

## Evaluation of the productive and reproductive performance of Holstein dairy cows reared in a warm Tunisian (Mediterranean) climate.

## Evaluation des performances productives et reproductives de la vache laitière de race Holstein élevée en climat Tunisien (méditerranéen) chaud.

BRAHMI E<sup>1,2</sup>, SOULI A<sup>1,3</sup>, SOLTANI N<sup>3</sup>, SAÏDANI F<sup>4</sup>, BEN ATTIA M<sup>1</sup> et AYADI M<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup> Environmental Biomonitoring Laboratory (LR01/ ES14); Faculty of Sciences of Bizerte - University of Carthage Tunisia.

<sup>2</sup> Higher School of Agriculture of Kef, University of Jendouba, Tunisia.

<sup>3</sup> Department of Animal Biotechnology, Higher Institute of Biotechnology of Beja, University of Jendouba, Tunisia.

<sup>4</sup> Higher School of Agriculture of Mateur, University of Carthage, Tunisia

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

**Abstract** - This work consists in studying the productive and reproductive performance of Holstein dairy cows (n=77) reared in an intensive production system in a Mediterranean climate, as well as the factors of their variations. Meteorological data collected between 2017 and 2020 for the region of Beja, North-West of Tunisia, revealed that the average monthly values of ambient temperature (Ta), relative humidity (HR) and temperature-humidity index (THI), are respectively  $19.97 \pm 1.24^{\circ}\text{C}$ ,  $73.69 \pm 3.42\%$ , and  $66 \pm 1.74$ . During the 3 years of study, the cows were exposed to a hot summer season which began in Jun (THI= 76) and persisted until September (THI =77). On average, milk production at 305 days of lactation, milk fat (MG) and protein (MP) content, as well as somatic cell count (SCC) were respectively  $5782 \pm 358$  Kg,  $3.36 \pm 1.65\%$ ,  $3.12 \pm 0.42\%$  and  $489 \pm 305 \times 10^3$  cells/ml. Several factors significantly ( $P < 0.05$ ) affect milk production. Indeed, the highest milk production is observed during the year 2020. When the THI increases, the drop of milk production is greater ( $-0.18\text{kg/d}$ , per THI point). Multiparous cows produce more milk than primiparous cows, with higher yields at peak lactation ( $30.0$  kg/d) and a lower persistence coefficient ( $95.6\%$ ). Cows calved in winter produced more milk ( $+22\%$ ;  $P < 0.05$ ) than cows calved in summer. The interval between calving to the first insemination (IV-IA1), calving to fertilizing insemination (IV-IAF) and calving interval (IVV) were  $87.4 \pm 28.2$  days,  $134 \pm 71$  days and  $425 \pm 75$  days respectively. The success rate in 1<sup>st</sup> insemination (TRIA1) and three or more insemination, as well as number of inseminations per conception were respectively  $29.1 \pm 18.5\%$ ,  $9.7 \pm 5.5\%$  and  $2.11 \pm 1.6$ . In conclusion, control of breeding conduct, in particular the heat detection technique, is essential to improve the productivity of the Holstein cow raised in an intensive production system in a hot Tunisian climate.

**Key words:** Cattle breeding, milk production, heat stress, season, calving month

**Résumé** - Ce travail consiste à étudier les performances productives et reproductives des vaches de race Holstein (n=77) élevées dans un système de production intensif en climat méditerranéen, ainsi que les facteurs de leurs variations. Les données météorologiques collectées entre 2017 et 2020 pour la région de Beja (Nord-Ouest de la Tunisie), ont révélé que les valeurs mensuelles moyennes de la température ambiante (Ta), humidité relative (HR) et de l'index température-humidité (THI), sont respectivement égales à  $19,7 \pm 1,24^{\circ}\text{C}$ ,  $73,69 \pm 3,42\%$  et  $66 \pm 1,74$ . Durant les 3 années d'étude, les vaches ont été exposées à une saison estivale chaude qui débutait au mois de juin (THI=76) et s'étend jusqu'au mois de septembre (THI=77). A 305 jours de lactation, la moyenne de production laitière, les teneurs du lait en matière grasse (MG) et en matière protéique (MP), ainsi que le comptage en cellules somatiques (CCS) étaient respectivement de  $5782 \pm 358$  kg,  $3,36 \pm 1,65\%$ ,  $3,12 \pm 0,42\%$  et  $489 \pm 305.10^3$  cellules/ml. Plusieurs facteurs affectent significativement ( $P < 0,05$ ) la production laitière. En effet, la production laitière la plus élevée est observée durant l'année 2020. Quand le THI augmente la chute de la production laitière est plus importante ( $-0,18$  kg/j, par point de THI). Les vaches multipares produisent plus de lait que les vaches primipares, avec des

rendements plus haut en pic de lactation (30,0 kg/j) et un coefficient de persistance plus bas (95,6%). Les vaches vèlées pendant l'hiver produisent plus de lait (+22 % ;  $P < 0,05$ ) que les vaches vèlées pendant l'été. Les intervalles vêlage 1ère insémination (IV-IA1), vêlage insémination fécondante (IV-IAF) et vêlage-vêlage (IV-V) ont été respectivement de  $87,4 \pm 28,2$ ,  $134 \pm 71$  et  $425 \pm 75$  jours. Le taux de réussite en 1<sup>ère</sup> IA (TRIA1) et en 3 IA et plus, ainsi que l'indice coïtale (IC) étaient respectivement de  $29,1 \pm 18,5\%$ ,  $9,7 \pm 5,5\%$  et  $2,11 \pm 1,6\%$ . En conclusion, la maîtrise de la conduite de reproduction, en particulier la technique de détection des chaleurs, est indispensable pour améliorer la productivité de la vache Holstein élevée dans un système de production intensif en climat tunisien chaud.

**Mots clés :** Elevage bovin, production laitière, stress thermique, saison, mois de vêlage

## 1. Introduction

La filière lait en Tunisie a connu des profondes transformations au cours de la dernière décennie, sous l'effet de la libéralisation des économies et de la globalisation des échanges. En effet, le gouvernement s'est orienté vers l'amélioration de la qualité au niveau de la production et de la collecte pour un produit plus compétitif (Rejeb-Gharbi et al., 2007). La maîtrise des coûts de production demeure un enjeu important et un paramètre clé pour analyser les différences de compétitivité entre exploitations, entre régions et entre pays. Récemment, Ayadi et al. (2019) rapportent que le coût de production de lait de vache en Tunisie varie en fonction de la taille d'exploitation et que le part de l'alimentation dans le coût de production d'un litre de lait représente au moyenne 69% des charges totaux.

