de vêlage. Finalement, les différences entre résultats acquis lors de la présente étude et des études antérieures résultent, non seulement, de l'effet du contexte spécifique à chaque investigation, mais aussi, du fait que chaque facteur étudié est considéré seul et indépendamment des autres, ainsi que des effets associés ou confondus. Encore, notons que certaines informations cellulaires renseignant sur le statut mammaire infectieux n'étaient pas toujours disponibles pour quelques vaches suivies.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baillargeon P., (2011). De 500 000 CS à 400 000 CS: Le comptage à rebours, Qualité du lait. *Le Producteur du Lait Québécois* (Canada), Juin 2011:16-18.
- Barkema H, Riekerink R.O (2008a). Les saisons influentes sur les CCS. *Le Producteur du Lait Québécois* (Canada): 30-31.
- Barkema H, Riekerink R.O (2008b). Effet des saisons sur le comptage de cellules somatiques et l'incidence de la mammite clinique, Cultiver les connaissances pour du lait de qualité. Le Réseau Canadien de Recherche sur la Mammité Bovine (RCRMB) (Canada):10-11.

Tableau 10: Distribution des CCI (x 1000 cell. /ml) des vaches considérées de deux fermes selon la saison de vêlage

Saison de vêlage	Effectif	%	Min.	Max.	MA CCI	MG CCI
Hiver	57	32	40	1257	270	99
Printemps	32	18	39	4675	623	148
Eté	40	22	24	2257	330	126
Automne	51	28	29	953	215	90

