

Santé mammaire et baisse laitière quantitative conséquente aux comptages cellulaires individuels élevés et à partir des scores linéaires correspondants chez deux grands élevages bovins (Sahel Tunisien)

Youssef M'Sadak^{1*}, Hania Hamdi¹ et Ibtihe Hamed¹

¹ Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, BP 47, 4042, Tunisie

Abstract. The quantity of milk produced by cows, which are infected by a mammary infection, decreases as soon as the level of mastitis increases. Subsequently, mastitis causes a significant economic loss to the dairy farmer. The objective of this work is to evaluate the udder health of dairy cows, based on the Individual Cell Count (CCI) and the assigned linear scores (SL), thus the quantitative milk losses related to cellular elevations. This study was realized on a sample of two large dairy herds managed in semi-arid coastal areas (Tunisian Coast) submitted to mechanical milking in doors. It emerges, according to this work, that 82% of cows are considered healthy if their CCI are less than 300 000 cell. /mL. Just as, we proved that 75% of the sample presents a normal and healthy milk if their CCI are lower than 200 000 cell. /mL. The arithmetic average (MA) of CCI, of the cows of both herds, is 371 000 cell. /mL, meanwhile, the geometric average (MG) was only 107 500 cell. /mL. Also, the quartile diagram treated showed an interquartile range (Q3-Q1) considered well, since it is lightly less than 200 000 cell. /mL. The cows revealed substantial dairy losses 346 kg lait/VP/lactation (13% of cows) to 1144 kg lait/VP/lactation (4% of cows). Such situation requires an efficient intervention to reduce these losses and develop a scale of SL compatible with genetic and environmental levels of the cows at the local level.

Keywords: Dairy cows; mastitis; cellular cell count; milk losses; linear scores; Tunisian Sahel.

Résumé. Les quantités de lait produites par les vaches atteintes par une infection mammaire chutent dès que le taux des cas de mammites augmente. Subséquemment, les mammites causent des pertes économiques non négligeables pour l'éleveur bovin laitier. L'objectif de ce travail est d'évaluer la santé mammaire des vaches, en se reposant sur les Comptages Cellulaires Individuels (CCI) et les Scores linéaires (SL) attribués, et par la suite, les pertes quantitatives en lait liées aux élévations cellulaires. L'étude a été réalisée sur un échantillon de deux grands élevages bovins conduits en milieu littoral semi-aride (Sahel Tunisien) et soumis à la traite mécanique en salle. Il ressort de ce travail que 82% des vaches sont considérées saines pour des CCI inférieurs à 300 000 cell. /mL. On a aussi prouvé que 75% de l'échantillon présente un lait normal et sain pour des CCI inférieurs à 200 000 cell. /mL. La moyenne arithmétique (MA) des CCI, des vaches de deux troupeaux, est de 371 000 cell. /mL alors que la moyenne géométrique (MG) a été seulement de 107 500 cell. /mL. Aussi, le diagramme des quartiles a montré un écart interquartile (Q3-Q1) considéré bon, étant donné qu'il est légèrement inférieur à 200 000 cell. /mL. Les vaches considérées ont dévoilé des pertes laitières conséquentes aux CCI élevés allant de 346 kg lait/VP/lactation (13% des vaches) à 1144 kg lait/VP/lactation (4% des vaches). Une telle situation mérite une intervention efficace pour réduire ces pertes et de développer une échelle des SL compatible avec les niveaux génétiques et environnementaux des vaches à l'échelle locale

Mots clés: Vaches laitières - mammites - comptages cellulaires individuels - pertes en lait - scores linéaires - Sahel Tunisien.

* Corresponding author.

E-mail: msadak.youssef@yahoo.fr (M'Sadak Y.).

Address: Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, BP 47, 4042, Tunisie

1. Introduction

Les mammites sont considérées comme l'une des pathologies les plus importantes, fréquentes et coûteuses affectant les vaches laitières [1], et la plus pénalisante pour les élevages laitiers [2]. Les dépenses des mammites représentent environ 38% du coût de l'ensemble des pathologies en élevage laitier [3]. Selon Beyene et Tolosa [4], les mammites entraînent une réduction de 15% de la production de vache / lactation. En Tunisie, les infections mammaires bovines représentent 20% des pathologies rencontrées chez la vache laitière [5]. Plus récemment, on a estimé que 39% des vaches laitières présentent des mammites subcliniques et cliniques [6].