En Tunisie, le cheptel bovin compte 412000 unités femelles dont presque 60% sont des races pures importées. Le cheptel bovin de race pure est constitué à raison de 96 % de Pie Noire-Holsteinisée, de 3 % de Brown Suisse et 1% d'autres races, telles que la Tarentaise, Montbéliarde et Fleckvieh (OEP, 2020). De ce fait, l'élevage en Tunisie s'est orienté vers l'élevage des races. Il est à signaler que le secteur organisé qui est composé des exploitations étatiques, semi étatiques et privés détient 86% du troupeau de race pure et réalise environ 82% de l'ensemble de la production laitière (Darej et al., 2017). Cependant, bien que ce secteur constitue une source de revenu importante pour les éleveurs tunisiens, sa rentabilité au cours des dernières années est de plus en plus discutée. Plusieurs facteurs affectent la productivité de la vache laitière, tel que, l'alimentation, le stade et numéro de lactation, mois de vêlage, saison, fréquence de traite...etc. (Ayadi et al., 2003 ; Ben Salem et al., 2007 ; Bouraoui et al., 2009 ; Ayadi, 2019).

En Tunisie il y'a différents systèmes d'élevage bovin laitier (Kayouli, 1995) : (i) élevage extensif ou traditionnel (ii) élevage intégré intensif et (iii) élevage semi-intégré ou hors sol. L'intensification du système de production laitier est en relation directe avec l'intégration de l'élevage dans le périmètre irrigué. Pour cela, la production fourragère annuelle varie selon l'étage bioclimatique de la région d'élevage bovin. En effet, dans les régions humides (950 à 1200 mm/ an) la production fourragère est basée essentiellement sur la quantité de précipitations annuelles surtout pendant la période hivernale. Alors que dans les régions subhumides (550 à 600 mm/an) la production fourragère est basée en plus de la quantité de précipitation annuelle sur une irrigation complémentaire surtout pour les cultures fourragères estivales. Par contre, dans les régions semi-arides supérieure (350 à 500 mm/an), l'élevage bovin laitier est intégré dans le périmètre irrigué avec une production fourragère basée essentiellement sur l'irrigation presque durant toute l'année.

Récemment, la Tunisie a souffert des années sèches avec une baisse modérée de précipitation annuelle et une augmentation de température ambiante, qui a affecté la productivité de la vache ainsi que la disponibilité fourragère (OEP, 2020). Dans le cadre de la stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture et des écosystèmes aux changements climatiques, des projections ont été construites pour la Tunisie aux horizons 2030 et 2050 (ONAGRI, 2020). En effet, on doit s'attendre à une augmentation moyenne annuelle de la température sur l'ensemble du pays d'environ  $+1,1$  °C en 2030 et  $+2,1$  °C en 2050. Cette augmentation de la température se traduit par une période de stress thermique plus longue (4 à 5 mois) qui affecte négativement la productivité de la vache laitière (Bouraoui, 2015). Également, nous prévoyons en 2030 une augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches, une baisse modérée des précipitations et une diminution du cheptel (bovin, ovin et caprin) jusqu'à 80% dans les régions du centre, du Sud, et presque 20% dans la région du nord du pays. Pour cela, les ressources en eau doivent être au cœur du développement de l'élevage bovin en Tunisie et doit donc être pleinement intégrées aux réflexions sur la durabilité du secteur. Dans ce contexte de stress thermique et hydrique, quelle stratégie nous devons adopter pour l'élevage bovin en Tunisie ?

Cependant, très peu de travaux sont disponibles concernant la variabilité des paramètres de production (quantité et qualité) et de reproduction (fertilité et fécondité) de la vache laitière de race Holstein élevée en climat méditerranéen dans ce nouveau contexte de changement climatique.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Présentation du site d'étude

La ferme est située dans la région de Beja Nord, qui se trouve à 4 km de la ville de Beja et à 100 km de Tunis. La région de Beja Nord fait partie de l'étage bioclimatique humide avec une pluviométrie annuelle égale en moyenne à 875 mm durant les dix dernières années. La quantité moyenne annuelle de précipitation enregistrée dans la région de Beja Nord, durant les trois années d'étude sont de 601 mm (2017-2018), 783 mm (2018-2019) et 688 mm (2019-2020). Le climat de cette zone est typiquement méditerranéen par l'alternance de deux saisons : une saison humide et fraîche en hiver et une saison sèche et chaude en été. Le site d'étude est l'Unité de Contrôle et de Production Agricole (UCPA) El-Montassar. L'UCPA El Montassar couvre une surface totale de 592 hectares, avec une surface agricole utile (SAU) de 538 ha. Les principales activités agricoles de cette unité est la grande culture, l'élevage bovin laitier de race Holstein ainsi que l'élevage ovin à viande de race Noire de Thibar. Cette ferme occupe une surface de 50 ha réservée à la culture fourragère pour l'élevage bovin (avoine, sulla et bersim).

### 2.2. Collecte des données météorologiques

Une base de données, composée des enregistrements de température ambiante ( $T_a$ , °C) et humidité relative (HR, %) est collectée entre 2017 et 2020 à partir des valeurs moyennes mensuelles de l'Institut National de Métrologie de Tunisie pour la région de Beja, Nord-Ouest de la Tunisie.

Les valeurs moyennes de la  $T_a$  et HR ont servi pour calculer l'index température-humidité (THI) comme suit :  $THI = 1,8 * T_a - (1 - RH) * (T_a - 14,3) + 32$  (Kibler, 1964).

Par la suite les données de THI ont été fusionnées avec les données de production laitière, en attribuant à chaque contrôle laitier des vaches, les enregistrements météorologiques mensuels de la région.

### 2.3. Animaux et conduite d'élevage

La ferme possède un cheptel de 77 vaches laitières de race Holstein, conduit d'une manière exclusivement intensive, dans une étable à stabulation libre sur aire paillée avec un type de rationnement collectif. En effet, elles sont réparties en différents lots selon leurs performances laitières (niveau de production) et le stade physiologique (gestante, tarie). Ce cheptel est alimenté par une ration de base qui est variable selon les périodes, qui est constituée par l'ensilage (avoine) et le foin (avoine) distribués durant toute l'année et de la verdure (Sulla ou bersim) distribuée durant la période hivernale (janvier au mai). En effet, il n'y a pas de production de fourrage vert durant la période estivale. Le cheptel reçoit aussi le concentré pour vache laitière durant toute l'année. Selon les calendriers fourragers des trois années d'étude (2017-2020), la disponibilité fourragère a été affectée par la diminution de la quantité annuelle de précipitation ce qui a affecté d'une part le stock du fourrage ensilé et d'autre part la quantité et la qualité du fourrage vert distribué.

