

Effet du stress thermique sur les variables spirométriques des bovins Azawak en adaptation dans les stations d'élevage au Bénin

Aliyassoum MAMA YACOUBOU*, Bienvenu Asséréhou Roland KANTY, Yao AKPO,
Raoul Baudouin AHLOU, Adégbéiga Cham Donald ALABI et Ibrahim TRAORE ALKOIRET

*Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, Santé et Production Animale,
01BP 123 Parakou, Bénin*

(Reçu le 27 Mai 2024 ; Accepté le 30 Juin 2024)

* Correspondance, courriel : aliyassoumama@gmail.com

Résumé

Le stress thermique s'avère un enjeu en matière de bien-être pour tout type de bétail. La maîtrise des relations entre l'environnement thermique et les réponses physiologiques au stress thermique peuvent permettre d'améliorer la productivité des bovins. Cette étude avait pour objectif d'évaluer les degrés de confort thermique du zébu Azawak en adaptation au Bénin à travers la mesure des variables spirométriques et les données météorologiques. Les observations ont été faites aux pics de la saison sèche et de la saison pluvieuse de l'année 2023 pour tester l'effet saison sur ces variables. Les données recueillies ont porté sur la température rectale (TR); fréquence respiratoire (FR); fréquence cardiaque (FC); température corporelle (TC) et le coefficient d'adaptabilité (CA). Parallèlement, les valeurs de température ambiante et d'humidité relative ont été enregistrées pour déterminer le THI. Les données ont été mesurées dans l'après-midi pour tenir compte de la période de l'insolation la plus forte. Les résultats révèlent que les paramètres les plus révélateurs du stress thermique étaient la TR, la FC, la FR et le CA. En saison pluvieuse, la TR était significativement plus basse ($p < 0,05$) qu'en saison sèche. La FR et la FC qui sont plus sensibles aux variations climatiques ont présenté un effet saison très significatif ($p < 0,01$) en saison sèche où l'activité cardiaque est plus élevée. Pour le CA, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée pendant la saison sèche. Il a été observé que dans leur nouvel environnement, les zébus Azawak ont une bonne capacité d'adaptation (CA proche de 2). Ces paramètres semblent avoir des caractéristiques pour être utilisés comme indices d'adaptations aux climats chauds dans les programmes de sélection. Pour mieux assurer un confort thermique suivant les saisons, les zébus Azawak régulent bien le mécanisme de dissipation de chaleur par évapotranspiration à partir de la FR qui augmente pour s'adapter au stress thermique.

Mots-clés : *stress thermique, saison, zébu Azawak, variables spirométriques, Bénin.*

Abstract

Effect of heat stress on spirometric variables of Azawak cattle in adaptation at state livestock farms in Benin

Heat stress is a welfare issue for all types of animals. Mastering the relationships between the thermal environment and physiological responses to heat stress can improve cattle productivity. The objective of this study was to evaluate the degrees of thermal comfort of the Azawak zebu in adaptation in Benin through the measurement of spirometric variables and meteorological data. Observations were made at the peaks of the dry and rainy seasons to test the seasonal effect on these variables. The data collected were about rectal temperature (TR); respiratory rate (RF); heart rate (HR); body temperature (CT) and the coefficient of adaptability (CA). At the same time, ambient temperature and relative humidity values were recorded to determine the THI. The data were measured in the afternoon to take into account the period of the strongest insolation. The results revealed that the most revealing parameters of heat stress were TR, HR, RF, and CA. In the rainy season, the TR was significantly lower ($p < 0.05$) than in the dry season. RF and HR, which were more sensitive to climatic variations, showed a very significant seasonal effect ($p < 0.01$) in the dry season when cardiac activity is higher. For the CA, a significant difference ($p < 0.05$) was observed during the dry season. It has been observed that in its new environment, Azawak zebu have a good ability to adapt (CA close to 2). These parameters seem to have characteristics to be used as indices of adaptations to warm climates in breeding programs. To better ensure thermal comfort according to the seasons, Azawak zebu regulate the evapotranspiration heat dissipation mechanism from the RF which increases to adapt to heat stress.