La détermination du nombre de cellules somatiques renseigne sur l'état de santé mammaire et de la qualité du lait [7, 8]. Les comptages cellulaires individuels élevés sont un témoin de l'installation d'une mammite [9]. Compte tenu de l'importance des mammites dans les troupeaux laitiers et de leurs conséquences sur les performances de production des animaux [10], la qualité du lait [7, 8] et le revenu de l'éleveur [11, 12]. Par ailleurs, il est important d'évaluer la santé mammaire des vaches laitières pour éviter les pertes en lait subséquentes [13]. En effet, Kvapilik et al [14] affirment qu'une augmentation des cellules somatiques de 100 000 cell. /mL se traduit par une diminution de la production de 2%. Aussi, ces auteurs ont rapporté une corrélation élevée ($r=0,832$) entre les cellules somatiques et la baisse de la production de lait en raison de mammites. Pour cela, certaines études ont abordé ce problème et se sont intéressées aux mammites de point de vue particulièrement sanitaire et économique en Tunisie [15,16].

Dans ce cadre, nous avons procédé à l'évaluation de la santé mammaire et à l'estimation des pertes en lait conséquentes aux Comptages Cellulaires Individuels (CCI) élevées et à partir des Scores Linéaires (SL) correspondants chez deux grands élevages bovins menés dans le Sahel Tunisien.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Collecte de données

Cette étude a été accomplie sur deux élevages bovins laitiers, inscrits au Contrôle Laitier (CL) regroupant, dans l'ensemble, 184 vaches présentes (VP) dont 154 vaches en lactation (VL), durant la période de Suivi mis en œuvre (8 Contrôles mensuels réalisés : C1 à C8 ; Dépouillement de 3 à 8 contrôles disponibles par lactation considérée). On a retenu les deux grands élevages uniques conduits dans la région de Sousse relevant du Sahel Tunisien, l'un à la délégation de Sidi Bou Ali (Ferme 1), et l'autre à la délégation d'Enfidha (Ferme 2) (Figure 1). Les vaches suivies sont de race Frisonne Holstein, ont été soumises à la traite mécanique triquotidienne, en ayant recours au système de traite en salle, du type lactoduc, respectivement, en ligne haute simple quai avec double équipement : 10 stalles et 10 faisceaux-trayeurs (Ferme 1) et en ligne intermédiaire double quai en épi avec double équipement : 12 stalles en épi (6V6) et 12 faisceaux-trayeurs (Ferme 2).

Les conditions techniques et hygiéniques d'élevage et de traite correspondantes ont déjà fait l'objet d'une publication antérieure [17]. En 2017, ces auteurs [18] ont aussi rapporté une évaluation de la conformation des mamelles ainsi qu'un diagnostic sur la propreté des vaches et l'état sanitaire des trayons de deux troupeaux considérés.

La Ferme 1 adopte 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). Cette ferme dispose d'un effectif moyen de 54 vaches en lactation qui sont conduites en un seul lot. Par contre, la Ferme 2 conciliant des ressources et des infrastructures hydrauliques, fait recours à l'agriculture irriguée, tout en optant ainsi le système d'élevage intensif intégré, caractérisé par une alimentation à base de fourrages verts et de l'ensilage. Les VL de cette ferme (au nombre de 100) sont réparties selon leur niveau de production en quatre groupes. Le premier groupe est celui des vaches ayant une production laitière journalière supérieure à 25 L. Le deuxième rassemble les vaches ayant une moyenne de production entre 20 et 25 L. Le

troisième regroupe les vaches produisant entre 15 et 20 L et le dernier groupe est celui des vaches qui produisent moins de 15 L.

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 du nombre de lactations, on a relevé la même marge (3 lactations). On a remarqué que le cheptel bovin laitier de la Ferme 2 est incontestablement jeune avec 43% des vaches primipares. Cette catégorie des vaches concerne seulement le tiers dans la Ferme 1.