Les vaches sont traitées, dans une salle de traite (type Heringbonne 2 × 8), deux fois par jour (3:00 et 15:00). Les caractéristiques de la machine à traire sont : un niveau de vide de 48 kPa ; une vitesse de pulsations de 60 pulsations par minute et un rapport de pulsation de 60:40. La routine appliquée au cours de la traite mécanique des vaches Holstein est la suivante : (i) nettoyage des trayons et la base de la mamelle avec du savon, (ii) essuyage avec une lavette sèche, (iii) traite des premiers jets pour visualiser la présence de grumeaux dans le lait, (iv) pose des gobelets et extraction du lait par traite, (v) débranchement des gobelets et trempage des trayons dans une solution désinfectante à base d'iode (Polycide, Laboratoires Interchem, Tunis, Tunisie).

### 2.4. Collecte et description des données

Les données de la production laitière durant les 3 années d'étude (2017-2020) ont été collectées à partir des contrôles laitiers réalisés par l'office d'élevage et de pâturages (OEP) du gouvernorat de Béja. En effet, les données analysées représentent 213 lactations réalisées entre 2017 et 2020. Pour chaque lactation, on dispose du numéro de la vache, de la durée de lactation, de la production laitière, de la production au pic, des teneurs en matière grasse (MG), en matière protéique (MP) et du comptage de cellules somatiques (CCS). Le score de cellules somatiques (SCS) a été calculé selon la formule suivante :  $SCS = \log_2 (CCS/10^5) + 3$  (Rekik et al., 2008).

D'autre part, la courbe de lactation durant la campagne agricole 2019-2020 a été déterminée. De plus, la forme de cette courbe est décrite à partir de deux variables : le niveau de production au pic de lactation (Kg) et la persistance (%). Pour cela, le coefficient de persistance (CP) est calculé selon la formule suivante :

$CP (\%) = 100 - \text{Perte du lait}$

$\text{Perte du lait} = ((PL_n - PL_{n+1})/n)$  ;  $PL$  : production laitière et  $n$  : mois du contrôle)

La collecte des données sur la reproduction, d'une façon générale, a été réalisée à partir d'une consultation des rapports d'activités de bureaux de contrôle, des cahiers d'inventaires du cheptel bovin et en particulier

des fiches appropriées des vaches laitières. En effet, ces fiches contiennent d'une part les enregistrements concernant les dates des chaleurs observées, des inséminations, de la confirmation de gestation et des vêlages prévus. Les paramètres de reproduction calculés sont l'intervalle vêlage première insémination (IV-IA1), l'intervalle vêlage insémination fécondante (IV-IAF), l'intervalle vêlage-vêlage (IVV), taux de réussite première insémination (TRIA1), pourcentage des vaches inséminées 3 fois et plus (IA3 et plus) et l'indice coïtal (IC). Les données ont été collectées à partir de l'année 2017 jusqu'à l'année 2020. Les paramètres de fertilité et de fécondité ont été calculés selon la méthodologie de Hanzen et al. (1994).

### 2.5. 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:

$$Y_{ijklmn} = \mu + V_i + M_j + A_k + NL_l + SV_m + e_{ijklm}$$

Où :

$Y_{ijklmn}$  = performance laitière.

$\mu$  = Moyenne générale.

$V_i$  = Vaches

$M_j$  = Effet fixe du mois de contrôle (1<sup>ère</sup> au 12<sup>ème</sup> mois)

$A_k$  = Effet fixe de l'année du contrôle (1<sup>ère</sup> au 3<sup>ème</sup> année)

$NL_l$  = Effet fixe du numéro de lactation (1<sup>ère</sup> lactation, 2<sup>ème</sup> lactation et 3<sup>ème</sup> lactation)

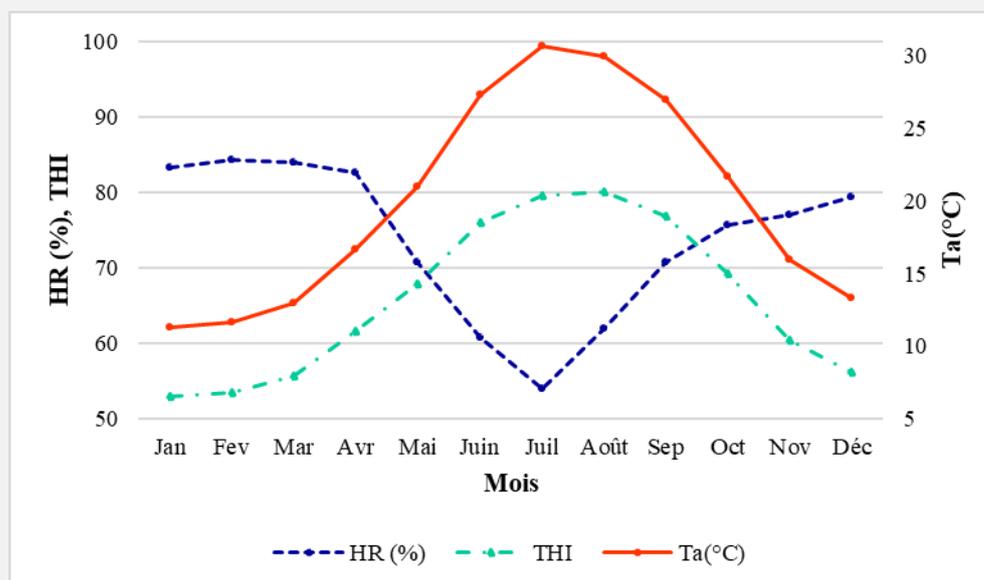
$SV_m$  = Effet fixe de la saison de vêlage (hiver : décembre - janvier et été : juillet - aout).

$e_{ijklm}$  = Erreur résiduelle aléatoire.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Description générale des données météorologiques

Les données collectées, sur les trois années d'étude (2017-2020), ont révélé que les valeurs mensuelles moyennes de Ta, HR et de THI sont respectivement de  $19,97^{\circ}\text{C} \pm 1,24$ ,  $73,69\% \pm 3,42$ , et  $66 \pm 1,74$  (Figure 1). Les valeurs moyennes de Ta et THI les plus élevées ont été enregistrées pendant le mois de Juillet ( $30,66^{\circ}\text{C}$  et 80) alors que les valeurs les plus faibles ( $11,33^{\circ}\text{C}$  et 53) sont enregistrées pendant le mois de Janvier.



**Figure 1.** Valeurs moyennes mensuelles de l'Index Température-Humidité (THI), de l'humidité relative (%) et de la température ambiante (Ta, °C) dans la région de Beja du Nord-Ouest de la Tunisie durant les trois années d'étude (2017-2020).

