

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**  
**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences Agronomiques**



**Mémoire de Master Académique**  
**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Filière : Sciences Agronomiques**  
**Spécialité : Parcours et Elevage en Zones Arides**

## **Thème**

**Etude de l'adaptation des races bovines  
laitières aux conditions climatiques  
sahariennes : cas de la région de Ghardaïa**

**Présenté par :**  
**M. HABIB Mohamed Ilyas**  
**Soutenu publiquement :**  
**Le 14 / 09 / 2023**

**Devant le jury :**

<b>Pr. ADAMOUM A</b>	<b>Univ. Ouargla</b>	<b>Président du jury</b>
<b>Dr. BOUMADA A</b>	<b>Univ. Ouargla</b>	<b>Examineur</b>
<b>Dr. OUARFLI I</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Encadreur</b>
<b>Pr. CHEHMA A</b>	<b>Univ. Ouargla</b>	<b>Co-Encadreur</b>

**Année universitaire : 2022/2023**

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Aujourd'hui, je termine mon parcours académique en tant qu'éleveur de bovins. Je tiens à remercier chaleureusement ma famille, mes enseignants et mes amis pour leur soutien.*

*Ma recherche vise à améliorer les pratiques d'élevage. Je partagerai mes résultats et espère qu'ils contribueront à notre industrie.*

*Merci pour votre présence*

***HABIB Mohamed Ilyas***

# *Remerciements*

*"Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mes parents et ma famille, sans qui rien de tout cela n'aurait été possible. Je n'oublie pas ma chère grand-mère, ainsi que mes professeurs de l'Université de Ghardaia et de l'Université de Ouargla, mes amis, et toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon parcours académique. Votre soutien indéfectible a été précieux pour m'aider à atteindre mes objectifs."*

**LISTES DES FIGURES**

<b>Figures</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1</b>	Synthèse des réponses en fonction de la durée du stress thermique (Adapté de Saizi et al., 2016).	<b>5</b>
<b>Figure 2</b>	Effets du stress thermique (HS) ou d'une alimentation appariée (PF) sur la production laitière (kg/j) de vaches Holstein (Adapté de Rhoads et al., 2009).	<b>8</b>
<b>Figure 3</b>	les effets des techniques de refroidissement pendant la période de tarissement et du stress thermique pendant cette même période sur la production laitière lors de la lactation subséquente. Adaptée de Tao et Dahl (2013).	<b>9</b>
<b>Figure 4</b>	Taux de conception (%) de vaches exposées à des indices de température-humidité (ITH) variant de 41 à 79 le jour de l'insémination. Adaptée de Schüller et al., 2014	<b>11</b>
<b>Figure 5</b>	La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez les vaches en lactation.	<b>19</b>
<b>Figure 6</b>	La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction de stade de lactation chez les vaches en lactation.	<b>20</b>
<b>Figure 7</b>	Diagramme d'intervalle de de quantité de lait produite en fonction des catégories de THI au vêlage chez les vaches en lactation.	<b>21</b>
<b>Figure 8</b>	La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race brune des Alpes.	<b>22</b>
<b>Figure 9</b>	La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Holstein pie noire.	<b>23</b>
<b>Figure 10</b>	La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Holstein pie rouge.	<b>24</b>
<b>Figure 11</b>	La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Montbéliarde.	<b>25</b>
<b>Figure 12</b>	La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Simmental.	<b>26</b>
<b>Figure 13</b>	Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.	<b>27</b>
<b>Figure 14</b>	Diagramme d'effet de la variabilité raciale sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.	<b>29</b>
<b>Figure 15</b>	Diagramme d'effet de type d'IA sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.	<b>32</b>
<b>Figure 16</b>	Diagramme d'effet du mois d'IA sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.	<b>34</b>

## Listes des figures

---

<b>Figure 17</b>	Variation de taux de conception en fonction du rang de lactation chez les vaches laitières.	<b>37</b>
<b>Figure 18</b>	Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race brune des Alpes.	<b>38</b>
<b>Figure 19</b>	Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Montbéliarde.	<b>40</b>
<b>Figure 20</b>	Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Simmental.	<b>42</b>
<b>Figure 21</b>	Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Holstein pie rouge.	<b>43</b>
<b>Figure 22</b>	Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Holstein pie noire.	<b>45</b>

**LISTES DES TABLEAUX**

<b>N° : de tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Effets du stress thermique sur la production laitière des vaches.	7
<b>02</b>	Effets du stress thermique sur la teneur en matières grasses du lait	10
<b>03</b>	Nombre de contrôle laitier, jour en lactation et production laitière (moyenne $\pm$ écart-type) des vaches laitières suivis.	16
<b>04</b>	Ration alimentaire journalière des vaches laitières	17
<b>05</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez les vaches en lactation.	28
<b>06</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « race » de conception chez les vaches en lactation.	30
<b>07</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « Type d'IA » de conception chez les vaches en lactation.	33
<b>08</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « Mois d'IA » de conception chez les vaches en lactation.	34
<b>09</b>	Analyse de la variance (ANOVA) de taux de conception (%) en fonction du rang de lactation.	37
<b>10</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race brune des Alpes	39
<b>11</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Montbéliarde.	41
<b>12</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Simmental.	42
<b>13</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Holstein pie rouge.	44
<b>14</b>	Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Holstein pie noire.	46

**TABLE DES MATIERES**

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
المخلص	
Abstract	
Table de matières	
Liste des figures	
Introduction générale	1
<b>CHAPITRE I : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
1. Changement climatique et son impact sur l'élevage et la productivité animale dans les régions arides	4
2. Impact de l'élévation de la température sur les paramètres physiologiques des vaches laitières	5
2.1 Conséquences du stress thermique sur les besoins énergétiques	6
2.2 Répercussions du stress thermique sur la production et la composition du lait	6
2.2.1 Production de lait	6
2.2.2 Impact du stress thermique sur les composants du lait	9
2.3 Répercussions du stress thermique sur la reproduction	11
<b>CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES</b>	
Matériels et Méthodes	14
Présentation du site d'étude	14
Matériels animaux	15
Calcul d'index- température-humidité (THI)	17
<b>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
<b>Résultats</b>	19
<b>1. Effet du stress thermique sur la production laitière</b>	19
Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race brune des Alpes	21

## Table de matières

---

Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race Holstein pie noire	22
Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Holstein pie rouge	23
Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race Montbéliarde	24
Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race Simmental	25
<b>2. Effet du stress thermique sur la fertilité</b>	27
Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race brune des Alpes	38
Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Montbéliarde	40
Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Simmental	41
Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Holstein pie rouge	43
Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Holstein pie noire	45
<b>Discussion</b>	47
Effet du stress thermique sur la production laitière	47
Effet du stress thermique sur la fertilité	49
La tolérance des races laitières au stress thermique	50
Conclusion Générale	53
Références Bibliographiques	55

### Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer la capacité d'adaptation des races laitières importées, notamment l'Holstein pie noire (HPN), l'Holstein pie rouge (HPR), la Brune des Alpes (BA), la Montbéliarde (MO), et la Simmental (SM), en termes de performances zootechniques, telles que le rendement laitier quotidien et la réussite de l'insémination artificielle, en fonction des variations de l'indice de température-humidité (THI) dans une exploitation privée d'élevage bovin laitier située dans la région de Ghardaïa, au Sahara septentrional algérien. Cette analyse s'appuie sur l'examen de 514 fiches individuelles d'insémination artificielle (IA) recueillies sur la période 2017-2020, ainsi que sur 293 enregistrements de contrôle laitier journalier. Les résultats indiquent que les valeurs de THI sont élevées pendant la période estivale, dépassant 84 unités, ce qui se traduit par une baisse significative ( $P < 0,0001$ ) de la production laitière pour toutes les races, à l'exception de la Montbéliarde et de la Simmental. En outre, il n'y a pas de différence significative en termes de fertilité entre les races, bien que les taux de conception varient d'une race à l'autre. Il a également été constaté que le rang de lactation, la parité de la femelle et le type d'insémination artificielle ont un effet significatif ( $P < 0,0001$ ) sur le taux de conception (TC%). En conclusion, il est essentiel d'optimiser la thermorégulation des races laitières importées d'Europe dans le contexte saharien. Cela peut être réalisé en améliorant les conditions environnementales à l'intérieur des bâtiments d'élevage, en fournissant une alimentation appropriée en fonction des besoins nutritionnels et en sélectionnant les animaux en fonction de leur résistance à la chaleur. Ces mesures contribueront à améliorer les performances productives, reproductives et l'adaptabilité des vaches laitières dans cette région.

**Mots clés :** adaptabilité climatique, indice de température-humidité (THI), insémination artificielle, races laitières importées, rendement laitier quotidien.

### ملخص:

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم قدرة سلالات الأبقار الحلوب المستوردة، بما في ذلك الهولشتاين الأسود (HPN) والهولشتاين الأحمر المتوسط (HPR) والبقر البني السويسري (BA) والمونتبيليارد (MO) والسيمنتال (SM)، من حيث الأداء الحيواني مثل إنتاج الحليب اليومي ونجاح التلقيح الاصطناعي، بالنسبة لتغيرات مؤشر درجة الحرارة والرطوبة (THI) في مزرعة خاصة لتربية الماشية الحلوب تقع في منطقة الغرداية بشمال الصحراء الجزائرية. تستند هذه التحليلات إلى فحص 514 سجل للتلقيح الاصطناعي الفردي تم جمعها على مدى الفترة من 2017 إلى 2020، بالإضافة إلى 293 سجل للرقابة اليومية على إنتاج الحليب. تشير النتائج إلى أن قيم THI مرتفعة خلال فترة الصيف، حيث تتجاوز 84 وحدة، مما يؤدي إلى انخفاض كبير ( $P < 0.0001$ ) في إنتاج الحليب لجميع السلالات، باستثناء المونتبيليارد والسيمنتال. وعلاوة على ذلك، لا يوجد فرق ملحوظ من حيث الخصوبة بين السلالات، على الرغم من تفاوت معدلات الحمل من سلالة إلى أخرى. لاحظ أيضاً أن رتبة الحليب وعدد الأمهات ونوع التلقيح الاصطناعي له تأثير ملحوظ ( $P < 0.0001$ ) على معدل الحمل. في الختام، فإنه من الضروري بالفعل تحسين التنظيم الحراري لسلالات الأبقار الحلوب المستوردة من أوروبا في المناخ الصحراوي. يمكن تحقيق ذلك من خلال تحسين الظروف البيئية داخل مباني تربية الماشية، وتوفير تغذية مناسبة بناءً على الاحتياجات الغذائية، واختيار الحيوانات بناءً على مقاومتها للحرارة. ستساهم هذه الإجراءات في تحسين الأداء الإنتاجي والتكاثري وقدرة الأبقار الحلوب على التكيف في هذه المنطقة.

الكلمات الرئيسية: التكيف المناخي، مؤشر درجة الحرارة والرطوبة (THI)، التلقيح الاصطناعي، سلالات الأبقار الألبان المستوردة، إنتاج الحليب اليومي.

### **Abstract:**

The aim of this study was to assess the adaptability of imported dairy breeds, including Holstein Friesian (HPN), Holstein Red Pied (HPR), Brown Swiss (BA), Montbéliarde (MO), and Simmental (SM), in terms of zootechnical performance, such as daily milk yield and the success of artificial insemination, in relation to variations in the Temperature-Humidity Index (THI) in a private dairy cattle farm located in the Ghardaïa region of the northern Algerian Sahara. This analysis is based on the examination of 514 individual artificial insemination (AI) records collected over the period 2017-2020, as well as 293 daily milk control records. The results indicate that THI values are high during the summer period, exceeding 84 units, resulting in a significant decrease ( $P < 0.0001$ ) in milk production for all breeds, except Montbéliarde and Simmental. Furthermore, there is no significant difference in terms of fertility among the breeds, although conception rates vary from one breed to another. It was also observed that lactation rank, female parity, and the type of artificial insemination have a significant effect ( $P < 0.0001$ ) on conception rate (CR%). In conclusion, it is essential to optimize the thermoregulation of imported dairy breeds from Europe in the Saharan context. This can be achieved by improving environmental conditions within livestock buildings, providing appropriate nutrition based on nutritional needs, and selecting animals based on their heat resistance. These measures will contribute to improving the productive, reproductive, and adaptability performances of dairy cows in this region.

**Keywords:** climatic adaptability, Temperature-Humidity Index (THI), artificial insemination, imported dairy breeds, daily milk yield.

**INTRODUCTION GENERALE**

### Introduction

Dans les régions caractérisées par des conditions climatiques chaudes telles que les zones méditerranéennes, désertiques, tropicales et subtropicales, les contraintes environnementales majeures résident principalement dans des températures élevées, un taux d'humidité accru et/ou des précipitations irrégulières (Mandonnet et al., 2011). Dans ce contexte, les bovins laitiers sont soumis à des périodes de stress thermique qui déclenchent diverses réponses anatomiques, physiologiques et comportementales, principalement liées aux efforts de l'animal pour s'adapter à son environnement (Smith et al., 2013).

Le stress thermique dû aux conditions climatiques défavorables conduit les vaches laitières à un état d'équilibre énergétique négatif en raison de la réduction de leur apport alimentaire (Moore et al., 2005b). Cette diminution des apports nutritionnels est identifiée comme l'un des principaux facteurs responsables de la baisse significative de la production de lait (Fuquay, 1981 ; Ray et al., 1992 ; Spiers et al., 2004). L'ampleur de cette diminution de la production laitière dépend du niveau de production, de la taille de l'animal et des races impliquées (West, 2003).

De plus, les conditions d'hyperthermie ont un impact discordant sur la composition du lait, altérant les taux de protéines, de matières grasses, de lactose et de minéraux (Barash et al., 2001 ; Bernabucci et al., 2002 ; Key et al., 2014).

L'élevage bovin laitier dans la région de Ghardaïa, située au sud de l'Algérie, a connu un développement considérable ces dernières années. Le cheptel, composé exclusivement de vaches laitières à haut potentiel génétique importées d'Europe, est confronté aux rigueurs du climat saharien, caractérisé par des températures extrêmement élevées, pouvant dépasser les 45 °C pendant la période estivale, engendrant ainsi un stress thermique sévère.

Cette étude a été menée dans une exploitation privée d'élevage bovin laitier de la région de Ghardaïa, dans le Sahara septentrional algérien, qui a connu une expansion significative au cours des dernières années. Cependant, les animaux se trouvent en situation d'inconfort thermique en raison de l'absence d'infrastructures adaptées aux besoins thermiques des races bovines modernes. Cette situation a entraîné une détérioration des performances laitières ainsi que de la physiologie et du bien-être des vaches laitières.

L'objectif de ce travail consiste à analyser comment les races bovines laitières importées s'adaptent aux conditions climatiques du Sahara septentrional, en se focalisant sur

## **Introduction**

---

leurs performances en matière de production laitière et de reproduction, particulièrement lors de périodes de stress thermique.

**CHAPITRE I :**  
**PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1. Changement climatique et son impact sur l'élevage et la productivité animale dans les régions arides :

Le changement climatique constitue l'une des principales menaces pour la survie de diverses espèces et écosystèmes, ainsi que pour la viabilité des systèmes d'élevage à travers le monde, en particulier dans les zones tropicales et arides (Das et al., 2016).

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) estime que la température moyenne mondiale a augmenté de 0,2 °C par décennie depuis le milieu des années 1970, et prévoit une augmentation de 1,4 à 5,8 °C d'ici 2100 (IPCC, 2007). Il a également été reconnu que les pays en développement seront les plus touchés par les événements climatiques extrêmes, étant tributaires de secteurs sensibles aux variations climatiques tels que l'agriculture et la sylviculture (IPCC, 2007).

Les conditions climatiques, notamment la température ambiante et l'humidité relative, sont les principaux déclencheurs du stress thermique, qui a une incidence directe sur le bien-être et les performances des animaux d'élevage (Kadzere et al., 2002 ; Bernabucci et al., 2010).

En effet, le stress thermique entraîne des perturbations physiologiques et métaboliques significatives qui affectent négativement la productivité et la reproduction des vaches laitières, entraînant ainsi des pertes économiques substantielles dans le secteur laitier (West, 2003 ; Rosenkrans Jr et al., 2010 ; Bernabucci et al., 2014). Il est donc essentiel de déterminer les seuils de température et d'humidité relative auxquels le confort des animaux est maintenu.

L'indice de température-humidité (THI), initialement développé par Thom (1959) pour évaluer le confort thermique chez les humains, a été étendu aux bovins laitiers par Berry et al. (1964), permettant ainsi de quantifier le stress thermique chez ces animaux. Plusieurs études ont cherché à définir les seuils de THI en dessous desquels le bien-être et la productivité des vaches laitières ne sont pas affectés (Armstrong, 1994 ; Hammami et al., 2013).

