

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamide Ben
Badis-Mostaganem
Faculté des sciences de la
nature et de la vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par :

BASLIMANE DJAMEL EDDINE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : GENETIQUE ET REPRODUCTION ANIMALE

THÈME

**L'effet de l'epigénétique sur la production
et reproduction de la vache laitière dans
la région de GURRARA W.GHARDAIA**

Soutenu publiquement le 26/06/2018

DEVANT LE JURY :

Président : Mr NEBBACHE Salim

Encadreur : Mme FASSIH Aicha

Examineurs : Mr TAHRI Miloud

Dédicace

Tout d'abord, je remercie le bon dieu de m'avoir donner le courage et la patience pour accomplir ce travail.

Je le remercie pour me soutenir dans l'obtention du Master et je le remercie pour toutes les b.n.dictions que je ne peux pas appr.cier... Merci Allah.

Je remercie mes parents qui m'ont soutenus et m'ont encouragés . tout le long de mon cursus et qui prient pour moi, Que DIEU leurs accorde une belle vie et les garde pour toujours.

je remercie mes professeurs qui m'ont soutenus et donnée des conseils tout au long de mon parcours.



baslimane djamel eddine

Résumé :

Cette étude analyse l'effet d'épigénétique essentiellement de la température sur la production laitière du point de vue quantité et la reproduction de point de vue la fertilité dans une ferme située dans la région Guerrara de wilaya de Ghardaïa .

La recherche a concerné le suivi de production laitier 53 vaches laitières de la race Holstein (pied noir et pied rouge) qui ont le même âge et même stade de lactation et un poids vif.

Les résultats obtenu sur (épigénétique précisément: température) influe significativement sur la production laitière moyenne journalière et significativement sur la quantité des paillettes consommée aux normes international.

Mots clés : épigénétique , température , vache , production de lait , fertilité ,

Abstract

This study analyzes the effect of epigenetic essentially temperature on milk production in terms of quantity and reproduction of fertility point of view in a farm located in the Guerrara region of Ghardaia wilaya.

The research involved the monitoring of milk production of 53 dairy cows of the Holstein breed (black foot and red foot), which has the same age and the same stage of lactation and a living weight that is approaching.

The results obtained in evidence that the factor studies (precisely epigenetic: temperature) has a significant influence on the average daily milk production and significantly on the quantity of flakes consumed to international standards.

Key words: epigenetics, temperature, cow, milk production, fertility,

تلخيص :

هذه الدراسة تبين تأثير العوامل الخارجية (خاصة درجة الحرارة) على انتاج الحليب من حيث الكمية وكذلك على خصوبة الأبقار عند مزرعة إخوان خرفي في منطقة القرارة ولاية غرداية .

الأبحاث التي قمنا بها حول انتاج الحليب ل53 بقرة حلوب من سلالة (الأولشتاين السوداء والحمراء) من نفس العمر ومن نفس مرحلة الرضاعة وكذلك من حيث تقارب الوزن .

من خلال الدراسات حول تأثير درجة الحرارة المرتفعة جدا والمنخفضة كثيرا على انتاج الحليب أوضحت النتائج أنه يوجد تغير كبير من حيث الإنتاجية (انخفاض كميات انتاج الحليب) وكذلك الخصوبة (استهلاك للقاحات عن طريق التلقيح الاصطناعي) حسب المقاييس الدولية .

كلمات مفتاحية : العوامل الخارجية , درجة الحرارة , بقرة , انتاج الحليب , الخصوبة .

SOMMAIRE

<i>Dédicace</i>	1
<i>Résumé</i>	2-3
LES TABLEAUX	6
LES FIGURES	7
INTRODUCTION	8
ETUDE BEBLIOGRAPHIE	10
CHAPITRE 1 : ENVIRONNEMENT DU BOVIN LAITIER	10
1. <i>Thermo-neutralité et zone de confort thermique</i>	10
2. <i>Diagramme de thermorégulation</i>	10
3. <i>Température critique inférieure (LCT) et Température critique supérieure (UCT)</i>	11
4. <i>Conditions de confort thermique pour les bovins</i>	12
5. <i>Bilan de la zone confort thermique des bovins</i>	13
6. <i>Indices d'évaluation de l'environnement thermique</i>	13
7. <i>Relation entre stress thermique et processus de thermorégulation</i>	14
CHAPITRE 2 : IMPACT DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR LES BOVINS LAITIERS	17
1. <i>Effet sur le métabolisme général</i>	18
2. <i>Effet sur la production laitière</i>	19
3. <i>Effet sur l'ingestion de la matière sèche</i>	22
4. <i>Effet sur la reproduction</i>	
CHAPITRE 3 : ABREUVEMENT CHEZ LES BOVINS LAITIERS	23

1. Facteurs de variation de la quantité d'eau bue.....	26
2. Taux de matière sèche de la ration.....	27
3. La température d'eau bue	

PARTIE EXPERIMENTALE.....34

CHAPITRE 1 MONOGRAPHIE DE LA REGION D'ETUDE...34

1. Situation géographique.....	34
2. Le milieu physique.....	35
3. Caractéristiques climatiques	35
4. Pluviométrie.....	35
5. Température.....	35
6. Les vents.....	36

CHAPITRE 2 MATERIEL ET METHODES.....37

1. Matériel animale	37
2. Objectif.....	37
3. Matériel technique.....	37
a) <u> Calcul de (THI).....</u>	<u>37</u>
b) <u> Prise de température rectale (T° rec).....</u>	<u>37</u>
4. Poids des vaches.....	38
5. Enregistrement des quantités d'eau bues.....	39
6. Evaluation de la production laitière.....	39

CHAPITRE 3 RESULTATS ET DISCUSSION.....40

1. Effectif bovin.....	40
2. Bâtiments d'élevage.....	40
3. Période et intensité du stress thermique au niveau du site d'étude.....	40
4. L'influence de THI sur la température rectale	43
5. La production laitière en fonction des valeurs THI.....	44
6. L'évolution de quantités d'eau bues au niveau des 05 exploitations	46

Conclusion.....	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	49

LES TABLEUX

Tableau 1 :Tableau récapitulatif des formules de calcul de l'index température humidité (THI)(KHELIL-ARFA, 2012).

Tableau 2: Besoins en eau d'une vache en fonction de son stade physiologique et la température du milieu.(WOLTER, 1997)

Tableau 3: Quantités d'eau consommées en fonction de la ration de base, en litres par kilo de matières sèches ingérées (l/ kg de MSI)(MEYER et DENIS, 1999).

Tableau 4 : Equations de prédiction de l'eau bue existantes selon différents auteurs (KHELILARFA, 2012).

Tableau 5 : Répartition des données climatiques par mois (O.N.M Ghardaïa, 2008)

Tableau 6 : Variation mensuelle de la température et du THI (moyens 1996-2005)(O.N.M

LES FIGURES

Figure 1 : Représentation de la production de chaleur en fonction de la température ambiante, mettant en évidence la zone de thermo-neutralité,(D'après TOUTAIN, 1989)

Figure 2 : Classement du THI en quatre catégories de valeur (CAPDEVILLE, 2008)

Figure 3 : Relation entre température, humidité relative et zones de stress de chaleur chez les bovins(ARMSTRONG, 1994)

Figure 4 : Courbes de lactation selon les mois de vêlage (avril, août, décembre)(BARASH et al, 2001)

Figure 5: Effet de la chaleur sur la production laitière(BERMAN et MELTZER, 1973)

Figure 6: Evolution de la fertilité en fonction de la température dans un troupeau de vache laitière en Floride (USA). (THATCHER, 1974).

Figure 7 :Taux de réussite de l'insémination à l'index température-humidité (THI) (MORTON et al., 2006)

Figure 8 :Les flux du bilan eau d'une vache laitière (KHELIL-ARFA, 2012).

Figure 9 : Influence de la teneur en matière sèche de l'herbe sur l'ingestion d'eau d'une vache laitière (CABRERA-ESTRADA, 2003).

Figure 11 : Situation de ferme (source google maps 2018)

Figure 12 : Localisation de ferme (source google maps 2018)

Figure13 : Présentation d'un bassin d'abreuvement

Figure 14 : Evolution des valeurs mensuelles du THI dans la région de Ghardaïa

Tableau 14 : Variation des conditions climatiques durant la période de suivi dans la région d'étude

Figure 15 : Variation mensuelle de la température rectale des vaches et des valeurs THI

Figure 16 : Evolution de la production laitière des 05 exploitations en fonction des valeurs THI

Figure 17 : Variation mensuelle des quantités d'eau bues et des valeurs THI

INTRODUCTION

En Algérie, l'élevage bovin laitier a été retenu comme axe majeur pour la fourniture de protéines animales. Cependant, la production laitière nationale ne couvre actuellement que 18% des besoins usuels (MADR, 2009).

Pour combler le déficit, l'état a eu recours, depuis de nombreuses années, à l'importation de poudres de lait. En 2009, la production de lait cru n'a pas dépassé les 2,45 milliards de litres alors que l'Office National Interprofessionnel du Lait (ONIL) a importé 120.000 tonnes pour un montant de 862,76 millions de dollars (MADR, 2009).

Sur la base d'un niveau de consommation de 110 litres/hab/an en vigueur en Algérie, la production laitière nationale ne représente que 38,5% des besoins totaux des algériens pour l'année 2007 (INRA – ONIL, 2008).

D'après plusieurs études les performances zootechniques des vaches en Algérie sont généralement mauvaises. Le CIZ (centre d'information zootechnique) rapporte un rendement laitier moyen de 13.01 Kg/ vache traite / jour sur l'ensemble des exploitations contrôlées durant la campagne 2001-2002.

Par ailleurs, l'augmentation de la demande mondiale pour les produits d'origine animale conjuguée au réchauffement climatique font que l'efficacité d'utilisation des ressources en eau devient un enjeu pour l'élevage.

L'étude dès l'évaluation génétiques permet de comprendre l'influence de l'épigénétique (facteurs de conduite d'élevage et du milieu) sur la production de la vache laitier .

L'objectif de cette étude consiste à

identifier et à connaître l'effet des différents facteurs épigénétiques sur la production des bovins laitiers, afin de mettre en évidence la relation entre les paramètres de l'épigénétique et les pratiques de l'élevage adoptées dans l'exploitation bovine familiale

Même si en élevage, pour les espèces aviaires, porcines et bovines, les besoins en eau pour la transformation des produits, l'abreuvement et l'entretien des animaux sont très faibles et ne représentent que 0,6 % de toute l'eau douce utilisée (eau bleue)(FAO,

2009), ou 1 à 2 % du volume d'eau total nécessaire à la production de lait (GERBENS-LEENES et al., 2011)

Dans ce même ordre d'idée, notre travail se propose de faire une étude de l'impact des conditions d'élevage en zones arides (la région de Ghardaïa), notamment la conduite de l'alimentation et les facteurs climatiques (température et humidité) sur l'évolution de la production laitière, et sur le comportement alimentaire en relation avec la production de lait.

Dans une première partie, une synthèse relative à l'environnement thermique des bovins laitiers et à l'influence du stress thermique sur ses performances zootechniques et de son abreuvement, a été réalisée.

Dans une deuxième partie, nous avons abordé la méthodologie mise en œuvre et la présentation du cadre d'étude, les résultats obtenus et une discussion générale.

La présente étude, réalisée dans la région de Ghardaïa *Guerrara, reflète les conditions réelles de nos fermes avec tout ce que ceci implique sur la maîtrise des paramètres. Il ne s'agit pas d'une expérience planifiée et contrôlée mais d'un diagnostic d'une situation d'élevage dans cette région.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE :

CHAPITRE 1 : ENVIRONNEMENT DU BOVIN LAITIER

1.1. Thermo-neutralité et zone de confort thermique

Les paramètres d'ambiance sont très importants à prendre en compte pour assurer des niveaux de production élevés. Les facteurs importants doivent être mis en considération dans l'évaluation de l'environnement thermique d'un bovin.

1.1.1 Diagramme de thermorégulation

BLIGH et JONSHON (1973), la zone de thermo-neutralité est la gamme de température pour laquelle la thermogénèse est à son minimum et la thermolyse se fait uniquement par des processus physiques autres que l'évaporation (sudation et augmentation de la fréquence respiratoire).

Le diagramme de la figure 01 représente la production de chaleur en fonction de la température ambiante en différenciant les zones selon les efforts de thermorégulation effectués par l'animal à différentes températures.

La zone de thermo-neutralité est divisée en trois zones (figure 01) : optimum, « cool » et « warm ». La zone optimale est le champ de températures pour lesquelles la productivité et les performances sont les meilleures. En zone « cool », la chaleur produite n'est pas modifiée mais l'animal conserve l'énergie qu'il produit. En zone « warm », la chaleur produite reste minimale et aucun processus évaporatif n'est mis en route pour perdre de la chaleur.