Figure 1 : Localisation de deux zones d'étude relevant de la région de Sousse (Tunisie)

2.2. Prélèvements du lait pour analyses

Les échantillons de lait ont été prélevés pendant les trois horaires de traite pratiqués (matin, après-midi et soir). Les deux installations de traite adoptées sont équipées d'un compteur à lait mécanique. A chaque contrôle laitier, des échantillons individuels du lait de 20 mL ont été prélevés pour déterminer le nombre de cellules somatiques. 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.

2.3. Analyse statistique descriptive des données du Contrôle Laitier

Les Comptages Cellulaires Individuels (CCI) ont été relevés à partir des fiches disponibles dans la base nationale des données du CL de l'Office d'Élevage et des Pâturages (OEP). Après dépouillement des CCI, ils ont subi un traitement statistique par le logiciel SAS (version 9.13).

Les moyennes arithmétiques (MA) et géométriques (MG) pour chaque contrôle (du premier au huitième contrôle) ont été calculées par les formules données par Rupp et al [19]:

$$MA = \sum_{i=1}^n CCI / N \quad \text{et} \quad MG = \sqrt[n]{CCI1 * CCI2 * ... * CCIn}$$

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 trois méthodes d'interprétation annoncées respectivement par Darraq (1989), cité par la Société de PROMotion et d'ETudes (PROMET) [20], Fabre et al [21] et par Noireterre [22].

Il est à noter 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, Écart-type et valeurs extrêmes (Minimum et Maximum). Ensuite, pour chaque cas, la distribution des CCI de 8 contrôles examinés (de 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.

2.4. Détermination des scores linéaires

Les moyennes arithmétiques des CCI ont subi une transformation logarithmique suivant deux formules proposées, l'une par Rupp et al [19] et l'autre par Hanzen [23], afin de normaliser la distribution des CCI.

$$SL = \log_2 (CCI / 105) + 3 \quad [19]$$

$$SL = 3,322 \times \ln (CCI / 12,5) \quad [23]$$

2.5. Estimation des pertes quantitatives en lait

Les pertes quantitatives en lait ont été estimées à partir des :

- CCI élevés : En utilisant l'échelle des pertes laitières en fonction des CCI et SL établie par Hanzen [23].

- SL : En utilisant les formules (1) et (2) relatées précédemment en ayant recours à l'estimation des pertes laitières selon les SL attribués aux CCI pour chaque formule considérée, d'où, l'établissement dans chaque cas, de la relation entre le SL, le CCI et les pertes en lait.

3. Résultats et Discussion

3.1. Appréciation sanitaire mammaire à partir des CCI

Le CCI est un indicateur de l'état sanitaire de la mamelle et indirectement de la présence d'une infection mammaire [18]. Sur un total de 1014 échantillons du lait individuel analysés provenant de 184 vaches suivies, on a conçu différentes sortes de distribution des CCI selon trois normes disponibles dans la littérature. La première annoncée par Darraq (1989) et raccommodee par PROMET [20], indique la règle d'appréciation couramment appliquée en Tunisie, relatée dans le tableau 01. La deuxième énoncée par Fabre et al [21], évoque la norme Française [24], relatée dans le tableau 02. La dernière proposée par Noireterre [22], rappelle la norme Canadienne [25] relatée dans le tableau 03.

Tableau 1 : Distribution des CCI selon la norme rapportée par Darraq (1989 ; cité par PROMET [20])

CCI (10 ³ cell. /mL)	État de la mamelle	Ferme 1		Ferme 2		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
< 300	Mamelle saine	247	82	590	83	837	82
300-500	Mammite probable	15	5	38	5	53	6
500-800 (2 contrôles)	Mammite existante	11	4	27	4	38	4
> 800 (2 lactations successives)	Mammite grave	30	10	56	8	86	8
TOTAL		303	100	711	100	1014	100

Selon Darraq (1989), cité par PROMET [20], la norme exigée pour juger une vache à mamelle saine est la même que celle proposée par Fabre et al [21]. Mais, pour cette classification, la distinction des vaches à mammite probable et celles nettement mammites est plus claire. Selon cette norme, 4% des vaches nécessitent d'être traitées contre les mammites et 8% nécessitent d'être réformées (Tableau 1).