À cet égard, Wiersma (1990) et Igono et al. (1992) ont suggéré un seuil quotidien moyen de THI=72 au-delà duquel les vaches laitières commencent à ressentir un stress thermique. Cependant, Silanikove (2000) et Kadzere et al. (2002) considèrent que THI=70 est une valeur critique au-delà de laquelle les vaches laitières sont en dehors de leur zone de confort thermique. Pour s'adapter à ces conditions environnementales difficiles, les vaches

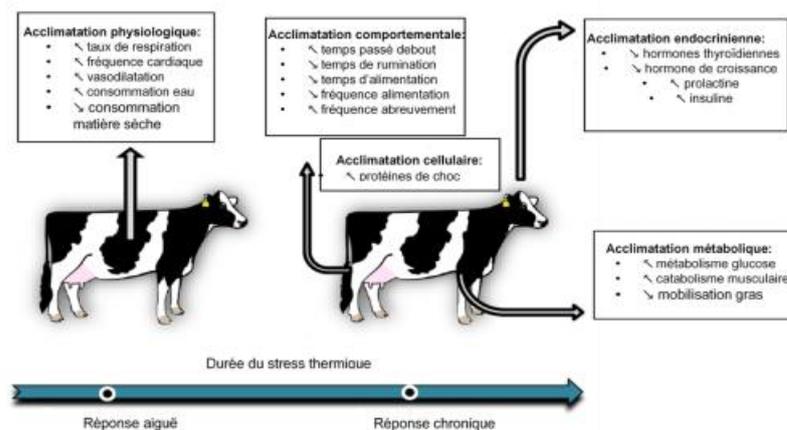
mettent en place divers mécanismes de régulation thermique et d'adaptation comportementale (Broom et Johnson, 1993).

Ces mécanismes comprennent une augmentation de la fréquence respiratoire (Shafie, 1985 ; Yousef, 1985) et de la fréquence cardiaque (Rübsamen et Hales, 1985 ; Du Preez, 2000) pour dissiper la chaleur corporelle vers l'environnement ambiant. Si malgré ces mécanismes, les vaches ne parviennent pas à abaisser leur température corporelle, leur température rectale augmente (Bouraoui et al., 2002 ; Padilla et al., 2006).

De plus, des adaptations hormonales ont été observées chez les vaches laitières pour faire face à l'augmentation des températures ambiantes. Par exemple, la sécrétion d'hormones surrénales telles que le cortisol stimule les ajustements métaboliques internes, permettant aux animaux de mieux tolérer des conditions environnementales stressantes (Christison et Johnson, 1972). Parallèlement, le stress thermique entraîne une suppression du système immunitaire et une augmentation de l'incidence des mammites (Wegner et al., 1972).

## 2. Impact de l'élévation de la température sur les paramètres physiologiques des vaches laitières :

Les réactions aiguës et chroniques déclenchées pour faire face au stress thermique peuvent influencer les performances zootechniques, la santé et le bien-être des vaches laitières (voir Figure 1).



**Figure 1 :** Synthèse des réponses en fonction de la durée du stress thermique (Adapté de Saizi et al., 2016).

## **2.1 Conséquences du stress thermique sur les besoins énergétiques :**

Le stress thermique augmente les besoins énergétiques des vaches laitières (Baumgard et Rhoads, 2013). Cette augmentation découle en partie de l'énergie supplémentaire requise pour dissiper la chaleur par le biais du halètement et de la transpiration (Fuquay, 1981). De plus, la synthèse des protéines de choc thermique et le maintien de leur fonctionnement en période de stress thermique exigent des quantités substantielles d'énergie (Tomanek, 2010). L'accroissement de l'adrénaline pendant le stress thermique stimule également l'activité des enzymes ATPase Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, ce qui demande un apport énergétique supplémentaire. Par ailleurs, l'activation de la réponse inflammatoire par les lipopolysaccharides nécessite une quantité importante d'énergie (Leininger et al., 2000).

Dans l'ensemble, les besoins énergétiques des vaches laitières augmentent de 7 à 30 % en situation de stress thermique (NRC, 1989 ; Fox, 1998). En fin de compte, cette augmentation des besoins énergétiques, associée à la diminution de l'efficacité de la conversion du fourrage en lait observée en cas de stress thermique, entraîne un bilan énergétique négatif, conduisant à une perte de poids corporel lors de périodes de stress thermique intense (Rhoads et al., 2009). Par ailleurs, un bilan énergétique négatif est lié à diverses affections métaboliques et problèmes de santé, ainsi qu'à une diminution des performances zootechniques (Drackley et al., 1999).

## **2.2 Répercussions du stress thermique sur la production et la composition du lait :**

La réponse d'acclimatation en situation de stress thermique réoriente l'utilisation des nutriments en privilégiant les fonctions non productives chez les animaux. En conséquence, le stress thermique peut avoir des effets négatifs directs et indirects, notamment par le biais de la diminution de l'efficacité de conversion du fourrage en lait (CVMS), sur les performances de production des vaches laitières.

### **2.2.1 Production de lait :**

La production laitière est fortement influencée par le stress thermique. Par exemple, des baisses de 25 à 40 % ne sont pas rares chez les vaches en lactation (Wheelock et al., 2010 ; Tao et al., 2017). Plusieurs études ont exploré l'impact du stress thermique sur la production laitière, avec des variations d'une recherche à l'autre (voir Tableau 1).

**Tableau 1** : Effets du stress thermique sur la production laitière des vaches.

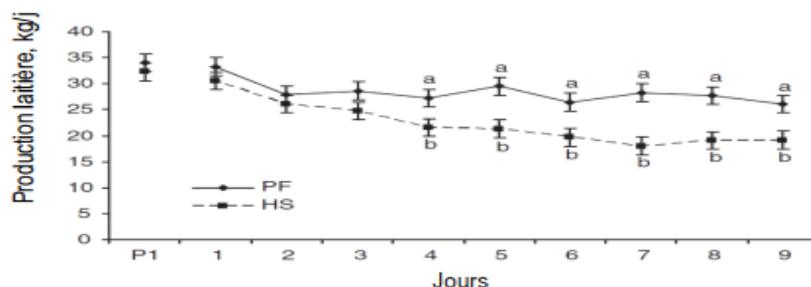
Auteurs	Diminution de la production de lait <sup>1</sup>
Johnson et al., 1962	-0,26 kg/j quand ITH <sup>2</sup> > 70
Bernabucci et al., 2014	-0,91 à -1,27 kg/j
Bernabucci et al., 2010	-0,27 kg par unité d'ITH > à 68
Bouraoui et al., 2002	-0,41 kg par unité d'ITH > à 69
Bohmanova et al., 2007	-0,23 à 0,59 par unité d'ITH > à 72
Brügemann et al., 2011	-0,16 à 0,47 par unité d'ITH > à 60
Hammami et al., 2013	-0,16 kg par unité d'ITH > à 62
Ravagnolo et Misztal, 2000	-0,20 kg par unité d'ITH > à 72

<sup>1</sup>Les diminutions varient selon la parité des animaux

<sup>2</sup>ITH = Indice de température et d'humidité

Il existe un délai de 24 à 48 heures entre un épisode de stress thermique et son impact sur la production laitière concomitante (Collier et al., 1981a ; West, 2003 ; Spiers et al., 2004). Par ailleurs, Bernabucci et al. (2014) ont noté un effet maximal des conditions environnementales sur la production laitière quatre jours avant la mesure. Ils ont également constaté une influence persistante de l'indice de température-humidité (THI) sur la production laitière pendant huit jours.

À l'origine, la baisse de la production laitière observée en période de stress thermique était étroitement liée à la diminution de la CVMS (West, 2003). Cependant, il a été constaté que cette diminution expliquait seulement 35 à 50 % de la baisse de production observée chez les vaches en milieu de lactation (Rhoads et al., 2009 ; Wheelock et al., 2010 ; voir Figure 2). Afin de démêler l'effet de la CVMS sur les performances de production, Rhoads et al. (2009) ont mesuré l'apport alimentaire des vaches Holstein soumises à un stress thermique. Ils ont ensuite fourni la même quantité de matière sèche à des vaches non soumises au stress. Finalement, ils ont comparé les performances des deux groupes d'animaux. Les résultats ont montré des différences significatives entre la production laitière des vaches soumises au stress thermique et celles non soumises, même si les deux groupes consommaient la même quantité de matière sèche.



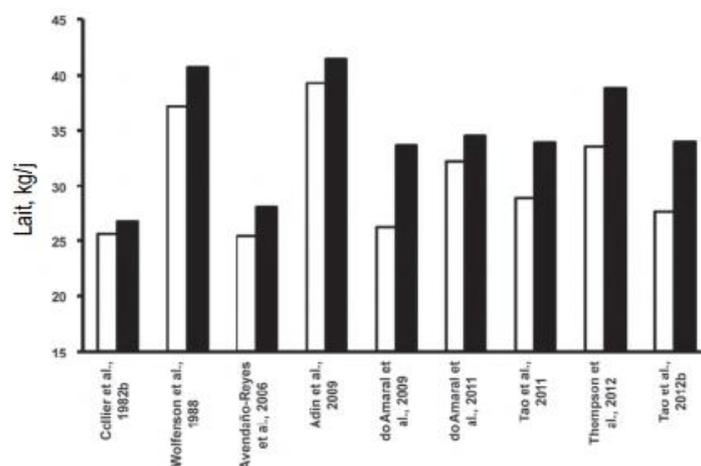
**Figure 2 :** Effets du stress thermique (HS) ou d'une alimentation appariée (PF) sur la production laitière (kg/j) de vaches Holstein (Adapté de Rhoads et al., 2009).

En parallèle de la réduction de la CVMS, les mécanismes sous-jacents à la diminution de la production laitière observée en situation de stress thermique impliquent divers systèmes. Comme expliqué par Baumgard et Rhoads (2013), les altérations endocriniennes et métaboliques des glucides, lipides et protéines en réponse au stress thermique sont en partie responsables de cette baisse de production. En effet, le stress thermique augmente l'utilisation du glucose par les tissus, ce qui restreint sa disponibilité pour la synthèse du lactose dans la glande mammaire. De plus, la diminution du flux sanguin vers la glande mammaire réduit l'apport en nutriments nécessaires à la production de lait. Les cellules épithéliales de la glande mammaire sont également directement affectées par la chaleur (Collier et al., 2008). Cependant, le rôle précis de chaque système dans ce processus reste encore largement méconnu. Lamp et al. (2015) ont observé que des vaches en début de lactation soumises au stress thermique avaient une production laitière similaire à celles consommant la même quantité de matière sèche dans des conditions thermoneutrales. Ainsi, en début de lactation, la chute de production laitière semble être principalement liée à la diminution de la CVMS.

En plus de ses effets pendant la période de lactation, le stress thermique pendant la période de tarissement, qui favorise l'élimination des cellules sénescents de la glande mammaire et la régénération de nouvelles cellules avant le vêlage, peut avoir des répercussions sur la lactation suivante des vaches (Urdaz et al., 2006 ; do Amaral et al., 2011 ; Tao et al., 2011, 2012). Tao et Dahl (2013) ont comparé la production laitière de vaches exposées au stress thermique pendant toute la durée du tarissement (six semaines) à celle de vaches rafraîchies pendant cette période.

Les résultats ont montré que les vaches du groupe stress thermique produisaient en moyenne 4 à 5 kg de lait en moins par jour que les vaches rafraîchies pendant toute la

lactation suivante, ce qui suggère que le stress thermique pendant le tarissement altère les fonctions de la glande mammaire. D'ailleurs, une série d'études comparant la production laitière de vaches rafraîchies ou soumises au stress thermique pendant la période de tarissement confirme ces conclusions (voir Figure 3).



**Figure 3:** les effets des techniques de refroidissement pendant la période de tarissement et du stress thermique pendant cette même période sur la production laitière lors de la lactation subséquente. Adaptée de Tao et Dahl (2013).

### 2.2.2 Impact du stress thermique sur les composants du lait

En plus de son influence sur les quantités de lait produites, le stress thermique a également un effet sur la qualité du lait. Des réductions significatives de la teneur en matières grasses, en protéines (Bernabucci et al., 2014 ; Cowley et al., 2015) et en lactose (Wheelock et al., 2010) ont été observées en cas de stress thermique.

La plupart des études signalent une diminution de la concentration (Bouraoui et al., 2002) et du total des lipides (Bouraoui et al., 2002 ; Bernabucci et al., 2014 ; Lambertz et al., 2014) dans le lait (voir Tableau 2). Néanmoins, quelques auteurs notent des concentrations inchangées (Knapp et Grummer, 1991 ; Wheelock et al., 2010) voire augmentées (Garner et al., 2016).

**Tableau 2:** Effets du stress thermique sur la teneur en matières grasses du lait

Auteurs	Paramètre	Effet
Wheelock et al., 2010	Gras, %	inchangé
Knapp et Grummer, 1991	Gras, kg/j	inchangé
Bernabucci et al., 2014	Gras, kg/j	-0,02 à -0,07 kg/j <sup>1</sup>
Lambertz et al., 2014	Gras, kg/j	-0,0005 à -0,01 kg/j <sup>2</sup>
Bouraoui et al., 2002	Gras, %	-0,34 unités de %
Hammami et al., 2013	Gras, kg	-0,02 kg/j

Le profil en acides gras du lait subit également des modifications en cas de stress thermique ; ces effets sont cohérents dans la littérature. Les études indiquent que la synthèse des acides gras à chaînes courtes (4 à 10 carbones) et moyennes (12 à 16 carbones) diminue en situation de stress thermique, tandis que celle des acides gras à chaînes longues (18:0 et 18:1 cis-9) augmente (Richardson et al., 1961 ; Hammami et al., 2015 ; Liu et al., 2017).

Dans la même optique, le lait des vaches en situation de stress thermique contient moins d'acides gras synthétisés de novo, mais davantage d'acides gras préformés (Heck et al., 2009). Le degré de saturation des acides gras est aussi altéré, avec une augmentation des acides gras saturés et une diminution des acides gras insaturés en situation de stress thermique (Heck et al., 2009 ; Hammami et al., 2015). Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour élucider les mécanismes sous-jacents à ces changements dans le profil en acides gras du lait lors de périodes de stress thermique.

La concentration (%) et la production de protéines (kg/j) sont également affectées par le stress thermique, avec des diminutions de 0,02 à 0,1 % par jour et de 0,01 à 0,07 kg/j rapportées (Bernabucci et al., 2014 ; Cowley et al., 2015). De plus, tout comme pour la production laitière et les matières grasses, l'indice de température-humidité a un effet persistant sur la production de protéines. Celle-ci est influencée par les douze jours précédant la mesure, avec un effet maximal observé trois à quatre jours avant le contrôle de production. Cowley et al. (2015) attribuent en partie la diminution des protéines dans le lait à la réduction de la CVMS observée en situation de stress thermique ainsi qu'à l'utilisation accrue des acides aminés pour la néoglucogénèse.

Enfin, les vaches en situation de stress thermique produisent moins de lactose (200 à 400 g) par jour que celles en état de thermoneutralité (Rhoads et al., 2009 ; Wheelock et al., 2010). La quantité de lactose est généralement équivalente (en termes molaires) à la quantité de glucose sécrétée. Étant donné que le glucose est la principale source d'énergie en cas de

stress thermique et que moins de glucose est disponible pour la glande mammaire (Wheelock et al., 2010), la diminution du lactose n'est pas surprenante.

### 2.3 Répercussions du stress thermique sur la reproduction

Le stress thermique engendre des conséquences significatives sur la fertilité des vaches laitières (Hansen et Arechiga, 1999 ; Bernabucci et al., 2010). De nombreux chercheurs ont signalé des altérations dans la sécrétion d'hormones reproductives en situation de stress thermique. Ces altérations majeures des sécrétions hormonales comprennent la diminution de la concentration sérique de l'œstradiol, de la concentration plasmatique de l'hormone lutéinisante, et de la progestérone, ainsi que l'augmentation de la concentration plasmatique de l'hormone folliculostimulante (Wolfenson et al., 2000). Ces perturbations compromettent l'intervalle entre les périodes de chaleur et d'ovulation (De Rensis et al., 2017), la durée et l'expression des chaleurs (Orihuela, 2000 ; Hansen et Arechiga, 2001), la croissance des follicules, la dominance folliculaire (Wilson et al., 1998a ; b), la qualité des ovocytes (Ferreira et al., 2011) et le développement embryonnaire (Drost et al., 1999).

Concrètement, les effets du stress thermique sur la reproduction se traduisent également par une diminution du taux de conception. À ce sujet, Morton et al. (2007) ont observé qu'un indice de température-humidité (THI) égal ou supérieur à 72 survenant entre 35 jours avant et 6 jours après l'insémination pouvait réduire le taux de conception de 30 points de pourcentage. Plus récemment, Schüller et al. (2014) ont noté des effets maximaux du stress thermique sur le taux de conception lorsque le stress survient entre 1 et 21 jours avant l'insémination. Pendant cette période, un THI égal ou supérieur à 73 peut faire chuter le taux de conception de 31 % à 12 % (voir Figure 4).