Keywords : *heat stress, Azawak zebu, saison, spirometric variables, Benin.*

1. Introduction

Les bovins, en général, sont fortement menacés par le réchauffement climatique [1]. Ils sont des animaux qui maintiennent une température corporelle spécifique et constante. Cependant, en raison des variations de température et d'humidité environnementales, leur température corporelle connaît des variations en fonction de la saison [2]. Parmi les bovins, les zébus sont largement adaptables aux environnements tropicaux et subtropicaux [3]; ce qui influence les caractéristiques productives et reproductives des vaches laitières. Toutefois, les mesures objectives des caractéristiques qui affectent directement l'adaptabilité de ces zébus sont très limitées. Certains paramètres physiologiques et métaboliques ont été suggérés comme indicateurs du stress thermique et peuvent être utilisés pour décrire l'adaptabilité aux environnements chauds [4, 5]. Au Bénin, dans la dynamique de diversification et d'intensification de la production de viande et de lait, les génotypes importés se sont présentés comme une option palliative aux faibles potentialités des races locales. Ainsi donc, le zébu Azawak du Niger (provenant de la station de Toukounou en zone sahélo-saharienne) est utilisé dans des stations d'élevages au Bénin telles que la station de l'Okpara et celle de Samiondji. Cependant, en dehors de son berceau, le zébu Azawak peine à exprimer ses potentialités. Divers travaux ont été réalisés dans le but de l'amélioration de sa productivité au Bénin. Malheureusement, très peu se sont consacrés à leur adaptation dans leurs nouveaux milieux après leur importation. Les facteurs environnementaux sont généralement les causes de la modification de la physiologie de l'animal [6]. Les régions qui ont les climats les plus chauds de la planète sont des régions tropicales [7]. Dans ces régions, la question du confort thermique des animaux domestiques devient de plus en plus préoccupante. Le zébu Azawak qui est une race mixte, a la capacité de bien s'adapter aux climats difficiles avec une production importante de viande et de lait. Il est l'une des races capables d'offrir de bonne performance en production de carcasse et surtout en production de lait avec la capacité de bien s'adapter au climat difficile [8]. Il est considéré comme la meilleure laitière en Afrique de l'ouest [3].

De même [9, 10] le zébu Azawak vit dans une région située entre le 3° et le 7° degré de longitude Est, les 15° et 20° de Latitude Nord. Cette région est caractérisée par un climat sec à une seule saison pluvieuse de trois à quatre mois au cours desquels, il tombe 300 à 500 mm de pluie. Pendant les huit à neuf autres mois de l'année, c'est la sécheresse avec des températures pouvant atteindre 45°C (humidité relative de 8 à 30 %) [11]. Mais les bovins Azawak ont une faible résistance aux maladies dans les zones à humidité élevée [12]. Cette faible résistance est liée aux facteurs environnementaux, pouvant conduire au stress thermique chez ces bovins avec pour conséquence une baisse des performances de production. La connaissance de ces facteurs environnementaux reste nécessaire pour améliorer la production de lait et de viande d'une part mais aussi de mieux connaître les conditions optimales de reproduction de ces animaux d'autre part. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet du stress thermique sur les variables spirométriques des bovins Azawak (*Bos indicus*), l'une des vaches laitières les plus importantes d'Afrique de l'Ouest en adaptation dans les stations d'élevage au Bénin. La résistance au stress thermique pourrait être intégrée aux programmes de sélection visant à améliorer la production laitière dans les pays tropicaux en développement, dans lesquels la demande de produits d'origine animale augmente en raison de l'urbanisation [13].

2. Matériel et méthodes

2-1. Zones d'études

La ferme d'élevage de l'Okpara (FEO) (**Figure 1**) se trouve dans une zone à climat tropical subhumide avec une alternance de saison pluvieuse (mai à octobre) et une saison sèche (novembre à avril) où l'harmattan peut souffler entre décembre et février. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1200mm, avec une hauteur maximale des pluies en juillet-août. Les moyennes de températures annuelles varient entre 26°C et 28°C avec les valeurs maximales qui oscillent entre 35°C et 38°C (mars-avril) et les minimales entre 18°C et 20°C (décembre-janvier). Quant à la Ferme d'Élevage de Samiondji (FES) (**Figure 1**), elle se situe dans une zone où le climat est de type tropical humide caractérisé par un régime pluviométrique binominal : deux saisons de pluies et deux saisons sèches (une grande saison de pluies allant de mars à juin, une petite saison de pluies allant de septembre à octobre, une grande saison sèche s'étendant de décembre à février et la petite saison sèche allant de juillet à août. La pluviométrie varie entre 900 et 1100mm par an avec une température moyenne de 27,1°C. Ces différents types de climat sont favorables à la réalisation de l'étude. L'humidité relative de l'air est élevée (84 % et 91 % en moyenne respectivement pour la FES et la FEO) en saison pluvieuse et faible en saison sèche (54 % et 34 % en moyenne respectivement pour la FES et la FEO). La végétation dans la commune de Tchaourou est une savane arborée à arbustive et composée des essences ligneuses telles que le *Parkia Biglobosa*, *Khaya senegalensis*, *Azzeria Africana* etc. et des herbacées notamment, *Pennisetum pedicelatum*, *Andropogon gayanus* etc. La végétation dans la commune de Zaganado est caractérisée par la savane herbacée dominée par le chiendent (*Imperata cylindrica*) et les *Andropogonae*; la savane arbustive est dominée par le kapokier africain (*Daniella oliveri*) et le Corossol sauvage (*Annona senegalensis*). Les deux fermes pratiquent chacune un système d'élevage semi-amélioré.