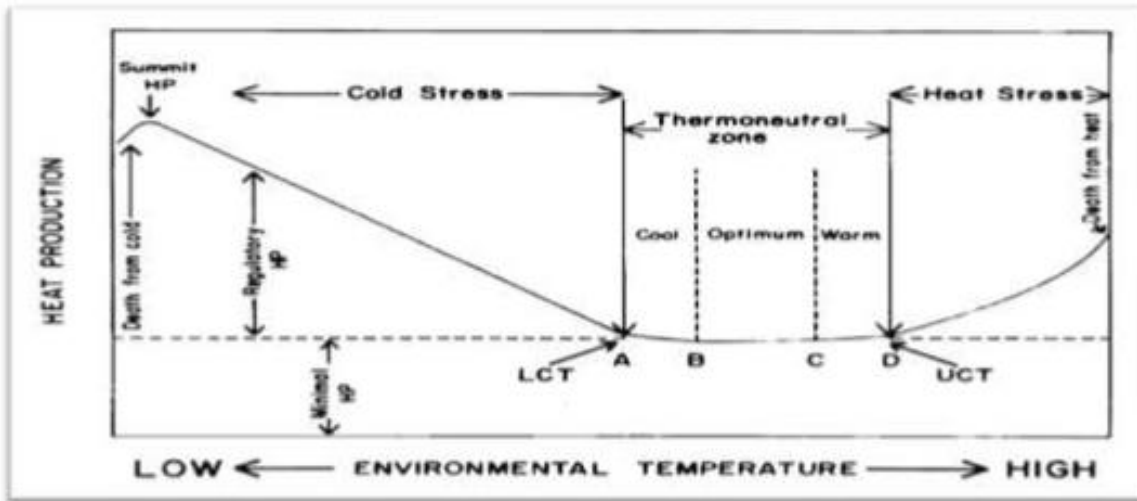


Figure 1 : Représentation de la production de chaleur en fonction de la température ambiante, mettant en évidence la zone de thermo-neutralité,(D'après TOUTAIN, 1989)

Ces zones, ainsi délimitées, peuvent être modifiées au cours d'une journée pour un même bovin ou peuvent être différentes entre les races bovines(MORAND et DOREAU, 2001).

Lorsque le ruminant est en phase postprandiale, une quantité d'extra chaleur est produite et doit être exportée. En conséquence, la zone de confort est déplacée vers des températures plus basses. De même, cette zone de confort se déplace vers les basses températures chez les ruminants à fort potentiel de production qui ont des niveaux d'ingestion élevés.

1.1.2. Température critique inférieure (LCT) et Température critique supérieure (UCT)

- ✓ La température critique supérieure (UCT =Upper Critical Temperature) est la température ambiante au-dessus de laquelle l'animal doit, à court terme, augmenter sa thermolyse insensible pour parer à l'augmentation de sa température corporelle.
- ✓ La température critique inférieure (LCT =Low Critical Temperature) est la température en deçà de laquelle l'animal doit augmenter sa production de chaleur, cette augmentation a une limite : le métabolisme de sommet.

Aux extrémités du diagramme, on trouve les limites létales de température. La limite létale par le froid est assez controversée, certains auteurs pensent qu'elle est

extrêmement basse pour les bovins avec un apport important en énergie dans la ration. La limite létale par la chaleur est très variable, elle se trouve aux alentours de 40/42°C pour les bovins adultes et dépend du niveau d'alimentation, de l'acclimatation préalable du bovin et de la race (CAPDEVILLE, 2008).

1.1.3. Conditions de confort thermique pour les bovins

Le terme micro-climat est utilisé pour désigner la combinaison des facteurs physiques, chimiques et biologiques affectant la qualité de l'air dans les bâtiments d'élevage ou autres lieux confinés où sont susceptibles de se trouver les bovins. On y retrouve l'influence de la ventilation, de l'isolation, de l'humidité mais aussi celle des gaz présents dans l'air (ammoniac dû aux urines, CO₂ respiratoire...).

Les facteurs physiques de l'environnement, importants dans la prise en compte du bien être des bovins laitiers, sont la température de l'air, l'humidité, le vent et les radiations solaires.

- ✓ La température de l'air, aussi appelée « dry bulb temperature » est définie comme la température indiquée par un thermomètre sous abri, c'est la donnée la plus souvent utilisée.
- ✓ L'humidité relatif (HR%) est le second facteur, s'exprime en pourcentage de vapeur d'eau dans l'air, et l'un des facteurs déterminants dans la perte de chaleur par évaporation chez les ongulés domestiques.
- ✓ La vitesse du vent diminue lorsque le courant d'air se rapproche du sol. Il est donc important de mesurer ce paramètre à hauteur des animaux, en effet, une vitesse d'air d'environ 1m/sec diminue la température ressentie de 1.2 à 1.8°C (AUPIAIS et al., 1999).
- ✓ Les radiations sont de deux origines : celles provenant du soleil et celles provenant de l'environnement (le toit, le sol...). La mesure des radiations provenant de l'environnement est difficile car elle dépend du type de matériaux, de l'exposition...
- ✓ Les gaz présents dans le milieu sont aussi pris en compte dans l'établissement de l'environnement climatique, les niveaux de Dioxyde de Carbone (CO₂), d'ammoniac jouent un rôle dans le bien être lié à l'ambiance.

1.1.4. Bilan de la zone confort thermique des bovins

Le contrôle de l'environnement thermique des bovins est d'une importance majeure en élevage afin d'assurer des conditions de vie optimales pour des productions optimales. Par exemple, lorsque la température ambiante augmente, la lutte contre la chaleur est difficile, la température critique supérieure est atteinte et la production de l'animal (lait, gain de poids...) est alors réduite (MORAND et DOREAU, 2001).

La température est donc un indicateur essentiel dans la définition du confort thermique des bovins. On peut délimiter une zone de confort thermique uniquement basée sur des valeurs de température. Ce sont les valeurs précédemment citées de LCT et UCT. La température idéale pour l'élevage des bovins se situe aux alentours de 20°C pour des bovins adultes (ARTONGADE et al., 1999).

1.1.5. Indices d'évaluation de l'environnement thermique

L'Index d'Humidité et de Température, (THI = Temperature Humidity Index) a été initialement créé pour évaluer le confort des vaches laitières. C'est un index permettant d'évaluer l'environnement des vaches en élevage laitier afin d'étudier l'impact de cet environnement sur la production laitière.

Le THI, comme index environnemental en élevage laitier, permet de modéliser l'impact d'une exposition prolongée à un environnement climatique particulier sur la production laitière. Il est exprimé en degrés Fahrenheit et prend en compte la température ambiante (dry bulb temperature comme définie précédemment) et l'humidité (humidité relative = RH).

$$\text{THI} = 0.81 \times \text{Tdb} + \text{RH} (\text{Tdb} - 14.4) + 46.4 \text{ (CAPDEVILLE, 2008).}$$

D'un point de vue climatique, un THI de 72 (température de 23°C et humidité relative de 70% environ) permet une bonne performance de production laitière. Cet index n'est adapté qu'aux vaches laitières et ne prend pas en compte les autres facteurs, tel que la radiation solaire

Dans la littérature, il existe plusieurs équations de calcul du THI. Néanmoins, elles sont toutes originaires d'une équation unique destinée à caractériser la zone de confort thermique chez l'homme THOM (1959). (tableau 1)

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des formules de calcul de l'index température humidité (THI) (KHELIL-ARFA, 2012).

Sources	Espèces	Formule de THI
THOM, (1959)	Homme	$THI1 = (0,4 * (Tdb + Twb)) * 1,8 + 32 + 15$
BIANCA, (1962)	Homme	$THI2 = (0,15 * Tdb + 0,85 * Twb) * 1,8 + 32$
BIANCA, (1962)	Bovins en chambre climatique	$THI3 = (0,35 * Tdb + 0,65 * Twb) * 1,8 + 32$
KIBLER, (1964)		$THI4 = 1,8 * \text{Température} - (1 - RH) * (\text{température} - 14,3) + 32$
NRC, (1971)		$THI5 = (0,55 * Tdb + 0,2 * Tdp) * 1,8 + 32 + 17,5$
NRC, (1971)	Bovins a l'extérieur Oklahoma	$THI6 = (1,8 * Tdb + 32) - (0,55 - 0,0055 * RH) * (1,8 * Tdb - 26,8) = 0,81 * Tdb + 0,143 * RH + 0,0099 * RH * Tdb + 46,3$
NRC, (1971)	Homme, USA	$THI7 = (Tdb + Twb) * 0,72 + 40,6$

YOUSSEF, (1985)	Bovin	$THI8 = Tdb + 0,36 * Tdp + 41,2$
WEST (1994)		$THI9 = Tdb - (0,55 - 0,55 RH) (Tdb - 58) \text{ ou } Tdb = (\text{Température } ^\circ\text{C} + 9/5) + 32$
MADER et al., 2006)		$THI10 = (0,8 * Tdb) + ((RH/100) * (Tdb - 14,4)) + 46,4$

Tdb: dry bulb temp (température sec), °C ; Twb= wet bulb temperature (température humide), °C ; dp : dew point temperature (température de point de rosé), °C ; RH : humidité relative, %.

1.1.6. Relation entre stress thermique et processus de thermorégulation

Le stress thermique débute lorsque l'animal fait des efforts physiologiquement inhabituels pour s'adapter à son environnement. C'est-à-dire, lorsque l'animal entre en

hypothermie ou en hyperthermie, les processus de thermorégulation sont alors dépassés et l'homéostasie est rompue. Ces situations sont néfastes pour la santé du bovin et ses capacités de production. Une augmentation de 1°C provoque une diminution significative de la production laitière (WEST, 2003).

Les températures pour lesquelles la thermorégulation devient moins efficace sont difficiles à situer, puisque cette efficacité dépend de plusieurs autres paramètres. On peut citer pour des bovins adultes une température limite de 24-26°C au-delà de laquelle la température rectale augmente. (ARMESTRONG, 1994)

D'autres auteurs considèrent que même lorsque la température corporelle change, l'animal peut être considéré dans une zone de bien être lorsque ce changement ne dépasse pas une certaine limite. De nombreux travaux se basent sur l'index THI pour délimiter les zones de bien-être et de stress thermique. Cependant, les valeurs données diffèrent selon les auteurs. SILANIKOV, (2000) propose un index aux alentours de 70 pour le confort thermique, des valeurs de 75/78 sont stressantes et des valeurs dépassant 78 provoquent un stress extrême pour lequel le bovin, est incapable de maintenir sa température stable.

Dans cette définition le stress thermique commence avant le passage dans la zone d'hyperthermie représentent une zone de stress intense.

LEMERLE et GODDARD (1986) suggèrent que l'homéostasie et le bien-être sont assurés jusqu'à une valeur de THI de 80.

Il est aussi intéressant de voir dans les études menées sur les réactions au stress thermique, quels sont les niveaux de THI appliqués lors des expérimentations.

Dans l'étude menée sur l'effet du stress thermique sur la respiration et les valeurs des paramètres sanguins chez les moutons (SRIKANDAKUMAR et al., 2003), les animaux ont été soumis à un THI de 93 considéré comme un stress de chaleur induisant des réponses physiologiques mesurables.

Des bilans de ces études conduisent à établir des catégories de THI associées au degré de menace pour le bien être des bovins. La figure 2 représente ces quatre catégori

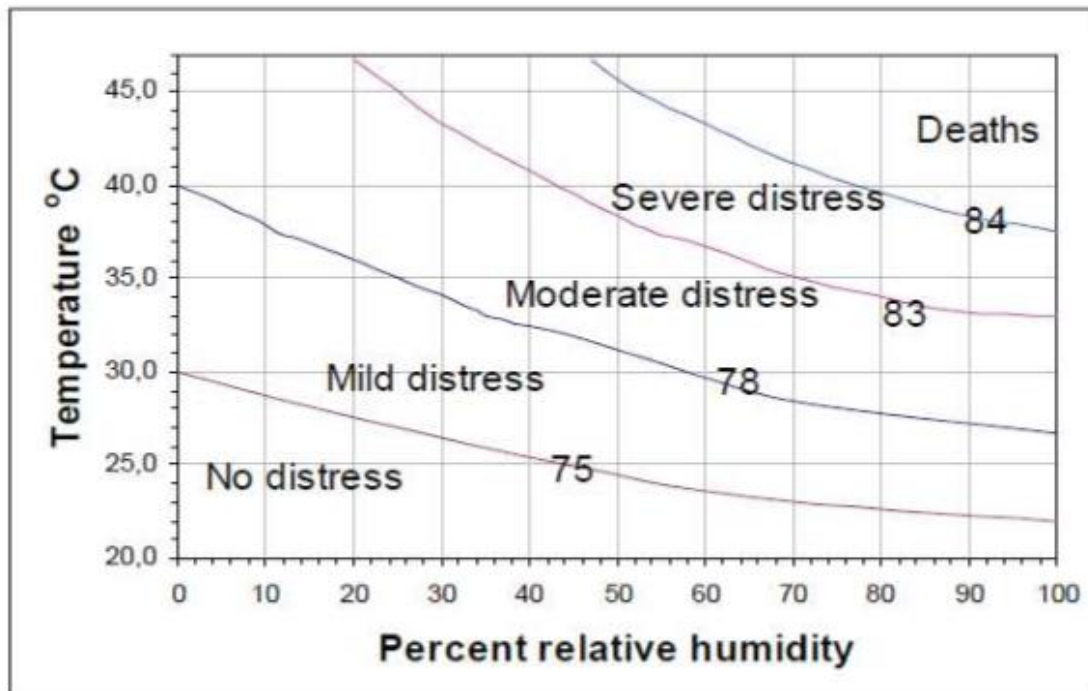


Figure 3 : Relation entre température, humidité relative et zones de stress de chaleur chez les bovins(ARMSTRONG, 1994)

CHAPITRE 2 : IMPACT DES CONDITIONS CLIMATIQUES SUR LES BOVINS LAITIERS

Le THI peut être utilisée comme paramètre pour établir l'existence d'un stress thermique. En effet, en cas d'augmentation du taux d'humidité de l'air, les échanges caloriques ne peuvent plus s'effectuer dans de bonnes conditions, puisqu'ils s'opèrent principalement par évaporation de « l'eau respiratoire ». Cet indice permet donc de quantifier efficacement le stress thermique(RAVAGNOLO et MISZTAL, 2000).