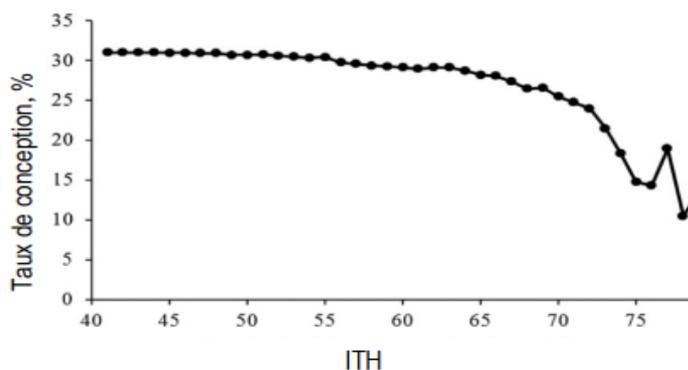


Figure 4: Taux de conception (%) de vaches exposées à des indices de température-humidité (ITH) variant de 41 à 79 le jour de l'insémination. Adaptée de Schüller et al., 2014

En somme, le stress thermique a un impact sur la fertilité des troupeaux en prolongeant l'intervalle entre le vêlage et la conception (nombre de jours ouverts). À cet égard, St-Pierre et al. (2003), en utilisant une équation élaborée à partir d'informations présentes dans la littérature sur les effets du stress thermique sur la reproduction, ont évalué que l'augmentation du nombre de jours ouverts due au stress thermique varie de 7,3 jours (New York) à 59,2 jours (Floride).

**CHAPITRE II :**  
**MATERIELS ET METHODES**

## Matériels et Méthodes

### Présentation du site d'étude :

Le site d'étude représente une exploitation agricole privée qui a été établie dans le cadre du programme APFA, située à la commune de Sebseb (Daïra de Metlili), dans la wilaya de Ghardaia. Cette ferme s'étend sur une vaste superficie de 240 hectares et se distingue par son approche polyvalente, englobant à la fois les domaines de la production végétale et animale.

En ce qui concerne la production animale, la ferme abrite un cheptel diversifié comptant 361 têtes bovines, dont 181 sont des vaches laitières. Outre cela, on y trouve également 1800 ovins, 50 caprins, 15 équidés et 08 chameaux.

D'autre part, la ferme se démarque également par ses activités de production végétale. Parmi celles-ci, 15 hectares sont dédiés à la culture de palmiers dattiers, tandis que 12,5 hectares accueillent des oliviers. Les cultures de la vigne occupent 10 hectares, suivies par 2,5 hectares d'agrumes.

La ferme consacre également 80 hectares à la culture de blé dur, un élément essentiel dans l'alimentation. Enfin, 25 hectares sont réservés à la culture de luzerne, jouant un rôle crucial dans l'alimentation animale et la préservation de la qualité du sol.

Dans l'ensemble, la ferme se distingue par sa vision holistique de l'agriculture, combinant habilement les productions végétales et animales pour créer un écosystème agricole équilibré et durable.

Le système d'élevage bovin intensif de la ferme se caractérise par une approche axée sur la maximisation de la production de lait à travers une gestion optimisée et une utilisation intensive des ressources. Ce système vise à obtenir des rendements élevés en termes de quantité et de qualité des produits bovins, en utilisant des pratiques modernes et des technologies avancées (podomètres, systèmes de refroidissement automatisés, etc....) pour optimiser la croissance et la reproduction des animaux.

#### ➤ **Installation et Logistique :**

- La ferme est équipée d'installations modernes adaptées aux besoins du cheptel bovin intensif.

- Les aires d'exercices, les aires d'alimentation, les systèmes d'abreuvement et systèmes de refroidissement automatisés sont conçus pour répondre aux besoins spécifiques des animaux tout en assurant leur confort et leur bien-être.
- **Gestion du Cheptel:**
  - Le cheptel bovin de la ferme est soigneusement sélectionné pour des caractéristiques génétiques optimales en termes de rendement laitier.
  - Une attention particulière est portée à l'élevage des vaches laitières qui constituent une part importante de la production.
  - Les vaches laitières sont suivies de près pour assurer leur santé et leur productivité.
- **Alimentation et Nutrition:**
  - Un aspect clé de l'élevage bovin intensif est l'alimentation équilibrée et hautement nutritive des animaux.
  - Les bovins reçoivent une alimentation formulée scientifiquement pour répondre à leurs besoins en protéines, en énergie et en nutriments essentiels.
  - Des rations spécifiques sont préparées pour les différentes étapes de croissance, de lactation et de reproduction.
- **Santé animale:**
  - Le suivi sanitaire est une priorité dans ce système.
  - Des protocoles vétérinaires rigoureux sont mis en place pour prévenir et traiter les maladies.
  - Les bovins sont vaccinés, déparasités et reçoivent des soins médicaux appropriés pour maintenir leur santé et leur bien-être.
- **Gestion des Déchets et de l'Environnement:**
  - En raison de la densité des animaux dans un système intensif, la gestion des déchets est essentielle pour minimiser les impacts environnementaux.
  - Les déchets peuvent être traités et utilisés comme engrais organiques ou pour la production d'énergie.

En somme, le système d'élevage bovin intensif de la ferme «HABIB» se caractérise par une approche moderne et technologiquement avancée visant à maximiser la production de lait tout en garantissant la santé et le bien-être des animaux.

### Matériels animaux

Le matériel animal était composé de 16 vaches laitières primipares et multipares de race « Holstein pie noire », 07 vaches laitières primipares et multipares de race « Brune des

Alpes », 07 vaches laitières primipares et multipares de race «Holstein pie rouge», 06 vaches laitières primipares et multipares de race « Montbéliarde » et de 04 vaches laitières multipares de race « Simmental », qui ont subi un contrôle laitier durant la période de (22/03/2022 à 22/06/2022) (tableau 3).

**Tableau 3:** Nombre de contrôle laitier, jour en lactation et production laitière (moyenne  $\pm$  écart-type) des vaches laitières suivis.

Race	N de contrôle laitier	Jour en lactation moyen (j)	Production laitière moyenne (kg)
Brune des Alpes	51	119,92 $\pm$ 52,37	27,87 $\pm$ 4,94
Holstein pie noire	114	87,85 $\pm$ 54,13	27,19 $\pm$ 8,21
Holstein pie rouge	54	125,83 $\pm$ 64,51	25,14 $\pm$ 9,23
Montbéliarde	43	127,84 $\pm$ 54,28	25,49 6,347
Simmental	32	122,8 $\pm$ 62,5	23,79 $\pm$ 8,04
Total	293	/	/

De plus, les données collectées à partir des fiches individuelles d'insémination artificielle, des 21 vaches laitières primipares et multipares de race « Brune des Alpes », des 71 vaches laitières primipares et multipares de race «Holstein pie noire», des 23 vaches laitières primipares et multipares de race «Holstein pie rouge », des 21 vaches laitières primipares et multipares de race «Montbéliarde» et des 23 vaches laitières multipares de race «Simmental» qui comportent :

- Dates de chaleurs naturelles et synchronisées.
- Dates d'insémination
- Dates de routeur en chaleur
- Dates de diagnostic de gestation
- Type génétique (race)

Sur une période de 04 ans (du Janvier-2017 au Décembre-2020), nous avons analysé 513 cas d'insémination artificielle par la semence congelé parvenu de CNIAG (Alger).

Le détail de la ration journalière moyenne (ration sèche) pour les vaches laitières est représenté dans le tableau 4.

Tableau 4 : Ration alimentaire journalière des vaches laitières

Aliment	Part de la ration totale (%)	Quantité ingérée MS kg/VL/j	Apport nutritif /VL/J			
			UFL	PDI (g)	Ca (g)	P (g)
Paille de blé	3,85	0,75	0,31	16,5	2,62	0,75
Luzerne	13,88	2,7	2,21	264,6	43,2	8,1
Ensilage maïs	35,99	7	6,3	357	24,5	17,5
Aliment concentré	46,27	9	9,07	830,7	9,45	41,04
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>19,45</b>	<b>17,90</b>	<b>1468,8</b>	<b>79,77</b>	<b>67,39</b>
<b>Rapport PDI/UFL: 82,05g/UFL, Densité énergétique: 0,92UFL/kg, ,Concentré/grossier ratio:46,27/ 53,73%, UEL<sub>total</sub>: 10,92</b>						

### Calcul d'index- température-humidité (THI) :

Pour déterminer l'effet du jour d'insémination des valeurs THI sur la Fertilité des vaches laitières, on utilise la formule décrite par Mader et al., (2006):

$$THI = (0,8 \times T^{\circ}) + [(\%RH / 100) \times (T^{\circ} - 14,4)] + 46,4.$$

Dont : T° : température ambiante, HR: humidité relative de l'air.

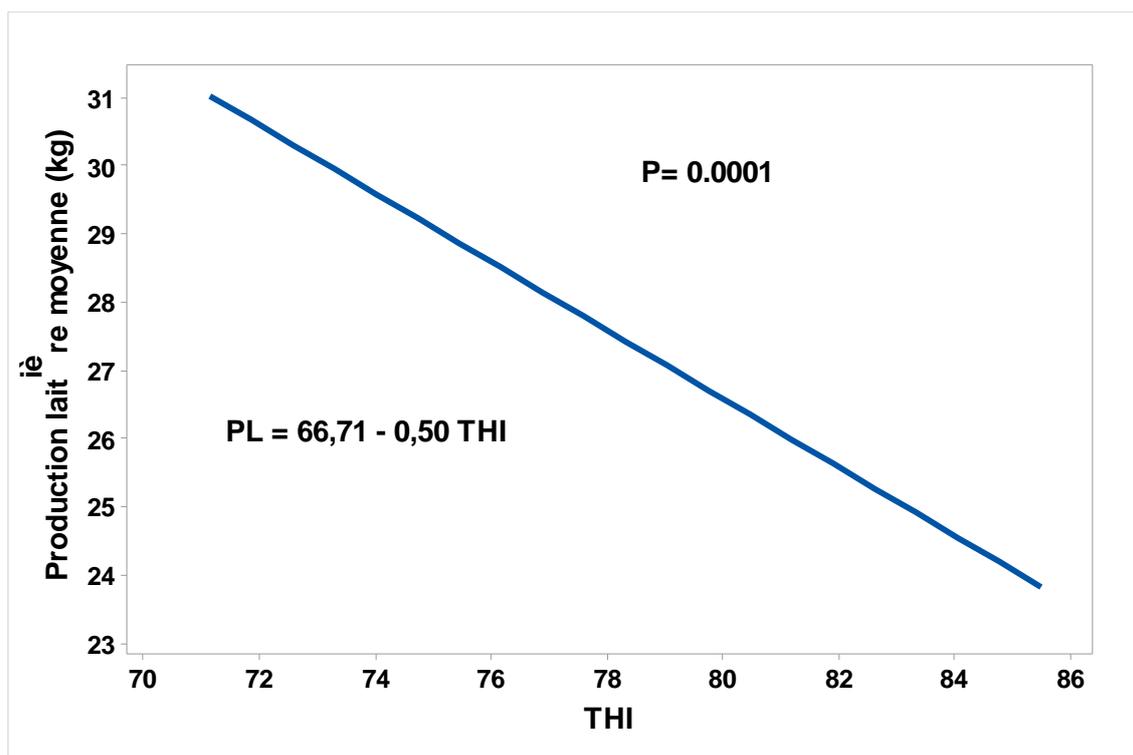
Afin de faciliter le traitement des données, on a procédé à les divisé en classes, dont :

- Les valeurs de THI : sont divisées en 04 catégories, selon la classification de Hahn et al. (2009). Qui ont évalué l'intensité du stress thermique, comme suit : stress normal, modéré, sévère et très sévère (urgence), ce qui correspond aux valeurs suivantes :  $THI \leq 74$ , 75-78, 79-83 et  $THI \geq 84$ , respectivement.
- Les données collectées ont été soumises à un traitement et à une analyse statistique à l'aide du logiciel "Minitab 18.0".
- Plusieurs méthodes ont été employées pour analyser les données, notamment des statistiques descriptives visant à résumer quantitativement les informations recueillies lors de l'étude.
- Les méthodes d'analyse comprenaient l'analyse de la variance (ANOVA) pour évaluer les facteurs indépendants, l'analyse de régression pour examiner les relations entre les valeurs de l'indice THI et la production laitière quotidienne, ainsi que le taux de conception chez différentes races bovines.
- De plus, une analyse de régression logistique binaire a été réalisée pour évaluer la probabilité de fécondation lors d'insémination artificielle.

**CHAPITRE III :**  
**RESULTATS ET DISCUSSION**

**Résultats :****1. Effet du stress thermique sur la production laitière :**

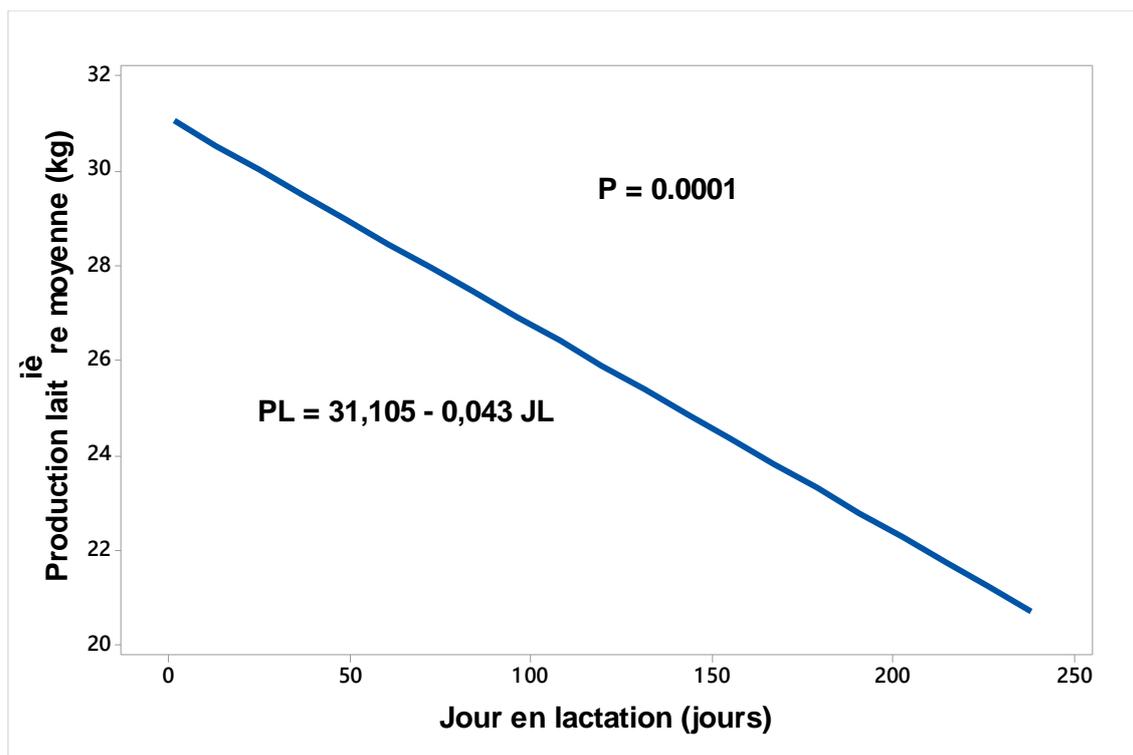
La figure 5 présente l'analyse de la régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de l'indice de stress thermique (THI) journalières chez les vaches en lactation.



**Figure 5 :** La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez les vaches en lactation.

L'analyse de la régression linéaire montre un effet très significatif du THI journalier sur la quantité de lait produite chez les vaches en lactation. Le modèle de régression explique environ 8,28% de la variance totale de la production de lait en fonction des valeurs du THI journalières.

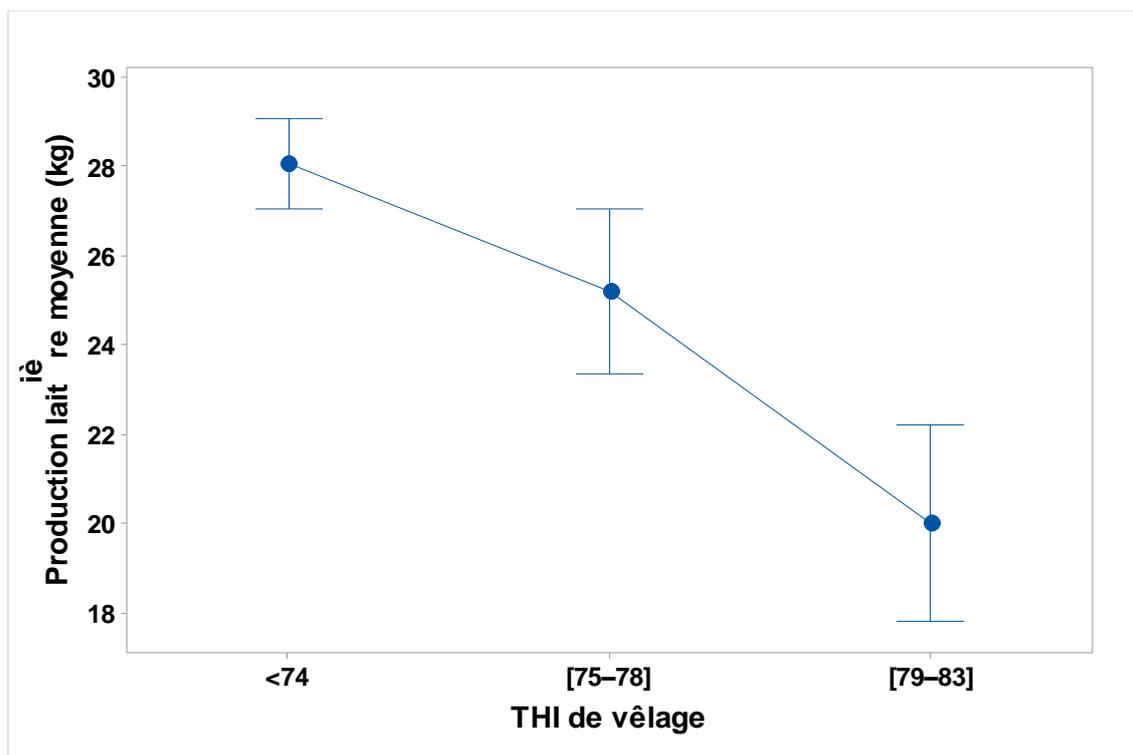
La figure 6 présente l'analyse de la régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction du stade de lactation chez les vaches en lactation.



