

## Relationship between udder morphology, milk production and machine milking management of local-crossbreed cows in Northern Tunisia

## Relation entre morphologie mammaire, production laitière et conduite de la traite mécanique de la vache locale-croisée du Nord-Ouest de la Tunisie

AYADI M.<sup>1\*</sup>, ABIDI S.<sup>1</sup>, BRAHMI E.<sup>2</sup> SOULI A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Département de Biotechnologie Animale, Institut Supérieur de Biotechnologie de Beja, Université de Jendouba, Tunisie.

<sup>2</sup> Environmental Biomonitoring Laboratory (LR01/ ES14); Faculty of Sciences of Bizerte - University of Carthage Tunisia.

\*Corresponding author: moez\_ayadi2@yahoo.fr

**Abstract** - The objective of this work was to evaluate the productive and morphological changes of the udders of local-crossbreed cows (Brune de l'Atlas x Frisonne) in Tunisia. A total of 10 multiparous cows milked twice a day using portable machine milking were used. Milk production, physical-chemical composition of milk, and somatic cell count were collected for 4 months. Evaluations of the external morphology of udder as well as posterior and anterior teat were performed before evening milking. Time of udder preparation (T1), time between the end of udder preparation and cluster attachment (T2), and total machine milking time (T3) were performed. Average milk flow rate was calculated and residual milk was determined after oxytocin injection. Milk production varies significantly by recording month with a peak production level in April ( $10.2 \pm 0.84$  l/d). The content on milk fat; protein; lactose and total dry matter were 3.7; 2.9; 4.8 and 12.2%, respectively. The average somatic cell count was 256.000 cells / ml. The values of T1, T2 and T3 were 1.52 min; 2.05 min and 5.35 min, respectively. Residual milk represents 19.4% of total milk production. Udder measurement shows that the local-crossbreed cow was characterized by a more or less developed udder with teats a little thick and long. In addition, a positive correlation was observed between milk production and length as well as circumference of the udder. It is concluded that the local breed-cross cow in Tunisia has an interesting productive potential. Improved milking management can significantly increase the productive potential of this breed.

**Keywords:** Local cattle breed, breeding management, udder morphometry, milk production, machine milkability, residual milk.

**Resumé** - L'objectif de ce travail consiste à étudier les changements productifs et morphologiques de la mamelle chez la vache locale croisée (Brune de l'Atlas x Frisonne) en Tunisie durant quatre mois. Dix vaches multipares ont été utilisées et la production journalière, les propriétés physico-chimiques et la charge en cellules somatiques du lait ont été évaluées. La traite a été réalisée deux fois par jour à l'aide d'un pot trayeur et la morphologie externe de la mamelle et celle des trayons ont été effectuées avant la traite du soir. La durée de préparation de la mamelle (T1), la durée entre la fin de préparation de la mamelle et la pose des gobelets (T2) et la durée totale de la traite du soir (T3) ont été enregistrées. Le débit moyen du lait a été calculé et la fraction du lait résiduel (LR) a été déterminée suite à une injection d'ocytocine après la traite. La production laitière variait significativement selon les mois du contrôle avec une production maximale au mois d'avril ( $10,2 \pm 0,84$  L/j). Les taux butyreux, protéique, de lactose et des solides totaux du lait étaient respectivement de 3,7; 2,9; 4,8 et 12,2%. Le comptage du lait en cellules somatiques était de 256000 cellules/ml. Les valeurs moyennes de T1, T2 et T3 étaient respectivement de 1,52 min ; 2,05 min et 5,35 min. La fraction du lait résiduel représentait 19,4 % de la production totale. La vache locale-croisée est caractérisée par une mamelle plus au moins développée avec des trayons un peu épais et longs. Une corrélation positive a été observée entre la production laitière, la longueur et la circonférence de la mamelle. En conclusion, la vache locale-croisée en Tunisie



a un potentiel productif intéressant. L'amélioration de la conduite de la traite peut accroître significativement le potentiel productif de cette race.

**Mots-clés :** Bovin de race locale, conduite d'élevage, morphométrie de la mamelle, production laitière, aptitude à la traite mécanique, lait résiduel.