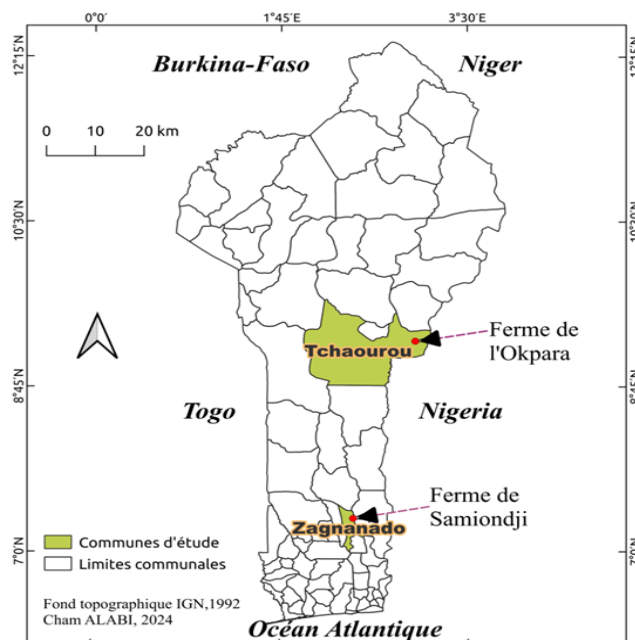


Figure 1 : Localisation des fermes d'étude au Bénin

2-2. Animaux d'expérience et alimentation

Le matériel animal était constitué de zébus de race Azawak dont trente (30) à la FEO et vingt-huit (28) à la FES. Ils ont été suivis pendant la saison sèche et la saison pluvieuse. Les animaux étaient nourris à base de pâturages naturels et de foin complétés par des concentrés et des sels minéraux servis sous forme de pierres à lécher. Ils ont été choisis en fonction de leur état de santé, de leur poids corporel, de l'âge, du sexe et en tenant également compte des trois (03) catégories d'animaux (vaches et taureaux ; génisses et taurillons ; velles et veaux). Les animaux étaient nourris 7 heures par jour au pâturage. Ils étaient vaccinés contre la péripneumonie, la pasteurellose et le charbon symptomatique. Ils étaient régulièrement suivis et traités. Les catégories des animaux étudiés pendant chaque période d'étude sont présentées dans le **Tableau 1** suivant :

Tableau 1 : Effectifs par catégories d'animaux selon les saisons aux niveaux des FEO et FES

Catégorie d'animaux	FEO		FES	
	SS	SP	SS	SP
Veaux & Velles	10	08	11	10
Génisses & Taurillon	07	12	7	5
Vaches & Taureaux	13	10	10	13
Total	30	30	28	28

SS : Saison Sèche ; SP : Saison de Pluie ; FES : Ferme d'Elevage de Samiondji. FEO : Ferme d'Elevage de l'Okpara.

2-3. Paramètres physiologiques étudiés

La température rectale (TR), la fréquence cardiaque (FC), la Température corporelle (TC) et la Fréquence Respiratoire (FR) ont été les différents paramètres mesurés pendant l'année 2023. A cela s'ajoute les données des facteurs climatiques qui sont l'humidité relative (HR), la température ambiante (TA). Ces deux données ont permis de calculer l'indice d'humidité relative (THI) à l'aide la **Formule (1)** de [14] :

$$THI = (0,8 \times T \text{ } ^\circ\text{C}) + [(HR / 100) \times (TA \text{ } ^\circ\text{C} - 14,4)] + 46,4 \quad (1)$$

avec HR : l'Humidité relative en % et TA la Température Ambiante en $^\circ\text{C}$

Ces données ont permis d'avoir deux saisons au cours desquelles l'HR et la TA ont atteint leurs pics au cours de la saison sèche ainsi que la saison pluvieuse. C'est donc durant ces pics que les différentes mesures ont été effectuées. La corrélation entre les paramètres du stress thermique a permis de voir si les animaux qui sont stressés ont une capacité à s'adapter à l'environnement. La tolérance des bovins à la chaleur a été donc évaluée au moyen du test de Benezra avec des adaptations pour l'espèce bovine [15, 16] qui calcule le coefficient d'adaptabilité (CA) des animaux (ruminants), où une valeur plus proche de 2 signifie plus adaptée à la chaleur. Le CA a été obtenu par la **Formule (2)** suivante :

$$CA = (TR / Trbn) + (FR / Frbn) \quad (2)$$

avec, TR la température rectale en $^\circ\text{C}$; Trbn la température normale d'un bovin en $^\circ\text{C}$; FR la fréquence respiratoire; et Frbn la fréquence respiratoire normale d'un bovin.