**Figure 6 :** La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction de stade de lactation chez les vaches en lactation.

L'analyse de la régression linéaire montre un effet très significatif du stade de lactation sur la quantité de lait produite chez les vaches en lactation. Le modèle de régression explique environ 11,08% de la variance totale de la production de lait en fonction du stade de lactation.

La figure 7 présente l'analyse de variance de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de l'indice THI au vêlage.

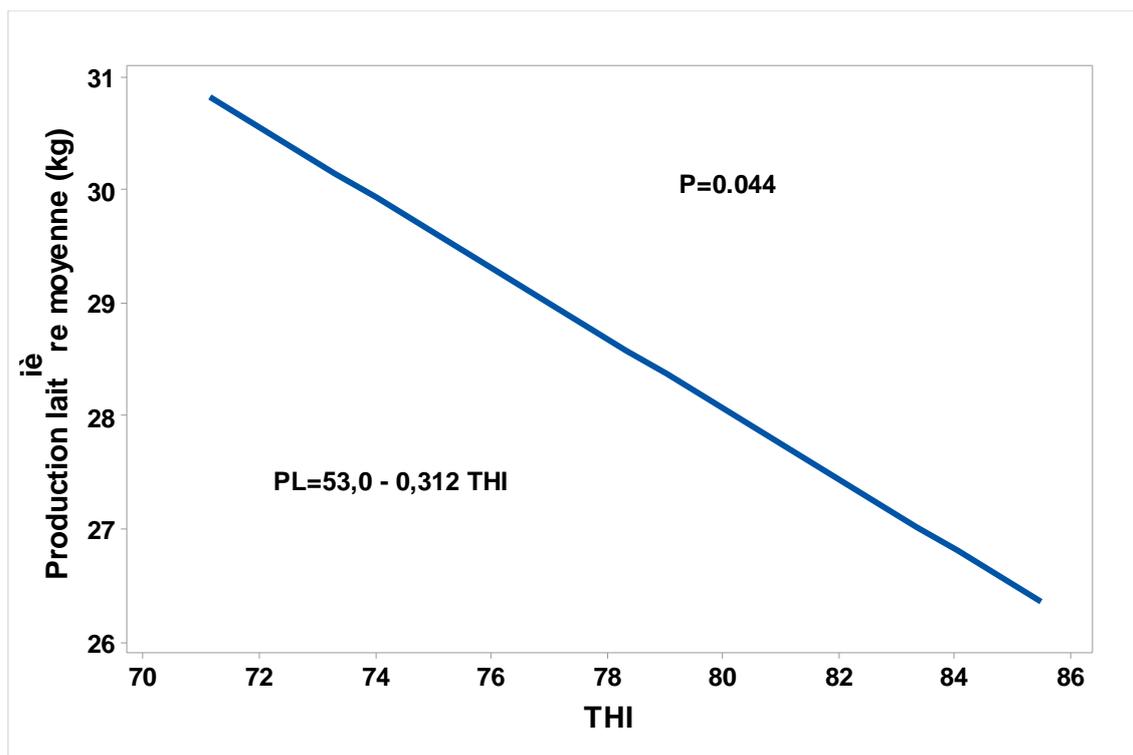


**Figure 7 :** Diagramme d'intervalle de de quantité de lait produite en fonction des catégories de THI au vêlage chez les vaches en lactation.

L'analyse montre un effet très significatif de l'indice THI au vêlage sur la quantité de lait produite. Le modèle de régression explique environ 13,27% de la variance totale de la production de lait en fonction de l'indice THI au vêlage.

#### **Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race brune des Alpes:**

Les résultats présentés dans la figure 8 concernent la régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs journalières de l'Indice de Température-Humidité (THI) chez la race brune des Alpes.

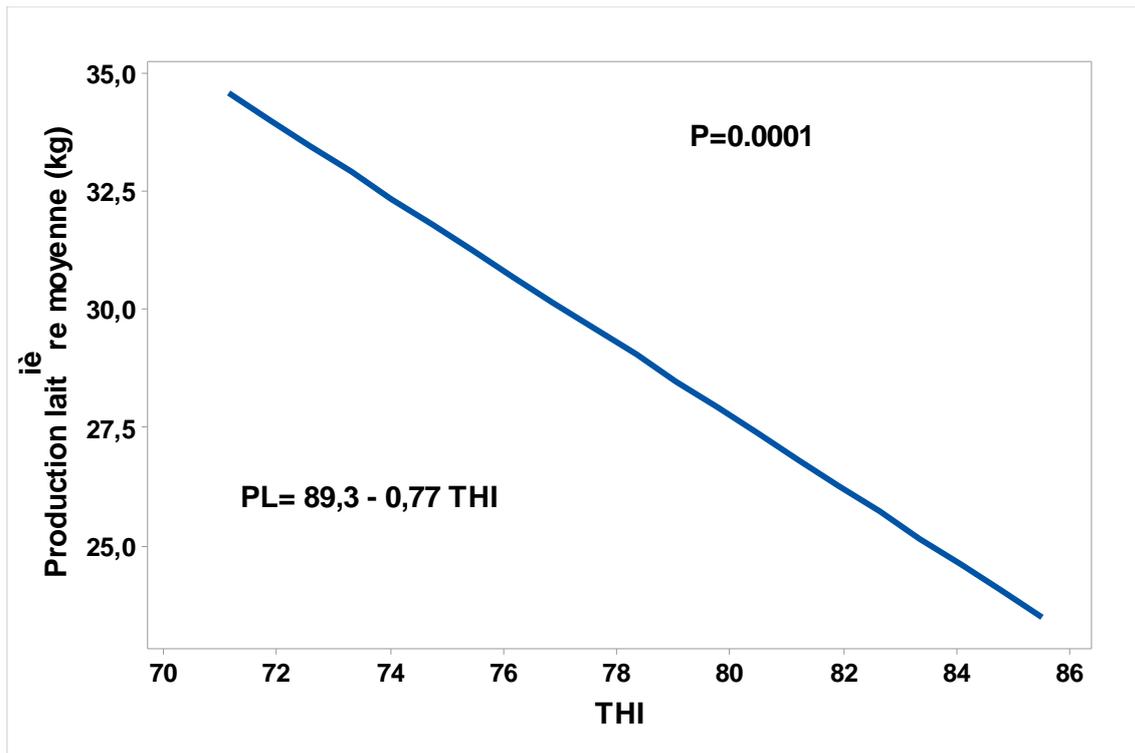


**Figure 8 :** La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race brune des Alpes.

Le modèle de régression linéaire montre que le THI a une influence significative sur la quantité de lait produite, avec une valeur de ( $p = 0,044$ ), qui est inférieure à 0,05 (niveau de signification généralement utilisé). Cela signifie qu'il y a une relation significative entre le THI et la production de lait chez la race brune des Alpes.

#### **Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race Holstein pie noire:**

Les résultats (figure 9) présentent la régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs journalières de l'Indice de Température-Humidité (THI) chez la race Holstein pie noire.

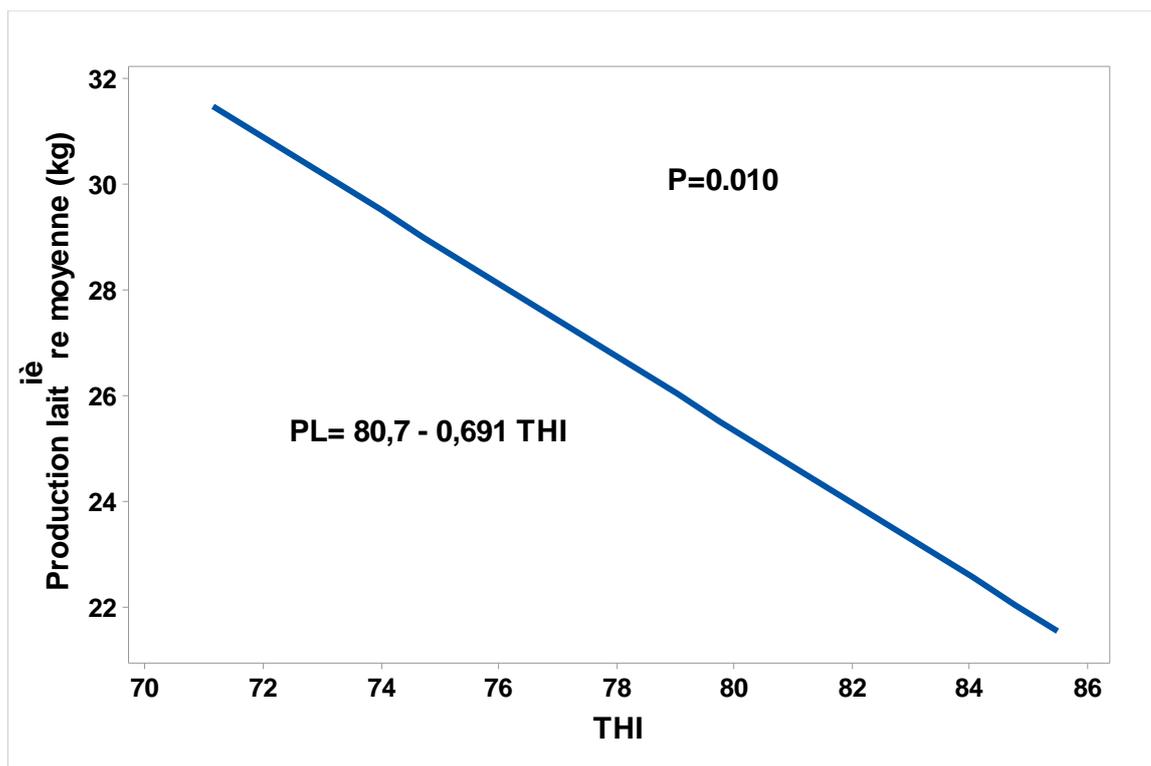


**Figure 9 :** La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Holstein pie noire.

La régression linéaire montre que le THI a une influence très significative sur la quantité de lait produite chez la race Holstein pie noire. Le modèle explique environ 16,13% de la variance totale de la production de lait chez cette race bovine.

#### **Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race Holstein pie rouge:**

Les résultats (figure 10) présentent la régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs journalières de l'Indice de Température-Humidité (THI) chez la race Holstein pie rouge.

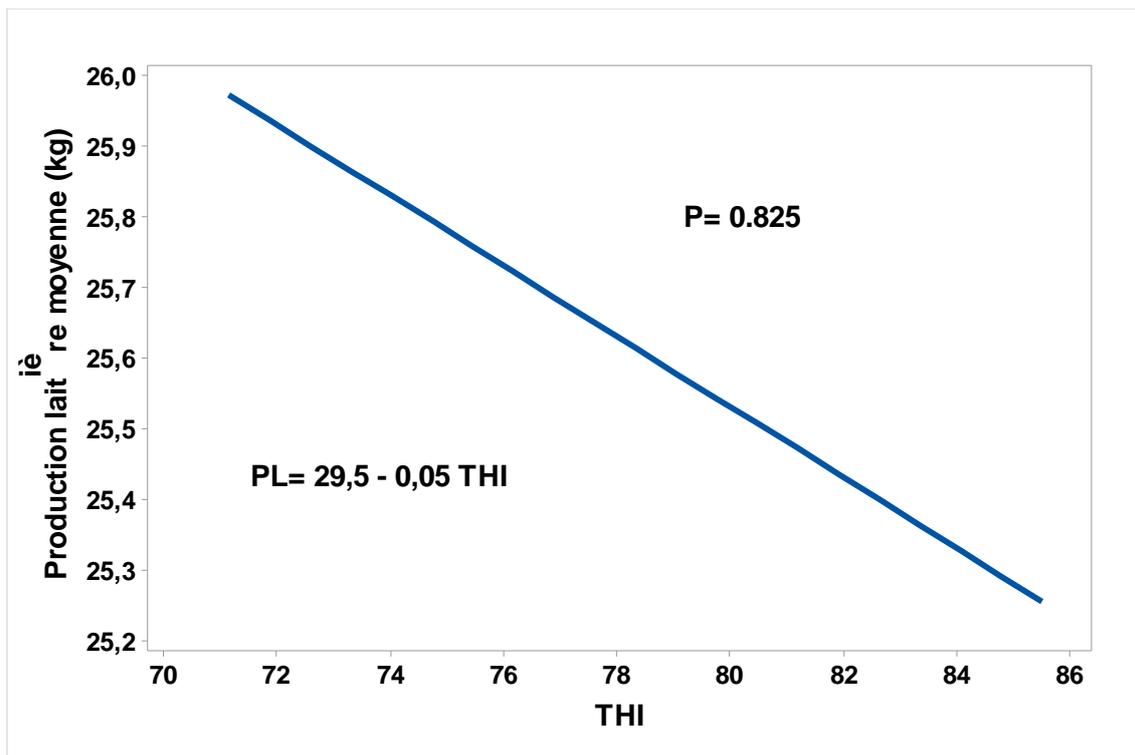


**Figure 10 :** La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Holstein pie rouge.

La régression linéaire montre que le THI a une influence significative sur la quantité de lait produite chez la race Holstein pie rouge. Le modèle explique environ 12,09% de la variance totale de la production de lait chez cette race bovine.

#### **Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race Montbéliarde:**

Les résultats (figure 11) présentent la régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs journalières de l'Indice de Température-Humidité (THI) chez la race Montbéliarde.

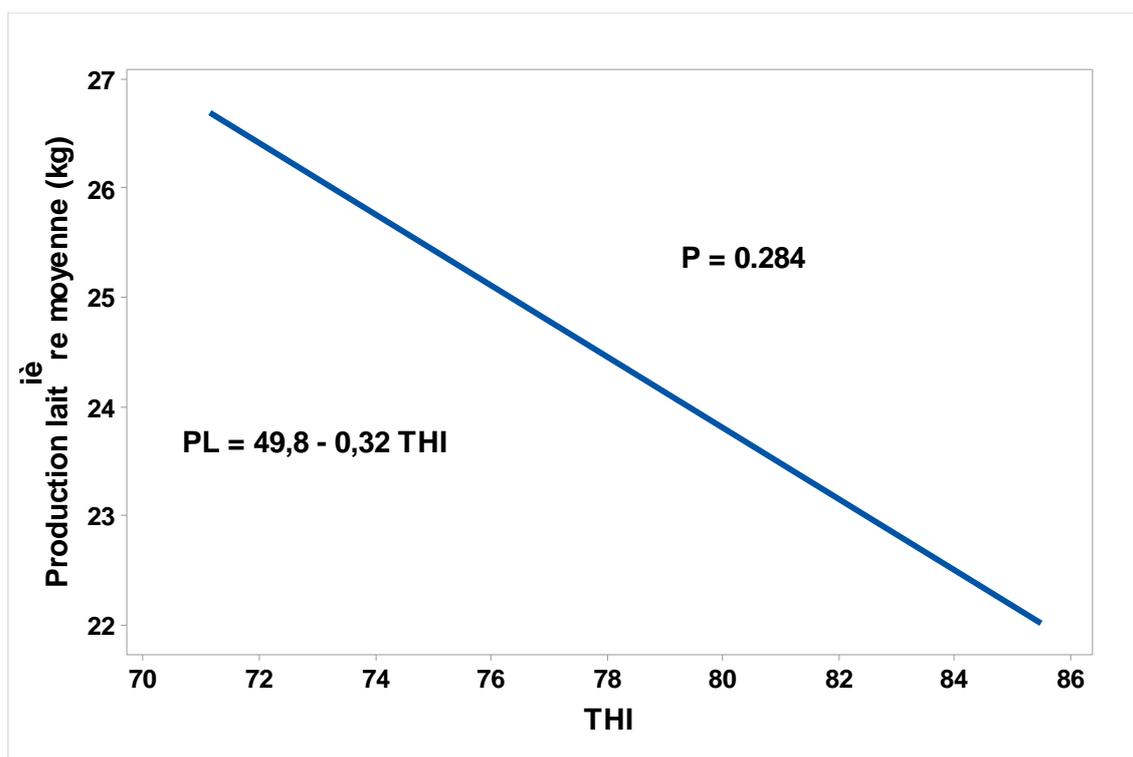


**Figure 11 :** La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Montbéliarde.

La régression linéaire ne montre pas de relation significative entre le THI et la quantité de lait produite chez la race Montbéliarde. Le modèle n'explique qu'une très faible proportion (0,12%) de la variance totale de la production de lait chez cette race bovine.

#### **Effet du stress thermique sur la production laitière chez la race Simmental:**

Les résultats (figure 12) présentent la régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs journalières de l'Indice de Température-Humidité (THI) chez la race Simmental.



**Figure 12:** La régression linéaire de la quantité de lait produite en fonction des valeurs de THI journalières chez la race Simmental.