Selon Fabre et al [21], une vache est considérée saine, si son CCI est inférieur à 300 000 cell. /mL [24], qui est un seuil au-delà duquel une vache est considérée infectée [26]. D'après le tableau 2, la quasi-totalité des vaches de la ferme 1 (81%) et de la ferme 2 (82%) est saine. Environ 9% des vaches des deux fermes présentent un état douteux, et les vaches restantes (9%) sont mammites.

Selon Noireterre [22], pour classer une vache comme « non infectée », il faut que son CCI soit inférieure à 200 000 cell. /mL. D'après le tableau 03, le lait est considéré normal chez 75% des échantillons individuels prélevés durant la période d'étude. Seulement, 13% des échantillons ont montré une légère altération du lait, qui pourrait être causée par une traite irritante (mammite subclinique consécutive). 5% des échantillons ont prouvé la présence d'une mammite subclinique ou latente. Le reste, représentant des vaches avec un CCI dépassant 10^6 cell. /mL, indiquent l'éventualité ou l'existence (à partir d'un CCI dépassant 5×10^6 cell. /mL) d'une mammite clinique.

En comparant les résultats obtenus avec ceux discernés lors de l'étude effectuée par M'Sadak et al [15] et qui s'est intéressée à des petits 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 200 000 cell. /mL. Par contre, l'échantillon de des deux grands élevages suivis, a révélé un taux beaucoup plus faible (25%). Ceci pourrait être dû, à ce que les élevages étudiés sont des grands troupeaux, 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 mammitique.

Afin de cerner le modèle épidémiologique, des indices d'infection mammaire de troupeau ont été dégagés, en France [27, 28, 29] qui sont définis comme suit.

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

- Pourcentage des vaches ayant des 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 au niveau des deux fermes peuvent être considérés relativement bons. 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 bovine.

Tableau 2 : Répartition des CCI selon la norme annoncée par Fabre et al [21]

CCI (10^3 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 3 : Distribution des CCI selon la norme ramenée par Noireterre [22]

CCI (10 ³ cell. /mL)	Interprétation	Ferme 1		Ferme 2		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
≤ 200	Lait normal	226	75	540	75	766	75
200 à 500	Mammite subclinique, Traite irritante	37	12	90	14	127	13
500 à 1000	Mammite subclinique, Mammite latente	19	6	36	5	55	5
1000 à 5000	Doute de mammite clinique	15	5	43	6	58	6
> 5000	Mammite bien établie	6	2	2	0	8	1
TOTAL		303	100	711	100	1014	100

3.2. Analyse statistique élémentaire des CCI

Les recensements élémentaires (Moyenne, Écart-Type, Extrêmes) des CCI durant les huit contrôles accomplis sont rapportés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Distribution des CCI des contrôles considérés (10³ 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) ; Ecart-type (E-T) ; Extrêmes Minimum (Min.) et Maximum (Max.).

(**) Contrôle cellulaire non accompli.

La MA des CCI des vaches de la ferme 1 a été de 386 000 cell. /mL, et celle des vaches de la ferme 2 a été de 355 000 cell. /mL, soit une MA de 371 000 cell. /mL au niveau des deux fermes. La MG des vaches des deux élevages a été seulement de 107 500 cell. /mL, avec une MG de 108 000 cell. /mL des vaches de la ferme 1 et de 107 000 cell. /mL 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 des deux élevages suivis est considérée meilleure par rapport à celle d'autres grands élevages suivis dans le passé dans le Nord Tunisien, où la moyenne arithmétique de la numération cellulaire collective était de 626 000 cell. /mL [30]. 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). Identiquement, si l'on confronte à une autre étude plus récente dans une région voisine de Sousse, qui est le gouvernorat de Monastir, les moyennes arithmétiques et géométriques trouvées sont beaucoup plus meilleures. En effet, Mighri et al [31] ont

relevé une MA des CCI des vaches, chez des petits élevages hors sol, qui était de 640 000 cell. /mL, alors que la MG était de 233 000 cell. /mL.