2-4. Méthode de mesure et analyse statistique

Durant chaque période de pic de saison (Février pour la saison sèche et Juin pour la saison de pluie à Tchaourou ; Mars pour la saison sèche et Juillet pour la saison de pluie à Zagnanado), la TR, la FR, FC et la TC ont été mesurées dans l'après-midi entre 12h et 14h pour tenir compte de la période de l'insolation la plus forte. Ces paramètres ont été relevés deux fois par semaine durant huit semaines (60 jours) lorsque les animaux étaient sous abri (toiture en feuilles de tôles galvanisées). Le thermomètre clinique était utilisé pour la prise de température rectale (TR) sur une durée d'une minute ; La fréquence cardiaque (FC, battements/minute) a été mesurée par les battements du cœur à l'aide d'un stéthoscope flexible placé dans la région thoracique gauche et effectuant le comptage pendant une minute. La fréquence respiratoire (FR, mouvements/minute) quant à elle, a été déterminée en comptant visuellement les mouvements de flanc de la respiration ininterrompue pendant une période de 30s avec un chronomètre, puis convertie en nombre de respirations par minute. L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide du logiciel R 4.3.1 [17] en utilisant la procédure GLM (General Lineaire Models) pour discriminer l'influence de la saison sur les paramètres physiologiques des animaux. Le test t de Student a permis de faire une comparaison des moyennes des résultats paramétriques présentés sous forme de moyenne \pm écart type. Un seuil de 5 % a été fixé pour les effets de significativité.

3. Résultats

3-1. Données climatiques

Dans les **Tableaux 2 et 3** ci-dessous, sont consignées les moyennes des paramètres climatiques utilisés dans le cadre de cette étude. La valeur moyenne des températures ambiantes aux niveaux des fermes a significativement baissé ($p < 0,001$) de la saison sèche à la saison pluvieuse tandis-que celle de l'humidité relative a plutôt présenté une augmentation significative ($p < 0,001$). Les différences de température ambiante en termes de valeur absolue sont de $2,4 \pm 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ et $2,1 \pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ respectivement pour la FEO et FES. En ce qui concerne l'humidité relative, la valeur absolue des différences est de $11 \pm 2,4 \text{ } \%$ pour la FEO et $10,5 \pm 3,7 \text{ } \%$ pour la FES. Pour le THI, la valeur absolue des différences est de $1,7 \pm 0,5$ et $1,5 \pm 0,1$ respectivement pour la FEO et la FES et ils ont été significativement différents ($p < 0,001$) pendant les deux saisons.

Tableau 2 : Valeurs moyennes \pm écart type des variables climatiques du milieu ambiant au niveau de la FEO en fonction des pics de saisons

Données Climatiques	FEO			
	SS		SP	
	Extrêmes	Moyennes	Extrêmes	Moyennes
TA (°C)	[23,2 - 39,6]	31,4 \pm 2,2 ^a	[20,7 - 37,3]	29 \pm 1,3 ^b
HR (%)	[45 - 69]	57 \pm 12 ^b	[51 - 85]	68 \pm 9,6 ^a
THI	[69 - 95,4]	81,2 \pm 4,2 ^a	[66,2 - 95,7]	79,5 \pm 3,7 ^b

Les moyennes accompagnées de lettres différentes au niveau de la même ligne sont différentes ($p < 0,001$).
 HR : Humidité Relative ; TA : Température ambiante ; THI : Indice de température Humidité ; SS : Saison Sèche ;
 SP : Saison de Pluie ; FEO : Ferme d'Elevage de l'Okpara

Tableau 3 : Valeurs moyennes \pm écart type des variables climatiques du milieu ambiant au niveau de la FES en fonction des pics de saisons

Données Climatiques	FES			
	SS		SP	
	Extrêmes	Moyennes	Extrêmes	Moyennes
TA (°C)	[21,4 - 38,5]	29,9 \pm 1,4 ^a	[19,7 - 35,9]	27,8 \pm 1,5 ^b
HR (%)	[52 - 79]	53,5 \pm 11,8 ^b	[56 - 80]	64 \pm 8,1 ^a
THI	[67,2 - 96,2]	78,7 \pm 3,9 ^a	[65,1 - 92,3]	77,2 \pm 4 ^a