La régression linéaire ne montre pas de relation significative entre le THI et la quantité de lait produite chez la race Simmental. Le modèle n'explique qu'une faible proportion de la variance totale de la production de lait chez cette race bovine.

Les races Holstein pie noire, Brune des Alpes et Holstein pie rouge montrent des valeurs de  $R^2$  supérieures à 8,00%, indiquant que la régression explique respectivement 16,13% et 8,00% de la variation de la production de lait en fonction du THI. Ces deux races ont également des valeurs de P-value inférieures à 0,05, ce qui signifie que la relation entre le THI et la production de lait est statistiquement significative pour ces races.

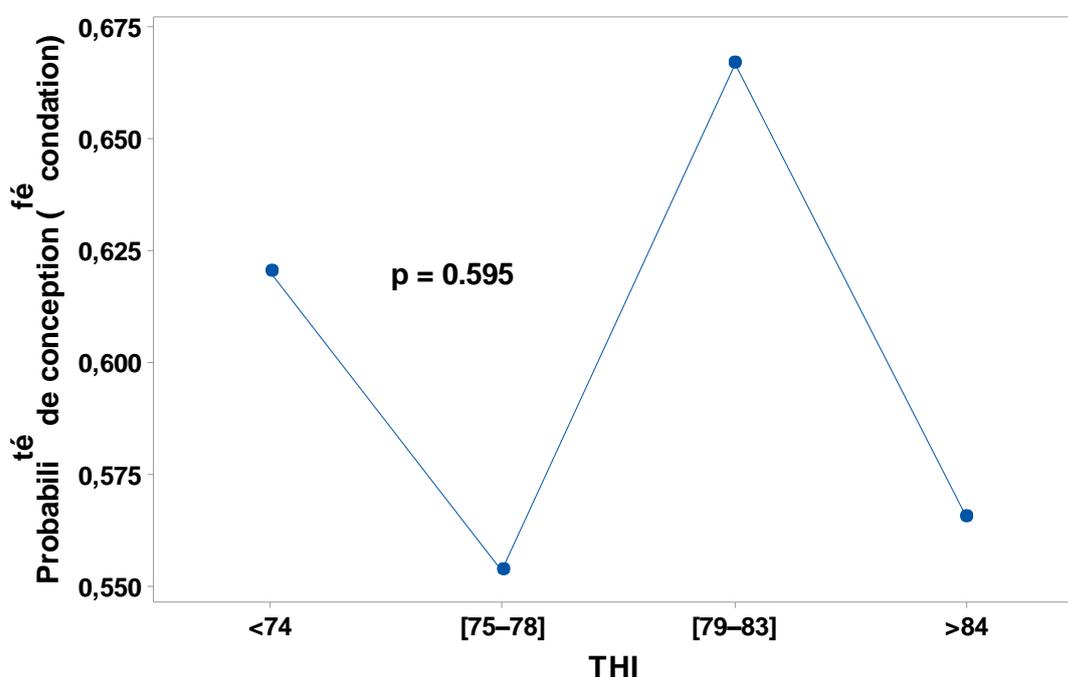
Par contre, les races Montbéliarde et Simmental montrent des valeurs de  $R^2$  très faibles, indiquant que le modèle de régression ne parvient pas à expliquer de manière significative la variation de la production de lait en fonction du THI pour ces races. De plus, les valeurs de P-value sont toutes supérieures à 0,05, ce qui suggère que la relation entre le THI et la production de lait n'est pas statistiquement significative pour ces deux races.

Sur la base des résultats de régression linéaire, les races Holstein pie noire, Brune des Alpes et Holstein pie rouge sont celles qui montrent que leur production laitière est

vulnérable en fonction des variations du THI. Ces races ont une relation statistiquement significative entre le THI et la quantité de lait produite, et leurs modèles de régression expliquent respectivement 16,13% et 8,00% de la variance de la production de lait. Cela suggère que ces races sont plus sensibles aux conditions climatiques sahariennes par rapport aux races Montbéliarde et Simmental.

## 2. Effet du stress thermique sur la fertilité :

La figure 13 illustre l'analyse de régression logistique binaire, qui vise à évaluer la relation entre la variable binaire de réponse (conception) et la variable catégorique "THI".



**Figure 13 :** Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.

Le test de l'analyse de variance (Chi-Square) pour la régression indique que la variable "THI" n'explique pas de manière significative les variations de la variable de réponse "conception" (p-value = 0,595 > 0,05). Cela suggère que la variable "THI" ne semble pas avoir un impact significatif sur la probabilité de réussite de l'insémination artificielle.

Relativement au tableau 5, les coefficients pour les différentes classes de THI indiquent l'effet de chaque classe sur la probabilité de réussite de l'insémination artificielle par rapport à la référence.

**Tableaux 5** : Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez les vaches en lactation.

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	intervalle de confiance à 95%
THI Classes		<i>Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B</i>	
[75–78]	<74	0,75	(0,41; 1,40)
[79–83]	<74	1,22	(0,60; 2,46)
>84	<74	0,79	(0,47; 1,34)
[79–83]	[75–78]	1,61	(0,67; 3,89)
>84	[75–78]	1,05	(0,49; 2,21)
>84	[79–83]	0,65	(0,28; 1,47)

Les Odds Ratios donnent une idée de la modification relative des chances de réussite de l'insémination artificielle pour chaque classe par rapport à la référence "<74".

- **[75–78] vs. <74 :**

Les vaches sous un THI de la classe [75–78] ont environ 0,76 fois les chances de conception par rapport aux vaches sous un THI inférieur à 74. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,41 et 1,40.

- **[79–83] vs. <74 :**

Les vaches sous un THI de la classe [79–83] ont environ 1,23 fois les chances de conception par rapport aux vaches sous un THI inférieur à 74. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,60 et 2,46.

- **>84 vs. <74 :**

Les vaches sous un THI supérieur à 84 ont environ 0,80 fois les chances de conception par rapport aux vaches sous un THI inférieur à 74. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,47 et 1,34.

- **[79–83] vs. [75–78] :**

Les vaches sous un THI dans la classe [79–83] ont environ 1,62 fois les chances de conception par rapport aux vaches sous un THI de la classe [75–78]. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,67 et 3,89.

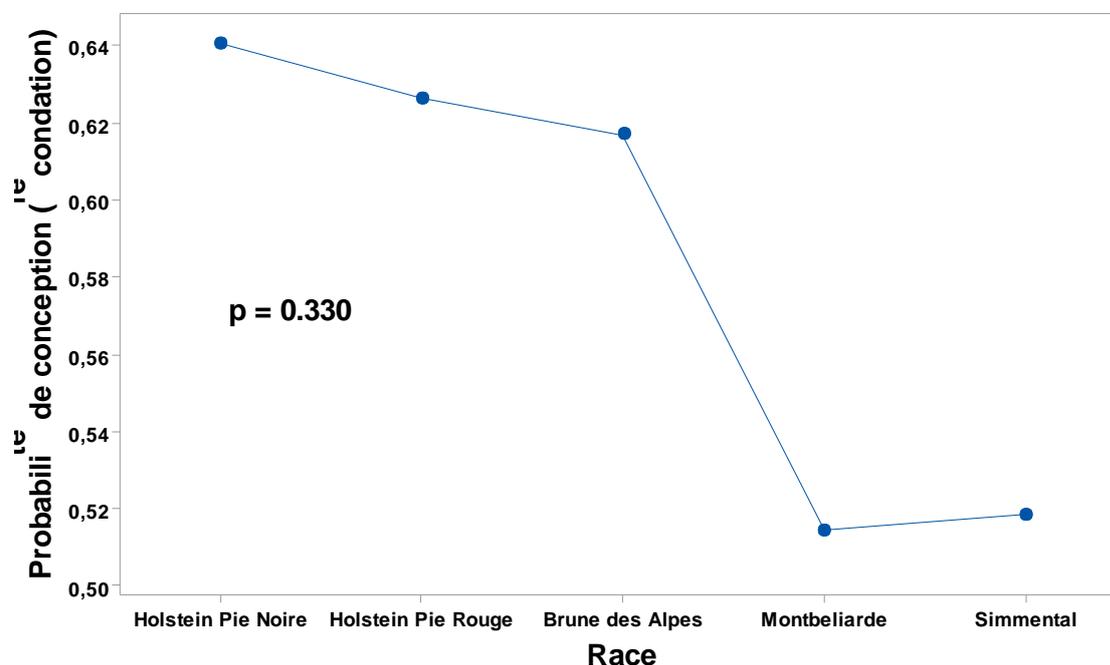
- **>84 vs. [75–78] :**

Les vaches sous un THI supérieur à 84 ont environ 1,05 fois les chances de conception par rapport aux vaches sous un THI de la classe [75–78]. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,49 et 2,21.

- **>84 vs. [79–83] :**

Les vaches sous un THI supérieur à 84 ont environ 0,65 fois les chances de conception par rapport aux vaches sous un THI de la classe [79–83]. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,28 et 1,47.

La figure 14 illustre l'analyse de régression logistique binaire, qui vise à évaluer la relation entre la variable binaire de réponse "conception" des différentes races de vaches laitières.



**Figure 14 :** Diagramme d'effet de la variabilité raciale sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.

Le test de l'analyse de variance (Chi-square) pour la régression indique que la variable "Race" n'explique pas de manière significative les variations de la variable de réponse "conception" ( $p = 0,330$ ). Cela suggère que la variabilité raciale ne semble pas avoir un impact significatif sur la probabilité de réussite de l'insémination artificielle.

Relativement au tableau 6, les coefficients pour les différentes races indiquent l'effet de chaque race sur la probabilité de réussite de l'insémination artificielle par rapport à la référence.

**Tableaux 6** : Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « race » de conception chez les vaches en lactation.

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%
Race		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B	
Holstein Pie Noire	Montbeliarde	1,68	(0,98; 2,89)
Holstein Pie Rouge	Montbeliarde	1,58	(0,84; 2,98)
Brune des Alpes	Montbeliarde	1,5216	(0,81; 2,84)
Simmental	Montbeliarde	1,01	(0,41; 2,47)
Holstein Pie Rouge	Holstein Pie Noire	0,94	(0,56; 1,55)
Brune des Alpes	Holstein Pie Noire	0,90	(0,55; 1,48)
Simmental	Holstein Pie Noire	0,60	(0,27; 1,34)
Brune des Alpes	Holstein Pie Rouge	0,96	(0,53; 1,74)
Simmental	Holstein Pie Rouge	0,64	(0,27; 1,52)
Simmental	Brune des Alpes	0,66	(0,28; 1,58)

De plus, les odds ratios donnent une idée de la modification relative des chances de réussite pour chaque race par rapport à la référence "Montbéliarde".

➤ **Holstein Pie Noire vs. Montbéliarde :**

Les vaches de race Holstein Pie Noire ont environ 1,68 fois plus de chances de conception par rapport aux vaches de race Montbéliarde. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,98 et 2,89.

➤ **Holstein Pie Rouge vs. Montbéliarde :**

Les vaches de race Holstein Pie Rouge ont environ 1,58 fois plus de chances de conception par rapport aux vaches de race Montbéliarde. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,84 et 2,98.

➤ **Brune des Alpes vs. Montbéliarde :**

Les vaches de race Brune des Alpes ont environ 1,52 fois plus de chances de conception par rapport aux vaches de race Montbéliarde. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,81 et 2,84.

➤ **Simmental vs. Montbéliarde :**

Les vaches de race Simmental ont environ 1,02 fois plus de chances de conception par rapport aux vaches de race Montbéliarde. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,41 et 2,47.

➤ **Holstein Pie Rouge vs. Holstein Pie Noire :**

Les vaches de race Holstein Pie Rouge ont environ 0,94 fois les chances de conception des vaches de race Holstein Pie Noire. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,56 et 1,55.

➤ **Brune des Alpes vs. Holstein Pie Noire :**

Les vaches de race Brune des Alpes ont environ 0,90 fois les chances de conception des vaches de race Holstein Pie Noire. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,55 et 1,48.

➤ **Simmental vs. Holstein Pie Noire :**

Les vaches de race Simmental ont environ 0,60 fois les chances de conception des vaches de race Holstein Pie Noire. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,27 et 1,34.

➤ **Brune des Alpes vs. Holstein Pie Rouge :**

Les vaches de race Brune des Alpes ont environ 0,96 fois les chances de conception des vaches de race Holstein Pie Rouge. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,53 et 1,74.

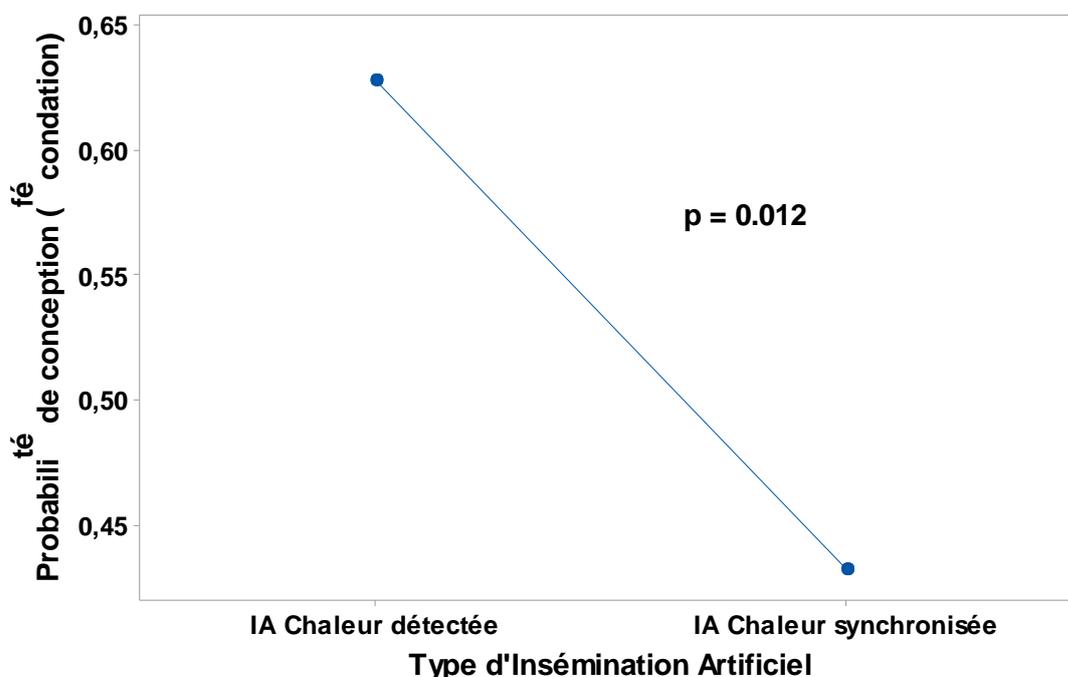
➤ **Simmental vs. Holstein Pie Rouge :**

Les vaches de race Simmental ont environ 0,64 fois les chances de conception des vaches de race Holstein Pie Rouge. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,27 et 1,52.

➤ **Simmental vs. Brune des Alpes :**

Les vaches de race Simmental ont environ 0,67 fois les chances de conception des vaches de race Brune des Alpes. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,28 et 1,58.

La figure 15 illustre l'analyse de régression logistique binaire, qui vise à évaluer la relation entre la variable binaire de réponse "conception" et la variable catégorique "le type d'IA".



**Figure 15 :** Diagramme d'effet de type d'IA sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.

Le test de l'analyse de variance (Chi-Square) pour la régression indique que la variable "Type d'IA" explique de manière significative les variations de la variable de réponse "conception" ( $p = 0,012$ ). Cela suggère que la variable "Type d'IA" pourrait avoir un impact sur la probabilité de réussite de l'insémination artificielle.

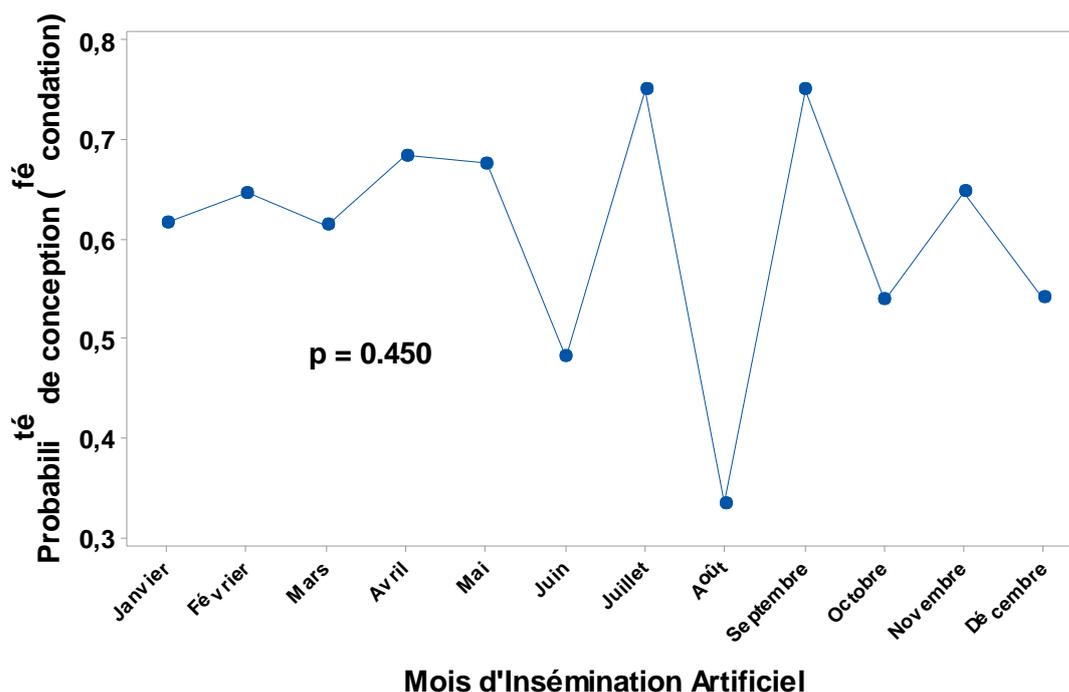
Relativement au tableau 7, les coefficients pour des deux Type d'IA indiquent l'effet de chaque type sur la probabilité de réussite de l'insémination artificielle par rapport à la référence.