Pendant la période d'été, le climat méditerranéen au nord de la Tunisie est influencé par le Sirocco, un vent sec et très chaud entraînant une hausse soudaine de la température ambiante (NIC, 2009). Cette hausse de température engendre une augmentation de l'évaporation et, par conséquent, une diminution de l'humidité relative. En effet, HR tend à être inversement proportionnelle à Ta et THI, avec un pic pendant le mois de février (HR=84,33%) et une valeur minimale enregistrée pendant le mois de juillet (HR=54%).

Durant les 3 années d'étude, les vaches laitières ont été exposées à une saison estivale chaude qui débutait au mois de juin (Ta = 27,3 °C, THI = 76) et persistait jusqu'au mois de septembre (Ta = 27 °C, THI = 77).

Les valeurs de Ta et de THI durant cette période indiquent que les vaches étaient en condition de stress thermique. En effet, Berman et al. (1985) et Kadzere et al. (2002) ont montré que le seuil de la température supérieure critique est de 25-26 °C au-delà de laquelle la production laitière et la qualité du lait commencent à être altérées.

Des mesures spécifiques devaient être prises lorsque le THI dépassait la valeur seuil de 70, telles que la mise à disposition d'abris ombragés, essentielles pour le bien-être des animaux d'élevage. Silanikove (2000) et Bouraoui et al. (2013) ont établi un seuil critique de 72, montrant qu'en Tunisie pendant la saison estivale, les vaches Pie-noire Holsteinisées étaient exposées à un stress thermique entre juin (THI = 75 ± 0,8) et septembre (THI = 75 ± 0,7). On peut conclure que ces résultats coïncident avec notre étude et que les vaches laitières ont été élevées sous des conditions environnementales induisant un stress thermique, de juin à septembre.

## 3.2. Evaluation des performances productives de la vache de race Holstein :

### 3.2.1. Description générale des données

La moyenne de la production laitière journalière à 305 jours de lactation, composition chimique et comptage des cellules somatiques (CCS) du lait de la vache de race Holstein dans la ferme El Montassar durant les trois

**Tableau 1.** Moyenne de la production laitière, taux butyreux (TB), taux protéique (TP) et comptage des cellules somatiques (CCS) du lait de la vache de race Holstein durant les trois années d'étude (2017-2020) dans l'UCPA Montassar (n=77).

Compagne	2017-2018		2018-2019		2019-2020	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Production laitière par vache présente (Kg /jours)	14,84	3,85	15,42	4,15	16,94	4,05
Production laitière par vache en lactation (Kg /jours)	17,48 <sup>ab</sup>	2,65	18,50 <sup>b</sup>	2,95	20,60 <sup>c</sup>	2,15
Production laitière à 4% de matière grasse (Kg/ jours) <sup>1</sup>	16,11	2,70	16,86	3,00	18,22	2,90
Production laitière à 305 jours de lactation (Kg)	5420 <sup>ab</sup>	365	5643 <sup>b</sup>	425	6281 <sup>c</sup>	285
Taux butyreux (%)	3,37	1,65	3,41	1,56	3,28	1,80
Taux protéique (%)	3,27	0,42	3,01	0,39	3,09	0,45
Cellules somatiques (Cellules/ml x 10 <sup>3</sup> )	518	275	450	325	526	315
Score des cellules somatiques (SCS)	5,71	5,44	5,65	5,51	5,72	5,50

années d'étude sont présentées dans le Tableau 1.

<sup>1</sup> : Lait à 4% de TB = 0,4 x PL + 15 x PL x TB (PL : production laitière et TB : taux butyreux).

<sup>abc</sup> : les moyennes qui sont sur la même ligne avec la même lettre ne sont pas significativement différents (P > 0,05)

En effet, la production laitière par vache en lactation varie de 7,00 à 29,00 litres/jour avec une moyenne journalière de 18,97 ± 1,6 litres. La valeur moyenne obtenue dans notre travail est proche des valeurs obtenues par Rekik et al. (2009), pour la même race bovine, mais cette valeur reste nettement supérieure aux résultats obtenus par Ben Youness et al. (2011) et Bellagi et al. (2017) pour des vaches de race Holstein élevées dans les conditions tunisienne. D'autre part, la moyenne de la production laitière à 305 jours de lactation de la vache Holstein élevée dans cette ferme durant la campagne agricole 2019-2020 (6281 Kg) dépasse de 1206 kg la moyenne nationale de la production laitière de la même race issue du contrôle laitier (OEP, 2020). Les taux butyreux (3,36± 1,65 %) et protéique (3,12± 0,42 %) obtenus dans notre travail (Tableau 1.) sont presque similaires à ceux trouvés pour des vaches de race Holstein élevées en Tunisie (Bouraoui et al., 2002; Ben Younes et al. 2011). Ces taux sont inférieurs aux valeurs obtenues par Bellagi et al. (2017) pour des vaches de race Tarentaise ; par Bouraoui et al. (2009) et Brahmi et al. (2022) pour des vaches de race Brune des Alpes et Montbéliardes et par Ayadi et al. (2020) pour des vaches locale-croisée en Tunisie. D'autre part, les taux butyreux et protéiques obtenus dans notre travail restent inférieurs à la moyenne nationale (TB = 3,67% et TP = 3,22%) pour la vache de race Holstein issu du contrôle laitier (OEP, 2020).

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) des vaches de race Holstein élevées dans la ferme El Montassar durant les trois années d'étude varie de 385.000 à 820.000 cellules/ml avec une moyenne de 498 ± 305.10<sup>3</sup> cellules/ml, et un score de cellules somatique (SCS) de 5,69 ± 3,48.

L'écart type élevé du CCS traduit une forte hétérogénéité de la qualité du lait produit. La moyenne de CCS trouvée dans ce travail est inférieure à celle rapportée par Ben Salem et al. (2006), pour des vaches de race Holstein (560.10<sup>3</sup> cellules/ml) élevées dans la région du Nord-Ouest de la Tunisie et légèrement supérieure à celle trouvée par Garrouri (2008) qui est de 426.10<sup>3</sup> cellules/ml. Selon Ayadi et al. (2020), la moyenne du comptage du lait en cellules somatiques (CCS) des vaches locale-croisée (*Brune de Atlas x Frisonne*) en

Tunisie est de  $256.10^3$  cellules/ml. Cette valeur est nettement inférieure aux valeurs obtenues dans notre travail, confirmant la capacité d'adaptation aux conditions du milieu et la rusticité des populations bovines locale-croisée aux problèmes des mammites. D'autre part, la valeur moyenne de CCS est à la norme Tunisienne (NT-14-141-2004) d'acceptation du lait par l'industriel (500 à  $600.10^3$  cellules/ml).