## 1. Introduction

Dans le contexte actuel de changement climatique et de désertification qui va encore accroître les surfaces arides peu propices à l'élevage laitier de race pure, les vaches de race locale/locale-croisée revêtent un intérêt particulier car elles se caractérisent par leur résistance aux conditions de sécheresse (Snayaa 2003) et interviennent là où toute autre activité d'élevage devient difficile. L'élevage en Tunisie est classé parmi les secteurs prioritaires du fait qu'il génère deux produits stratégiques à savoir le lait et la viande. Avec un total de 402.000 vaches dont 250000 de race pure et 152000 (38%) de race locale/locale-croisée et un total de 112000 éleveurs impliqués dans ce secteur (OEP 2017), l'élevage bovin occupe une place importante dans le contexte socio-économique de la Tunisie. Très peu d'informations sont disponibles sur l'élevage bovin de race locale/locale-croisée (Atti et Ben Dhia 1987). La population bovine locale est présente sous forme de deux races, la Blonde du Cap Bon et la Brune de l'Atlas qui se ramifie en deux rameaux; le rameau gris et le rameau fauve (Bel Hadj 1972). Cette population se retrouve essentiellement (87%) dans les régions du nord de la Tunisie (Baccouche et al. 2014). Le programme de croisement d'absorption par le biais d'insémination artificielle élaboré depuis les années soixante dix, pour augmenter la production laitière de la population bovine locale n'a pas atteint ses objectifs. La production laitière de la vache locale-croisée est restée faible 2 à 10 litres par jour sans veau avec une moyenne de 3 à 4 litres/jour obtenue après une seule traite par jour (Atti et Ben Dhia 1987; Baccouche et al. 2014). La traite des vaches est souvent manuelle. Récemment, l'introduction de la traite mécanique chez certains éleveurs de la région du Nord-Ouest de la Tunisie a amélioré la quantité et la qualité du lait (Ayadi et al. 2019). Peu d'informations sont disponibles sur l'aptitude à la traite mécanique de la vache locale-croisée en Tunisie. Selon Labussiere (1988), une machine à traire est efficace lorsqu'elle permet de traire rapidement et totalement le maximum de lait tout en respectant l'état sanitaire de la glande mammaire. En effet, plusieurs paramètres peuvent affecter l'adaptabilité de la vache à la traite mécanique, tels que le niveau de la production laitière, la morphologie de la mamelle, la fraction du lait résiduel et les différents réglages de la machine à traire (Mein 1992; Lee et Choundhary 2006). En effet, l'utilisation des caractères morphologiques mammaires dans un schéma de sélection laitière pourrait améliorer la longévité fonctionnelle des vaches et faciliter l'adaptation des animaux à la traite mécanique (Labussiere 1988). La littérature rapporte peu de données sur la corrélation phénotypique entre la morphologie mammaire et le potentiel productif de la vache locale-croisée (Baccouche et al. 2015). La conduite appliquée durant la traite mécanique influence d'une manière indirecte la quantité et la qualité du lait. En effet, selon Mein (1992) la vache laitière haute productrice ne demande que très peu de stimulations pour une éjection du lait appropriée. Selon Labussiere (1993), plus on prolonge l'intervalle entre l'éjection du lait et la fin de la traite, plus la fraction du lait résiduelle (LR) est importante. Cette fraction de lait résiduel, représente chez la vache 10 à 15 % de la production totale. L'augmentation de la fraction du lait machine (LM) et la réduction de la fraction du lait résiduel sont essentielles pour améliorer l'efficacité de la traite mécanique chez la vache laitière (Ayadi et al. 2003). L'objectif de ce travail consiste à étudier les changements productifs et morphologiques de la mamelle de la vache locale croisée en Tunisie, afin d'évaluer l'adaptabilité de cette race à la traite mécanique.

## 1. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel animal et conduite d'élevage

Un total de 10 vaches multipares de race locale-croisée (Brune de l'Atlas x Frisonne), de poids vif variant entre 285-345 kg, à différents âges et en différents stades de lactation ont été utilisées. Les vaches appartenaient à 4 éleveurs à raison de 2-3 vaches par éleveur de la délégation de Fernana du gouvernorat de Jendouba, Nord-Ouest de la Tunisie. Les vaches locales-croisées ont été conduites en stabulation entravée avec une période d'exercice (4 h) pendant la journée. Elles ont été identifiées par des boucles plastiques (identification officielle) par l'Office d'Elevage et des Pâturages. L'alimentation des vaches était la même chez les 4 éleveurs. Les animaux recevaient une ration de base constituée par 3 kg de foin d'avoine (88,9% de matière sèche (MS), 9,3% de matière azotée totale (MAT) et 0,40 unité fourragère lait (UFL)) et 15-18 kg de verdure à base de bersim (16,5% de MS, 20,3% de MAT et 0,69 UFL). Les vaches recevaient aussi, à 2-3 reprises par jour, une complémentation de 7-8 kg/vache/jour d'aliment

concentré N7 (91,5% de MS, 20,6% de MAT et 0,96 UFL) pour la production laitière. L'abreuvement des vaches était à volonté.

## **2.2. Evaluation de la conduite de traite mécanique**

La traite des vaches se fait dans l'étable, deux fois par jour (06 :00 et 15 :00) à l'aide d'un pot trayeur (AgroMilk, Agros-Service, Tunis, Tunisie). Les caractéristiques de la machine à traire sont : un niveau de vide de 48 kPa ; une vitesse de pulsations de 60 pulsation par minute et un rapport de pulsation de 60:40. La routine appliquée au cours de la traite mécanique des vaches locales-croisées est la suivante : nettoyage à la main avec du savon des trayons et de la base de la mamelle, essuyage avec une lavette sèche, traite des premiers jets pour visualiser la présence de grumeaux dans le lait, pose des gobelets et extraction du lait par traite, débranchement des gobelets et trempage des trayons dans une solution désinfectante à base d'iode (Polycide, Laboratoires Interchem, Tunis, Tunisie). De plus, la durée de la préparation de la mamelle (lavage et massage) (T1, min), durée entre fin de préparation de la mamelle et la pose des gobelets (T2, min) et durée totale de la traite (T3, min), qui correspond au temps écoulé entre la pose de faisceaux trayeur et la dépose, ont été enregistrées par chronomètre, au cours de la traite du soir (15 :00), pour toute les vaches.