Les moyennes accompagnées de lettres différentes au niveau de la même ligne sont différentes ($p < 0,001$).
 HR : Humidité Relative ; TA : Température ambiante ; THI : Indice de température Humidité ; SS : Saison Sèche ;
 SP : Saison de Pluie ; FES : Ferme d'Elevage de Samiondji

Il est à noter aussi au niveau des deux fermes, que la combinaison des paramètres de température et de l'humidité relative permet d'identifier quatre (04) niveaux de stress thermique en utilisant la classification de [18] à savoir : un stress sans effet ($THI < 70$) ; un stress faible ($70 \leq THI < 75$) ; un stress modéré ($75 \leq THI < 78$) et un stress extrême ($THI \geq 78$).

3-2. Paramètres physiologiques

Les **Tableaux 4 et 5** ci-dessous présentent respectivement les valeurs moyennes de la température rectale et de la température corporelle des bovins Azawak au niveau des deux fermes d'étude pendant la saison sèche et la saison de pluie. La température rectale présente un effet significatif ($p < 0,05$) avec des valeurs plus élevées pendant la saison sèche. Au niveau de la température corporelle, on note également une variation significative ($p < 0,05$) entre les saisons au niveau de chaque catégorie.

Tableau 4 : Valeurs moyennes \pm écart type de la température rectale aux niveaux des deux fermes d'étude en fonction des pics de saisons

Catégorie d'animaux	Température Rectale (°C)					
	FEO			FES		
	SS	SP	p-Value	SS	SP	p-Value
V & VL	39,7 \pm 14,5 ^a	37,5 \pm 13 ^b	0,03	40,4 \pm 14,9 ^a	38,46 \pm 14,5 ^b	0,00
G & TL	38,1 \pm 14,1 ^a	36 \pm 12,4 ^b	0,03	39,9 \pm 13 ^a	37,2 \pm 12,6 ^b	0,02
V & T	38,9 \pm 15,2 ^a	35,2 \pm 14,6 ^b	0,00	38,2 \pm 12,2 ^a	36,8 \pm 11 ^b	0,01

Les moyennes accompagnées de la même lettre au niveau de la même ligne ne sont pas différentes ($p < 0,05$). V & VL : Veaux & Velles ; G & TL : Génisses & Taurillon ; V & T : Vaches et Taureaux ; SS : Saison Sèche ; SP : Saison de Pluie ; FES : Ferme d'Elevage de Samiondji. FEO : Ferme d'Elevage de l'Okpara.

Tableau 5 : Valeurs moyennes \pm écart type de la température corporelle aux niveaux des deux fermes d'étude en fonction des pics de saisons

Catégorie d'animaux	Température Corporelle (°C)					
	FEO			FES		
	SS	SP	p-Value	SS	SP	p-Value
V & VL	36,4 \pm 11 ^a	34,5 \pm 11,5 ^b	0,04	38 \pm 14,6 ^a	37,9 \pm 12,3 ^b	0,02
G & TL	38,6 \pm 13 ^a	36,5 \pm 11,9 ^b	0,02	39,1 \pm 13 ^a	37 \pm 13,1 ^b	0,04
V & T	37,7 \pm 12 ^b	39 \pm 15,1 ^a	0,04	38,9 \pm 14 ^b	40,6 \pm 15,4 ^a	0,03

Les moyennes accompagnées de lettres différentes sont différentes ($p < 0,05$). V & VL : Veaux & Velles; G & TL : Génisses & Taurillon; V & T : Vaches et Taureaux ; SS: Saison Sèche ; SP: Saison de Pluie ; FES : Ferme d'Elevage de Samiondji. FEO : Ferme d'Elevage de l'Okpara.

Les **Tableaux 6 et 7** rendent compte respectivement des valeurs moyennes relatives de la fréquence respiratoire et de la fréquence cardiaque pendant la saison sèche et la saison pluvieuse. Pendant la saison sèche, les valeurs de la fréquence cardiaque ainsi que celle respiratoire sont significativement supérieures ($p < 0,01$) à celles obtenues pendant la saison des pluies. On observe donc un effet saison caractérisée par une baisse significative de la fréquence cardiaque et de la fréquence respiratoire.