La sensibilité d'une vache au stress thermique dépend d'une multitude de facteurs : la race, le stade de lactation, le niveau de production, la parité, la consommation d'aliments et la composition de la ration, le logement, l'état corporel, le comportement (KADZERE et al., 2002).

Les vaches Prim-Holstein, hautes productrices (> 9 000 litres) en début de lactation et avec une parité de 1, 2 et 3 sont les plus sensibles : leur propre production de chaleur est deux fois plus intense que celle des vaches plus faibles productrices ou tarées.

Le stress thermique a un impact très négatif sur la production laitière, la reproduction et la santé des bovins laitiers (KADZERE et al., 2002; WEST, 2003; HANSEN, 2007).

D'après SHARMA et al., (1988), les températures permettant une production laitière optimale ne doivent excéder, à aucun moment de la journée, 19,4 °C. Sous de fortes températures, les vaches se trouvent dans un état d'inconfort, que l'on appelle stress thermique.

Le rendement laitier est affecté par le stress thermique lorsque les valeurs de THI sont supérieures à 72, ce qui correspond à une température ambiante de 22 °C et une humidité de 100%, (25 °C et 50% ou (28 °C et 20%) (DU PREEZ et al., 1990a).

Certains auteurs comme BERMAN et al., (1985) et FLAMENBAUM et EZRA, (2006) définissent la température maximum critique à 25°C, au-delà de laquelle on observe une diminution du métabolisme, ainsi qu'une détérioration progressive de la prise alimentaire, de la productivité, et des performances de reproduction chez les vaches laitières hautes productrices.

1.2.1. Effet sur le métabolisme général

La production laitière entraîne une production supplémentaire de chaleur liée au métabolisme spécifique de la mamelle ainsi qu'au métabolisme digestif induit par la plus forte ingestion, alors que la taille et la surface corporelle (permettant la dissipation de chaleur latente) ne changent pas avec la lactation. De ce fait, les vaches laitières produisent plus de chaleur que les vaches tarées et ont plus de difficultés à en dissiper dans des conditions de fortes températures et d'humidité (WEST, 2003).

Par voie de conséquences la réponse des vaches laitières au stress thermique se fait de différentes manières :

- ✓ la température corporelle s'élève (ARMSTRONG, 1994 ; ROSEN, 2003). D'autres indiquent l'augmentation de la T° rectale lorsque les vaches en lactation sont soumises à des températures supérieures de la zone de thermoneutralité (MOHAMED et JOHNSON, 1985), (ROMAN et al., 1977) et (WISE et al., 1988).

- ✓ la fréquence respiratoire s'accélère (ARMSTRONG, 1994 ; BERMAN et al., 1985 ; ROSEN, 2003) : Elle atteint plus de 50 à 60 mouvements par minute lorsque la température extérieure est supérieure à 25 °C et se réadapte progressivement par la suite (BERMAN et al., 1985). Et selon (KADZERE et al., 2002) l'augmentation de la fréquence respiratoire augmente en cas d'exposition à la chaleur : de 20 respirations par minute en période normale, elle passe au-delà de 100 en cas de stress thermique. Dès lors que l'on dépasse les 25 °C, on peut voir cette fréquence s'élever à 50 par minute.
- ✓ la concentration des hormones dans le sang est modifiée (ARMSTRONG, 1994), les hormones thyroïdiennes et le cortisol sont affectés par le stress thermique (MAGDUB et al., 1982, MULLER et al., 1994, WISE et al., 1988).
- ✓ les activités métaboliques et les besoins d'entretien sont modifiés, les pertes d'eau par évaporation sont amplifiées et la prise de boisson augmente (ARMSTRONG, 1994).

Les dépenses d'entretien à 35 °C augmentent environ de 20% par rapport aux conditions de thermoneutralité (NRC, 1981), et lors d'un stress thermique le métabolisme d'entretien s'accroît de l'ordre de 7 à 25% (NRC, 2002a).

En raison de la réduction de la consommation alimentaire et de l'augmentation des dépenses d'entretien, et malgré la baisse de la production de lait, le bilan énergétique des vaches laitières, hautes productrices, reste négatif (MOORE et al., 2005b).

1.2.2. Effet sur la production laitière

Les premiers signes du stress thermique sont une baisse de l'ingestion à raison de 0,85 kg de matière sèche par degré au-delà d'une valeur critique de THI de 72, une réduction du bilan énergétique et souvent une baisse du bilan azoté par manque de consommation. Il en découle une chute de la production laitière et une réduction de l'activité individuelle et sociale. En ce qui concerne les performances, on a rapporté des chutes de production pouvant atteindre 600 à 900 kg de lait par vache (WEST, 2003).

La ponction énergétique à des fins de thermorégulation est estimée à 30 % de l'énergie alimentaire consommée. Si le stress thermique s'intensifie, le prélèvement

peut être augmenté de 10 à 30 % selon les conditions corrélées à THI. La baisse de la production s'amplifie alors d'autant. De plus, il est observé une modification de la circulation sanguine périphérique à des fins de thermorégulation, ce qui se traduit par une réduction de la perfusion mammaire avec pour corollaire, là encore, une baisse de la production. (IGONO et al., 1992).

L'influence climatique s'exprime plus en début et milieu de lactation qu'en fin de lactation. C'est pour cela que les vaches qui vèlent pendant les mois chauds de l'été sont prédisposées à produire moins de lait pendant leur lactation (SHARMA et al., 1988).

L'étude menée par BARASH et al., (2001) a permis d'établir des courbes de lactation virtuelles, montrant que la meilleure production au 2ème mois (pic de lactation) était observée en février (47 kg/jour) et la plus basse en septembre (40,8 kg/jour, 86,8 %) (figure 4)

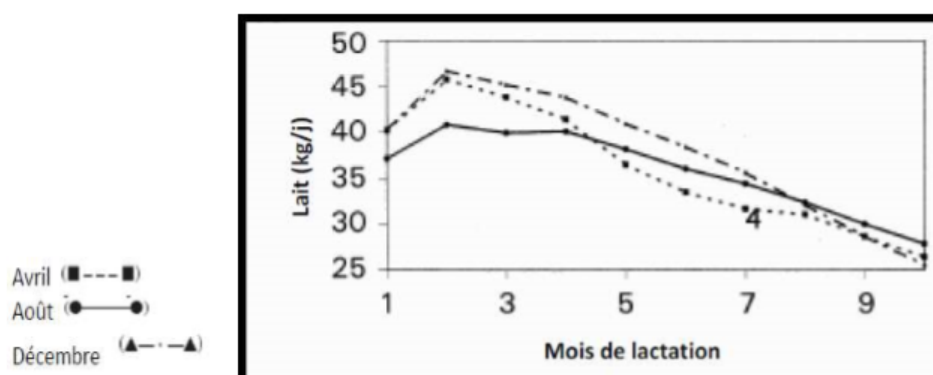


Figure 4 : Courbes de lactation selon les mois de vêlage (avril, août, décembre)(BARASH et al, 2001)

Cela peut s'expliquer par le fait que les vaches, lors du premier trimestre de lactation, ont une balance énergétique négative ou proche de zéro, et la baisse de prise d'énergie, due à une ingestion moindre, nuit à la production laitière (THATCHER, 1973).

La quantification directe de l'effet des conditions climatiques sur la production laitière est difficile, car elle est fortement affectée par l'alimentation et la conduite d'élevage (FUQUAY, 1981 ; THATCHER, 1974 et JOHNSON, 1976). Les vaches laitières hautement productrices sont les plus sensibles au stress thermique (CINCOVIĆ, 2010) et (ROSEN, 2003).

Cela peut s'expliquer par le fait que l'augmentation de la production laitière augmente la production de chaleur par le métabolisme (BARASH et al, 2001). Ainsi, sous des conditions de chaleur intense, la vache privilégie la thermorégulation par rapport aux autres fonctions ; telles que la production laitière, la croissance ou la reproduction. C'est la raison principale de la baisse de production (FLAMENBAUM, 1990).

Selon HRISTOV et al.,(2007), l'effet négatif du climat peut provoquer une diminution durendement laitier de l'ordre de 3 à 10%. Par ailleurs, (WEST, 2003) rapporte que la production de lait diminue de l'ordre de 33 à 50% quand la température ambiante dépasse 35° à 40°C.

Selon (DUBREUIL, 2000) la température idéale pour la production laitière oscille autour de 10 °C. À des températures de 20 à 30 °C, la production laitière diminue respectivement de 5% et 25%, l'ensoleillement a pour effet l'augmentation de la température ambiante d'une marge de 20 °Cetcela incommoder d'autant les animaux et leur production diminue.

BERMAN et MELTZER, (1973) mentionnent que la baisse de la production laitière en climat chaud est due, en grande partie, à la diminution de l'appétit sous la contrainte thermique. L'efficacité de la transformation des nutriments en lait diminue aussi avec la chaleur, et la qualité est affectée ;le lait de vache produit en milieu chaud contient moins de matière grasse. (figure 5)

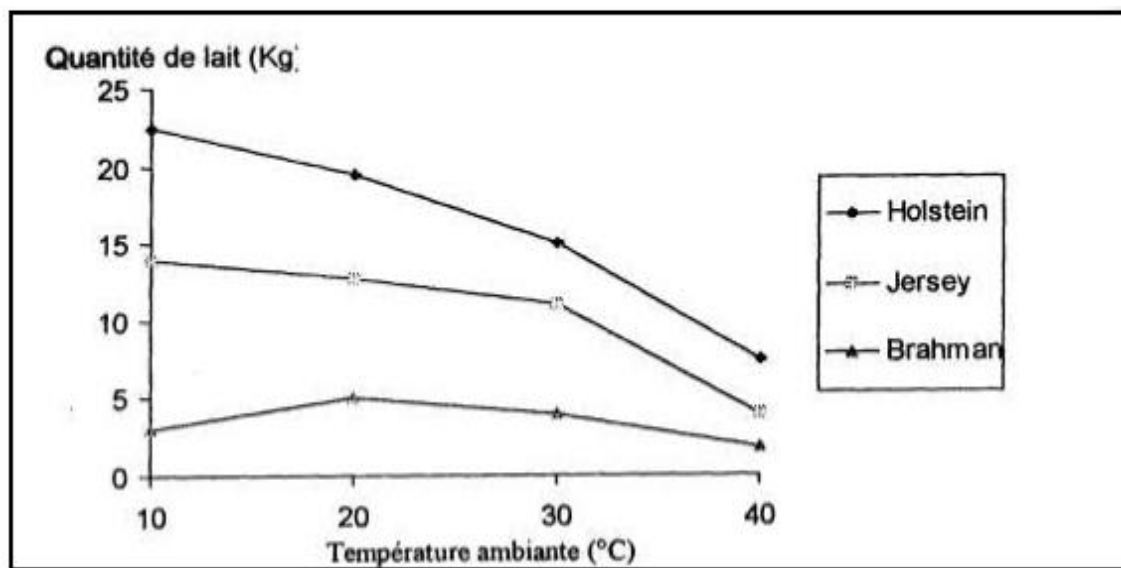


Figure 5: Effet de la chaleur sur la production laitière (BERMAN et MELTZER, 1973)

Plusieurs auteurs, comme ARMSTRONG, (1994), BERMAN et al., (1985), HER et al., (1988), ROSEN, (2003), SHARMA et al., (1988) soulignent que l'augmentation de la température extérieure entraîne une baisse de la production laitière.

A cet effet, AHARONI, et al., (2000) estiment à 1,9 kg, la différence de production laitière quotidienne, entre les vaches vêlant l'hiver et celles vêlant l'été. D'après une étude menée par BARASH et al., (2001), les vaches vêlant en décembre obtiennent les meilleurs résultats de production (37,7 kg). Des estimations des variations de production laitière associée aux effets de la température s'échelonnent de 3 à 10% (SHARMA et al., 1988).

En Tunisie, dans le contexte méditerranéen et d'après les travaux réalisés par BOURAOUI, (2002), lorsque la valeur THI passe de 68 à 78, la production laitière diminue de 21 %. Ce même auteur rajoute que pour chaque unité d'augmentation du THI au-delà de 69 %, la production laitière chute de 0,41 kg par vache par jour.

Au centre de la Tunisie, pendant la période allant du mois de juin jusqu'au mois de septembre, avec des valeurs de THI variant de 75 à 79, une diminution de la production laitière journalière par vache en lactation de l'ordre de 28 % a été enregistrée entre mars et août (BOURAOUI, 2013).

1.2.3 Effet sur l'ingestion de la matière sèche

Les vaches laitières diminuent automatiquement leur prise alimentaire pendant la période de stress thermique, et cette réduction peut augmenter quand la température ambiante augmente.

En général, les vaches hautes productrices en début de lactation sont les plus touchées par rapport aux faibles productrices. La réduction d'ingestion alimentaire est la cause majeure de la diminution de la synthèse du lait en raison d'association du bilan énergétique négatif et du stress thermique (WHEELLOCK et al., 2010).