## **2.3. Production laitière et fractionnement du lait durant la traite**

La production laitière journalière (matin et soir) de chaque vache a été mesurée et enregistrée une fois par mois durant la période expérimentale (janvier-avril 2018) à partir des contrôles laitiers réalisés par l'Office d'Élevage et des pâturages (OEP, Jendouba). La fraction du lait total machine (LTM), qui correspond au volume total du lait recueilli par machine (LM) et le lait égouttage machine (LEM) a été mesuré durant la traite du soir (15 :00). Le débit moyen du lait a été calculé par division du volume de lait total machine par la durée totale de la traite machine (en l/min). De plus, la fraction de lait résiduel (LR) a été déterminée après la traite du soir suite à une injection intramusculaire de 6 UI d'ocytocine /vache. Le lait résiduel est récupéré ensuite par traite mécanique. Le volume de la mamelle (VM), qui correspond à la somme du lait total machine (LTM) et du lait résiduel (LR) est aussi calculé ( $VM = LTM + LR$ ).

## **2.4. Analyses physico-chimiques du lait et du contenu du lait en cellules somatiques**

Les échantillons de lait ont été collectés le jour du contrôle dans un flacon de 100 ml après la traite du matin (06 :00) et la traite du soir (15 :00) durant 4 mois pour toutes les vaches. Les analyses de la composition chimique du lait en taux butyreux (TB), taux protéique (TP), taux de lactose (TL), solides totaux (ST) et en urée (U), ainsi que le comptage en cellules somatiques (CCS) du lait ont été réalisées au laboratoire d'analyse de la Direction Régionale de l'Office d'élevage et de pâturage à Beja en utilisant l'équipement CombiFoss™ (Type FT1, FOSS Electric, Denmark).

Le comptage en cellules somatiques du lait est exprimé sous forme de concentration (nombre des cellules/ ml du lait). Une transformation logarithmique (Log) de cette concentration est utilisée afin d'assurer une distribution normale des observations avant son traitement statistique. En plus de la composition chimique, le pH du lait, qui reflète la richesse du lait en ions H<sup>+</sup> provenant des différents acides, est déterminé par un pH-mètre.

## **2.5. Caractères morphologiques mammaires**

Les mesures morphologiques externes de la mamelle ont été effectuées avant la traite du soir (15 :00) deux fois durant le mois de février. Les données collectées ont concerné la longueur, la circonférence et la hauteur de la mamelle ; ainsi que la longueur, le diamètre antérieur et postérieur des trayons. En effet, la longueur de la mamelle (LM) correspond à la distance, mesurée par un mètre ruban, entre l'avant et l'arrière attachement du pis; la circonférence de la mamelle (CM), mesuré par un mètre ruban, placé directement contre la peau de la mamelle et qui passe du point milieu de ligament suspenseur médiane entre les quartiers arrières jusqu'au point milieu entre les quartiers avants; la hauteur de la mamelle (HM) qui correspond à la distance mesurée entre le bout des trayons et le sol par un mètre ruban tendu verticalement. On utilise le pied à coulisse pour déterminer la longueur du trayon (LT) qui correspond à la distance entre la base et le bout de trayon et le diamètre du trayon (DT) qui est mesuré à moitié trayon. La production laitière du mois de février a été utilisée pour déterminer la corrélation phénotypique entre les caractères morphologiques mammaires et la productivité de la vache.

## 2.6. Analyses statistiques

Le

traitement statistique des données a été effectué avec le logiciel SAS (2012). L'analyse des facteurs de variation des performances laitières a été effectuée par le modèle linéaire suivant:

$$Y_{ij} = \mu + M_i + V_j + e_{ij}$$

Où :

$Y_{ij}$  = performance laitière.

$\mu$  = Moyenne générale.

$M_i$  = Effet fixe du mois de contrôle (1<sup>ère</sup> au 4<sup>ème</sup> mois)

$V_j$  = Vaches

$e_{ij}$  = Erreur résiduelle aléatoire

La corrélation phénotypique entre les caractères morphologiques mammaires et la production laitière a été déterminée par PROC COR. Les différences ont été comparées à un seuil de  $P < 0,05$ .