On a enregistré, ainsi, qu'à l'échelle de la Tunisie, les résultats de CCI trouvés méritent d'être considérés acceptables lors de cette étude, soit par rapport aux autres élevages bovins laitiers du Sahel Tunisien majoritairement familiaux, soit par rapport aux grands élevages du Nord Tunisien (Contexte ancien, à considérer avec prudence).

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 2 et 8 de la ferme 1, et les MA CCI des contrôles 6 et 8 de la ferme 2, répondent à la norme indiquée respectivement par Fabre et al [21] et Noireterre [22], sauf que pour la ferme 2 s'ajoute la MA CCI du contrôle 1 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 tirer, encore, du tableau 4 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, dans les deux élevages, 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).

3.3. Diagramme des quartiles de la répartition des CCI

Le diagramme des quartiles de la distribution des CCI (Tableau 5) montre que 75% des échantillons (Q3) ont des CCI inférieurs à 195 500 cell. /mL et 25% des échantillons (Q1) ont des CCI inférieurs à 32 000 cell. /mL.

Tableau 5 : Distribution des quartiles des CCI

CCI (10 ³ cell. /mL)	Q1	Q2 (Médiane)	Q3	Q3-Q1 (Ecart interquartile)
Ferme 1	32	73	207	175
Ferme 2	32	73	193	161

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 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 est conforme avec celui trouvé par Sérieys [32], 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 [33], lors de l'étude des quartiles des CCI des vaches laitières appartenant à des petits troupeaux

bovins hors sol dans la région du Sahel Tunisien. L'étude en question a dévoilé, aussi, une valeur d'écart interquartile (Q3-Q1) élevée, et qui a été expliquée notamment par l'hétérogénéité marquée des CCI des échantillons considérés.

3.4. Estimation des pertes laitières quantitatives issues de l'élévation des CCI et des SL

Les CCI et les scores linéaires (SL) représentent deux façons complémentaires de mesure de la réponse de la vache à une infection du pis [34]. Dans ce qui suit, il convient d'évaluer les pertes quantitatives en lait à partir, tant des CCI élevés que des scores linéaires correspondants.

3.4.1. Estimation de la baisse laitière quantitative à partir des CCI élevés

Le tableau 6 récapitule les pertes en lait estimées en kg durant une lactation pour chaque vache par des relations qui se basent sur les CCI élevés, citées par Hanzen [35]. 75% des vaches en lactation suivies ont présenté un CCI inférieur à 200 000 cell. /mL. Or, selon les normes Canadiennes, dans les troupeaux les plus performants, environ 85% des vaches en lactation ont un CCI inférieur à 200 000 cell. /mL et sont donc probablement saines [25]. De ce fait, on doit s'assurer qu'au maximum 15% des vaches présentent des CCI supérieurs à 200 000 cell. /mL. Les résultats relatés dans le tableau 6 indiquent que le taux des vaches ne présentant pas des pertes laitières n'a pas dépassé 15% de l'échantillon étudié [15]. Ceci renseigne que la situation actuelle des deux élevages n'est pas tout à fait bonne, mais elle est suffisamment meilleure que la situation des vaches laitières conduites en hors sol chez des petits éleveurs dans la région Mahdia. Mais, il faut gérer la situation actuelle de la présente étude avec prudence pour aller au but souhaité et minimiser le nombre des vaches présentant des CCI élevés. Avec l'augmentation fréquente du prix de vente du litre de lait ces dernières années, les pertes de lait sont devenues de plus en plus coûteuses. En fait, 4% des vaches ont atteint 25% des pertes en lait, pour une moyenne de 5777 kg lait/lactation. Ce pourcentage est estimé à 1144 kg/vache/lactation. C'est une quantité élevée nécessitant ainsi une intervention efficace contre les mammites surtout les mammites subcliniques pour limiter relativement ces pertes importantes, démontrant que la mammité est une maladie onéreuse.