Le stress thermique est connu pour déprimer l'appétit et la mobilité chez les vaches laitières (ARMSTRONG, 1994 ; ROSEN, 2003 ; SHARMA et al., 1988). L'association des radiations solaires intenses accentue ces phénomènes. Au-dessus de 25 °C, la prise alimentaire diminue, et engendre une baisse de la production laitière. Le mécanisme mis en jeu est indirect : Le climat chaud provoque une augmentation de la température corporelle qui entraîne une baisse de l'ingéré quotidien dans le but de réduire la production de chaleur, et cause une baisse de production (FLAMENBAUM et al., 1986 ; ROSEN, 2003 ; SHARMA et al., 1988).

La baisse de prise alimentaire résulte également de la diminution de la motilité intestinale et de l'augmentation de la prise de boisson qui conduisent à une sensation de satiété (COLLIER et al., 1982).

Selon (SILANIKOVE, 2000), les effets les plus connus du stress thermique sont la dépression du métabolisme associée avec la perte d'appétit.

D'après CHAIYABUTR et al., (2008) et KADZERE et al., (2002), la réduction de la consommation de la matière sèche, et par conséquent la chaleur produite pendant la fermentation ruminale et le métabolisme du corps, aide à maintenir l'équilibre thermique. En outre, une température ambiante élevée réduit la motilité intestinale, la rumination, les contractions du rumen et déprime l'appétit.

1.2.4 Effet sur la reproduction

L'augmentation de la température induit plusieurs effets négatifs sur les performances reproductives (ARMSTRONG, 1994). Pendant l'été, les comportements de chaleurs sont beaucoup plus discrets. Il y a plus de chaleurs silencieuses et la période

d'œstrus est plus courte (GANGWAR et al., 1965 ; HER et al., 1988 et THATCHER, 1973). Cela rend donc leur détection plus difficile, ce qui augmente les risques de jours non productifs. Le taux de conception diminue (BERMAN et al., 1985 ; FLAMENBAUM et EZRA, 2005 ; MARKUSFELD-NIR, 2007 ; RON et al., 1984 ; ROSEN, 2003).

BERMAN et MELTZER (1973), observent en saison chaude, une très forte diminution de la fertilité. Cette dernière varie de 50% du mois d'octobre au mois de mai à moins de 20% du mois d'Août au mois de septembre.

THATCHER, (1974) souligne l'effet des fortes températures sur la chute de la fertilité, comme le montre la figure 6

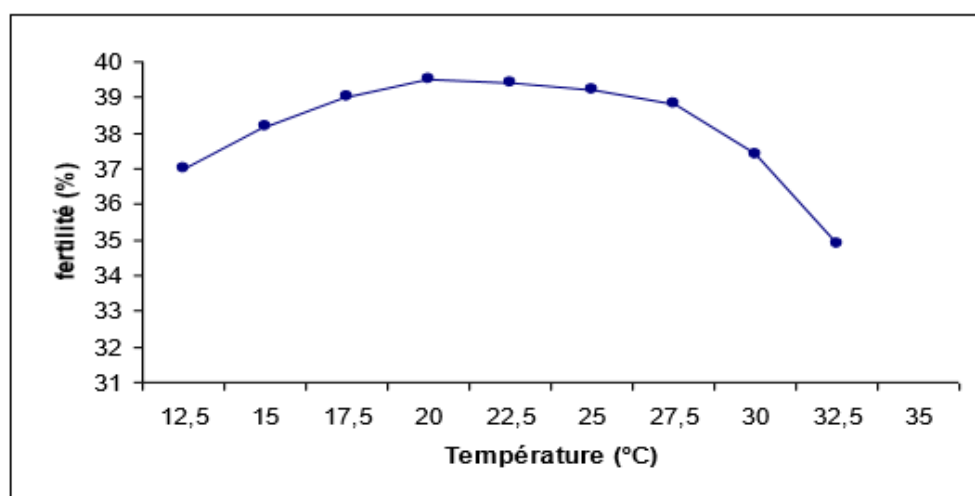


Figure 6: Evolution de la fertilité en fonction de la température dans un troupeau de vache laitière en Floride (USA). (THATCHER, 1974).

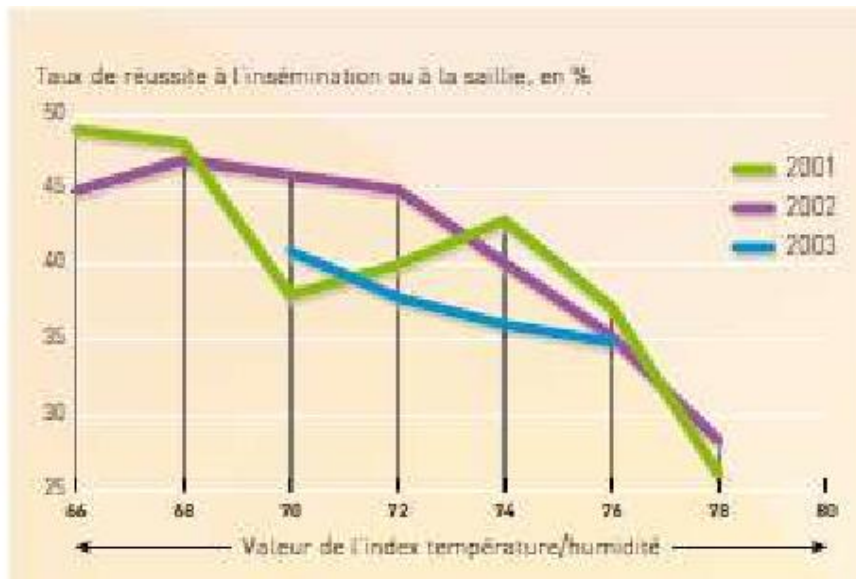


Figure 7 :Taux de réussite de l'insémination à l'index température-humidité (THI) (MORTON et al., 2006)

Une élévation de THI peut produire des répercussions pendant 3 à 5 semaines, entraînant ainsi une augmentation du taux de non-gestation (figure 7) (MORTON et al., 2006).

Les perturbations dans les sécrétions hormonales (GnRH, prolactine, stéroïdes) entraînent une altération importante de la reproduction, amplifiée par un déficit énergétique alimentaire et un stress oxydatif qui se traduit par une chute de la production d'antioxydants (NIENABER et al., 1999).

La réduction de la perfusion utérine et mammaire contribue à une diminution du poids du veau à la naissance, à la survenue d'avortements, à une diminution de la teneur en IgG du colostrum ainsi qu'à une réduction de la vitalité du veau. L'animal consommera moins de colostrum et celui-ci sera moins riche. Le veau verra donc son immunité fortement altérée (WEST, 2003).

Selon MORTON et al., (2006), les répercussions du stress thermique sur la fécondité est la perturbation de l'axe hypothalamo-hypophysaire influe sur le développement folliculaire et entraîne une baisse de la sécrétion d'hormones stéroïdes qui minimise l'expression des chaleurs par la diminution en temps et en intensité de l'œstrus. Chez les mâles, on assiste à une réduction de la spermatogenèse.

Par ailleurs, il a été démontré une perturbation de l'endomètre attestée par une réduction du taux de conception après insémination artificielle (- 30 %) (WOLFENSON et al., 2000), et une augmentation de la mortalité embryonnaire dans les 42 premiers jours de gestation (NIENABER et al., 1999 ;RENSIS et CARAMUZZI, 2003 ; STEVENSON, 2007 etWEST, 2003).

CHAPITRE 3 : ABREUUREMENT CHEZ LES BOVINS LAITIERS

L'eau représente généralement la moitié à deux tiers du poids de l'animal, elle assure de nombreuses fonctions indispensables à la vie, elle se trouve à raison de 70% à l'intérieur des cellules et de 30% dans le sang (JARRIGE, 1988).

Le Compartiment Hydrique Corporel (CHC) englobe les compartiments intracellulaire(IC) et extracellulaire (EC) qui sont séparés par des membranes lipidiques semi-perméables soumises à des lois physicochimiques d'échange d'eau et d'électrolytes.

Le bilan d'eau sera raisonné à l'échelle du CHC dont

- les flux entrants : l'eau bue, l'eau ingérée et l'eau métabolique
- les flux sortants : l'eau urinaire, l'eau fécale et l'eau évaporée (cutanée ou respiratoire)(Figure 08).

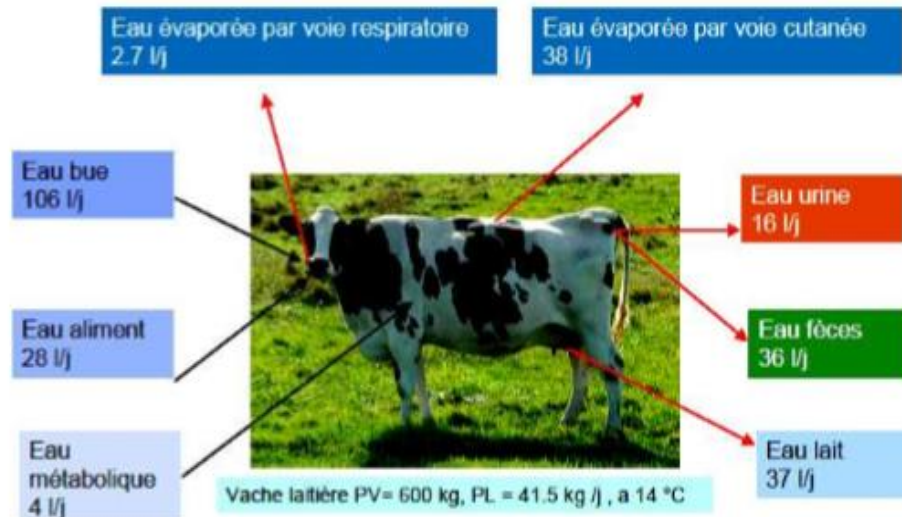


Figure 8 :Les flux du bilan eau d'une vache laitière (KHELIL-ARFA, 2012).

Le CHC peut varier de façon importante selon le stade de lactation en relation avec les conditions environnementales (RICHARDS, 1985).

SEIF et al., (1973) qui enregistre une faible augmentation du CHC et du liquide extracellulaire, de l'ordre de 5% (à 18°C).

1.3.1. Facteurs de variation de la quantité d'eau bue

Le besoin en eau des ruminants est assuré par l'abreuvement et celle contenu dans les aliments (surtout le fourrage vert), ces besoins varient en fonction de l'alimentation, de la production, de l'état physiologique et de la température (WOLTER, 1997)

En effet, CRAPELET (1973) a observé que, par temps chaud, les vaches peuvent boire 80% de plus de leurs besoins selon la température ambiante. (tableau 2).

Tableau 2: Besoins en eau d'une vache en fonction de son stade physiologique et la température du milieu. (WOLTER, 1997)

Une vache laitière de 635Kg (L/VL/j)			
	4-5°C	26-27°C	Soit en moyenne ≈ 4-5L/Kg MS ou ≈ 3L d'eau/L de lait en plus de l'entretien
Entretien	27	41	
Gestation	37	58	
Lactation : 09 l lait /j	45	67	
18 l lait /j	65	94	
27 l lait /j	85	120	
36 l lait /j	100	147	
45 l lait /j	120	173	

1.3.1.1.Taux de matière sèche de la ration

La consommation d'eau d'une vache en lactation est de l'ordre de 4,5 à 5,5 kg/kg de matière sèche ingérée (MSI) (ANSES, 2010).

Selon(HOLTER et URBAN, 1992) et (CASTLE et THOMAS, 1970), si la quantité d'eau bue est positivement corrélée à la production laitière ou à la MSI dans les équations empiriques, la variabilité des pentes de ces régresseurs est très importante entre équations, de 0,6 à 2,53 kg d'eau bue en plus par litre de lait produit.

Parmi les caractéristiques de l'animal qui influencent le niveau de consommation d'eau, le stade physiologique, l'âge ou la parité (MEYER et al., 2004 ; CARDOT et al., 2008).

En effet, en fin de gestation, la consommation d'eau d'une vache laitière peut être de 30 à 50 % supérieure à celle du début de tarissement(FOURNIER, 1999).

La teneur en matière sèche (MS) de la ration est également un paramètre de variation important des besoins en eau d'abreuvement.

La consommation d'eau est aussi fonction de la ration ingérée et des conditions climatiques (tableau 3).

Pour MEYER et al., (1999), les quantités d'eau bue peuvent être différentes, elles sont souvent exprimées par rapport au kilo de matières sèches ingérées, elles varient dans les limites allant de 2 à 5 litres par kilo de MS.

Tableau 3: Quantités d'eau consommées en fonction de la ration de base, en litres par kilo de matières sèches ingérées (l/ kg de MSI)(MEYER et DENIS, 1999).

Nature de la ration	Vache faible ou moyenne productrice		Vache forte productrice	
	Saison fraîche	Saison chaude	Saison fraîche	Saison chaude
Fourrage sec	4,0	5,5	4,0	5,2
Ensilage de céréales fourragères	2,5	3,2	3,0	3,5
Graminées jeunes (teneur en eau 85%)	1,5	2,2	1,5	2,0

La consommation alimentaire peut-être fortement influencée par les apports d'eau, une restriction de 40 % de besoins en eau diminue l'ingestion de 24 % et la production laitière de 16 % (WOLTER, 1994).

Avec des rations à base de fourrages conservés, l'eau bue représente jusqu'à 78-90% de la quantité totale d'eau entrant dans le bilan d'eau des vaches laitières (KURIHARA et al., 1984 ; RICHARDS, 1985 ; SHALIT et al., 1991 ; HOLTER et URBAN, 1992 ; SILANIKOVE et al., 1997 ; CARDOT et al., 2008).