- Barnouin J, Geromegnace N, Chassagne M, Dorr N, Sabatier P (1999). Facteurs structurels de variation des niveaux de comptage cellulaire du lait et de fréquence des mammites cliniques dans 560 élevages bovins répartis dans 21 départements français. *INRA Prod. Anim.* (France) 12:39-48.
- Benhamed N (2014). *Évaluation de la qualité microbiologique et sanitaire du lait cru dans la région d'Oran, Algérie. Thèse de Doctorat LMD*, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie d'Oran (Algérie), 164 p.
- Bosquet G (2004). L'analyse lors d'une flambée de mammites cliniques : une étape indispensable riche d'enseignements. *Journées Nationales G.T.V.* (France): 771-778.
- Boufaïda-Asnougne 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 Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* (France) 65:5-9.
- Bousselmi K, Djemali M, Bedhif S, Hamrouni A, Bedhif A, (2011). Facteurs de variation des Scores des Cellules Somatiques du lait de vache de race Holstein en Tunisie. *Actes Renc. Rech. Ruminants* (France) 18: p. 203.
- Coulon J.B, Dauver F, Garel J.P (1996). Facteurs de variation de la numération cellulaire du lait chez des vaches laitières indemnes de mammites cliniques. *INRA Prod. Anim.* (France) 9:133-139.
- Durocher J, Perreault J.Y, (2009). Un comptage des cellules somatiques : Un outil indispensable pour gérer la santé du pis. *Le Producteur de Lait Québécois.* (Canada) Novembre 2009: 28-30.
- 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.* (France) (2):13-16.
- Faroult B, Sériey F (2001). Bonne pratiques vétérinaires pour la définition d'un plan de traitement des mammites de troupeau. *Référentiel Vétérinaire*, SNGTV, 27 p.
- Fauteux V, (2014). Prédiction de la violation d'un seuil de 400 000 cellules/mL au réservoir de lait à l'aide du portrait et de la dynamique de santé du pis des troupeaux laitiers québécois. Mémoire présenté à la Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Montréal (Canada), 127 p.
- Faye B, Landais E, Coulon J.B, Lescourret F (1994). Incidence des troubles sanitaires chez la vache laitière: bilans de 20 années d'observation dans trois troupeaux expérimentaux. *INRA Prod. Anim.* (France) 7:191-206.
- Fourichon C, Beaudeau F, Bareille N, Seegers H (2001). Incidence of health disorders in dairy farming systems in western France. *Livestock Production Science* (France), 68:157-170.
- 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.
- Grenon C, Fournier S, Goulet J (2004). Lait de qualité. Symposium sur les Bovins laitiers. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ) (Canada), 33 p.
- Guérin P, Guérin-Fauble V (2007). Les mammites de la vache laitière. École Nationale de Médecine Vétérinaire de Lyon (France), 139 p.
- Hachana Y, Haddad B, Kraïem K (2006). Facteurs de variation du nombre de cellules somatiques dans le lait des bovins inscrits dans le cadre du contrôle laitier en Tunisie. *Revue MHA «Microbiologie et Hygiène Alimentaire»* (Tunisie), 18:65-71.
- Hanzen Ch (2009). Propédeutique de la glande mammaire : Sémiologie et diagnostic individuel et de troupeau. Université de Liège (Belgique), 121 p.
- Hanzen Ch (2015). Physio-anatomie et propédeutique de la glande mammaire : Symptomatologie, étiologie et thérapeutiques individuelles et de troupeau des mammites, Physioanatomie-Propédeutique et Pathologie mammaire bovine. Université de Liège (Belgique), 170 p.
- Hoogeveen H, Huijps K, Lam T.J.G.M (2011). Economic aspects of mastitis: new developments. *New Zealand Veterinary Journal*, (New Zealand), 59:16-23.
- Institut de l'Élevage, (2004). *Maladies des bovins.* Livre, France Agricole Éditions, Paris (France), 797 p.
- Kebbal S, Gharbi I, Guemra S, Hanzen Ch, Guetarni D, (2008). Validation d'une méthode de dénombrement de la concentration en cellules somatiques du lait de vache au moyen du Coulter Counter® modèle Z2. *Ann. Méd. Vét.* (Algérie): 221-226.
- Leslie K.E (2012). Somatic Cell Counts: Interpretation for Individual Cows. *FACTSHEET*, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation Ontario, 03/85, Commande N° 24-012.
- Lévesque P (2007). Le pointage linéaire pour évaluer la santé du pis. *Le Producteur de Lait Québécois* (Canada): 26-27.
- 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 Vétérinaire, École Nationale Vétérinaire d'Alfort (France), 146 p.
- Mighri L, M'Sadak Y, Kraïem K (2011). Analyse des numérations cellulaires du lait en élevage bovin hors sol dans la région de Monastir. *Actes Renc. Rech. Ruminants* (France) 18: p. 274.
- M'Sadak Y, Mighri L, Kraïem 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 Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* (France) 63:35-39.
- M'Sadak Y, Mighri L, Ben Omrane H, Kraïem K (2012). Étude de la situation sanitaire mammaire et estimation des pertes laitières chez des élevages bovins hors sol dans la région de Mahdia. *Revue des BioRessources* (Algérie), 2:17-28.
- M'Sadak Y, Mighri L, Kraïem 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 (Algérie) n° 08/Janvier 2013:48-52.

- 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* (Algérie) 4:26-38.
- 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.* (Algérie) 8:61-72.
- 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.* (France) 153:251-260.
- Noireterre P (2006). Suivi de comptages cellulaires et d'examen bactériologiques lors de mammites cliniques chez la vache laitière. Thèse Vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon (France), 98 p.
- 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.
- Rainard P, Poutrel B (1984). Non-random distribution of udder infections among cows. Evaluation of some contributing factors. *Ann. Rech. Vét.* (France) 15:119-127.
- Robert-Granie C, Maza E, Rupp R, Foulley J.L (2001). Utilisation des polynômes fractionnaires pour la modélisation de la courbe moyenne des scores de cellules somatiques dans le lait chez les bovins laitiers (France), 4 p.
- Rodenburg J (1985). Comptage des cellules somatiques du lait prélevé dans le réservoir. Fiche technique MAAA-RO; R. Stiles/Dairy Farmers of Ontario, N° 85-073.
- 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.* (France) 13:257-267.
- 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.* (France) 16:255-261.
- SNGTV (2001). *Conférence de Consensus SNGTV-PFIZER*. Conférence Pragues, 22-25 Janvier 2001, 28 p.
- Wallace J (2007). Diagnostiquer la mammite. Le Producteur de Lait Québécois. Septembre 2007 (Canada) 47-49.