Tableau 6 : Estimation des pertes laitières liées aux CCI élevés des vaches considérées

CCI (10 ³ cell. /mL)	Vaches (%)			Pertes laitières	
	Ferme 1	Ferme 2	Moyenne	(%)	(kg lait/lactation)
≤ 200	75	76	75,5	-	-
200-500	12	13	12,5	6	346
500-1000	6	5	5,5	10	577
1000-2000	3	3	3,0	16	924
> 2000	4	3	3,5	25	1444

3.4.2. Estimation de la baisse laitière quantitative à partir des Scores Linéaires

Le score linéaire individuel (SL) correspond à une transformation logarithmique du taux cellulaire de l'animal. En pratique, le score linéaire est utilisé de façon à obtenir une normalité de la distribution des comptages cellulaires [18] pour ne pas surestimer l'importance d'un CCI élevé ou négliger un CCI faible. Plusieurs études ont été effectuées pour estimer les quantités de lait perdues induites par les mammites, d'où, la variation de la définition de ce score. Rappelons que Rupp et al [19], l'ont défini comme suit.

$$SL = \log_2 (CCI / 10^5) + 3 \quad [19]$$

Il varie de façon continue entre zéro et huit (Tableau 7). Il est égal à trois pour une numération de 100 000 cell. /mL et augmente ou diminue d'un point quand la numération est multipliée ou divisée par deux. Rappelons aussi que Hanzen [23], l'a défini par :

$$SL = 3,322 \times \ln (CCI / 12,5) \quad [23]$$

Le tableau 7 révèle que 23% des primipares et 22% des multipares n'ayant pas des pertes en lait, présentent des SL inférieurs à 3. La majorité des vaches considérées (70% des primipares et 61% des multipares), ont des scores entre 3 et 5, dévoilant ainsi des signes de mammite subclinique ou clinique probable. Cet intervalle de scores engendre des pertes en lait estimées entre 6 et 18 kg/vache primipare/jour, et entre 13 et 37 kg/vache multipare/jour. Une minorité des vaches (7% des primipares et 9% multipares), présentant le score 6, c'est-à-dire ayant une probabilité réelle d'une mammite clinique, ce qui engendre une perte de 23 kg/vache/jour évaluée pour les primipares et de 50 kg/vache/jour évaluée pour les multipares.

Tableau 7 : Estimation des pertes en fonction des SL attribués aux CCI par Rupp et al [19]

SL	CCI (10 ³ cell. /mL)	Primipares			Multipares		
		Nombre	%	Pertes (kg/vache/jour)	Nombre	%	Pertes (kg/vache/jour)
0	0 - 25	0	0	-	0	0	-
1	25 - 50	2	3	-	1	1	-
2	50 - 100	13	20	-	24	21	-
3	100- 200	22	33	6	23	20	13
4	200- 400	14	21	12	29	25	23
5	400- 800	11	16	18	18	16	37
6	800 - 1600	5	7	23	10	9	50
7	1600– 3200	0	0	34	4	4	78
8	> 3 200	0	0	37	4	4	84
TOTAL		67	100	-	113	100	-

L'échelle s'étale de zéro à neuf (Tableau 8) et chaque pas d'une unité indique un doublement du taux cellulaire. D'après le tableau 08, 23% des primipares et 22% des multipares ne montrent pas des pertes laitières, alors que 44% des primipares et la moitié de l'effectif des multipares présentent des pertes, respectivement allant de 13 à 24 kg/vache/jour et de 23 kg à 49 kg/vache/jour. En outre, presque le tiers des primipares présente une perte de 6 kg/vache/jour, et le cinquième des multipares présente une perte de 14 kg/vache/jour.

Tableau 8 : Estimation des pertes en fonction des SL attribués aux CCI par Hanzen [23]

SL	CCI (10 ³ cell. /mL)	Primipares			Multipares		
		Effectif	%	Pertes (kg/vache/jour)	Effectif	%	Pertes (kg/vache/jour)
0	0 – 18	0	0	0	0	0	0
1	19 - 35	2	3	0	1	1	0
2	36 - 71	13	20	0	24	21	0
3	72 - 141	22	33	6	23	20	14
4	142 - 283	14	21	13	29	25	23
5	284 - 565	11	16	18	18	16	36
6	566 - 1 130	5	7	24	10	9	49
7	1 131 - 2 262	0	0	32	4	4	76
8	2 263 - 4 523	0	0	31	4	4	76
9	≥ 4 523	0	0	50	0	0	75
Total		67	100	-	113	100	-