### 3.2.2. Facteurs de variation des paramètres de production laitière :

Les résultats obtenus dans notre travail montrent que la production laitière par vache en lactation varie selon les années d'étude. En effet, la moyenne de la production laitière journalière, par vache en lactation et celle corrigée à 4% de matière grasse, la plus élevée est observée durant la campagne agricole 2019-2020 alors que la plus faible, est obtenue au cours de la campagne 2017-2018 (Tableau 1). Cette différence peut être expliquée par une défaillance au niveau de maîtrise de la conduite alimentaire, en particulier la quantité et la qualité des fourrages distribués (ensilage d'avoine) durant la campagne agricole 2017-2018, suite à la diminution de la quantité annuelle de précipitation enregistré durant cette année.

D'autre part, la production laitière varie significativement ( $P < 0,05$ ) selon le mois du contrôle ou la saison (Figure 2). En effet, l'évolution de la production durant l'année est presque la même pour les trois années d'étude, avec une augmentation significative ( $P < 0,05$ ) au printemps, en particulier aux mois de mars et avril et une diminution pendant la saison estivale (juillet et Aout). D'après Bouraoui et al. (2002), la production laitière est négativement corrélée avec les THI moyens journaliers. En effet, lorsque le THI passe de 68 à 78, la production laitière des vaches Holstein élevées dans le centre de la Tunisie baisse de 21%. Brahmi et al (2022), stipulent que la production la plus élevée est enregistrée pendant le mois de Mars 22,52 kg/j pour une valeur de THI=56 et une diminution de production pendant le mois d'Aout avec une production de 19.58 pour un THI=80 (-0.15kg /j par une élévation d'un point de THI).

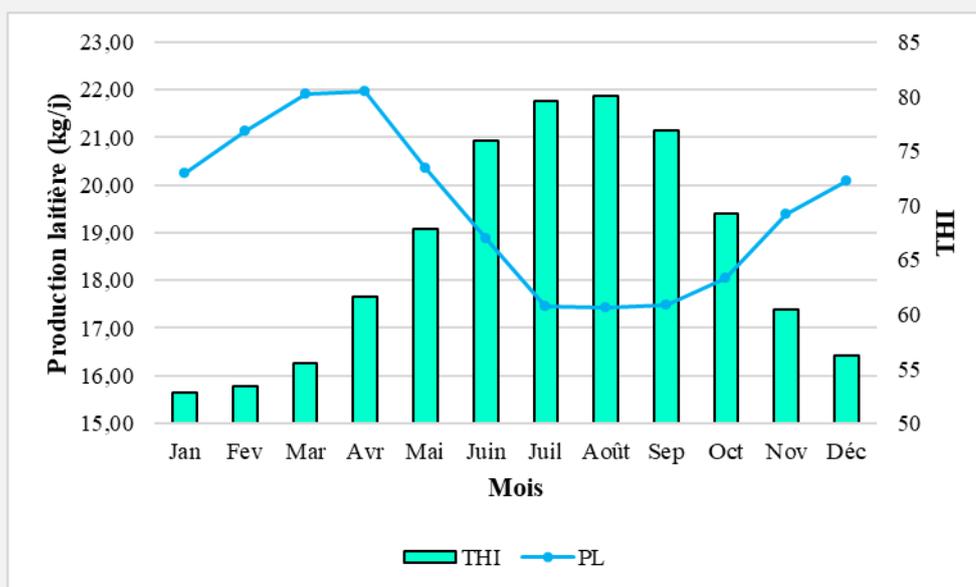


Figure 2: Variation mensuelle de la production laitière et du THI durant les trois années d'étude (2017-2020).

De même, Bouraoui et al. (2013) ont enregistré une diminution de la production chez des vaches Pie-noire Holsteinisées élevées aussi au centre de la Tunisie pendant les mois d'août et septembre, la production par vache passe de 19,6 kg/j au mois de mars à 15,7 kg/j en moyenne aux mois d'août et septembre ; soit une diminution de 28 % pour des valeurs de THI passant de 60 en mars à 79 en août.

Du Preez et al. (1990) et Itoh et al. (1998) soulignent que l'exposition des vaches laitières à des valeurs élevées de THI entraîne une réduction de la production laitière de 10 à 34%.

Smith et al. (2013) ont trouvé que la production laitière chez les vaches Holstein passe de 35,6 à 34,2 kg/j (-3,9%) lorsque le THI dépasse la valeur seuil de 72.

Bernabucci et al. (2002) ont aussi noté que pendant la saison estivale, le potentiel productif des vaches laitières était réduit de 10 % par rapport au printemps (26,7 vs 29,5 kg/j, respectivement). De même, nos résultats corroborent ceux obtenus par Bouraoui et al. (2002) concernant l'évolution mensuelle de la production laitière chez la vache de race Holstein élevée en Tunisie. De plus, ces résultats coïncident en partie avec ceux rapportés chez la vache 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 (Ayadi et al., 2020).

Dans le même cadre, Bouraoui (2015), rapporte qu'un environnement chaud et humide affecte non seulement la production laitière mais aussi la qualité du lait. La composition chimique du lait, obtenue dans notre travail, a varié selon le mois de contrôle laitier. En effet, pendant la saison estivale les matières grasses et les matières protéiques du lait étaient plus faibles que pendant la saison printanière (3,26 et 2,95% contre 3,56 et 3,12%, respectivement). Ces résultats coïncident avec ceux rapportés par Bouraoui et al. (2002) et Rejebet al. (2012) pour des vaches de race Holstein, par Bellagi et al. (2017) pour des vaches de race tarentaise et par Brahmi et al. (2021) pour des vaches de race Brune des alpes et Montbéliarde élevées en Tunisie et exposées à des conditions du stress thermique.