Par contre, avec des régimes humides (fourrage vert), la quantité d'eau bue représente 28% de la quantité totale d'eau entrant(STOCKDALE et KING, 1983)

D'aprèsMOREAU et al., (2006), la consommation journalière au pâturage est de 30 kg/d'eau, contre 40 à 55 kg/j avec une ration mixte d'ensilage de maïs et pâturage, et 75 l/j avec d'ensilage de maïs.

Selon CABRERA-ESTRADA (2003), les quantités d'eau bue, diminuent linéairement lorsque le taux de matière sèche de la ration diminue, jusqu'à devenir quasiment nulles lorsque l'herbe atteint 11 à 13 % de MS(figure 9).

Ainsi, HOLTER et URBAN (1992) et MURPHY et al., (1983) concluent que l'augmentation de 1 point du taux de MS de la ration entraîne une augmentation de 0,62 kg/j du volume d'eau bu par animal. Un kg de matière sèche ingérée en plus fait croître la consommation d'eau de 1,58 kg/j.

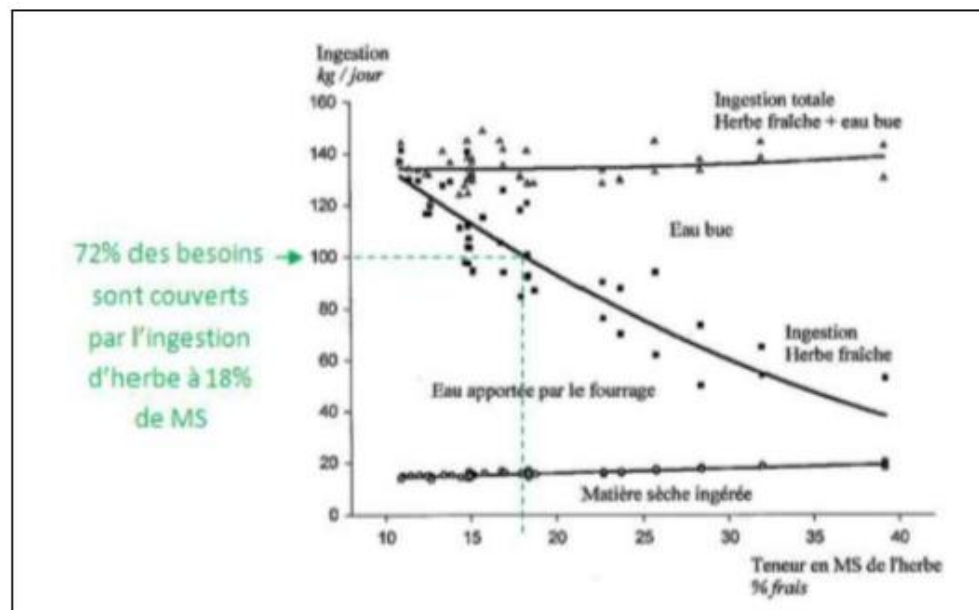


Figure 9 : Influence de la teneur en matière sèche de l'herbe sur l'ingestion d'eau d'une vache laitière (CABRERA-ESTRADA, 2003).

1.3.1.2. Température ambiante

En théorie, les quantités d'eau consommée par les vaches laitières devraient être positivement corrélées à la température ambiante dès que cette dernière dépasse 14°C (SILANIKOVE et al., 2000), du fait du besoin spécifique en eau des vaches, comme des autres animaux homéothermes, pour réguler leur température corporelle.

Ainsi, l'élévation de la température entre 10 à 30°C, entraîne une surconsommation d'eau de 24 kg/j chez des vaches laitières, quel que soit leur niveau de production (FOURNIER, 1999).

HOLTER et URBAN (1992) montre que le climat peut avoir un effet notable sur les quantités d'eau bues.

Les besoins en eau pour l'évaporation augmentent de façon exponentielle avec la température ambiante (MAIA et al., 2005a, b).

MEYER et DENIS (1999), rapportent que la saison a aussi un grand impact sur la consommation d'eau chez les vaches laitières. La quantité d'eau consommée augmente avec la production laitière et la température du milieu. Elle est modérée quand les températures sont inférieures à 20°C, puis augmente pour des températures supérieures à 20°C.

III.1.3. La température d'eau bue

Selon ITTNER et al., (1951) ; WILKS et al., (1990), la consommation d'eau est corrélée positivement avec la température de l'eau bue. Les vaches laitières consomment moins d'eau froide que d'eau tiède, ou chauffée à la température corporelle, quelle que soit la température ambiante (CUNNINGHAM et al., 1964 ; LANHAM et al., 1986 ; WILKS et al., 1990).

D'après WILKS et al., (1990), la tendance de consommation d'eau froide est supérieure par rapport à de l'eau à température ambiante (température ambiante de 25-35°), mais l'effet n'était pas significatif (78,45 Ns. 72,78 kg/j à 10,6 et 27 °C, respectivement) (figure 10).

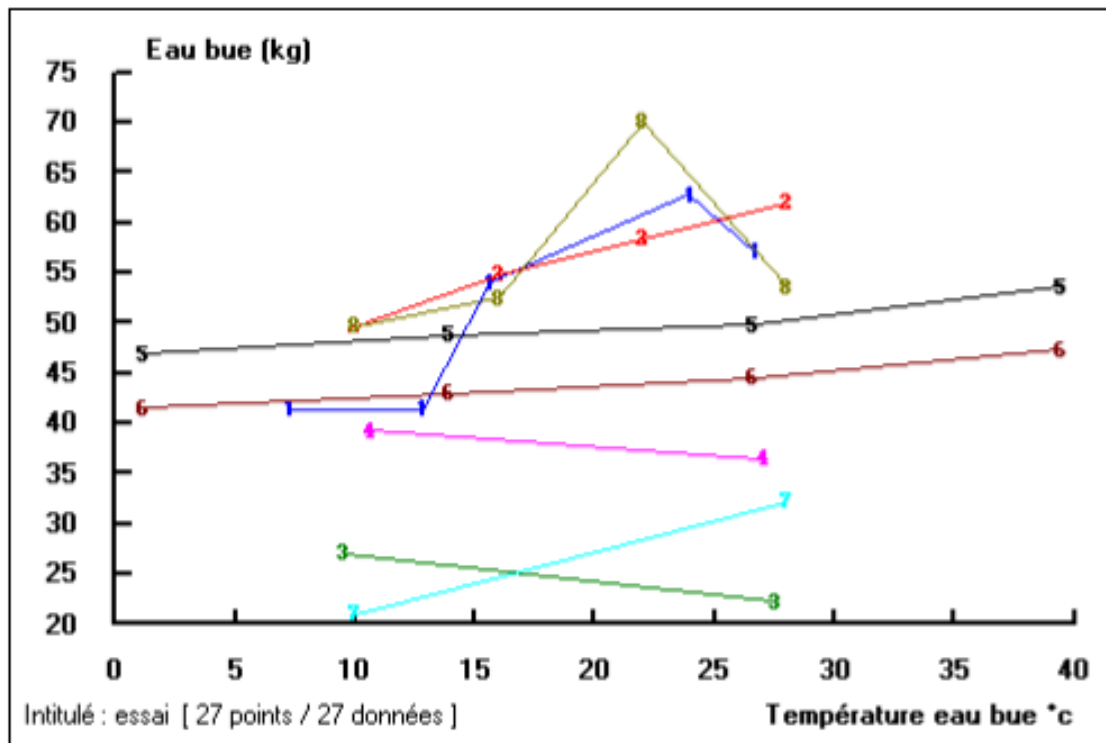


Figure 10 : Effet de la température de l'eau bue sur l'abreuvement

Plusieurs études ont également caractérisé les dynamiques de boisson journalières des vaches laitières.

CASTLE et THOMAS (1970) ont noté que les vaches boivent environ 40% de leur consommation d'eau journalière entre 15:00h et 21:00h, et que le pic de boisson se situe dans les 3 heures suivant la traite du soir.

Les vaches ont tendance à consommer l'eau et l'aliment alternativement si elles ont le choix (MURPHY, 1992). En moyenne, les vaches consomment 14 buvées par jour, avec 6,4 l d'eau par buvée, et elles passent environ 18,5 min par jour à boire, avec un débit de 4,3 l/min (DADO et ALLEN, 1994).

De nombreuses équations empiriques ont été établies pour prédire les quantités d'eau bue, où, la production laitière, la quantité de matière sèche ingérée, température ambiante sont souvent inclus dans ces équations (tableau 4)

Tableau 4 : Equations de prédiction de l'eau bue existantes selon différents auteurs (KHELILARFA, 2012).

Auteurs	Température °C	MS%		PL		Equations eau bue (kg/j)
	Min-max	Min	Max	Min	Max	
CARDOT et al, 2008)	(-6,8)à 16,2	36,3	57	7,3	46,3	[1] = 1,54 x MSI + 1,33 x PL + 0,89 x MS% + 0,57 x Tmin – 0,3 x pluie –26,65
MEYER et al, (2004)	(-5,6) à 23,3	21,4	87,5	5,6	59,2	[2] = -26,12 + 1,516 x Tmoy + 1,29 x PL + 0,058 x PV + 0,40 x NaI
DAHLBOR N et al, (1998)	15	46	89	22,2	27,9	[3] = 14,3 + 1,24 x PL + 0,32 x MS %
HOLTER et URBAN, (1992)	18	33,6	71,4	16,2	52	Vaches laitières : [4] -32,39 + 2,47 x MSI + 0,6007 x PL + 0,62 x MS% + 0,091 x JD – 0,000257 x JD2 [5] = -68,28 + 4,76 x MS% – 0,038 x MS ² %
HOLTER et URBAN, (1992)	18	28,3	89,9			Vaches taries : [6] = -10,34 + 0,22 x MS %+ 2,21 x MSI + 0,039 x MATR ² % [7] = 17,26+0,072 x MATR ² %
STOCKDALE et KING, (1983)	7,2 à 18,9	20	37,8			[8] = -9,37 + 2,3 x MSI + 0,053 x MS (g/kg)
MURPHY et al, (1983)	(-7,4) à 26	62	63	3,5	51	[9] = 15,99 + 1,58 x MSI + 0,90 x PL + 0,05 x NaI + 1,20 x Tmin
LITTLE et SHAW, (1978)	7 à 20	83,3	89,8	13,7	30	[10] = 2,53 x PL + 0,45 x MS % – 15,30
CASTLE et THOMAS, (1970)	2,4 à 13,3	25,4	88,3	16,8	25,4	[11] = 2,53 x PL + 0,45 x MS % – 15,30
KUME et al, (2010)	20	38,2	64,7	21,9	35,3	Vaches laitières : [12]= 1,58 x MS% - 3,4
KUME et al, (2010)	20	21,6	58,1			Vaches taries [13]= 0,91 x MS% - 18,8

N : nombre de données ; MSI: Matière sèche ingérée (kg/j) ; MS: teneur en matière sèche de la ration (%) ; Tmin : température ambiante minimale (°C) ; Pluie : (mm/j) ; Tmoy : Température ambiante moyenne ; PL: Production laitière (kg/j) ; PV : Poids vif (kg) ; JD : Jour julien (JD1=le 1 Janvier) ; MATR: Matière azotée totale dans la ration (% de matière sèche de la ration), NaCI :sodium ingéré (g/j) ; ETR= écartype résiduel.

PARTIE EXPERIMENTALE :

CHAPITRE 1 MONOGRAPHIE DE LA REGION D'ETUDE

El Guerrara est une commune de la wilaya de Ghardaïa en Algérie, située à 115 km au nord-est de Ghardaïa.

La superficie de la commune est de 2 900 km². Elle est située dans la région du Mزاب du Sahara septentrional, à 125 km au nord-est de Ghardaïa.