Quelle que soit la formule de calcul utilisée, les pertes laitières estimées à partir des SL, sont trop importantes et ne reflètent pas la situation Tunisienne [36]. En effet, les pertes estimées sont largement supérieures à la production journalière moyenne des vaches relevée pour des vaches saines ($SL \leq 3$). La recherche ultérieure de l'adaptation des formules européennes du SL au Contexte Tunisien est fortement recommandée pour pouvoir rapporter des estimations appropriées des baisses laitières engendrées par les mammites conséquentes des élévations cellulaires dans le lait.

4. Conclusion

L'étude entreprise, menée en zone côtière semi-aride, a porté uniquement sur deux grands élevages bovins laitiers (soumis à la traite mécanique en lactoduc), en raison du nombre limité de grandes exploitations dans la région de Sousse (Sahel Tunisien). Il ressort particulièrement de cette étude que 75% des vaches des deux élevages étudiés ont révélé une numération cellulaire du lait inférieure à 200 000 cell. /mL. Cette situation a engendré également des pourcentages faibles des vaches qui ne dépassent pas le seuil de 200 000 cell. /mL, considéré généralement comme seuil optimum, au moins à l'échelle européenne. La situation actuelle des deux élevages n'est pas tout à fait bienfaisante, car un taux de 20% des vaches infectées est à surveiller avec prudence, ce qui signifie que 20% des vaches dévoilent des pertes laitières atteignant 1144 kg de lait/vache/lactation. Une telle perte laitière justifie le recours urgent à l'établissement des normes et des indices d'appréciation de l'état d'infection mammaire propres aux conditions Tunisiennes pour l'application future de paiement du lait à la qualité (notamment cellulaire), afin de sensibiliser les éleveurs quant à l'importance de la surveillance de l'hygiène laitière à la production.

5. Références bibliographiques

- [1] **Bradley A.J., 2002.** Bovine mastitis: An evolving disease. *Vet. J.*, 164(2):116-28.
- [2] **Remy D., 2010.** Les mammites, *Guides France Agricole*, France Agricole, 259 p.
- [3] **Kossaihati M.A. & Esslemont R.J., 1997.** The costs of production diseases in dairy herds in England. *Vet. J.*, 154:41-51.
- [4] **Beyene B. & Tolosa T., 2017.** Epidemiology and Financial Impact of Bovine Mastitis in an Animal Production and Research Center and Small Holder Dairy Farms in HoroGuduru Wollega Zone, Western Ethiopia. *J. Dairy Vet. Anim. Res.*, 5(4): 00152.
- [5] **Ben Hassen S., Messadi L. & Ben Hassen A., 2003.** Identification et caractérisation de *Staphylococcus* isolées de lait de vaches atteintes ou non de mammites, *Ann. Méd. Vét.*, 147, p. 41-47.
- [6] **M'Sadak Y., Hamed I. & Kraiem K., 2014a.** Diagnostics Sanitaire Mammaire, Hygiénique, Technique et Technologique des Conditions de Traite Mécanisée des Troupeaux Bovins Hors Sol dans la Région de Sousse en Tunisie. *Revue « Nature & Technologie »*, B- Sciences Agronomiques et Biologiques, 10: 62-70.
- [7] **Seegers H., Fourichon C. & Beaudeau F., 2003.** Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet Res.*, 34(5):475-91.
- [8] **Cinar M., Serbest U., Ceyhan A. & Gorgulu M., 2015.** Effect of Somatic Cell Count on Milk Yield and Composition of First and Second Lactation Dairy Cows. *Ital. J. Anim. Sci.*, 14(1): 36-46.
- [9] **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.*, 12, p. 39-48.
- [10] **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, p. 1561-1572.
- [11] **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, p.135-149.