Durant la campagne agricole 2019-2020, l'effet du numéro de lactation, sur la production laitière par vache et par lactation, sur la durée de lactation, le pic de lactation, le coefficient de persistance et la teneur du lait en MG et MP ainsi que le CCS est présenté dans le Tableau 2. En effet, les vaches multipares (3<sup>ème</sup> lactation) produisent plus du lait (+18,2%,  $P < 0,05$ ) que les primipares. Cette augmentation de la quantité du lait jusqu'à la troisième lactation a été observée aussi, chez la vache laitière de race Holstein par Caja et al. (2004). Les variations de la production avec le numéro de lactation s'expliquent à la fois par la variation corporelle, par l'augmentation du volume du tissu mammaire durant les premières gestations et ensuite par le vieillissement normal du tissu (Pougheon et Goursaud, 2001). D'autre part, la forme d'une courbe de lactation peut se décrire à partir de deux variables : le niveau de production au pic (Kg) et la persistance de la lactation (%). En effet, les vaches primipares (1<sup>ère</sup> lactation) produisent des rendements plus bas ( $P < 0,05$ ) en pic de lactation que les vaches multipares (3<sup>ème</sup> lactation) (Tableau 2). De plus les vaches multipares atteignent leur pic plus tôt durant la lactation que les primipares. La persistance de la lactation donne une idée sur la manière dont la production laitière se maintient durant la lactation. En effet, elle est calculée comme le pourcentage de la production d'un mois sur celle du mois précédant (Roumeas et al., 2014). Selon les résultats obtenus dans notre travail la persistance de la lactation tend ( $P=0,07$ ) à être plus élevée chez les vaches primipares (97,4%) que les multipares (Tableau2). Ceci coïncide avec les résultats de Boujenane (2010), qui a trouvé que la courbe de lactation est généralement plus plate chez une vache primipare, avec un pic de lactation moins élevé et une plus grande persistance de 94-96% par rapport aux lactations suivantes (89%). De plus, nos résultats corroborent en partie avec les travaux de Gadoud et al. (1992), qui ont trouvé que, après le pic de lactation, la production laitière diminue de presque 4 à 6% d'un mois à l'autre. D'autre part, la teneur du lait en MG et MP ainsi que le CCS ne varie pas significativement ( $P>0,05$ ) selon le numéro de lactation.

**Tableau 2:** Variation des paramètres de production laitière selon le numéro de lactation de la vache de race Holstein durant la campagne agricole 2019-2020.

	1 <sup>ère</sup> lactation		2 <sup>ème</sup> lactation		3 <sup>ème</sup> lactation	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Durée de lactation (jours)	268	95	273	105	296	98
Production laitière par vache et par lactation (Kg)	5960 <sup>ab</sup>	1065	6340 <sup>b</sup>	985	6652 <sup>c</sup>	1145
Production du lait au pic de lactation (Kg)	20,9 <sup>ab</sup>	5,0	21,0 <sup>b</sup>	5,5	29,6 <sup>c</sup>	4,5
Coefficient de persistance (%)	97,4	-	96,8	-	95,6	-
Taux butyreux (%)	3,30	1,00	3,25	1,25	3,12	1,50
Taux protéique (%)	3,15	0,50	2,96	0,45	3,05	0,50
Cellules somatiques (Cellules/ml x 10 <sup>3</sup> )	576	355	493	295	528	386
Score des cellules somatiques (SCS)	5,76	5,55	5,69	5,47	5,72	5,59

<sup>abc</sup>: les moyennes qui sont sur la même ligne avec la même lettre ne sont pas significativement différents ( $P > 0,05$ ).

Le mois de vêlage affecte significativement ( $P < 0,05$ ) la production laitière des vaches. En effet, la moyenne de la production laitière journalière des vaches vêlées pendant l'hiver (décembre et janvier) est de 28,2 Kg, avec une production au pic de lactation de 32,5 Kg. Par contre, les vaches vêlées pendant l'été (juillet et août) ont une moyenne de production laitière journalière de 17,93 Kg avec une production journalière au pic de lactation de 23,0 Kg. Les résultats obtenus dans notre travail coïncident avec ceux rapportés par Soumri et Bedhiat-Romdhani (2017) pour des vaches de race Holstein élevées en Tunisie. Ils ont trouvé que le vêlage des vaches au mois de décembre est très avantageux pour la production laitière. De plus ils ont signalé que cet effet est le même pour des vaches primipares que multipares.

### 3.3. Evaluation des paramètres de reproduction de la vache de race Holstein dans l'UCPA Montassar.

Il faut signaler que l'année, la saison de vêlage et le numéro de lactation n'affectent pas ( $P > 0,05$ ) les paramètres de reproduction du troupeau étudié. Les paramètres de fécondité de la vache de race Holstein sont présentés dans le Tableau 3. Le délai de mise à la reproduction (IV-IA1) des vaches Holstein est presque le même durant les 3 années d'études avec une moyenne de  $87,4 \pm 28,2$  jours. Cette valeur reste légèrement supérieure à l'objectif d'avoir un délai de mise à la reproduction des vaches entre 45 et 70 jours. En effet,

nos résultats sont presque similaires à ceux rapportés par Ben Salem et al. (2007), chez la vache de race Holstein en Tunisie. Par contre, ces valeurs sont inférieures à celles obtenues chez la même race en Algérie

**Tableau 3** : Performances de reproduction (fécondité et fertilité) de la vache de race Holstein durant les trois années d'étude (2017-2020).

Compagne	2017-2018		2018-2019		2019-2020	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
<b>Paramètres de fécondité</b>						
<b>Intervalle vêlage 1<sup>ère</sup> insémination (jours)</b>	88,3	28,0	88,6	30,0	85,2	26,5
<b>Intervalle vêlage-insémination fécondante (jours)</b>	138,2	65,0	124,1	78,0	139,6	68,0
<b>Intervalle vêlage- vêlage (jours)</b>	421,2	82	439,1	78	414,2	65
<b>Paramètres de fertilité</b>						
<b>Taux de réussite en première insémination (%)</b>	35,5	9,6	26,7	6,2	25,1	6,8
<b>Pourcentage des vaches à trois inséminations et plus (%)</b>	12,5	6,5	8,7	5,2	7,8	4,8
<b>Indice coïtale (unités)</b>	2,02	1,6	1,97	1,5	2,35	1,8

(152 jours, Bouamra et al., 2016), mais elles restent supérieures à celles obtenues chez la vache de race Brune des Alpes (78 jours) et Montbéliardes (73 jours) élevées dans les conditions tunisienne (Bouraoui et al., 2009).

D'autre part, la moyenne de l'IV-IAF ( $134 \pm 71$  jours) obtenue dans notre travail est inférieure à celle obtenue par Ben Salem et al. (2007) chez la vache de race Holstein (149 jours), mais supérieure à celle rapportée par Bouraoui et al. (2009) pour les vaches de race Montbéliarde (96 jours) en Tunisie ainsi que les valeurs trouvées par Ghazlane et al. (2003) en Algérie, et Kiers et al. (2006) en France pour des vaches de race Holstein. En effet, on considère que dans un troupeau, il ne doit pas y avoir plus de 25% de vaches fécondées à plus de 110 jours et que l'intervalle moyen du troupeau doit être inférieure à 100 jours. Pour cela, la maîtrise de la conduite de la reproduction, en particulier, la détection des chaleurs, est indispensable afin de réduire l'IV-IAF.