## 2. Résultats et discussion

### 3.1. Production laitière, paramètres physico-chimiques du lait et santé de la mamelle

Les vaches locale-croisée étudiées sont soumises à un système d'élevage semi-intensif. La production laitière journalière, les paramètres physico-chimiques et le comptage du lait en cellules somatiques sont présentés dans le Tableau 1. En effet, la production laitière varie de 4,00 à 15,00 litres/jours avec une moyenne journalière de  $8,57 \pm 1,2$  litres. La valeur obtenue dans notre travail est nettement supérieure à celle trouvée dans la bibliographie où la moyenne de la production laitière journalière est de 3-4 litres par vache avec des extrêmes de 2 à 10 litres (Baccouche et al. 2014). En effet, l'amélioration de la conduite d'élevage, en particulier l'alimentation (disponibilité fourragère), explique en partie cette différence de niveau de production laitier. D'ailleurs, Atti et Ben Dhia (1987) ont signalé que la faible production laitière de la vache locale/locale-croisée s'explique par le manque de disponibilité fourragère, le potentiel génétique limité de cette race bovine et le système de production proprement dit. D'autre part, l'axé libre à l'eau de nos vaches durant toute la journée a aussi amélioré la production laitière. Baccouche et al. (2014) rapportent que l'abreuvement des vaches locale/locale-croisée se fait seulement 2 à 3 fois par jour ce qui affecte négativement le niveau de production laitière. Selon les recensements de l'OEP (2017), la majorité des vaches locales-croisées dans la région du Nord-Ouest sont soumises à la traite manuelle une à deux fois par jour. En effet, l'introduction de la traite mécanique et l'amélioration de la conduite de traite des vaches étudiées a augmenté la quantité du lait produite. D'ailleurs, l'augmentation de la fréquence de traite à 2 traites par jours, en respectant un intervalle entre traites inférieure à 16 heures (dans notre cas 9h-15h), a amélioré significativement la production laitière de cette race bovine. D'ailleurs, Ayadi et al. (2003) rapportent que chez la vache laitière, le taux de sécrétion du lait diminue au-delà de 16 heures d'intervalle entre traites. Le passage d'une traite à deux traites par jour, chez la vache laitière, conduit à une augmentation de production laitière de l'ordre de 10 à 40 % (Knight et al. 1994; Davis et al. 1999). Ayadi (2019) dans sa revue bibliographique sur l'optimisation de la fréquence de traites chez les ruminants laitiers rapporte que la réponse des vaches à l'augmentation de la fréquence de traite est fonction du stade de lactation et aussi de l'anatomie de la mamelle (capacité de stockage du lait dans les citernes). D'ailleurs, les vaches à large citerne produisent plus de lait et supportent relativement mieux de longs intervalles entre traites que les vaches à petite citerne (Knight et al. 1994; Ayadi et al. 2003). D'autre part, la production laitière varie significativement selon les mois de contrôle laitiers. En effet, cette production laitière ne change pas durant les trois premiers mois du contrôle ( $8,31 \pm 1,1$  litre/jour) mais elle augmente significativement (18,6%,  $P < 0,05$ ) au mois d'avril ( $10,2 \pm 0,84$  L/j). Ces résultats coïncidents en partie avec ceux rapportés chez la vache locale/locale-croisée en Tunisie, où la production est maximale au printemps en raison de la disponibilité fourragère et minimale en hiver à cause du déficit alimentaire (Atti et Ben Dhia 1987). Nos résultats corroborent aussi avec les données obtenues par Bouraoui et al. (2002) concernant l'évolution mensuelle de la production laitière chez la vache de race Holstein élevée en Tunisie.

Le taux butyreux (3,7%) obtenu dans notre travail est presque similaire à celui trouvé en Tunisie par Belagui et al. (2017) pour des vaches de race Tarentaise, mais nettement supérieur à la valeur obtenue au printemps pour des vaches de race Holstein élevée en Tunisie (Bouraoui et al. 2002; Ben Younes et al. 2011). Le taux protéique (3,0%) du lait de vache locale-croisée est inférieur à celui obtenu dans le lait de vache de race Holstein et Tarentaise élevées dans les conditions tunisiennes (Bouraoui et al. 2002; Belagui et al. 2017). D'autre part, la composition chimique du lait a varié significativement selon les mois de contrôle laitiers. En effet, les taux butyreux et protéique n'ont pas changé durant les deux premiers mois, suivie d'une teneur maximale au mois de mars pour le TB (4,04%) et au mois d'avril



pour le TP (3,55%). Le taux d'urée dans le lait permet de renseigner sur l'efficacité de l'utilisation d'azote de la ration. En effet, le taux d'urée (27,2 mg/L) obtenu dans le lait de vache locale-croisée concorde bien avec celui rapporté par la bibliographie (Bouraoui et al. 2002; Belagi et al. 2017). Les taux d'urée et du lactose n'ont pas changé mensuellement. De plus, les valeurs du pH de nos échantillons de laits coïncident avec les résultats obtenus par Hanzen (2010) où le pH du lait de vache à 20°C est compris entre 6,5 et 6,7.

La détermination des teneurs du lait en cellules somatiques représente un critère important pour évaluer la santé des mamelles. En effet, la moyenne du comptage du lait en cellules somatiques (CCS) est de  $256 \cdot 10^3$  cellules/ml avec un score des cellules somatiques (SCS) de 5,24. L'écart-type élevé de CCS (Tableau 1) traduit une forte hétérogénéité de la qualité du lait produit. D'autre part, le SCS ne change pas durant les 3 premiers mois du contrôle ( $6,53 \pm 0,56$ ) mais elle augmente significativement ( $P < 0,05$ ) au mois d'avril ( $7,05 \pm 0,34$ ). La moyenne de CCS trouvée dans ce travail est nettement inférieure à celle rapportée par Ben Salem et al. (2006), pour des vaches de race Holstein ( $560 \cdot 10^3$  cellules/ml) élevées dans la région du Nord-Ouest de la Tunisie. D'autre part, la valeur moyenne de CCS est inférieure à la norme Tunisienne (NT-14-141-2004) d'acceptation du lait par l'industriel ( $500 \cdot 10^3$  cellules/ml). Ceci confirme la capacité d'adaptation aux conditions du milieu et la rusticité des populations bovines locale-croisée aux maladies, surtout les problèmes des mammmites. Les corrélations phénotypiques entre la production laitière et la composition chimique du lait de vache de race locale-croisée sont calculées. En effet, une corrélation négative a été observée entre la production laitière et le taux butyreux ( $r = -0,29$ ;  $P < 0,05$ ) ainsi que le taux protéique ( $r = -0,20$ ;  $P < 0,05$ ). Ces résultats concordent bien avec ceux rapportés chez la vache laitière où une corrélation négative est obtenue entre la quantité et la qualité (TB et TP) du lait (Labussiere, 1993). Tandis que les taux de lactose et des solides totaux sont positivement corrélés ( $r = 0,42$  et  $0,39$ ;  $P < 0,01$ ) avec la production laitière.