Situation géographique

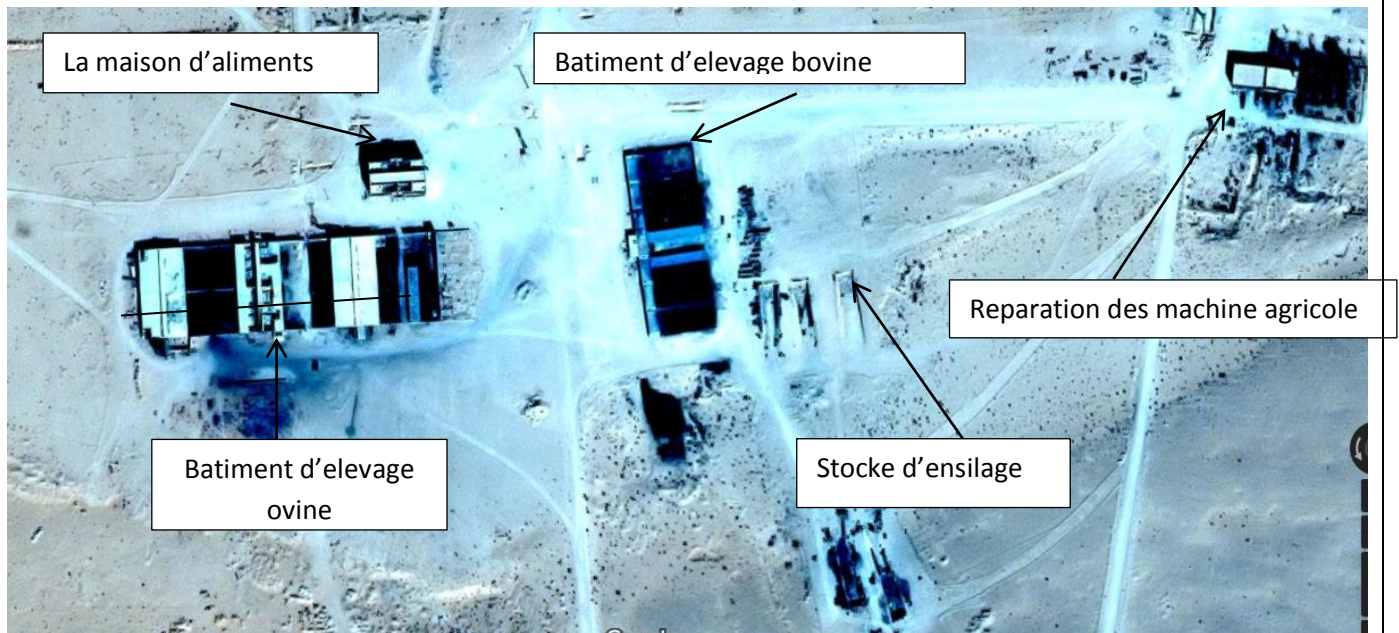


Figure 11 : Situation de ferme (source google maps 2018)

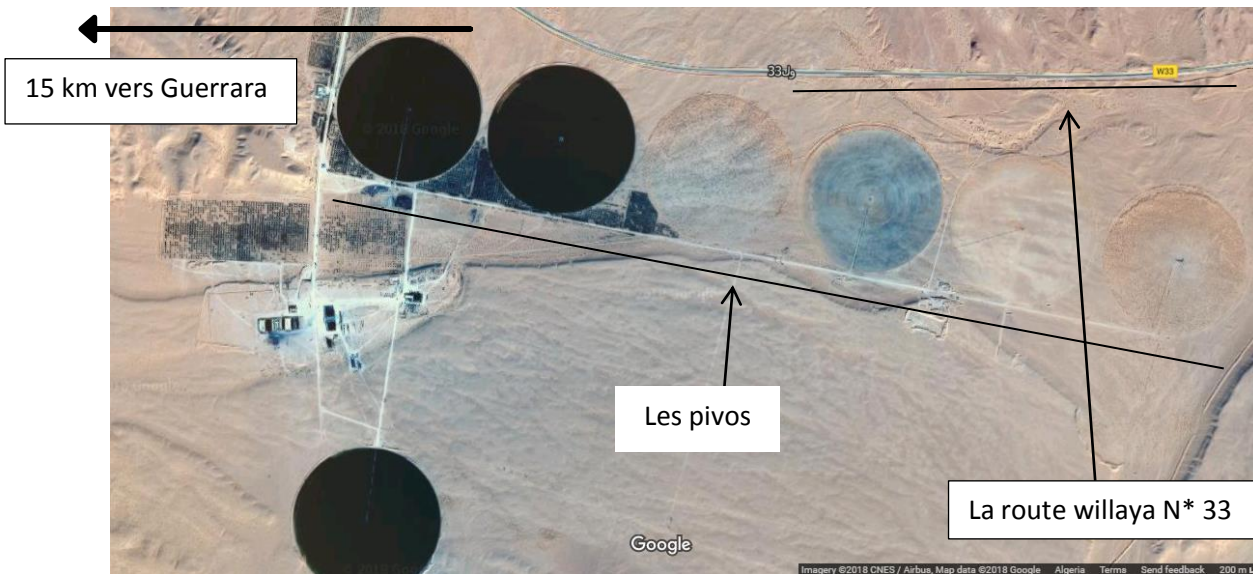


Figure 12 : Localisation de ferme (source google maps 2018)

Le milieu physique

L'appartenance au milieu saharien, hyper aride contraint fortement l'occupation de l'espace. L'implantation des villes s'est faite par rapport aux grands axes de circulation et aux oasis et leur développement a été étroitement lié aux conditions naturelles (eau, climat, relief,..).

Caractéristiques climatiques

La région de Ghardaïa est dominée par un climat saharien, hyper aride.

Pluviométrie

Les précipitations sont très faibles et irrégulières. Elles varient entre 13 et 68 mm sur une durée moyenne de quinze (15) jours par an ; le nombre de jours de pluie ne dépasse pas onze (11) jours (entre les mois de Janvier et Mars). Les pluies sont en général torrentielles et durent peu de temps sauf cas exceptionnels

Température

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre (tableau 5). La température moyenne enregistrée au mois de Juillet est de

36,3 °C, le maximum absolu de cette période a atteint 47 °C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 9,2 °C, le minimum absolu de cette période a atteint -1 °C.

Les vents

Il n'y a pas de désert sans vents. Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en Mars et Avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable. Des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut.

Les vents qui ne trouvent plus d'obstacles à leur progression sur les régions dénudées apportant la sécheresse. L'érosion éolienne prend la relève de l'érosion hydrique. Les vents dominants d'été sont forts et chauds tandis que ceux d'hiver sont froids et humides. Les vents de sable sont très fréquents dans la région d'El-Ménéa surtout pendant le printemps, les mois d'Avril, Mai et Juin. Pour ce qui est du Sirocco, dans la zone de Ghardaïa on note une moyenne annuelle de 11 jours/an pendant la période qui va du mois de Mai à Septembre.

Tableau 5 : Répartition des données climatiques par mois (O.N.M Ghardaïa, 2008)

Mois	Pluviométrie (mm)	Température		Évaporation (mm)	Vent (M/S)
		Moy.Max	Moy.Min.		
Janvier	3,9	14,9	3,4	76	20
Février	5,2	16	4,7	94	27
Mars	Néant	23,9	11,8	187	04
Avril	Néant	28,3	14,6	229	09
Mai	0,1	34,6	20,9	272	11
Juin	1,9	37,4	24,6	320	08
Juillet	1,7	43,2	29,5	414	30
Août	4,4	40,2	27,2	343	01
Septembre	74,1	34,3	22,3	248	16
Octobre	3,5	29,3	18,3	125	19
Novembre	2	22,6	11,4	107	10
Décembre	5,6	16,3	5,7	88	14
Moyenne mensuelle ±écart-type	8,53 ± 20,7	28,4 ± 9,8	16,2 ± 8,9	208,6 ± 113,5	14 ± 8,76

CHAPITRE 2 MATERIEL ET METHODES

Objectif

L'objectif principal du présent travail est d'évaluer l'effet des conditions climatiques et la conduite d'élevage sur les performances de production des bovins laitier. Et aussi bien, pour avoir une idée sur la période d'existence du stress thermique dans la région d'étude et de faire un diagnostic sur la nature de régime alimentaire et la variation de quantités d'eau bue, afin de dégager des recommandations générales sur les stratégies à adopter afin de minimiser l'effet néfaste du stress thermique.

Matériel animale

Nous avons commencé notre travail par des enquêtes dans exploitations de la région (la ferme el-kharfi) .

Afin d'atteindre notre objectif, nous avons réalisé un suivi de exploitations de bovins laitiers dans la région de guerrara, 56 vaches de races Holstein Pie-Noire, Holstein Pie-Rouge, début de lactation.

Matériel technique

Calcul de (THI)

Pour étudier l'effet du stress thermique sur la production, on a adopté l'Index de Température-Humidité « THI ». La formule utilisée est celle développée par (JOHNSON et al., 1962) à savoir:

$$\text{THI} = 1,8 \times T_a - (1 - \text{HR}) \times (T_a - 14,3) + 32$$

Avec T_a : température ambiante et HR : humidité relative

Prise de température rectale ($T^\circ \text{rec}$)

La meilleure approche pour conclure que les vaches sont affectées par le stress thermique est de mesurer la température rectale. La température corporelle normale de la vache est d'environ 38,5 ° C, et une température rectale de 39 ° C ou plus, pour

une vache saine, pendant l'après-midi, peut être considérée comme une contrainte thermique.

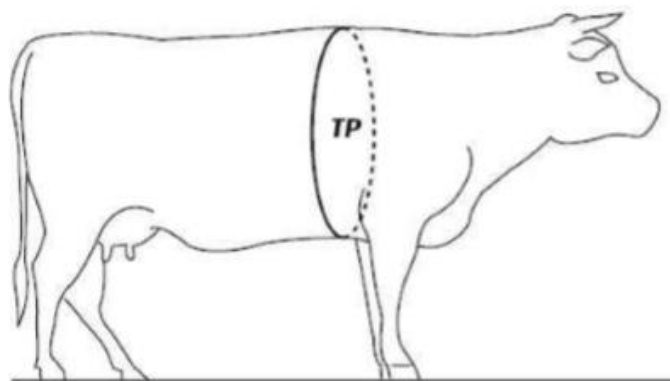
D'après (WEST, 2003; WILLMER et al., 2004), la détermination de la température rectale d'un groupe de vaches dans l'après-midi, peut être un moyen rapide d'obtenir un jugement précis sur le niveau de stress thermique.

Poids des vaches

Il a été estimé par des mesures corporelles. La méthode utilisée est la mesure du périmètre thoracique, la plus facile à prendre, la plus corrélée au poids vif et approuvée par l'ICAR (JONKER et al.,2002). Le poids vif est ensuite déduit par la formule de Crevât (MARMET, 1983).

$$PV=(TP)3 \times 80$$

PV=Poids Vif (kg) ;TP= Tour de Poitrine(m).



Enregistrement des quantités d'eau bues

Les quantités d'eau consommées varient en fonction de la production laitière, la nature des aliments, la prise alimentaire, la température de l'eau d'abreuvement, la température ambiante, l'humidité relative, le débit des abreuvoirs, la présentation de

l'eau (abreuvoirs automatiques ou réservoirs), la hiérarchie prévalant dans le troupeau, les tensions parasites et la qualité d'eau. (BEEDE, 1994).

Les quantités d'eau consommées dans les 05 exploitations pour différents types d'animaux et de rations ingérées durant la période de suivi ont été estimées par la différence entre la quantité d'eau distribuée dans le bassin d'abreuvement et la quantité d'eau restante après 24 heures (figure 15).



Figure13 : Présentation d'un bassin d'abreuvement

L:Longueur,l: largeur,H: Hauteur,h: hauteur d'eau après 24h

- ✓ La consommation globale d'eau (l'eau bue) est ainsi calculée par la formule:
 - $V = L \times l \times H$ (m³) avec
 - V = volume d'eau consommée.
 - L = la longueur de l'abreuvoir.
 - l = la largeur de l'abreuvoir.
 - H = la hauteur d'eau consommée.
- ✓ La consommation moyenne par vache par jour est estimée comme suit :
 - Quantité d'eau bue moyenne (l) = Quantité d'eau bue globale (l) / vaches laitières présentes

Evaluation de la production laitière

Le lait produit est extrait à l'aide d'une machine à traire à raison de deux fois par jour (matin et soir) et au niveau des 05 exploitations. L'intervalle entre les deux traites est de 10 h (06 :00 à 16 :00).

La production laitière a été évaluée sur la base de mesure de la quantité journalière moyenne de lait produite à partir de la collecte des différentes exploitations étudiées.

CHAPITRE 3 RESULTATS ET DISCUSSION

Effectif bovin

On constate que, la moyenne de l'effectif bovin est d'environ 87 têtes par exploitation, alors que, celui des vaches laitières est presque de 48, donnant un pourcentage de 53.14%. Ceci montre que la production laitière est l'objectif principal de l'élevage.

Le pourcentage des génisses ne dépasse pas les 30% du total de l'effectif bovin, dans les exploitations. Ce pourcentage est favorable à un renouvellement progressif du cheptel

Bâtiments d'élevage

La disponibilité du matériel agricole et des bâtiments d'élevage en particulier permettent de connaître le potentiel des exploitations.

L'exploitations disposent de bâtiments adaptés à l'élevage bovin laitier (aire d'exercice, salle de traite et de vêlage).

Période et intensité du stress thermique au niveau du site d'étude

L'analyse des données climatiques (tableau 13) montre que la vache laitière élevée dans la région de Ghardaïa est exposée à un stress thermique durant la période allant du mois d'Avril au mois d'octobre, caractérisée par des valeurs THI qui dépassent le seuil critique de 72, proposé par JOHNSON (1985). Par contre, la période allant du mois de novembre au mois de mars ne dispose pas de stress thermique car les valeurs de THI ne dépassent pas le seuil critique de 72, (figure 26).

A partir des données de THI illustrées dans le tableau 13, et selon la classification de ARMSTRONG, (1994), on peut distinguer que la vache laitière est exposée à un stress thermique moyen à modéré, pendant les mois d'avril, mai et juin avec des valeurs THI respectifs de 72.55, 77.32 et 81.74,, et à un stress thermique sévère pendant les mois de

juillet, août et septembre, où les valeurs de THI sont de 84.21, 85.49 et 82.02, respectivement.

Par contre, la période qui n'a pas enregistré de stress thermique se compose en des mois de ; novembre, décembre, janvier, février et mars avec des valeurs de THI de 68.19, 62.38, 61.37, 64.1 et 69.56, respectivement.

Le stress observé s'explique, en grande partie, par les températures élevées enregistrées au cours de ces mois et qui dépassent la température critique supérieure de neutralité thermique pour les races bovines importées.