- [12] **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, p. 392-400.
- [13] **M'Sadak Y., Haj Mbarek R. & Mighri L., 2017.** Étude analytique des comptages cellulaires somatiques du lait en élevage bovin hors sol dans la Tunisie littorale semi-aride. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 5(2): 112-119.
- [14] **Kvapilík J., Hanus O., Syrucek J., Klimesova M.V. & Roubal P., 2014.** The economic importance of the losses of cow milk due to mastitis: A meta-analysis. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 20(6):1483-1497.
- [15] **M'Sadak Y., Mighri L. & Kraiem K., 2012.-** Étude de la situation sanitaire mammaire et estimation des pertes laitières chez des élevages bovins hors sol dans la région de Mahdia (Tunisie). *Revue des BioRessources*, 2(2): 17-28.
- [16] **M'Sadak Y., Hamed I., Hamdi H. & Kraiem K., 2014b.** Évaluation des conditions sanitaires mammaires et des pertes laitières induites en élevage bovin hors sol dans le berceau laitier de Mahdia (Tunisie). *Revue « Nature & Technologie »*, B- Sciences Agronomiques et Biologiques, 12 : 27- 36.
- [17] **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 Agri. Sétif*, 11: 23-36.
- [18] **M'Sadak Y. & Hamed I., 2017.** Conformation des mamelles, propreté des vaches et état des trayons chez deux grands élevages (Tunisie littorale semi-aride). *Revue des BioRessources*, 7(1): 16-28.
- [19] **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.
- [20] **PROMET, 2008.** Étude des déterminants de la qualité du lait. Rapport final. Société de Promotion et d'Etudes (PROMET). Agence de Promotion des Investissements Agricoles (APIA), Ministère de l'Agriculture, Tunisie, 42 p.
- [21] **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.
- [22] **Noireterre Ph., 2006.** Suivi de comptages cellulaires et d'examens bactériologiques lors de mammites cliniques chez la vache laitière, *Thèse Vétérinaire*, École Nationale Vétérinaire de Lyon, France, 98 p.
- [23] **Hanzen Ch., 2016.** Physio-anatomie et propédeutique de la glande mammaire : Symptomatologie, étiologie et thérapeutiques individuelles et de troupeau des mammites, *Physioanatomie-Propédeutique et Pathologie mammaire bovine. Cours en ligne*, Université de Liège, 170 p.
- [24] **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.
- [25] **Baillargeon P., 2011.** De 500 000 CS à 400 000 CS : Le comptage à rebours, *Le Producteur du Lait Québécois*, Qualité du lait, Juin 2011: 16-18.
- [26] **Guérin P. & Guérin-Faubleé V., 2007.** Les mammites de la vache laitière, *Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire Lyon*, France, 139 p.
- [27] **Faroult B. & Serieys F., 2001.** Bonne pratiques vétérinaires pour la définition d'un plan de traitement des mammites de troupeau, *Référentiel vétérinaire*, 27 p.
- [28] **SNGTV, 2001.** Conférence de consensus SNGTV-PFIZER, *Conférence Prague*, 22-25 Janvier, 28 p.
- [29] **Bosquet G., 2004.** L'analyse lors d'une flambée de mammites cliniques : Une étape indispensable riche d'enseignements, *Journées Nationales G.T.V.*, Tours, p. 771-778.
- [30] **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.*, 153(4): 251-260.

- [31] **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). *Renc. Rech. Rumin.*, 18: p. 274.
- [32] **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.*, 16(3): 255-261.
- [33] **M'Sadak Y., Mighri L. & Kraiem K., 2013.** Etude 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*, 8: 48-52.
- [34] **Durocher J. & Martin R., 2009.** Ajouter de la valeur à la ferme : Évolution de la production laitière québécoise 2008 : Un comptage des cellules somatiques : Un outil indispensable pour gérer la santé du pis, *Le producteur de Lait Québécois, Valacta*, Numéro Spécial, p. 28-30.
- [35] **Hanzen Ch., 2009.** Propédeutique de la glande mammaire : Sémiologie et diagnostic individuel et de troupeau. *Cours en ligne*, Université de Liège, Belgique, R21, 28 p.
- [36] **M'Sadak Y., Haj Mbarek R. & Mighri L., 2015.** Étude de la situation sanitaire mammaire et estimation des pertes quantitatives en lait en élevage bovin hors sol dans le Sahel Tunisien. *Journal of New Sciences ; Agriculture and Biotechnology*, 19 (10): 773-779.