**Tableaux 7** : Odds Ratios pour les prédictors catégoriels « Type d'IA » de conception chez les vaches en lactation.

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%
Type d'IA		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B	
IA sur chaleur détectée	IA sur chaleur synchronisée	2,21	(1,18; 4,13)

L'Odds Ratio de 2,21 pour les IA sur chaleurs détectées par rapport aux IA sur chaleurs synchronisées, signifie que les vaches en lactation qui ont subi une insémination artificielle basée sur la détection de la chaleur ont environ 2,21 fois plus de chances de conception que celles qui ont subi une insémination artificielle synchronisée.

La figure 16 illustre l'analyse de régression logistique binaire, qui vise à évaluer la relation entre la variable binaire de réponse "conception" et la variable catégorique "le mois d'IA".



**Figure 16 :** Diagramme d'effet du mois d'IA sur la probabilité de conception chez les vaches en lactation.

Le test de l'analyse de variance (Chi-Square) pour la régression indique que l'ensemble des variables "Mois d'IA" n'explique pas de manière significative les variations de la variable de réponse "conception" ( $p = 0,450$ ). Les variables individuelles des mois d'IA ne sont pas significatives, car leur p-value est supérieure au seuil de signification de 0,05.

**Tableaux 8 :** Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « Mois d'IA » de conception chez les vaches en lactation.

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%
Mois d'IA		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B	
Janvier	Août	3,21	(0,74; 13,89)
Février	Août	3,65	(0,85; 15,70)
Mars	Août	3,18	(0,73; 13,81)
Avril	Août	4,33	(0,97; 19,30)
Mai	Août	4,18	(0,87; 19,92)
Juin	Août	1,85	(0,38; 8,99)

Juillet	Août	6,00	(0,89; 40,30)
Septembre	Août	6,00	(0,42; 85,24)
Octobre	Août	2,33	(0,40; 13,60)
Novembre	Août	3,66	(0,77; 17,34)
Décembre	Août	2,35	(0,55; 9,95)

Les coefficients des mois d'IA mesurent la variation dans le log-odds de réussite de l'insémination artificielle par rapport au mois de référence (Août).

▪ **Janvier vs. Août :**

Les vaches inséminées en janvier ont environ 3,21 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. Cependant, l'intervalle de confiance suggère une incertitude importante dans cette estimation, allant de 0,74 à 13,89.

▪ **Février vs. Août :**

Les vaches inséminées en février ont environ 3,66 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,85 et 15,70.

▪ **Mars vs. Août :**

Les vaches inséminées en mars ont environ 3,19 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,73 et 13,81.

▪ **Avril vs. Août :**

Les vaches inséminées en avril ont environ 4,33 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,97 et 19,30.

▪ **Mai vs. Août :**

Les vaches inséminées en mai ont environ 4,18 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance suggère une incertitude importante dans cette estimation, allant de 0,87 à 19,92.

**▪ Juin vs. Août :**

Les vaches inséminées en juin ont environ 1,86 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance suggère que cette différence peut varier entre 0,38 et 8,99.

**▪ Juillet vs. Août :**

Les vaches inséminées en juillet ont environ 6,00 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. Cependant, l'intervalle de confiance suggère une incertitude importante dans cette estimation, allant de 0,89 à 40,30.

**▪ Septembre vs. Août :**

Les vaches inséminées en septembre ont environ 6,00 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance suggère une incertitude importante dans cette estimation, allant de 0,42 à 85,24.

**▪ Octobre vs. Août :**

Les vaches inséminées en octobre ont environ 2,33 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,40 et 13,60.

**▪ Novembre vs. Août :**

Les vaches inséminées en novembre ont environ 3,67 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,77 et 17,34.

**▪ Décembre vs. Août :**

Les vaches inséminées en décembre ont environ 2,36 fois les chances de conception par rapport aux vaches inséminées en août. L'intervalle de confiance indique que cette différence peut varier entre 0,55 et 9,95.

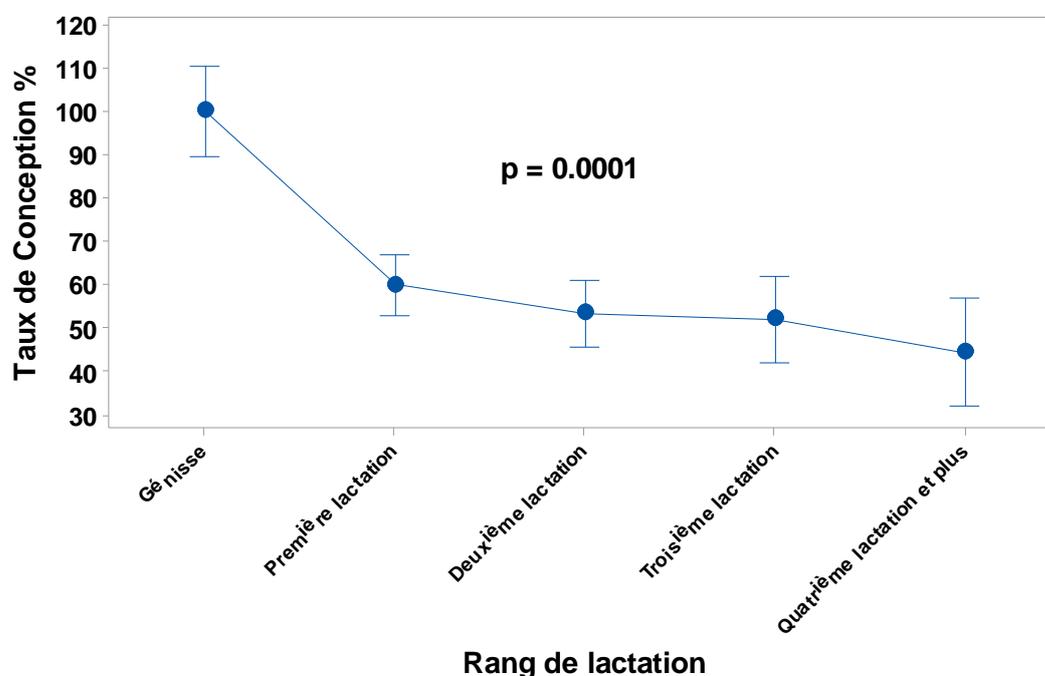
Le tableau 9 illustre les moyennes, les écarts-types, les intervalles de confiance et les valeurs p associées à chaque groupe de rang de lactation. Les valeurs p très faibles (toutes de  $p = 0,0001$ ) indiquent qu'il existe des différences statistiquement significatives entre les groupes de rang de lactation en termes de taux de conception.

**Tableau 9** : Analyse de la variance (ANOVA) de taux de conception (%) en fonction du rang de lactation.

Rang de lactation	N	Moyenne	Ecart-type	Intervalle de confiance à 95%	p-value
Génisse	75	100,0	0,0	(89,6; 110,4)	0,0001
Première lactation	164	59,76	49,19	(52,70; 66,82)	
Deuxième lactation	139	53,24	50,08	(45,57; 60,91)	
Troisième lactation	83	51,81	50,27	(41,88; 61,73)	
Quatrième lactation et plus	52	44,23	50,15	(31,69; 56,77)	

L'ANOVA confirme que les différences observées dans les moyennes de taux de conception entre les différents groupes de rang de lactation sont statistiquement significatives. Les résultats indiquent que le taux de conception semble diminuer à mesure que le rang de lactation des vaches augmente.

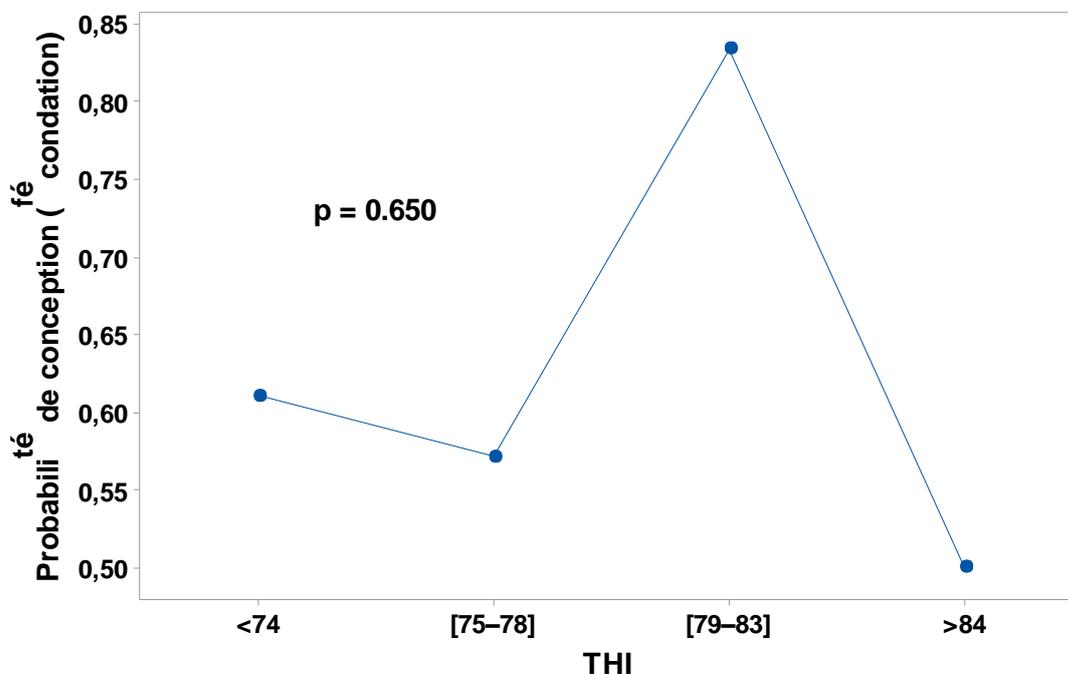
Globalement, ces résultats confirment que le taux de conception en pourcentage varie significativement en fonction du rang de lactation des vaches.



**Figure 17** : Variation de taux de conception en fonction du rang de lactation chez les vaches laitières.

**Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race brune des Alpes:**

Les résultats présentés dans la figure 18, sont issus d'une analyse de régression logistique binaire visant à étudier la relation entre le taux de conception et les valeurs de THI chez la race brune des Alpes.



**Figure 18** : Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race brune des Alpes.

Cette analyse de régression logistique binaire ne montre pas de relation statistiquement significative entre le taux de conception et les valeurs THI chez la race brune des Alpes. Les classes THI n'ont pas d'effet significatif sur la probabilité d'une fécondation.

Les résultats présentés dans le tableau 10 montrent les Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » (Index Température-Humidité) de conception chez la race brune des Alpes.

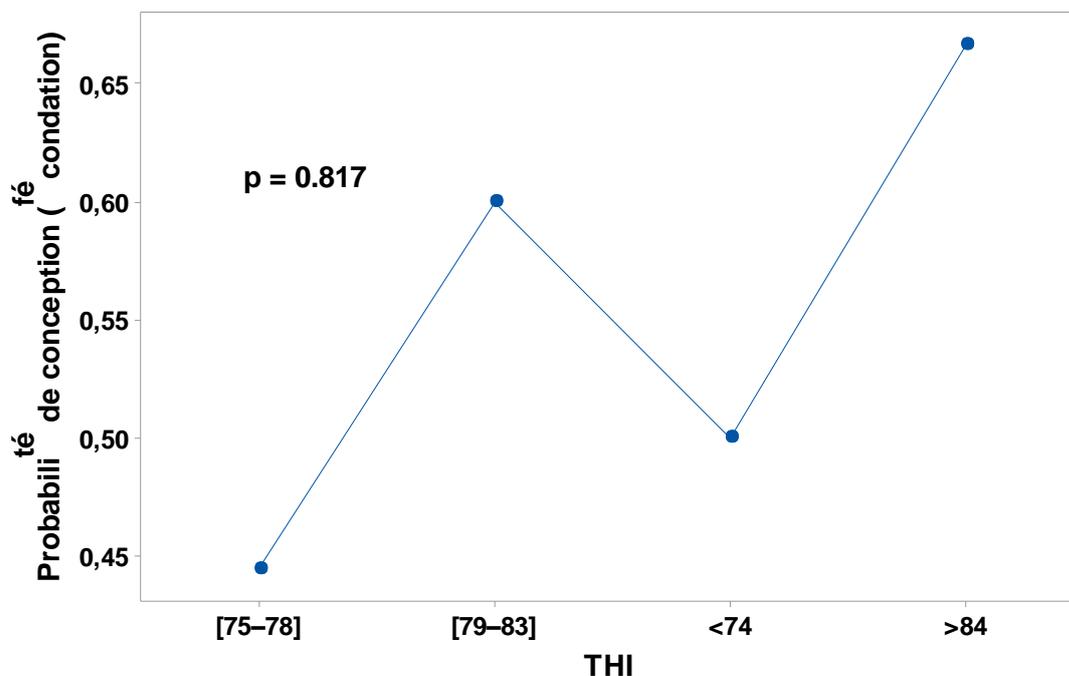
**Tableaux 10** : Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race brune des Alpes

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%	p-value
THI Classes		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B		0,650
<74	>84	1,56	(0,20; 11,72)	
[75–78]	>84	1,33	(0,11; 15,70)	
[79–83]	>84	5,00	(0,27; 91,51)	
[75–78]	<74	0,85	(0,17; 4,07)	
[79–83]	<74	3,19	(0,35; 28,66)	
[79–83]	[75–78]	3,75	(0,27; 51,37)	

- Pour la comparaison entre les niveaux "THI <74" et "THI >84", l'odds ratio est de 1,56 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,20 à 11,72.
- Pour la comparaison entre les niveaux "THI [75–78]" et "THI >84", l'odds ratio est de 1,33 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,11 à 15,70.
- En revanche, pour la comparaison entre les niveaux "THI [79–83]" et "THI >84", l'odds ratio est de 5,0000 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,27 à 91,51.
- La comparaison entre "THI [75–78]" et "THI <74" présente un odds ratio de 0,85 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,17; 4,07).
- Pour la comparaison entre "THI [79–83]" et "THI <74", l'odds ratio est de 3,19 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,35 à 28,66.
- Enfin, la comparaison entre "THI [79–83]" et "THI [75–78]" présente un odds ratio de 3,75 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,27; 51,37),
- En résumé, les résultats suggèrent que, chez la race "Brune des Alpes", il n'y a pas de différences significatives dans la probabilité de conception en fonction des niveaux de THI examinés. Les p-values élevés indiquent que les comparaisons ne sont pas statistiquement significatives, et les intervalles de confiance larges soulignent l'incertitude associée à ces résultats.

**Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Montbéliarde:**

Les résultats présentés dans la figure 19, sont issus d'une analyse de régression logistique binaire visant à étudier la relation entre le taux de conception et les valeurs de THI chez la race Montbéliarde.



**Figure 19 :** Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Montbéliarde.

Cette analyse de régression logistique binaire ne montre pas de relation statistiquement significative entre le taux de conception et les valeurs THI chez la race Montbéliarde. Les classes THI n'ont pas d'effet significatif sur la probabilité d'une fécondation.

Les résultats présentés dans le tableau 11 montrent les Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » (Index Température-Humidité) de conception chez la race Montbéliarde.

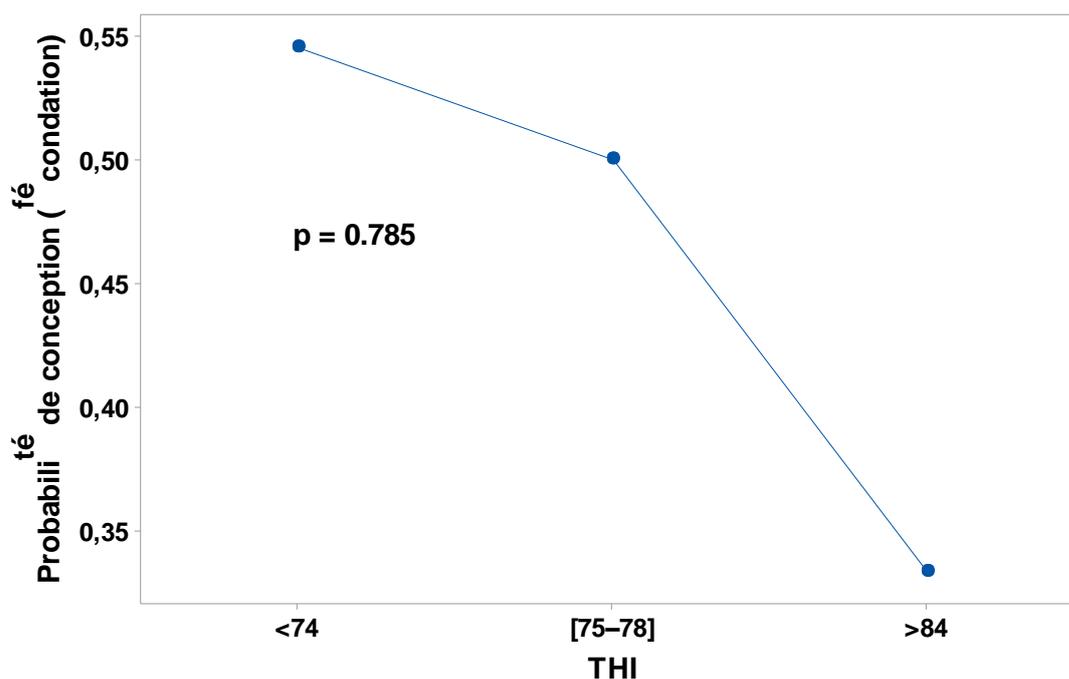
**Tableaux 11** : Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Montbéliarde.