**Tableau 1.** Production laitière journalière, caractéristiques physico-chimiques et charge en cellules somatiques du lait de la vache locale-croisée en Tunisie (n=10).

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Production laitière (l/j)</b>	8,57	4,00	15,00	3,65
<b>Taux butyreux (%)</b>	3,67	1,43	9,67	1,67
<b>Taux protéique (%)</b>	2,88	2,19	3,95	0,38
<b>Taux de lactose (%)</b>	4,75	2,45	5,25	0,37
<b>Solides totaux (%)</b>	12,18	8,69	18,57	1,76
<b>Urée (mg/L)</b>	27,02	13,50	47,50	8,16
<b>pH</b>	6,58	6,23	6,81	0,10
<b>Cellules somatiques (<math>10^3</math> cellules/ml)</b>	255,71	60,0	756	372,68

### 3.2. Caractères morphologiques mammaires et production laitières

L'étude de la morphométrie mammaire chez les bovins laitiers est largement étudiée. Cependant, très peu de travaux rapportés par la littérature concernant l'étude de la morphologie mammaire de la vache locale-croisée en Tunisie. Les mesures morphologiques externes de la mamelle de cette race bovine sont présentées dans le Tableau 2.

**Tableau 2.** Mesures morphologiques externes de la mamelle avant la traite du soir (15:00) de la vache locale-croisée en Tunisie (n=10).

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Mamelle (cm)</b>				
Longueur	53,30	51,0	56,0	1,34
Circonférence	83,30	81,0	89,0	3,24
Hauteur	24,40	20,0	32,0	5,32
<b>Trayon postérieur (cm)</b>				
Longueur	7,35	5,0	9,0	0,75
Diamètre	3,80	2,2	6,0	1,51
<b>Trayon antérieur (cm)</b>				
Longueur	6,10	4,0	7,5	0,57
Diamètre	4,15	2,8	6,5	1,49

En effet, les mesures de la longueur et de la circonférence de la mamelle, qui nous donnent une idée sur le volume de la mamelle, coïncident en partie avec celles rapportées par Labussiere (1988) chez la vache de race Holstein. La hauteur de la mamelle de la vache locale-croisée ne dépasse pas les 25 cm. Ce résultat ne coïncide pas avec celui rapporté dans la bibliographie chez la vache de race Holstein où la hauteur de la mamelle doit être supérieure à 50 cm pour que la griffe de la machine à traire ne traîne pas par terre (Seykora et McDaniel, 1986; Labussiere, 1988). De plus, les débris de toutes sortes, aspirés par

les gobelets, sont moins nombreux et les risques de blessures du pis sont minimisés. D'autre part, la longueur et le diamètre des trayons des vaches locales-croisées varient de 4,0 à 9,0 cm et de 2,2 à 6,5 cm, respectivement. Ces valeurs sont largement supérieures à celles rapportées par Le Du et al. (1994) chez la vache de race Holstein. Habituellement, la longueur des trayons ne doit pas dépasser les 5-6 cm et le diamètre des trayons doit être compris entre 2 et 5 cm. Selon le même auteur, les trayons longs affectent négativement la vitesse de la traite et les trayons larges sont associés à des risques de santé de la mamelle et la qualité du lait produit. En effet, les trayons d'une bonne vache laitière doivent être courts, étroits et implantés verticalement. L'étude de la morphométrie mammaire montre que la vache locale-croisée est caractérisée par une mamelle plus au moins développée avec des trayons un peu épais et longs. Ceci corrobore avec les observations faites par Baccouche et al. (2015) sur la vache Brune de l'Atlas en Tunisie.

La corrélation entre la production laitière et la morphologie externe de la mamelle de la vache de race locale-croisée est présentée dans le Tableau 3. En effet, la production laitière est positivement corrélée ( $P < 0,05$ ) avec la longueur ( $r = 0,24$  ;  $P < 0,05$ ) et la circonférence ( $r = 0,61$  ;  $P < 0,01$ ) de la mamelle. Plus la mamelle est développée plus la production est importante. D'ailleurs, les corrélations entre le volume estimé de la mamelle et la production laitière de la vache peuvent varier de 0,60 à 0,82 suivant la race (Labussière et al. 1988). De plus, les résultats montrent que la production laitière n'est pas corrélée avec les mensurations des trayons postérieur et antérieur. En effet, ces résultats corroborent avec les données obtenues par Labussière (1988), mais ne coïncident pas avec celles rapportées par Rogers et Spencer (1991) où des corrélations positives ont été obtenues entre le diamètre des trayons et la production laitière des vaches. Cependant, les caractères morphologiques mammaires positivement corrélées avec la production laitière, telles que la longueur et la circonférence de la mamelle, peuvent être inclus dans les programmes de sélection des vaches locales-croisées en Tunisie. D'autre part, une corrélation négative ( $r = -0,40$  ;  $P < 0,05$ ) a été observée entre la longueur et la hauteur de la mamelle. Selon Seykora et McDaniel (1986), les glandes mammaires les mieux suspendues s'attachent en général, très loin en avant, puisqu'ils ont trouvé une corrélation négative entre la longueur du pis et la distance au sol. De plus on a observé que la longueur et le diamètre des trayons sont hautement corrélés ( $r = 0,95$  ;  $P < 0,01$ ). Ceci induit que dans un programme de sélection, il suffit d'améliorer un seul caractère soit la longueur ou le diamètre du trayon.