L'objectif de n'importe quel éleveur d'élevage bovin est d'avoir un veau par an ou un intervalle vêlage-vêlage (IVV) proche de 365 jours. En effet, l'IVV des vaches Holstein est presque le même durant les 3 années d'études avec une moyenne de  $425 \pm 75$  jours. Cette valeur est inférieure à la moyenne nationale pour la vache de race Holstein issu du contrôle laitier (456 jours ; OEP,2020). Par contre, l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) obtenu dans notre cas est presque similaire à celui rapporté par Ben Salem et al. (2007) (429 jours) et par Garrouri (2008) (439 jours) chez la vache de race Holstein élevée dans les conditions tunisienne ainsi que Bouamra et al. (2016) (423 jours) pour la même race en Algérie. Par contre, les paramètres obtenus dans notre travail sont supérieurs à ceux obtenus chez la vache de race Brune des Alpes (411 jours) et Montbéliarde (368 jours) en Tunisie (Bouraoui et al., 2009). Pour cela, la réduction de l'IVV est une priorité absolue pour l'éleveur afin d'augmenter la rentabilité de l'exploitation agricole.

Les paramètres de fertilité de la vache de race Holstein sont présentés dans le Tableau 3. En effet, le taux de réussite en première insémination (TRIA1) est un critère important dans la mesure de fertilité du troupeau. En effet, Chbat (2012), rapporte qu'un taux de réussite en 1<sup>ère</sup> insémination (TRIA1) moyen de 55 à 60% pour un IV-IAF de 80 jours peut être considéré comme satisfaisant. Le TRIA1 obtenue dans notre travail varie de 13,5% à 55,0% avec une moyenne de  $29,1 \pm 18,5$  %. Ce taux est largement inférieur à celui obtenu par Ben Salem et al. (2007) chez la vache de race Holstein en Tunisie (40%) et par Bouamra et al. (2016) chez la même race en Algérie (72%). Dans le même cadre, le TRIA1 varie en fonction de la race. En effet, une légère supériorité du TRIA1 de la race Montbéliarde (67%) par rapport à la race Brune des Alpes (63%) (Bouraoui et al., 2009 ; Bouamra et al., 2016). Le faible TRIA1 observé dans notre travail peut être expliqué par la difficulté de détection des vaches en chaleur (matin et soir) et le respect de l'heure de l'IA après la fin de chaleur (8-12 heures).

Pour cela, il faut donner une importance capitale à la surveillance des vaches en chaleurs, et dans le cas échéant, maîtriser les cycles sexuels par des traitements hormonaux (synchronisation des chaleurs) afin d'inséminer les vaches au moment opportun.

Le pourcentage des vaches inséminées 3 fois et plus (IA3 et plus) correspond au taux global des vaches à problèmes de fertilité. Il s'agit de l'ensemble des vaches ayant eu besoin d'au moins trois inséminations, des vaches demeurées non gravides, des vaches non revenues en chaleur et des vaches à intervalle de vêlage à saillie fécondante supérieur à 110 jours. En moyenne, le pourcentage des vaches inséminées 3 fois et plus, obtenu dans notre travail, est de  $9,7 \pm 5,5$ %. Ceci confirme en partie que les vaches de race Holstein de la ferme EL Montassar ne présentent pas un vrai problème de fertilité. En effet, ce pourcentage est presque

similaire au taux rapporté par Bouamra et al. (2016) chez la vache de race Holstein en Algérie. Par contre, il est largement inférieur à celui rapporté par Ben Salem et al. (2007) chez la même race en Tunisie (31,5%). L'indice coïtal (ou index de fertilité) est le nombre d'inséminations naturelles ou artificielles nécessaires à l'obtention d'une gestation. Selon Hanzen (2008), un indice coïtale inférieur à 2,0 est considéré comme normale pour la vache laitière. La moyenne de l'IC ( $2,11 \pm 1,6$ ) des 3 années d'étude est presque similaire à l'indice obtenu par Ben Salem et al. (2007) pour la vache de race Holstein en Tunisie (IC=2,18), par contre il est largement supérieur à celui rapporté par Bouamra et al. (2016) sur la même race en Algérie (IC=1,41). D'autre part, les résultats obtenus dans notre travail sont proches de ceux rapportés par Bouraoui et al. (2009) chez la vache de race Brune des Alpes en Tunisie (IC= 2,27).0

## Conclusion

La quantité de production de lait, la qualité et la santé de la mamelle de la vache de race Holstein élevée dans la ferme Montassar est acceptable selon les normes Tunisienne. Par contre, les paramètres de fécondité et de fertilité des vaches ne sont pas totalement acceptables. En effet, l'augmentation du taux de réussite de la 1<sup>ère</sup> insémination et la réduction de l'intervalle vêlage insémination fécondante sont indispensables pour améliorer les paramètres de reproduction des vaches Holstein élevées dans un système de production intensif en climat tunisien chaud.

## Références :

- Ayadi M, Abidi S, Brahmi E, Souli A (2020).** Relationship between udder morphology, milk production and machine milking management of local-crossbreed cows in Northern Tunisia. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 75(3), 4410-4418.
- 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. *Journal of Dairy Science*, 86:2352-2358.
- Ayadi M, Dhraiy S, Ben Youssef, B (2019).** Détermination du coût de production du lait de vache dans la région de Beja, Nord-Ouest de la Tunisie. VII<sup>ème</sup> Congrès International de Biotechnologie et de Valorisation des Bioressources. 20-23 Mars 2019. Tabarka, Jendouba, Tunisia. pp.20.
- 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
- Bellagi R, Martin B, Chassaing C, Najar T, Pomiès D (2017)** Evaluation of heat stress on Tarentaise and Holstein cow performance in the Mediterranean climate. *International Journal of Biometeorology* volume 61, pages1371–1379.
- Ben Salem M, Bouraoui R, Chebbi I, (2007).** Tendances et identification des facteurs de variation des paramètres de reproduction chez la vache laitière en Tunisie. *Rencontres Recherche Ruminant*, 14:371.
- Ben Salem M, Djemali M, Kayouli C and 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 Salem. M, Bouraoui R, (2008)** «Heat Stress in Tunisia: Effects on dairy cows and potential means of alleviating it», *South African Journal of Animal Science* 39.
- Ben Younes R, Ayadi M, Najar T, Caccamo M, Schadt I, 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.
- Berman A, Folman YM, Kaim M, Mamen Z, Herz D, Wolfenson A, Graber Y, (1985)** Uppercritical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a tropical climate. *J. Dairy Sci.* 68 :488–495.
- Bernabucci U, Lacetera N, Ronchi B, Nardone A, (2002)** Effects of the hot season on milkprotein fractions in Holstein cows. *Anim. Res.* 51:25-33.
- Bouamra M, Ghozlane F et Ghozlane M K (2016)** Facteurs influençant les performances de reproduction de vaches laitières en Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 28 (4)
- Boudjnane I, (2010)** La courbe de lactation des vaches laitières et ses utilisations Institut Agronomique et Vétérinaire Hassen II l'espace Vétérinaire N°92 Mai-Juin.
- Bouraoui R, Rekik B, Ben Gara A (2009)** Performances de reproduction et de production laitière des vaches Brunes des Alpes et Montbéliardes en région subhumide de la Tunisie. *Livestock Research for Rural Development*. 21 (12).