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%	p-value
THI Classes		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B		0,817
[75–78]	>84	0,40	(0,04; 3,42)	
[79–83]	>84	0,75	(0,06; 8,83)	
<74	>84	0,50	(0,08; 2,98)	
[79–83]	[75–78]	1,87	(0,20; 17,26)	
<74	[75–78]	1,25	(0,30; 5,20)	
<74	[79–83]	0,66	(0,10; 4,33)	

- Pour la comparaison entre le niveau "THI [75–78]" et "THI >84", l'odds ratio est de 0,40 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,04 à 3,42.
- Pour la comparaison entre le niveau "THI [79–83]" et "THI >84", l'odds ratio est de 0,75 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,06 à 8,83.
- La comparaison entre "THI <74" et "THI >84" présente un odds ratio de 0,50 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,08; 2,98)
- Pour la comparaison entre "THI [79–83]" et "THI [75–78]", l'odds ratio est de 1,87 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,20 à 17,26.
- Enfin, la comparaison entre "THI <74" et "THI [75–78]" présente un odds ratio de 1,25 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,30; 5,20)
- De même, la comparaison entre "THI <74" et "THI [79–83]" présente un odds ratio de 0,66 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,10; 4,33)
- En résumé, les résultats suggèrent que, chez la race "Montbéliarde", il n'y a pas de différences significatives dans la probabilité de conception en fonction des niveaux de THI examinés. Les p-values élevés indiquent que les comparaisons ne sont pas statistiquement significatives, et les intervalles de confiance soulignent l'incertitude associée à ces résultats

#### **Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Simmental:**

Les résultats présentés dans la figure 20, sont issus d'une analyse de régression logistique binaire visant à étudier la relation entre le taux de conception et les valeurs de THI chez la race Simmental.



**Figure 20** : Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Simmental.

Cette analyse de régression logistique binaire ne montre pas de relation statistiquement significative entre le taux de conception et les valeurs THI chez la race Simmental. Les classes THI n'ont pas d'effet significatif sur la probabilité d'une fécondation.

Les résultats présentés dans le tableau 12 montrent les Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » (Index Température-Humidité) de conception chez la race Simmental.

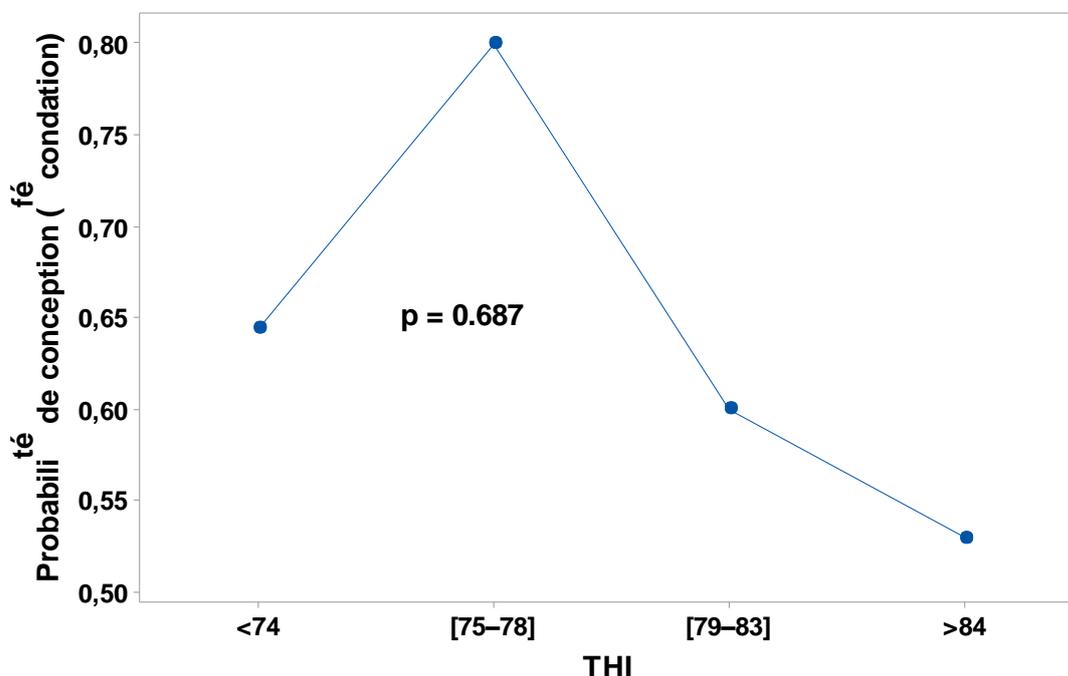
**Tableaux 12** : Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Simmental.

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%	p-value
THI Classes		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B		0,785
<74	>84	2,40	(0,18; 30,52)	
[75-78]	>84	2,00	(0,05; 78,24)	
[75-78]	<74	0,83	(0,04; 15,08)	

- Pour la comparaison entre le niveau "THI <74" et "THI >84", l'odds ratio est de 2,40 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,18 à 30,52.
- Pour la comparaison entre "THI [75–78]" et "THI >84", l'odds ratio est de 2,00 avec un intervalle de confiance à 95 % allant de 0,05 à 78,24.
- La comparaison entre "THI [75–78]" et "THI <74" présente un odds ratio de 0,83 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,04; 15,08),
- En résumé, les résultats suggèrent que, chez la race "Simmental", il n'y a pas de différences significatives dans la probabilité de conception en fonction des niveaux de THI examinés. Les p-values élevés indiquent que les comparaisons ne sont pas statistiquement significatives, et les intervalles de confiance soulignent l'incertitude associée à ces résultats.

#### Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Holstein pie rouge:

Les résultats présentés dans la figure 21, sont issus d'une analyse de régression logistique binaire visant à étudier la relation entre le taux de conception et les valeurs de THI chez la race Holstein pie rouge.



**Figure 21 :** Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Holstein pie rouge.

Cette analyse de régression logistique binaire ne montre pas de relation statistiquement significative entre le taux de conception et les valeurs THI chez la race Holstein pie rouge. Les classes THI n'ont pas d'effet significatif sur la probabilité d'une fécondation.

Les résultats présentés dans le tableau 13 montrent les Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » (Index Température-Humidité) de conception chez la race Holstein pie rouge.

**Tableaux 13** : Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Holstein pie rouge.

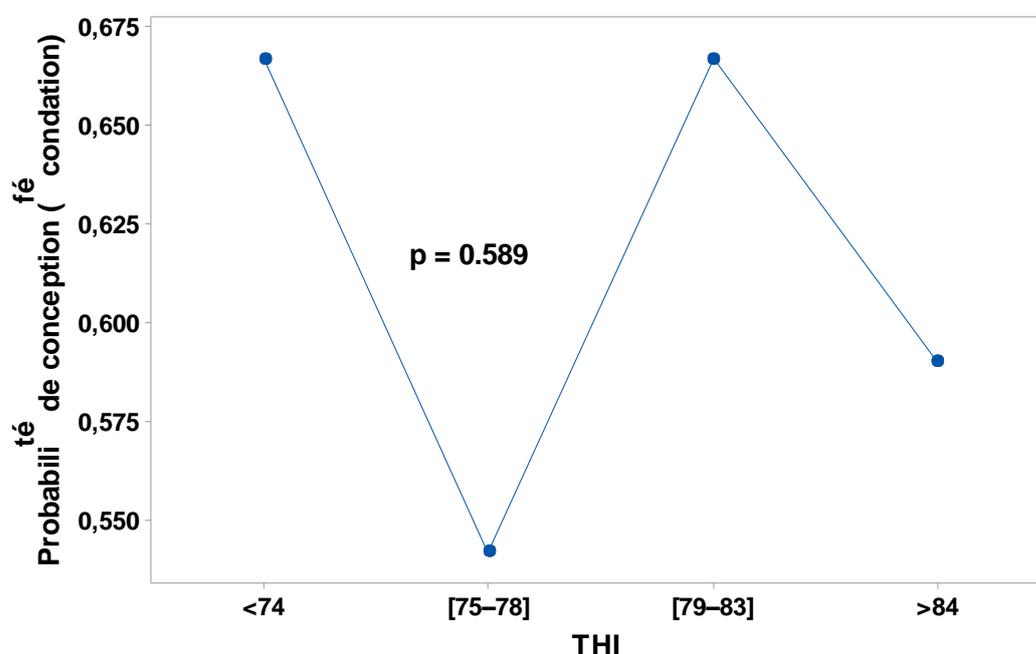
Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%	p-value
THI Classes		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B		0,687
<74	>84	1,60	(0,54; 4,79)	
[75–78]	>84	3,55	(0,32; 38,77)	
[79–83]	>84	1,33	(0,27; 6,49)	
[75–78]	<74	2,21	(0,23; 21,08)	
[79–83]	<74	0,82	(0,21; 3,27)	
[79–83]	[75–78]	0,37	(0,02; 4,70)	

- Pour la comparaison entre le niveau "THI <74" et "THI >84", l'odds ratio est de 1,60 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,54; 4,79).
- Pour la comparaison entre "THI [75–78]" et "THI >84", l'odds ratio est de 3,55 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,32; 38,77).
- La comparaison entre "THI [75–78]" et "THI <74" présente un odds ratio de 2,21 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,23; 21,08),
- Pour la comparaison entre "THI [79–83]" et "THI >84", l'odds ratio est de 1,33 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,27; 6,49),
- La comparaison entre "THI [79–83]" et "THI <74" présente un odds ratio de 0,82 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,21; 3,27),
- Enfin, la comparaison entre "THI [79–83]" et "THI [75–78]" présente un odds ratio de 0,37 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,02; 4,70),

- En résumé, chez la race "Holstein Pie Rouge", les résultats suggèrent qu'il n'y a pas de différences significatives dans la probabilité de conception en fonction des niveaux de THI examinés. Les p-values élevés indiquent que les comparaisons ne sont pas statistiquement significatives, et les intervalles de confiance soulignent l'incertitude associée à ces résultats.

#### Effet du stress thermique sur la fertilité chez la race Holstein pie noire :

Les résultats présentés dans la figure 22, sont issus d'une analyse de régression logistique binaire visant à étudier la relation entre le taux de conception et les valeurs de THI chez la race Holstein pie noire.



**Figure 22 :** Diagramme d'effet des valeurs de THI sur la probabilité de conception chez la race Holstein pie noire.

Cette analyse de régression logistique binaire ne montre pas de relation statistiquement significative entre le taux de conception et les valeurs THI chez la race Holstein pie noire. Les classes THI n'ont pas d'effet significatif sur la probabilité d'une fécondation.

Les résultats présentés dans le tableau 14 montrent les Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » (Index Température-Humidité) de conception chez la race Holstein pie noire.

**Tableaux 14** : Odds Ratios pour les prédicteurs catégoriels « THI » de conception chez la race Holstein pie noire.

Niveau A	Niveau B	Odds Ratio	Intervalle de confiance à 95%	p-value
THI Classes		Odds ratio pour le niveau A par rapport au niveau B		0,598
<74	>84	1,39	(0,67; 2,86)	
[75–78]	>84	0,82	(0,29; 2,29)	
[79–83]	>84	1,39	(0,43; 4,48)	
[75–78]	<74	0,59	(0,24; 1,41)	
[79–83]	<74	1,00	(0,35; 2,82)	
[79–83]	[75–78]	1,69	(0,47; 6,00)	

- Pour la comparaison entre le niveau "THI <74" et "THI >84", l'odds ratio est de 1,39 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,67; 2,86).
- Pour la comparaison entre "THI [75–78]" et "THI >84", l'odds ratio est de 0,82 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,29; 2,29).
- La comparaison entre "THI [75–78]" et "THI <74" présente un odds ratio de 0,59 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,24; 1,41).
- Pour la comparaison entre "THI [79–83]" et "THI >84", l'odds ratio est de 1,39 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,43; 4,48).
- La comparaison entre "THI [79–83]" et "THI <74" présente un odds ratio de 1,00 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,35; 2,82).
- Enfin, la comparaison entre "THI [79–83]" et "THI [75–78]" présente un odds ratio de 1,69 avec un intervalle de confiance à 95 % de (0,47; 6,00).
- En résumé, chez la race "Holstein Pie Noire", les résultats suggèrent qu'il n'y a pas de différences significatives dans la probabilité de conception en fonction des niveaux de THI examinés. Les p-values élevés indiquent que les comparaisons ne sont pas statistiquement significatives, et les intervalles de confiance soulignent l'incertitude associée à ces résultats.

## Discussion

### Effet du stress thermique sur la production laitière :

Les résultats obtenus révèlent des observations significatives sur l'impact du stress thermique sur la production laitière chez l'ensemble des races bovines élevées dans la région d'étude. À cet effet, différentes études ont examiné l'indice d'humidité de la température (THI) dans des contextes variés et ont fourni des insights importants. Singh et al. (1997) ont mis en évidence que chez les races exotiques, un THI supérieur à 72 était identifié comme le seuil à partir duquel le stress thermique se manifestait. Cette constatation souligne l'importance du THI comme indicateur critique pour évaluer l'exposition des animaux à des conditions environnementales défavorables.

Les résultats de Szues et al. (2001) ont démontré que la diminution de la production laitière quotidienne moyenne était particulièrement prononcée lorsque la température dépassait 21 °C. Chez les bovins Holstein Frisonne, une baisse moyenne de 1,1 kg (3,1 %) de la production laitière quotidienne a été observée à des températures élevées. De plus, au-delà d'une humidité relative de 86 %, la production laitière moyenne diminuait d'environ 1 kg (3 %). Ces résultats soulignent l'influence significative de la chaleur et de l'humidité sur la production laitière des bovins laitiers. Les travaux de Danial et al. (2008) ont ajouté de nouvelles perspectives à ces observations en montrant qu'une température comprise entre 21°C et 30°C, associée à une humidité croissante de 45 à 69 % et à un THI de 66 à 79, avait un impact négatif sur le rendement quotidien en lait. Bien que la baisse de la production ne se soit pas révélée statistiquement significative, ces résultats mettent en évidence une tendance à la baisse lorsque les conditions de stress thermique étaient présentes.

L'étude de Carabano et al. (2016) a adopté une approche plus large en évaluant l'effet de la température et de l'humidité sur la production laitière dans différentes régions européennes. Leur travail a montré que les vaches laitières hautement sélectionnées dans des contextes climatiques variés et avec divers systèmes de production présentaient des impacts négatifs sur la production laitière allant jusqu'à 30 %. Cette observation souligne l'importance de tenir compte des différences climatiques régionales lors de la modélisation des effets du stress thermique sur la production laitière.

Dans l'ensemble, ces études mettent en évidence la sensibilité des vaches laitières aux conditions de stress thermique, avec des seuils spécifiques de THI et des baisses

significatives de la production laitière en réponse à des températures élevées et à une humidité croissante.

La discussion des résultats met en évidence l'impact significatif de l'environnement thermique sur la production laitière des vaches laitières (Holstein pie noire, Brune des Alpes et Holstein pie rouge), en particulier chez les animaux de grande valeur génétique, comme souligné par Nardone et al. (2010). Plusieurs études antérieures ont également corroboré cette constatation en montrant que le stress thermique entraîne une réduction notable de la production laitière, comme observé par Gantner et al. (2011) et Gorniak et al. (2014).

Une autre dimension importante réside dans le potentiel génétique des vaches laitières. Kadzere et al. (2002) ont mis en évidence que, lors du transfert de vaches laitières hautement productrices vers des régions à climat tropical, leur potentiel génétique n'a pas pu s'exprimer pleinement, suggérant ainsi une incompatibilité entre leur génétique et les conditions thermiques défavorables.

Le rôle crucial du stade de la lactation dans la sensibilité au stress thermique est également souligné. Les vaches en milieu de lactation semblent être beaucoup plus sensibles au stress thermique que celles en début ou en fin de lactation, comme le suggèrent Basirico et al. (2009) et Bernabucci et al. (2010). En outre, Joksimović-Todorović et al. (2011) ont démontré une différence significative dans la production laitière moyenne des vaches Pie-noire Holsteinisées entre le printemps et l'été, avec une production réduite pendant la saison chaude.

Il est important de noter que les vaches laitières ont la capacité de s'adapter progressivement aux environnements chauds, ce qui suggère une acclimatation graduelle pendant les mois chauds de la saison estivale, comme indiqué par Prosser et Brown (1969).