**Tableau 3.** Corrélation entre la production laitière et la morphologie externe<sup>1</sup> de la mamelle de la vache locale-croisée en Tunisie (n=10).

	LM	CM	HM	LTP	LTA	DTP	DTA
PL	0,24*	0,61**	0,28	0,27	0,25	0,39	0,49
LM		-0,39	-0,40*	-0,22	-0,62	-0,20	-0,26
CM			0,97**	-0,47	-0,20	-0,57	-0,55
HM				-0,62	-0,22	-0,59	-0,49
LTP					0,69*	0,82*	0,59*
LTA						0,72*	0,77**
DTP							0,95**

<sup>1</sup> PL= production laitière journalière; LM=longueur de la mamelle ; CM= circonférence de la mamelle ; HM= hauteur de la mamelle; LTP= longueur du trayon postérieur ; LTA= longueur du trayon antérieur ; DTP= diamètre du trayon postérieur ; DTA= diamètre du trayon antérieur. \* $P < 0,05$  ; \*\* $P < 0,01$

### 2.3. Influence de la routine de traite sur la production laitière

Une bonne technique de traite doit ainsi fournir un environnement non stressant pour l'animal et intègre une bonne préparation des trayons et stimulation de l'animal pour une éjection complète de lait au début de la traite afin de minimiser les rétentions de lait et le travail d'égouttage en fin de traite. En effet, les fractions du lait durant la traite et les performances de la conduite de traite des vaches locales-croisées sont présentées dans le Tableau 4. En effet, la préparation de la mamelle (lavage et massage) a duré chez cette race au moyenne 1,52 min (soit 92 s). Ce temps de stimulation est largement supérieur à celui rapporté par la bibliographie chez les bovins. Mein (1992) rapporte que la vache laitière haute productrice ne demande que très peu de stimulation pour une éjection du lait appropriée. Cependant, Rasmussen et al. (1992) ont montré qu'une stimulation manuelle de 10 à 20 s n'est pas suffisante quel que soit le stade de lactation ou du niveau de production laitière pour des vaches de race Jersey et Friesian. De plus, la stimulation tactile de la mamelle semble varier entre espèces. En effet, chez la bufflonne, la pré-stimulation de 2 min est nécessaire pour une éjection du lait optimale (Ambord et al. 2010). Chez la chamelle, Ayadi et al. (2016) ont montré qu'une stimulation de 1,5 min à 2 min permet d'augmenter la fraction du lait machine et de réduire la fraction du lait résiduel, et par conséquent améliorer la production laitière. La pré-stimulation est donc d'autant plus recommandée chez les espèces