- Bourouai R, (2015)** Effet du stress thermique sur la vache laitière en Tunisie. Presses Académiques Francophones ISBN: 978-3-8416-3532-7
- Bourouai R, Ben Salem M, Rekik B et Jbira H (2013)** « Impact du stress thermique sur les performances des vaches laitières de race Holstein au centre de la Tunisie ». Livestock Research for Rural Development 25 (4).
- Bourouai 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», journal Animal Research 51 479-491.
- Brahmi E, Souli A, Ben Attia M, Ayadi M. (2021).** Productive performance of Brown-Swiss and Montbéliarde dairy cows in a hot Mediterranean climate. Page 215, 44<sup>th</sup> Argentine Congress of Animal Production 17-19 November, Balcarce, Buenos Aires, Argentine.
- Brahmi E, Souli A, Saidani F, Ben Attia M, Ayadi M (2022).** Relation entre l'index température-humidité et la production laitière des vaches Holstein en Tunisie. Page 83, 31<sup>eme</sup> congrès international de l'ATSB, 21-24 Mars, Hammamet, Tunisie.
- 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.
- Charbel Chbat (2012).** Comparaison des pratiques et des résultats de reproduction des vaches laitières au Liban et au France.
- Darej C, M'hamdi N, Moujahed N, Kayouli C (2017).** Performances économiques des fermes laitières du secteur organisé en Tunisie. Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, Pages 23 à 28.
- Du Preez JH, Hatting PJ, Giesecke, WH, Eisenberg BE (1990)** Heat stress in dairy cattle and other lives to ckunder Southern African conditions. III. Monthly temperature-humidity index mean values and their significance in the performance of dairy cattle. Onder step oort. J. Vet. Res. 57:243-248.
- Rejeb-Gharbi F, Lahsoumi R, Gouhis F, Rached Z (2007).** Rentabilité économique de l'élevage laitier en Tunisie : cas des Gouvernorats de l'Ariana et de Mahdia. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 11 (3) : 211–223.
- Gadoud R, Joseph MM, Jussiau R, Lisberney MJ, Mangeol B, Montmeas L, Tarrit A, Danvy JL, Drogul C, Soyer B (1992).** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage, collection INRAP. Editions Foucher, 10-17p.
- Garrouri M. (2008)** Résultats des performances de la base de sélection en Tunisie. Journée de l'amélioration de la productivité et la qualité du lait, PAMED, 24 à 26 juin 2008 Yasmine El Hammamet, pp 11.
- Ghozlane F, Yakhlef H, Yaici S (2003).** Performances de reproduction et de production laitière des bovins laitiers en Algérie. Annales de l'institut agronomique-el Harrach-Vol.24, N°1 et 2: 55-68.
- Ghozlane F Yakhlef H, Allane M, Bouzida S (2003)**Evaluation de la Durabilité des Exploitations Bovines Laitières de la Wilaya de Tizi-Ouzou (Algérie). NEW MEDIT N. 4.
- Hanzen C. (1994).** Etude des facteurs de risque de l'infertilité et des pathologies puerpérales et du postpartum chez la vache laitière et la vache viandeuse. Thèse Doc., Faculté médecine vétérinaire Liège, Belgique, 172 p.
- Hanzen CH. (2008)** - Pathologie infectieuse de la glande mammaire Facteurs d'élevage. Université de Liège, Belgique,30 p.
- Itoh F, Obara Y, Rose MT, Fuse H (1998)** Heat influences on plasma insulin and glucagon in responses to secretogogues in non lactating dairy cows. Domest. Anim. Endocrinol. 15: 499-510.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E (2002)** Heat stress in lactating dairy cows: areview. Livest. Prod. Sci.77 :59-91.
- Kayouli, C. (1995)** Study of Dairy Cattle Sector in Tunisia. TSS1-TUN/94/01T-001/AGAM-FAO, April May.
- Kibler HH. (1965)** Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by eight physiological responses. University of Missouri Agricultural Experiment Station, Research Bulletin, 120862,1-42.
- Kiers B. (2005)** Analyse des résultats de reproduction d'élevages bovins laitiers suivis avec le logiciel VETOEXPERT. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire Diplôme d'état. Présentée et soutenue publiquement en 2005 devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.
- NIC (2009)** North Africa: the impact of climate change to 2030 (selected countries). In: Special report. NIC 2009-07D, pp1–56
- OEP (2020)** Office d'élevage et de pâturages (Rapport annuelle). <http://www.oep.nat.tn>
- ONAGRI (2020)** Observatoire nationale de l'agriculture <http://www.onagri.nat.tn/>

- Pougheon S, et Goursaud J (2001).** Le lait et ses constituants caractéristiques physicochimiques, In :Debry, G. Lait, nutrition et santé, Tec & Doc, Paris, 342 p.
- RejebH (2012)** Particularités des paysages agraires des gouvernorats de Sousse, Monastir, Mahdia, Kairouan et Sfax.
- Rejeb M., Najar, T, Ben M'rad, M (2012).** The effect of heat stress on dairy cows' performance and animal behaviour. International Journal of Plant Animal and Environnemental sciences. 3 29-34.
- Rejeb-Gharbi F, LahsoumiR, GouhisF, Rached, Z (2007).** Rentabilité économique de l'élevage laitier en Tunisie : cas des Gouvernorats de l'Ariana et de Mahdia. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 2007 11 (3), 211–223.
- Rekik B, Ajili N, Bel Hani H, Ben Gara A and Rouissi H (2008)**Effect of somatic cell count on milk and protein yields and female fertility in Tunisian Holsteins cows. Livestock Science 106 ,309-317.
- Roumeas A, Gaudilliere N, Dubief F, Adam H, Belot P-E, Delaby L (2014)** Pic de lactation, persistance et lien avec les performances de reproduction de vaches Montbéliarde en Franche-Comté .3R
- Silanikove, N (2000).** Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livest. Prod. Sci. 67:1-18.
- Smith D,L Smith, T Rude BJ, Ward, SH (2013)**Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somaticcell score in Holstein and Jersey cows. J. Dairy Sci. 96:3028-3033.
- Soumri N et Bedhiaf-Romdhani S (2017)** Caractérisation du potentiel laitier de la vache Holstein Frisonne en Tunisie et actualisation des coefficients d'ajustement. Annales de l'INRAT, Volume 90.