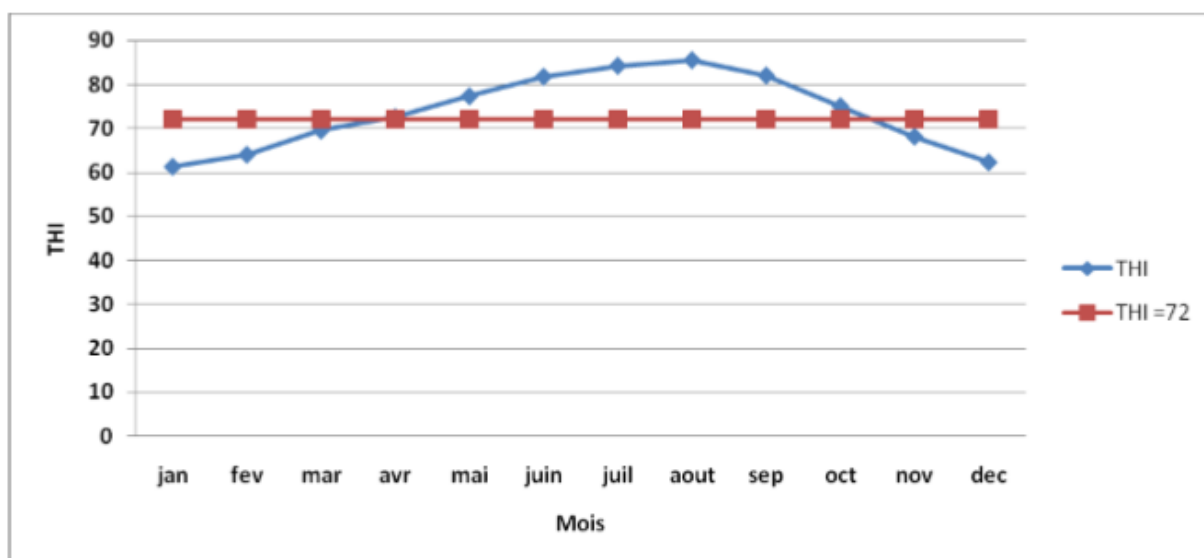


Figure 14 : Evolution des valeurs mensuelles du THI dans la région de Ghardaïa

En effet, les températures moyennes au cours des mois d'avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre étaient respectivement de 27.03, 32.38, 37.55, 41.24, 40.44, 35.4 et 28,5°C (tableau 13). De telles conditions climatiques, traduisent un stress thermique essentiellement modéré à sévère qui affecte les performances productives et reproductives des vaches. Nous considérons que les variations observées au niveau des performances restent à notre avis limitées aux variations saisonnières couramment observées dans les élevages laitiers à travers le monde (BEN SALEM et BOURAOU, 2009).

Un ajustement de la conduite alimentaire du troupeau et le contrôle des facteurs d'ambiance au niveau des étables permettront de réduire d'une manière remarquable les effets négatifs du stress (MEYER, 2009).

Tableau 6 : Variation mensuelle de la température et du THI (moyens 1996-2005)(O.N.M

Mois	T° moy	THI moy	THI min	THI max
Janvier	16,92	54,74	48,11	61,37
Février	19,55	56,91	49,72	64,1
Mars	23,96	60,31	50,51	69,56
Avril	27,03	66	59,46	72,55
Mai	32,38	69,98	62,64	77,32
Juin	37,55	75,48	69,22	81,74
Juillet	41,24	77,67	71,14	84,21
Aout	40,44	78,03	70,57	85,49
Septembre	35,4	73,49	64,96	82,02
Octobre	28,5	68,52	61,95	75,09
Novembre	22,38	59,27	50,36	68,19
Décembre	17,78	55,23	48,07	62,38

Les conditions environnementales durant la période expérimentale

Les relevés climatiques température ambiante et l'humidité relative de l'air et les valeurs de THI sont représentées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Variation des conditions climatiques durant la période de suivi dans la région d'étude

	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR
T° MIN	17,66±2,51	11,06±1,48	7,06±1,36	5,8±1,76	4,85±2,19	10,8±2,71	15,4±3,25
T° MAX	27,4±0,54	22,13±2,12	17,61±1,49	15,7±2,99	14,93±2,95	22,22±2,98	28,1±3,78
T° MOY	21,77±1,21	16,6±1,68	12,33±1,27	10,83±1,75	10,17±2,46	16,51±2,71	21,75±3,41
Nbr. (J) T° MOY >25°C	31	6	0	0	0	7	28
H.R (%) MIN	41,16±11,4	56,2±4,5	65,45±6,48	49,16±7,81	44,61±6,26	36,58±11,4	29,36±8,26
H.R (%) MAX	48,8±9,27	71,4±4,78	60,51±5,36	56,32±7,29	50,14±7,68	40,8±10,98	31,13±9,36
H.R (%) MOY	44,98±10,2	63,8±4,05	60,51±5,36	52,74±6,67	47,24±6,81	38,51±10,88	30,25±8,35
THLMOY. (J) MIN	60,23±3,03	52,63±2,2	47,28±1,97	46,44±2,47	45,25±3	53,62±3,29	58,91±3,55
THLMOY. (J) MAX	73,45±1,6	68,48±2,8	62,3±2,02	53,18±2,33	58,56±3,71	67,05±3,47	72,82±3,47
Nbr. (J). THLMOY > 72	26	03	0	0	0	02	20

L'influence de THI sur la température rectale

La variation des valeurs moyennes des températures rectales des vaches laitières prises après la traite du soir (16 :00 h) au cours de la période de mois d'octobre au mois d'avril est représentée dans la figure 39.

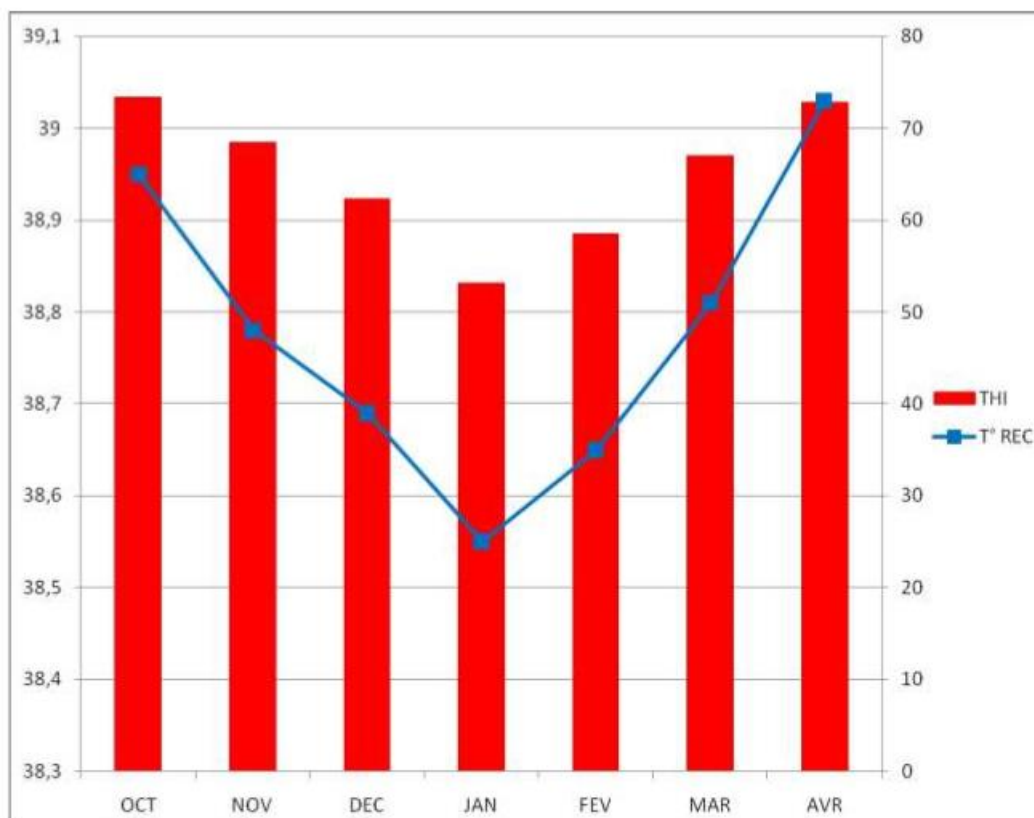


Figure 15 : Variation mensuelle de la température rectale des vaches et des valeurs THI

Les moyennes de températures rectales mesurées pendant la période de suivi varient de 38,55 à 39,03 °C (soit une augmentation de 0,48°C) lorsque les valeurs de THI varient de 53,18 à 72,82. Ceci peut s'expliquer par la forte corrélation existant entre le THI et la température rectale ($r = 0,957$), en effet, Plus il fait chaud, plus la température rectale des vaches laitières augmente.

Par ailleurs, Il a été démontré par JOHNSON et al., (1963) que l'augmentation d'1 °C ou moins de la température rectale est suffisante pour réduire l'ingestion et la production laitière.

Dans le même contexte, WEST, (1999) a rapporté que la production de lait diminue lorsque la température rectale dépasse 38,9 °C. Pour chaque augmentation de 0,55 °C, les performances laitières et l'ingestion de la matière sèche baissent de 1,8 kg et 1,4 kg, respectivement.

La production laitière en fonction des valeurs THI

Les résultats obtenus, montrent que la production laitière moyenne journalière par vache par exploitation chute durant les mois de suivi (Octobre jusqu'à Avril). (figure 40)

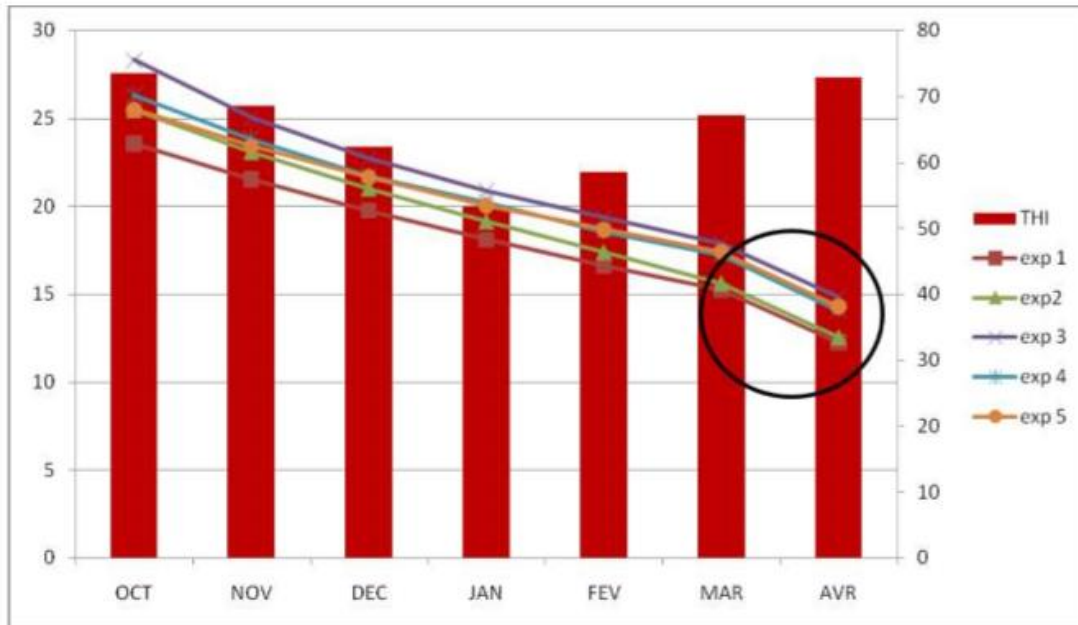


Figure 16 : Evolution de la production laitière des 05 exploitations en fonction des valeurs THI

La diminution de la production laitière est plus accentuée pendant le mois d'avril. En effet, dans les 05 exploitations la production moyenne par vache passe respectivement de 15.24, 15.61, 17.88, 17.26 et 17.41 kg au mois de mars à 12.28, 12.54, 14.82, 14.08 et 14.3 kg pendant le mois d'Avril.

A cet effet, on enregistre une diminution de la production de l'ordre de 2.96, 3.07, 3.06, 3.18 et 3.11 kg de lait, et un taux de régression de l'ordre de 19.42, 19.66, 17.11, 18.42 et 17.86% entre mars et avril. Et les valeurs THI correspondantes passent de 67.05 en mars à 72.82 en avril. Soit une augmentation de l'ordre de 5.77 unité de THI.

A cet effet, dans la période du stress thermique, on enregistre une diminution moyenne du rendement laitier au niveau des 05 exploitations étudiées de 0.53 kg de lait par unité de THI. Cet effet des conditions climatiques (THI) sur la production laitière a été également observé dans d'autres études.

En effet, CINCOVIĆ et BELIĆ, (2009), en Serbie, ont rapporté que lorsque le THI atteint 72, la diminution durendement de lait par jour et par vache est de l'ordre de 0,2 kg. Aux Etats Unies, WEST (2003) a montré que la production laitière journalière de la race Holstein diminue en moyenne de l'ordre de 0,88 kg par unité de THI. Selon GANTNER et al., (2011), la perte quotidienne la plus élevée de la production de lait (0,9 kg / unité THI) a été déterminée chez les primipares.

ZIMBELMAN et al., (2009), ont montré que la production de lait diminué d'environ 2,2 kg / jour pour les valeurs de THI allant de 65 et 73. Selon BOURAOUI et al., (2002), dans les conditions méditerranéens,, lorsque l'indice de THI augmente de 68 à 78, la baisse de la production laitière s'élève à 4 kg, et pour chaque augmentation d'une unité THI, au-dessus de 69, la production de lait par jour et par vache régresse de 0,41 kg.

RAVAGNOLO (2000) a déterminé que, lorsqu'on dépasse le seuil de confort thermique de 72, la production laitière recule de l'ordre de 0,2 kg par augmentation d'une unité de THI. FALTA et al, (2008) ont également constaté que si les valeurs de THI sont supérieures à 72, la production de lait baisse de 4 kg.