Tableau 6 : Valeurs moyennes \pm écart type de la fréquence respiratoire aux niveaux des deux fermes d'étude en fonction des pics de saisons

Catégorie d'animaux	Fréquence respiratoire (battements/minute)					
	FEO			FES		
	SS	SP	p-Value	SS	SP	p-Value
V & VL	42,1 \pm 16,8 ^a	39,4 \pm 13 ^b	0,00	37,5 \pm 13,7 ^a	35,2 \pm 10,2 ^b	0,00
G & TL	43,7 \pm 16,9 ^a	40,1 \pm 15 ^b	0,00	39,4 \pm 14,1 ^a	38,1 \pm 13 ^b	0,00
V & T	39,9 \pm 14,2 ^a	37,7 \pm 11 ^b	0,00	38,3 \pm 14,8 ^a	37,3 \pm 11,9 ^b	0,00

Les moyennes accompagnées de lettres différentes sont différentes ($p < 0,01$). V & VL : Veaux & Velles; G & TL : Génisses & Taurillon; V & T : Vaches et Taureaux ; SS: Saison Sèche ; SP: Saison de Pluie ; FES : Ferme d'Elevage de Samiondji. FEO : Ferme d'Elevage de l'Okpara.

Tableau 7 : Valeurs moyennes \pm écart type de la fréquence cardiaque aux niveaux des deux fermes d'étude en fonction des pics de saisons

Catégorie d'animaux	Fréquence cardiaque (battements/minute)					
	FEO			FES		
	SS	SP	p-Value	SS	SP	p-Value
V & VL	83,4 \pm 12,4 ^a	80,1 \pm 12 ^b	0,02	78,2 \pm 13,4 ^a	76,8 \pm 12 ^b	0,00
G & TL	78,3 \pm 12,6 ^a	75 \pm 11 ^b	0,02	75,3 \pm 13,6 ^a	73,4 \pm 11,4 ^b	0,02
V & T	79,5 \pm 12,4 ^a	77,3 \pm 12,2 ^b	0,00	71,5 \pm 13,7 ^a	70 \pm 10,8 ^b	0,03

Les moyennes accompagnées de lettres différentes sont différentes ($p < 0,01$). V & VL : Veaux & Velles; G & TL : Génisses & Taurillon; V & T : Vaches et Taureaux ; SS: Saison Sèche ; SP: Saison de Pluie ; FES : Ferme d'Elevage de Samiondji. FEO : Ferme d'Elevage de l'Okpara.

Le **Tableau 8** ci-dessous présente le coefficient d'adaptabilité des bovins Azawak dans les deux fermes de l'étude. De l'analyse de ce tableau, on remarque une différence significative ($p < 0,05$) au niveau des moyennes de ces valeurs pendant la saison sèche et pendant la saison de pluie. Les valeurs les plus élevées du CA sont obtenues pendant la saison sèche au niveau des deux fermes. Un effet saison s'observe donc aussi au niveau de ce paramètre.

Tableau 8 : Valeurs moyennes \pm écart type du coefficient d'adaptabilité aux niveaux des deux fermes d'étude en fonction des pics de saisons

Catégorie d'animaux	Coefficient d'adaptabilité					
	FEO			FES		
	SS	SP	p-Value	SS	SP	p-Value
V & VL	3,3 \pm 1 ^a	2,4 \pm 0,5 ^b	0,04	2,3 \pm 0,5 ^a	1,7 \pm 0,6 ^b	0,02
G & TL	3,9 \pm 1,3 ^a	2,6 \pm 0,6 ^a	0,03	2,9 \pm 0,7 ^a	1,9 \pm 0,6 ^b	0,04
V & T	3,7 \pm 1,2 ^a	2,9 \pm 0,8 ^a	0,03	2,6 \pm 0,5 ^a	1,8 \pm 0,3 ^b	0,02

Les moyennes accompagnées de la même lettre au niveau de la même ligne ne sont pas différentes ($p < 0,05$). V & VL : Veaux & Velles; G & TL : Génisses & Taurillon; V & T : Vaches et Taureaux ; SS: Saison Sèche ; SP: Saison de Pluie ; FES : Ferme d'Elevage de Samiondji. FEO : Ferme d'Elevage de l'Okpara.

Notons que les valeurs de ces différents paramètres sont obtenues sous les quatre (04) conditions de stress thermique (sans stress, stress faible, stress modéré et stress extrême).