à citerne réduite (cas de dromadaire et du bufflonne). D'ailleurs, chez la brebis et la chèvre, la fraction importante du lait cisternal (50-70%) permet d'appliquer les gobelets après une courte ou même sans pré-stimulation (Akers, 2002). La vache locale-croisée est une vache de race mixte (lait et viande). Selon Knight et al. (1994), les vaches de race mixtes sont caractérisées par des citernes relativement petites. Donc, il paraît que le temps de préparation de la mamelle appliqué à la vache locale-croisée est adéquat pour une meilleure éjection du lait et vidange de la mamelle. Reste à déterminer la taille des citernes glandulaires chez cette race pour confirmer cette déduction dans le futur. D'autre part, la durée entre fin de préparation de la mamelle et pose des gobelets (T<sub>2</sub>) est en moyenne 2,05 min (Tableau 4). En effet, au cours de notre évaluation de la conduite de traite mécanique de la vache locale-croisée, on a remarqué que certains éleveurs durant la routine de traite préparent les mamelles (lavage et massage) de toutes leurs vaches ensemble et après ils passent à la pose des faisceaux trayeurs. Cette pratique de routine de traite va prolonger l'attente des vaches. Selon Labussiere (1993), un retard de plus d'une minute de pose du faisceau trayeur après la fin de la préparation de la mamelle conduit à des pertes importantes de lait. La réduction importante de la quantité du lait recueilli, peut atteindre chez la vache 5%, 16% et 30% après 2, 6 et 13 min d'attente entre fin de préparation de la mamelle et pose des gobelets, respectivement (Labussière 1981). Ces observations ont été confirmées par Caja et al. (2004) chez la vache laitière qui ont observé une diminution de la taille des citernes de 13 et 18% respectivement 15 et 30 min après l'injection d'ocytocine pour un intervalle de 8 h entre traites. Cette diminution de la surface des citernes peut être expliquée par le fait que, plus la période après l'injection d'ocytocine est longue, plus la pression intra-mammaire augmente, ce qui entraîne, par conséquent, une décontraction des cellules alvéolaires et une remontée importante du lait vers les alvéoles. Ce retour partiel du lait des citernes glandulaires vers les cellules alvéolaires est appelé le reflux élastique du lait dans la glande (Knight et al. 1994; Caja et al. 2004). D'autre part, la fraction de lait résiduelle (LR), qui reste retenue dans la mamelle, représente chez la vache locale-croisée 19,4 % de la production totale (**Tableau 4**). Cette fraction du lait est supérieure à celle trouvée (10 à 15%) chez la vache de race Holstein (Labussière 1993). En effet, cette différence peut être expliquée par le fait que, le prolongement de l'intervalle entre fin de préparation de la mamelle et pose des gobelets chez la vache locale-croisée a augmenté la fraction de LR. Cette fraction du lait, qui est difficile à récupérer durant la traite suivante, est l'expression du degré de vidange de la mamelle. De plus, cette pratique de traite peut affecter négativement, en plus de la quantité, la qualité du lait. En effet, Labussiere (1993) a constaté une variation de la qualité du lait due au lait résiduel, riche en matières grasses et qui augmente avec le temps d'attente. Pour cela, la réduction du temps d'attente chez la vache locale-croisée est indispensable afin de bien valoriser l'effet court et bénéfique de l'ocytocine (3 à 4 min de demi-vie) sur l'éjection du lait et la vidange de la mamelle. Dans le but d'améliorer la conduite de la traite mécanique et les revenus de l'éleveur, il est important de diminuer le temps de présence des vaches dans l'aire d'attente avant la traite mécanique. Dans la pratique, tant dans un système de production extensif ou intensif, on recommande de diminuer la taille du groupe des vaches à traire ou en éloignant, si c'est possible, l'aire d'attente de la salle de traite.

Le débit moyen du lait chez la vache locale-croisée est faible (0,78 l/min ; Tableau 4). En effet, la vitesse de traite est fortement influencée par les mensurations des trayons. Une corrélation négative ( $r = - 26$  ;  $P < 0,05$ ) a été trouvée entre la longueur des trayons de cette race et le débit moyen du lait. Ces résultats coïncident bien avec ceux rapportés par Rogers et Spencer (1991) où les trayons les plus courts sont plus aptes à la traite mécanique que les trayons longs.

**Tableau 4.** Fractions du lait durant la traite du soir (15:00) et performances de la traite mécanique des vaches locale-croisée en Tunisie (n=10).

	Moyenne ± ESM
<b>Fractions du lait</b>	
Lait total machine (LTM, l)	3,85 ± 1,55
Lait résiduel (LR, l)	0,75 ± 0,38
Lait résiduel (LR, %)	19,4 ± 5,7
Volume de la mamelle (VM, l)	4,62 ± 1,76
<b>Performances de la traite</b>	
Débit moyen du lait (DML, l/min)	0,78 ± 0,24
Durée de préparation de la mamelle (T <sub>1</sub> , min)	1,52 ± 0,25
Durée entre fin de préparation de la mamelle et pose des gobelets (T <sub>2</sub> , min)	2,05 ± 0,75
Durée totale de la traite (T <sub>3</sub> , min)	5,35 ± 1,80

ESM : erreur standard de la moyenne

### 3. Conclusions

La vache locale-croisée en Tunisie a un potentiel productif intéressant. En effet, l'amélioration de la conduite de la traite peut accroître significativement le potentiel productif de cette race.

La morphométrie mammaire montre que cette vache est caractérisée par une mamelle plus au moins développée avec des trayons un peu épais et longs. De plus, une corrélation positive a été observée entre la production laitière et certains caractères de la mamelle. Ces caractères peuvent être inclus dans les programmes de sélection de cette race pour une meilleure aptitude à la traite mécanique. Dans le future, il est important d'évaluer la taille des citernes glandulaires des vaches locale-croisées et de connaître la distribution du lait dans la mamelle, ainsi que de la cinétique de son remplissage au cours de la traite, afin d'optimiser la fréquence de traite et d'évaluer l'adaptabilité de cette vache à la traite mécanique.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier vivement les éleveurs de la région de Fernana (Gouvernorat de Jendouba, Tunisie) pour leur collaboration. Ainsi, ils remercient tout le personnel de l'office d'élevage et de pâturage (OEP) de Jendouba en particulier, Mr Abdalah Touati directeur régional de l'OEP; Mme Monia Bouazizi et Mr Samir Mahjoubi pour leur collaboration fructueuse. Ils tiennent également à remercier tout le personnel du laboratoire d'analyse du lait de l'OEP de Beja.