L'évolution de quantités d'eau bues au niveau des 05 exploitations

La variation des quantités d'eau bues moyennes par vache laitière au niveau des 05 exploitations étudiées au cours de la période de mois d'octobre au mois d'avril, est représentée dans le tableau 21 est illustrée par les figures 41 et 42.

Les quantités d'eau consommées varient en fonction de la production laitière, la nature des aliments, la prise alimentaire, la température de l'eau d'abreuvement, la température ambiante, l'humidité relative, le débit des abreuvoirs, la présentation de l'eau (abreuvoirs automatiques ou réservoirs), la hiérarchie prévalant dans le troupeau, les tensions parasites, et la qualité de l'eau (BEDDE, 1994)

On remarque, les quantités d'eau bues varient d'une exploitation à l'autre avec une valeur minimale de 74.11 l / j enregistré au niveau de l'exploitation n° 05, et une valeur maximale de 99.73 l / j enregistré au niveau de l'exploitation n° 04.

En effet, la moyenne enregistré est de l'ordre de 84.4±6.14 l / j, et l'analyse des paramètres qui influencent la quantité d'eau bue tel que l'indice de THI et MSI, nous

donne une corrélation entre la quantité d'eau bue avec le THI de l'ordre de ($r = 0.8$) et avec la MSI de l'ordre de ($r = 0.391$).

Ainsi, la composition des aliments, la prise alimentaire, la production laitière, la température ambiante sont tous des facteurs affectant la consommation d'eau chez les bovins laitiers.

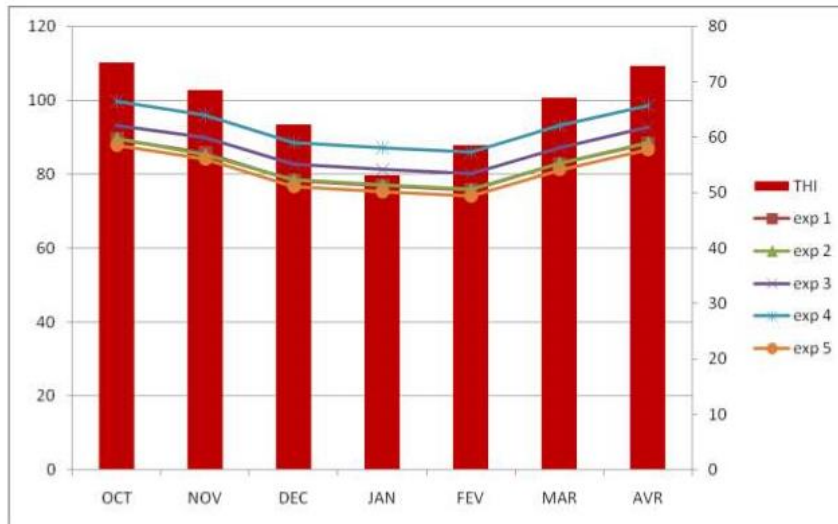


Figure 17 : Variation mensuelle des quantités d'eau bues et des valeurs THI

Les résultats obtenus, illustrés dans la figure 42, qui montrent que la variation mensuelle des moyennes de quantité d'eau bue par rapport au taux de matière sèche ingérée dépend de la variation de valeur de THI de mois d'octobre au mois d'avril. On remarque que l'eau bue a tendance à augmenter avec l'élévation de la température.

Conclusion

A partir des résultats obtenus de notre étude sur l'effet des conditions climatiques sur les performances des vaches laitières dans la région de Ghardaïa, il ressort que : La synthèse climatique globale sur les 10 dernières années a mis en évidence l'existence d'un stress thermique dans cette région pendant la période allant du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre avec des valeurs de THI variant de 72.55 à 84.21, avec l'absence totale de stress thermique pendant la période allant du mois de novembre jusqu'au mois de mars car le $THI < 72$. L'étude des rations distribuées nous a montré que le rationnement n'est pas maîtrisé, les 05 éleveurs ne prennent pas en considération ni le stade, ni le rang de lactation, ni les performances des animaux, ils ont distribués la même quantité de concentrés pour toutes les vaches. Sur le plan protéo-énergétique, les rations sont généralement déséquilibrées (suralimentation énergétique). Il y a une distribution exagérée des concentrés par rapport aux fourrages grossiers

A partir de tout cela, et afin de minimiser l'effet du stress thermique, des stratégies d'adaptation doivent être mises en œuvre. Affectant la gestion de pratique de l'alimentation, de la reproduction et le contrôle de l'environnement thermique des bovins laitiers. On peut recommander :

- Gestion des périodes de distribution des repas pendant les périodes fraîches de la journée
- L'accès permanent et libre des vaches à l'eau fraîche et renouvelée en quantité suffisante,
- L'ajustement de la conduite de la reproduction (éviter les mi-bas aux périodes de stress thermique),
- Le maintien de la fraîcheur du milieu (ventilation et brumisation d'eau) pour stimuler l'ingestion,
- L'adoption d'un programme de sélection et d'amélioration génétique pour obtenir des animaux bien adaptés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AHARONI Y, BROSH A, EZRA E. (2000). Short Communication: Prepartum Photoperiod Effect on Milk Yield and Composition in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 83(12), 2779-2781.
2. AMELLAL R., (1995), « La filière lait en Algérie : entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance ». In *CIHEAM Options Méditerranéennes, Série B / n°14, 1995 - Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000.* 229-238.
3. ANDREW, S. M., R. A. ERDMAN AND D. R WALDO. 1995. Prediction of body composition of dairy cows at three physiological stages from deuterium oxide and urea dilution. *J. Dairy Sci.* 78:1083-1095.
4. ANSES. 2010. Etat des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage. Maisons-Alfort (France), 124 p. ISBN : 978-2-11- 128212-4.
5. ARMSTRONG DV.(1994). Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *J. Dairy Sci.*, 77(7), 2044-2050.
6. ASBACHER, P.W., T.H. Kamal, and R.G. Cragle .1965. Total body water estimations in dairy cattle using tritiated water. *J. Anim. Sci.* 24: 430-433.
7. AUPIAIS, A., CAPDEVILLE, J., CHUPIN, J.M., LUCBERT, J., PFLIMLIN, A. Maitrise de la ventilation à l'intérieur d'une bétailière pour bovins. Notion de confort climatique et expérimentation d'un transport longue durée au printemps 1999. Compte rendu n° 2003320, Institut de l'Élevage.
8. BAKER, C. C., C. E. COPPOCK, J. K. LANHAM, D. H. NAVE, J. M. LABORE, C. F. BRASINGTON, AND R. A. STERMER.1988. Chilled drinking water effects on lactating holstein cows in summer. *J. DairySci.* 71:2699-2708.
9. BANNINK, A., H. VALK, AND A. M. VAN VUUREN. 1999. Intake and excretion of sodium, potassium, and nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1008- 1018.
10. BAR-ANAN R, GENIZI A. (1981)The Effects of Lactation, Pregnancy and Calendar Month on Milk Records. *Animal Production*, 33, 281-290.

11. BARASH H, SILANIKOVE N, SHAMAY A, EZRA E. (2001) Interrelationships Among Ambient Temperature, Day Length, and Milk Yield in Dairy Cows Under a Mediterranean Climate. *J. Dairy Sci.*, 84(10), 2314-2320.
12. BEEDE, D.K. 1994. Water quality and nutrition for dairy cattle. In *Biotechnology in the Feed Industry: Proceedings of Alitech's Tenth Annual Symposium*. T.P. Lyons, KA. Jacques. eds. Nottingham University Press, Loughborough, UK. pp 183-198.
13. BEN SALEM M ET BOUROUÏ R 2009. Heat stress in Tunisia: Effect on dairy cows and potential means of alleviating it. *South African Journal of Animal Science* 39 (supplement 1):256-259.
http://www.sabinet.co.za/abstracts/sajas/sajas_v39_supp1_a59.html.
14. BENNETT A, LHOSTE F, CROOK J AND PHELAN J 2006. The future of small scale dairying. In *Livestock Report 2006*. Food and Agriculture Organization, Rome. Italy. 85P
http://www.fao.org/AG/AGAInfo/resources/en/publications/sector_reports/2006_livestockreport.pdf.
15. BENYOUCEF M.T 2005. Diagnostic systématique de la filière lait en Algérie. Organisation et traitement de l'information pour analyse des profils de livraison en laiteries et des paramètres de production des élevages. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques. INA. Alger, 2 tomes: 396p.
16. BERMAN A, FOLMAN Y, KAIM M, MAMEN M, HERZ Z, WOLFENSON D, et al. (1985) Upper Critical Temperatures and Forced Ventilation Effects for High-Yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. *J. Dairy Sci.*, 68(6), 1488-1495.
17. BERMAN, A., AND M. MORAG. 1971. Nycthemeral patterns of thermoregulation in highyielding cows in a hot-dry climate. *Aust. J. Agric. Res.* 22:671.
18. BERMAN, A., Y. FOLMAN, M. KAIM, M. MAMEN, Z. HERZ, D. WOLFENSON, A. ARIELI, AND Y. GRABER. 1985. upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 68:1488-1495.
19. BERNABUCCI, U., P. BANI, B. RONCHI, N. LACETERA, AND A. NARDONE. 1999. Influence of short and longterm exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility by Friesian heifers. *J. Dairy Sci.* 82:967-973.
20. BIANCA, W. 1962. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature* 195:251-252.

21. BLAIR-WEST, J. R., D. A. DENTON, M. J. MCKINLEY, AND R. S. WEISINGER. 1992. Thirst and brain angiotensin in cattle. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 262:204-210.
22. BLIGH, J., JOHNSON, K.G. Glossary of terms for thermal physiology. *Journal of Applied Physiology*, 1973, 35: 941-961.
23. BOURAOUI R., LAHMAR M., MAJDOUB M., 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.
24. BURGOS, M.S. M. SENN, F. SUTTER, M. KREUZER AND W. LANGHANS. 2001. Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol* 280:418-427.
25. CAPDEVILLE, J., A model for the climatic welfare applied to young cattle transport. Proposition d'article pour publication, 2008, Institut de l'élevage.
26. CARDOT, V., Y. LE ROUX, AND S. JURJANZ. 2008. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *J. Dairy Sci.* 91:2257-2264.
27. CASTLE, M. E., AND T. P. THOMAS. 1970. The water intake of British Friesian cows on ration containing various forages. *Anim. Prod.* 20:181-189.
28. CHAIYABUTR, N.; CHANPONGSANG, S. & SUADSONG, S. (2008). Effects of Evaporative Cooling on the Regulation of Body Water and Milk Production in Crossbred Holstein Cattle in a Tropical Environment. *International Journal of Biometeorology*, Vol. 52, No. 7, (September 2008), pp. 575-585, ISSN 0020-7128
29. CHEHAT. F « Les marchés internationaux : Enjeux et perspectives », INA Alger, 1e Salon international du lait et dérivés "SILAIT 2008", Alger, mai 2008.
30. CHENOST M ET KAYOULI C 1997. Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes. *Etudes FAO: Production et santé animales* - 135
<http://www.fao.org/docrep/W4988F/W4988F00.htm>
31. CHERNOFF, R. 1994. Thirst and Fluid Requirements. *Nutr. Rev.* 52:3-5.
32. CIGR. 2002. Commission International du Genie Rural .Report of working group on climatization of animal houses. The Scottish Farm Building Investigation Unit, Craibstone, Bucksburn, Aberdeen.
33. CINCOVIĆ M. R. (2010). Toplotnistreskrava – fiziologija i patofiziologija, Monografija, zadužbina Andrejević, Beograd,

34. CINCOVIĆ, M. R., BELIĆ B. (2009). Uticaj termalnog stresakravanakoličinu i kvalitet proizvedenog mleka, Veterinarski žurnal Republike Srpske, vol. IX, broj 1, 53 – 56.
35. COLLIER RJ, BEEDE DK, THATCHER WW, ISRAEL LA, WILCOX CJ. (1982) Influences of Environment and Its Modification on Dairy Animal Health and Production. J. Dairy Sci., 65(11), 2213-2227.
36. CUNNINGHAM, M. D., F. A. MARTZ, AND C. P. MERILAN. 1964. Effect of drinking water temperature upon ruminant digestion, intramammary temperature, and water consumption of nonlactating dairy cows. J. Anim. Sci. 47:382-385.
37. DADO, R., AND M. ALLEN. 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77: 132-144.
38. DAHLBORN, K., M. AKERLIND, AND G. GUSTAFSON. 1998. Water intake by dairy cows selected for high or low milk-fat percentage when two forage to concentrate ratios with hay or silage. Swedish J. agric. Res 28: 167-176.
39. DELAQUIS, A. M., AND E. BLOCK. 1995. Dietary Cation-Anion Difference, Acid-Base Status, Mineral Metabolism, Renal Function, and Milk Production of Lactating Cows. J. Dairy Sci. 78: 2259-2284.
40. DEMARQUILLY, 1987 : Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. ED. Demarquilly. INRA. Paris.
41. DRDPA /MADR. « Situation et perspectives de développement de la filière lait face à l'évolution des marchés extérieurs : La politique de soutien et de promotion de la production laitière nationale », 1e Salon international du lait et dérivés "SILAIT 2008", Alger, mai 2008.
42. DU PREEZ J.H., GIESECKE W.H., HATTINGH P.J., Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons, Onderstepoort J. Vet. Res. 57 (1990) 77–86.

Merci allah et merci tous le monde