4. Discussion

4-1. Variables climatiques

De cette étude, il ressort que les bovins Azawak des deux fermes au Bénin, ont été soumis à des conditions de stress thermique sans effet ($THI < 70$) ; stress faible ($70 \leq THI < 75$) ; stress modéré ($75 \leq THI < 78$) et stress extrême ($THI \geq 78$) pendant la période de pluie et la période de saison sèche [19]. La valeur du THI la plus élevée observée au cours de la période de condition de stress extrême est sans doute due à l'augmentation de l'humidité relative en raison des grandes quantités de pluie observées. Par contre, au cours de la période sèche avec une $T^{\circ}C$ plus élevée, l'humidité baisse. Ces résultats sont contraires à ceux rapportés par [16]. En effet, pour ces différents auteurs, pendant les périodes les plus chaudes, un animal a la capacité de perdre de la chaleur par évaporation. Ainsi, une valeur de $THI \leq 70$ indique une condition de confort thermique, alors que les valeurs allant de 71 à 78 sont quant à elles considérées comme très stressantes et les valeurs supérieures à 78 provoquent un grand état de stress chez l'animal (voire la mort), lorsqu'il est incapable de maintenir le mécanisme de la thermorégulation et de sa température corporelle normale [18]. En période de saison sèche (fortes chaleurs), il y a une diminution de l'appétit réduisant aussi les performances zootechniques [20]. Dans le contexte de cette étude, la saison sèche est caractérisée par la période la plus critique chez les bovins où ils doivent s'adapter à des conditions de climat extrêmement drastiques. De l'autre côté, en saison de pluie, les températures dans la nuit sont plus fraîches que celles de la saison sèche. Ces périodes où les températures sont fraîches, permettent aux bovins de mieux supporter les chaleurs fortes de la journée et ainsi leurs permettent d'exprimer une bonne production [5]. Il ajoute aussi que la disponibilité de l'eau (abreuvement et dans les fourrages verts) pendant cette période, améliore efficacement le confort biologique des animaux.

4-2. Paramètres physiologiques

La TR a été significativement plus élevée pendant la période de saison sèche chez toutes les catégories d'animaux dans les deux fermes. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par [21, 22] chez les gros ruminants. Cela peut être dû à l'augmentation de la température ambiante et aussi la diminution de l'humidité relative pendant la saison sèche. En effet, une TR qui est comprise entre 38,5 et 39,7 $^{\circ}C$ peut être considérée comme normale chez les bovins [23]. La moyenne de la TR obtenue se trouvait dans la plage physiologique de l'espèce bovine rapportée par [23]. Ainsi, la TR est donc un indicateur sensible et aussi

principal pour l'identification du stress thermique chez les ruminants. Une élévation de la TR pendant les conditions de stress thermique peut être aussi due à la valeur du THI qui est élevée. Ainsi les animaux semblent améliorer leur TR pour dissiper la chaleur corporelle supplémentaire sous une forme de vaporisation dans le milieu environnant [24]. La variation journalière de la TR se situe entre 0,3 °C et 1,9 °C telle que rapportée par [25]. Dans des conditions environnementales différentes, la TR est parfois maintenue dans une certaine fourchette chez les bovins [26, 27]. Étant donné que l'élévation de la TR indique fortement une hyperthermie, ce paramètre peut donc refléter le degré d'adaptabilité de l'animal à un environnement comparativement à la TC [12]. Ce résultat peut aussi s'expliquer par la couleur du pelage de ces bovins Azawak qui absorbent plus la lumière [29]. En effet, d'après [30], les races à poil blanc sont plus adaptées à la chaleur. Les animaux à robe blanche étaient capables de pouvoir supporter 3 degrés de charge calorifique supplémentaire avant de subir un stress thermique par rapport aux animaux à robe relativement noire et autres [31]. Dans des régions bénéficiant d'un type de climat tropical, bons nombres de travaux réalisés avec des bovins ont montré une température corporelle plus élevée pendant l'après-midi, lorsque la température ambiante est relativement élevée [33, 34]. Par ailleurs, les valeurs de la TR obtenues en saison de pluie dans notre étude sont pareilles à celles obtenues par [3]. En effet ces auteurs ont obtenu une TR moyenne de 36,5° C pour la catégorie des vaches et taureaux. Il est à remarquer que les différentes valeurs moyennes obtenues en ce qui concerne les paramètres physiologiques objet d'étude au cours des deux saisons, restent dans les limites indiquées en climat tropical pour les bovins « *bos indicus* » [9]. De notre étude, l'effet saison est marqué sur les paramètres des variables spirométriques. Ces différents paramètres sont en effet très sensibles aux variations climatiques surtout en saison sèche d'où la différence significative observée au niveau de l'effet saison de ces différents paramètres.