L'impact du stress thermique sur la production laitière est complexe et multifactoriel. Bien que la baisse de la prise alimentaire due au stress thermique puisse contribuer à une réduction de la production laitière, les études de Rhoads et al. (2009) et Wheelock et al. (2010) ont montré que cette diminution n'était que partiellement attribuable à cette cause. En effet, la production laitière d'un groupe de vaches soumises à des conditions de stress thermique a chuté de 45 %, comparativement à seulement 19 % pour le groupe témoin non soumis au stress thermique, bien qu'ils aient reçu les mêmes quantités d'aliments, comme l'ont confirmé Baumgard et Rhoads (2007).

**Effet du stress thermique sur la fertilité :**

La discussion des résultats met en évidence l'impact significatif de la couleur du pelage sur les caractéristiques de reproduction des vaches laitières. Les études, telles que celle de Becerril et al. (1993), soulignent que les pelages foncés, en conjonction avec des périodes de stress thermique, sont associés à une régression négative des caractères de reproduction. À l'inverse, les bovins à pelage clair semblent mieux adaptés aux environnements chauds, comme l'ont confirmé Gaughan et al. (2009) et Mader et al. (2002). La couleur du pelage peut influencer la capacité thermorégulatrice des bovins, avec des implications directes sur la reproduction, notamment en ce qui concerne la température corporelle.

L'élévation de la température corporelle est liée à une augmentation de la température utérine, ce qui peut entraîner une diminution du taux de conception et une mortalité embryonnaire précoce, comme mentionné par García-Ispierto et al. (2007) et Vasconcelos et al. (2011).

Il est essentiel de noter que la dégradation de la fertilité chez les races laitières, en particulier chez la race Prim-Holstein, est un problème observé dans de nombreux pays, comme le rapportent Bousquet et al. (2004). Cette dégradation semble être progressive, avec une perte annuelle de fertilité estimée entre 0,5 et 1 point selon Barbat et al. (2010). Cependant, il est important de noter que la gestion inadéquate des vaches à forte production laitière peut également contribuer de manière significative à la baisse de la fertilité, comme le souligne LeBlanc (2010).

Des différences significatives sont observées entre les races bovines en ce qui concerne leur capacité thermorégulatrice, comme le souligne Hansen (2009). Les vaches à pelage foncé et pigmenté semblent nécessiter une capacité de refroidissement par évaporation plus importante, ce qui peut avoir un impact sur leur capacité à se reproduire.

Cependant, il existe des exceptions à cette tendance. Par exemple, El-Tarabany et Nasr (2015) ont constaté que les vaches Brune des Alpes avaient une meilleure performance reproductive et une meilleure adaptabilité que les Holstein pures dans des conditions subtropicales égyptiennes, en partie grâce à la couleur de leur robe plus claire. Cette couleur réduit le flux de chaleur vers l'intérieur du corps, offrant ainsi une meilleure tolérance au stress thermique.

Les conditions climatiques des régions où les bovins sont élevés jouent également un rôle crucial. L'introduction de bovins de races des régions tempérées dans des environnements chauds peut entraîner des problèmes de fertilité, comme l'ont démontré diverses études (Habeeb et al., 1992 ; Farghaly et al., 1997 ; Marai et al., 1999 ; Khattab et al., 2005). Par exemple, le taux de réussite à la première insémination artificielle chez les vaches Montbéliardes importées en Algérie était inférieur à celui enregistré en France, ce qui suggère l'importance de l'adaptation des animaux à leur environnement d'origine.

La gestion de la fertilité des vaches laitières est également influencée par des facteurs tels que le bilan énergétique, la période de lactation et la surveillance des chaleurs. Les déséquilibres énergétiques après le vêlage peuvent avoir un effet négatif sur l'œstrus, et le stress thermique peut aggraver cette condition, notamment en période estivale. De plus, la gestion de la reproduction chez les vaches multipares est complexe en raison de l'augmentation de la production laitière et des conséquences sur la tolérance au stress thermique.

#### **La tolérance des races laitières au stress thermique :**

La tolérance au stress thermique des races bovines importées est un aspect crucial de leur bien-être et de leur productivité. Plusieurs études et citations mettent en évidence l'importance de fournir un environnement favorable pour lutter contre le stress thermique. Ce qui explique l'effet non significatif de variation saisonnière des valeurs de THI sur les performances zootechniques des races laitières, notamment les traits reproductifs, dont l'exploitation d'étude dispose tout un système sophistiqué de refroidissement, qui sert à abaisser la température corporelle de l'animal pendant les périodes chaudes par l'évacuation de la chaleur par voie humide (brumisation d'eau).

L'offre d'ombre aux animaux, en particulier dans les zones d'alimentation, est une mesure efficace pour atténuer le stress thermique. Cette stratégie améliore la thermolyse par rayonnement en dirigeant la chaleur corporelle vers un environnement plus frais que la surface corporelle, comme le suggèrent Berman et Horovitz (2012). Silanikove (2000) souligne que la mise à disposition de structures ombragées est essentielle, en particulier dans les régions où les températures estivales dépassent 24 °C et où les indices de température-humidité (THI) dépassent 72. Ces mesures contribuent au bien-être animal.

De plus, plusieurs études ont démontré les avantages de telles structures ombragées sur la productivité et l'efficacité des réponses thermorégulatrices chez les ruminants, comme le notent Legates et al. (1991) et Muller et al. (1994a, b, c). Les ombres fournissent un refuge aux animaux contre les conditions environnementales stressantes.

Le principe du douchage, qui consiste à asperger les vaches d'une fine brumisation, est une autre stratégie importante pour refroidir les animaux lors de périodes de stress thermique. L'évaporation de l'eau répandue permet de maintenir une température corporelle adéquate, comme le décrit Armstrong (1994).

En outre, des éléments du microclimat au niveau des étables, tels que les mouvements d'air, jouent un rôle crucial dans la réponse au stress thermique chez les animaux. Une ventilation adéquate et des mouvements d'air favorables contribuent à réduire le stress thermique, comme le souligne West (2003)

**CONCLUSION GÉNÉRALE**

### Conclusion générale :

Il ressort de cette présente étude, que les résultats obtenus montrent que les performances productives sont négativement affectées par le stress thermique, par la diminution du rendement laitier journalier pratiquement chez toutes les races à l'exception de la Montbéliarde et Simmental. Dont le modèle de régression explique environ 13,27% de la variance totale de la production de lait en fonction de l'indice THI.

Toutefois, la probabilité de réussite de l'insémination artificielle chez les vaches de race Holstein pie noire, Holstein pie rouge, Brune des Alpes, Montbéliarde et Simmental ne sont pas significativement impactées lors de stress thermique sévère, où les THI sont supérieurs à 84 en saison estivale, ce qui caractérise les conditions climatiques sahariennes sur une période de plus de 07 mois. Qui est probablement due à l'usage des facteurs d'ambiance au sein des étables (ombrage, ventilation, et douche ou brumisation), pour permettre aux bovins laitiers de s'acclimater progressivement aux conditions climatiques sahariennes.

La tolérance au stress thermique des races bovines importées peut être améliorée en fournissant un environnement approprié, notamment en offrant de l'ombre, en utilisant le douchage et en assurant une ventilation adéquate. Ces mesures non seulement améliorent le bien-être des animaux, mais elles ont également un impact positif sur leur productivité et leur capacité à faire face aux conditions environnementales stressantes.

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

### Références bibliographiques :

- Abdelli A, Belabdi I, Souames S and Iguer-Ouada M 2015 Facteurs affectant la réussite de la première insémination artificielle dans des exploitations laitières de la région de Tizi-Ouzou, Algérie. Renc. Rech. Ruminants. 2, 215.
- Armstrong, D.V., 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77:2044-2050.
- Barbat A, Bonaiti B, Guillaume F, Druet T, Colleau JJ, Boichard D.2005. Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises - Renc Rech Ruminants, 2005.
- Barbat A, Le Mézec P, Ducrocq V, Mattalia S, Fritz S, Boichard D, Ponsart C and Humblot P 2010 Female Fertility in French Dairy Breeds: Current Situation and Strategies for Improvement. J. of Reprod and Development. 56, S15-S21.
- Basirico, L., Bernabucci, U., Morera, P., Lacetera, N., Nardone, A., 2009. Gene expression and protein secretion of apolipoprotein B100 (ApoB100) in transition dairy cows under hot or thermoneutral environments. Ital. J. Anim. Sci. 8(2): 592-594.
- Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., 2007. The effects of hyperthermia on nutrient partitioning.
- Becerril, C.M., Wilcox, C.J, Lawlor, T.J., Wiggans, G.R., Webb, D.W., 1993. Effects of percentages white coat color on Holstein production and reproduction in a subtropical environment. J. Dairy Sci. 76, 2286–2291.
- Berman, A., Horovitz, T., 2012. Radiant heat loss, an unexploited path for heat stress reduction in shaded cattle. J. Dairy Sci. 95:3021-3031.
- Bernabucci, U., Lacetera N., Ronchi, B., Nardone, A., 2002. Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows. Anim. Res. 51:25-33.
- Boichard D, (2000), Production et fertilité chez la vache laitière Prod. Anim, INRA, Commission Bovine, 5, (4), 33-34.
- Boichard D, Barbat A, Briend M.2002. Bilan phénotypique de la fertilité chez les bovins laitiers – AERA ; Reproduction, génétique et fertilité, Paris, 6 Décembre 2002, 5-9.
- Bouraoui, R., Ben Salem, M., Rekik, B., 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).

## Références Bibliographiques

---

- Bousquet D, Bouchard E et Dutemblay D, 2004. Decreasing fertility in dairy cows: Myth or Reality ? Proceedings of a conference on : congrès mondial de la buriatrie, Québec, Canada, 11-16 janvier 2004, 2-5.
- Butler W.R and Smith R.D, (1989), Interrelationships Between Energy Balance and Postpartum Reproductive Function in Dairy Cattle *J Dairy Sci*, 72, (3), 767-783.
- Butler W.R. 2005. Relationships of negative energy balance with fertility. *Adv. Dairy Tech.*, 17, 35-46.
- Chebel, R.C., Santos, J.E.P., Reynolds, J.P., Cerri, R.L.A., Juchem, S.O., Overton, M., 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 84, 239–255.
- Daniel Falta, Walterava Lucie, Skyeala mattin, Chladek Gustav. 2008. Effect of Stable Micro Climatic on Milk Production of Holstein Cow the 2nd and 3rd lactation. *AWETH* vol. 4.
- De Rensis, F. and R. J. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology* 60(6):1139-1151.
- El-Tarabany, M. S. and K. M. El-Bayoumi. 2015. Reproductive performance of backcross Holstein× Brown Swiss and their Holstein contemporaries under subtropical environmental conditions. *Theriogenology* 83(3):444-448.
- Finch VA 1986 Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science* 62, 531-542.
- Gantner, V., Mijic, P., Kuterovac, K., Solic, D., Gantner, R., 2011. Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*. 61:56–63.
- García-Ispuerto IF, López-Gatius G, Bech-Sabat P, Santolaria J, Yániz C, Nogareda F, De Rensis and López-Béjar M 2007: Climate factors affecting conception rate of high producing dairy cows in Northeastern Spain. *Theriogenology*; 67(8):1379-1385.
- Gaughan, J.B, Lacetera, N., Valtorta, S.E., Khalifa, H.H, Hahn, L., Mader, T., 2009. Response of domestic animals to climate challenges. In *Biometeorology of adaptation to climate variability and change* (ed. KL Ebi, I Burton and GR McGregor), pp. 131–170. Springer Science, Heidelberg, Germany.
- Gorniak, T., Meyer, U., Südekum, K.H, Dänicke, S., 2014. Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in midlactation Holstein dairy cows in a temperate climate, *Archives of Animal Nutrition*. 68 (5): 358-369

## Références Bibliographiques

---

- Habeeb AA, El-Masry KA, Aboul-Naga AI, Kamal TH (1996) The effect of hot summer climate and level of milk yield on blood biochemistry and circulating thyroid and progesterone hormones in Friesian cows. *Arab J Nuclear Sci Appl* 29, 161-73.
- Habeeb AA, Marai IFM, Kamal TH (1992) Heat stress. In: Phillips CJC, Piggins D (eds) *Farm Animals and the Environment*. CABI Publishing, UK, 27-47.
- Hansen, P. J. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 364, 3341–50.
- Joksimoviæ-Todoroviæ, V.M., Hristov Davidoviæ, S., Stankoviæ, B., 2011. Effect of heat stress on milk production in dairy cows. *Biotechnol. Anim. Husb.* 27(3): 1017-1023.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz E., 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.*77:59-91.
- Khattab AS, Atil H, Badawy L (2005) Variances of direct and maternal genetic effects for milk yield and age at first calving in a herd of Friesian cattle in Egypt. *Arch Tierz* 48, 24-31.
- Lee C. N., Baek K. S., Parkhurst A.2016. The impact of hair coat color on longevity of Holstein cows in the tropics. . *Journal of Animal Science and Technology* .58:41.
- Legates, J.E., Farthing, B.R., Casady, R.B., Barrada, M.S., 1991. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle field and chamber conditions. *J. Dairy Sci.* 74: 2491– 2500.
- Lopez-Gatius F, Santolaria P, Yaniz J, Rutllant J and Lopez-Béjar P, (2002), Factors affecting pregnancy loss from gestation day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. *Theriogenology*, 52, 1251-1261.
- Mader, T.L., Holt, S.M., Hahn, G.L., Davis, M.S., and Spiers, D.E. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 80: 2373-2382.
- Mader, TL., Davis MS., and Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J AnimSci* 84: 712-719.
- Marai IFM, Habeeb AAM, Farghaly HM (1999) Productive, physiological and biochemical changes in imported and locally born Friesian and Holstein lactating cows under summer conditions of Egypt. *Trop Anim Health Prod* 31, 233-43.
- Muller, C.J.C., Botha, J.A., Coetzer, W.A., Smith, W.W., 1994b. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 2. Physiological responses. *South Afric. J. Anim. Sci.* 24: 56–60.

## Références Bibliographiques

---

- Muller, C.J.C., Botha, J.A., Smith, W.W., 1994a. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 1. Feed and water intake, milk production and milk composition. *South Afric. J. Anim. Sci.* 24: 49–55.
- Muller, C.J.C., Botha, J.A., Smith, W.W., 1994c. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 3. Behavior. *South Afric. J. Anim. Sci.* 24: 61–66.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. 2010. Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.* 130, 57-69.
- Pages 93–104 in 69th Proc. Cornell Nutr. Conf. Cornell University, Ithaca, NY.
- Prosser, C.L., Brown, F.A., 1969. *Comparative Animal Physiology*. Saunders Co, London
- Rhoads, M.L., Rhoads, R.P., Baale, M.J., Collier, R.J., Sanders, S.R., Weber, W.J., Croocker, B.A., Baumgard, L.H., 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.* 92(5): 1986-1997.
- Roelofs, J., Lopez-Gatius, F., Hunter, R.H.F., van Eerdenburg, F.J.C.M., Hanzen, C., 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 74, 327–344.
- Sartori, R., Bastos, M.R., Wiltbank, M.C., 2010. Factors affecting fertilization and early embryo quality in single- and superovulated dairy cattle. *Reprod. Fertil. Dev.* 22, 151–158.
- Sauvant, D., Martin, O. 2010. Robustesse, rusticité, flexibilité, plasticité... les nouveaux critères de qualité des animaux et des systèmes d'élevage: définitions systémique et biologique des différents concepts. *Productions animales* 23, 5-9.
- Shinde, S., Taneja, U.K. and Singh, A. 1997. Effect of Genetic and Environmental Factors on Milk Yield in Crossbred Cattle. *Indian J. Dairy Sci.* 43 (3) : 329-334.
- Silanikove, N., 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67:1-18.
- Silva, RG. 1999. Estimativa do balanço térmico porra dia cão em vacas Holandesas expostas o sol e à sombra em ambiente tropical. *Rev. Bras. Zootec.*, 6:1403-1411.

## Références Bibliographiques

---

- Szues, E. Mika, J., Nagy, J., Tran, Anh. 2001. The Role of Meteorological Factors in Milk Production of HF Cow. *Allattenyesztes-Takarmanyozas*. 50(3): 215-225
- Tanaka, T., Arai, M., Ohtani, S., Uemura, S., Kuroiwa, T., Kim, S., Kamomae, H., 2008. Influence of parity on follicular dynamics and resumption of ovarian cycle in postpartum dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 108,134–143.
- Vasconcelos, J.L.M, SáFilho, O.G., Justolin, P.L.T., Morelli, P., Aragon, FL., Veras, M.B., and Soriano, S. 2011. Effects of postbreeding gonadotropin treatments on conception rates of lactating dairy cows subjected to timed artificial insemination or embryo transfer in a tropical environment. *Journal of Dairy Science*, 94, 1. 223-234
- Walsh, SW., Williams, E.J., Evans, A.C.O. 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*; 123 ; 127–138. doi:10.1016/j.anireprosci.2010.12.001.
- West, J. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of dairy science* 86(6):2131-2144.
- Wheelock, J.B., Rhoads, R.P., Van Baale, M.J., Sanders, S.R., Baumgrad, L.H., 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 93:644-655.