### Références

- Akers, RM (2002)** Lactation and the mammary gland. 1st ed. Iowa State Press.
- Ambord S, Stoffe HM, Bruckmaier MR (2010)** Teat anatomy affects requirements for udder preparation in Mediterranean buffaloes. *J. Dairy Res.*, 77:468-473.
- Atti N, Ben Dhia H (1987)** Performances des bovins croisés en Tunisie. *Annales de l'Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie*, 60:1-24.
- Ayadi M (2019)** Optimization of milking frequency in dairy ruminants. In: *Lactation in Farm Animals-Biology, Physiological Basis, Nutritional Requirements, and Modelization*. Intech Open Editions, London.13p.
- Ayadi M, Abidi S, Touati A, Bouaziz M, Souli A (2019)** Etude des performances productives de la vache laitière de race locale-croisée dans le Nord-Ouest de la Tunisie. VII<sup>ème</sup> Congrès International de Biotechnologie et de Valorisation des Bio-Ressources. 20-23 Mars 2019, Tabarka, Tunisie. pp. 24.
- Ayadi M, Musaad A, Aljumaah RS, Matar M, Faye B (2016)** Effects of manual udder stimulation on milk partitioning and flow traits during the machine milking in dairy camels (*Camelus dromedarius*). *Journal of Camel Practice and Research* 23, 85-89.
- Ayadi M, Caja G, Such X et Knight CH (2003)** Effect of omitting one milking weekly on lactational performances and morphological udder changes in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2352-2358.
- Baccouche R, Bedhiaf S, Haddad M, Jemmali B (2014)** Histoire évolutive de la population bovine locale en Tunisie. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 2(4):27-40.
- Baccouche R, Bedhiaf S, Haddad M, et Jemmali B (2015)**. Population bovine locale en Tunisie : de la caractérisation morphologique à la caractérisation moléculaire. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 14(3):449-456.
- Belagui R, Martin B, Chassaing C, Najjar T et Pompies D (2017)** Evaluation of heat stress on Tarentaise and Holstein Cow performances in the Mediterranean climate. *International Journal of Biometeorology*. 61(8):1371-1379.
- Belhaj MT (1972)** Essai d'amélioration génétique de la race bovine locale par le croisement d'absorption. Mémoire de fin d'études de troisième cycle d'agronomie. Institut National Agronomique de Tunisie.85p.
- Ben Salem M, Djemali M, Kayouli C et Majdoub A (2006)** A review of environmental and management factors affecting the reproductive performance of Holstein-Friesian dairy herds in Tunisia. *Livestock Research for Rural Development* 18 (4). <http://www.lrrd.org/lrrd18/4/sale18053.htm>



- Ben Younes R, Ayadi M, Najar T, Caccamo M, Schadt I et Ben M'Rad M (2011)** Effect of thermal stress, cistern size and milking frequency on plasma mineral concentrations in Holstein dairy cows. *Journal of Life Science* 5:338-345.
- Bouraoui R, Lahmar M, Majdoub A, Djemali M, Belyea, R (2002)** The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res.* 51:479-491.
- Caja G, Ayadi M, Knight CH (2004)** Changes in cisternal compartment based on stage of lactation and time since milk ejection in the udder of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87:2409-2415.
- Davis SR, Farr VC, Stelwagen K (1999)** Regulation of yield loss and milk composition during once-daily milking : a review. *Livest. Prod. Sci.*, 59:77-94.
- GIVLait, (2017)** Groupement Interprofessionnel des Viandes rouges et du Lait (Rapport annuelle) <http://www.givlait.com.tn/>.
- Hanzen Ch (2010)** Lait et production laitière. <http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/>.
- Knight CH, D Hirst, Dewhurst RJ (1994)** Milk accumulation and distribution in the bovine udder during the interval between milkings. *J. Dairy Res.*, 61:167-177.
- Labussière J (1981)** Organisation de la traite et perspectives de simplification. In: *La production laitière française*. INRA Publ., Versailles. p. 308-318.
- Labussière J (1988)** Production de vache laitière. Cours supérieure de production animale: Alimentation et nutrition animale. CIHEAM-IAMZ. Zaragoza. p.1-87.
- Labussière J (1993)** Physiologie de l'éjection du lait. Conséquences sur la traite. *Biologie de la lactation*. Ed. INRA. Versailles. 587p.
- Le Du J, Chevalerie FA, Taverna M, Dano Y (1994)** Aptitude des vaches à la traite mécanique: relation avec certaines caractéristiques physiques du trayon. *Ann. Zootech.* 43:77-90.
- Lee DH et Choundhary, V (2006)** Study on milkability traits in Holstein cows. *Asian- Australasian Journal of Animal Science*, 19:309–314.
- Mein GA (1992)** Action of the cluster during milking. In: *Machine milking and lactation*. A.J. Bramley and F.H. Dodd (Eds.). Insight Books, Berkshire, UK. p.97-140.
- OEP (2017)** Office d'élevage et de pâturages (Rapport annuelle). <http://www.oep.nat.tn>
- Rasmussen MD, Frimer ES, Galton DM et Petersson LG (1992)** The influence of premilking teat preparation and attachment delay on milk yield and milking performance. *J. Dairy Sci.*, 75:2131–2141.
- Rogers GW et Spencer SB (1991)** Relationships among udder and teat morphology and milking characteristics. *J. Dairy Sci.*, 74:189-4194.
- Seykora, AJ et McDaniel, BT (1986)** Genetics statistics and relationships of teat and udder traits, somatic-cell counts, and milk-production. *J. Dairy Sci.*, 69:2395-2407.
- Snayaa N (2003)** Inventaire de la biodiversité bovine autochtone en Tunisie et développement d'un schéma de conservation. Mémoire de diplôme d'études approfondies. Institut National Agronomique de Tunisie. 72p.