La FC observée pendant la saison sèche au niveau des deux fermes (77,7 battements/minute) pour toutes les catégories d'animaux est supérieure à la norme (60 à 75 battements/minute) pour les bovins au repos [23]. Cette augmentation pourrait être attribuée à l'augmentation de l'activité musculaire nécessaire due à l'élévation de la FC ainsi qu'à la diminution de la résistance vasculaire périphérique, entraînant une augmentation du flux sanguin pour la dissipation de la chaleur à travers la peau [34]. En ce qui concerne la FR, elle a été plus élevée aussi pendant la période de saison sèche au niveau des deux fermes. Toutefois, la FR a été beaucoup plus accentuée dans les périodes où le THI est élevé. Cette augmentation peut être attribuée aux valeurs élevées de la température. En effet, le système cardio-respiratoire est influencé par l'heure de la journée, la saison, la température ambiante et aussi l'humidité relative [35]. La FR étant donc le mécanisme de dissipation par thermorégulation le plus efficace, son activation ne pourrait se produire que lorsque les températures ambiantes sont assez élevées ou lorsque les pertes sensibles sont inefficaces [36]. Ces valeurs élevées de la FC chez les bovins Azawak sont aussi probablement dues à leurs origines et à la caractéristique plus productive de cette race : une race plus adaptée aux climats chauds et plus productive. La diminution donc de la FC peut être attribuée à la saison (pluvieuse) qui favorise parfois la diminution de la distance et par ricochet, la durée de pâture et donc à la réduction de l'activité musculaire nécessaire due à l'élévation de la FC [34]. Par exemple, chez les chèvres Anglo-Nubiennes et Boer, aucune différence n'est observée entre la saison des pluies et la saison sèche [15]. En revanche, chez les chèvres Saanen, des valeurs de 79,44 ± 14,89 battements/min et 65,75 ± 7,29 battements/min ont été obtenues pour les FC en période de pluie et de sécheresse respectivement [37]. Les résultats des paramètres physiologiques qui sont obtenus dans les conditions climatiques de cette étude, indiquent une plus grande tolérance à la chaleur. Ce constat a été confirmé par le CA avec une valeur moyenne supérieure à 2 surtout pendant toute la saison sèche. Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par [15] qui ont obtenu des valeurs du CA qui étaient de 2,6 ± 0,038 pendant la saison des pluies. Cependant, ils ont trouvé des valeurs supérieures aux nôtres 5,13 ± 1,54 et 5,86 ± 1,39 respectivement en saison des pluies et en saison sèche.

5. Conclusion

Les variables climatiques ainsi que les paramètres physiologiques de ces bovins étaient nécessaires pour déterminer les mesures les plus efficaces pour prédire la capacité d'adaptation des animaux à différents niveaux de stress thermique. Au vu des résultats obtenus, on peut conclure que, parmi les paramètres physiologiques, la température rectale est un indicateur fiable pour la thermo-tolérance afin d'atténuer l'impact du stress thermique chez ces bovins Azawak. Les résultats obtenus indiquent qu'en période de saison sèche, avec les fortes chaleurs, les bovins Azawak éliminent la chaleur probablement par l'évapotranspiration afin d'équilibrer au mieux leur bilan thermique. Aussi, compte tenu des paramètres physiologiques et du coefficient d'adaptabilité, toutes les catégories d'animaux ayant fait objet d'étude, semblent être plus vulnérables en période de saison sèche.

Références

- [1] - K. STAMPERNA, E. DOVOLOU, T. GIANNOULIS, M. KALEMKIERIDOU and I. NANAS, "Developmental competence of heat stressed oocytes from Holstein and Limousine cows matured in vitro », *Reprod. Domest. Anim.*, Vol. 56, (2021) 1302 - 13143 p.
- [2] - M. B. SOUZA-CACARES, A. I. I. FIALHO, W. A. I. SILVA, C. J. T. CARDOSO, R. PÖHLAND, M. I. M. MARTINS and MELO-STERZA, "Oocyte quality and heat shock proteins in oocytes from bovine breeds adapted to the tropics under different conditions of environmental thermal stress", *Theriogenology*, Vol. 130, (2019) 103 - 110 p.
- [3] - M. ZECCHNI, C. C. MIRO and S. BARBIERI, "Heat stress parameters in Azawak cattle (*Bos indicus*): four seasons of data collection", *ITAL.J.ANIM.SCI.*, Vol. 2, N° 1 (2003) 142 - 144 p., doi : DOI : 10.4081/ijas.2003.s1.142
- [4] - D. C. MEYERHOEFFER, R. P. WETTEMANN, S. W. COLEMAN and M. E. WELLS, "Reproductive criteria of beef bulls during and after exposure to increased ambient temperature", *J. Anim. Sci.*, Vol. 60, (1985) 352 - 357 p.
- [5] - P. BERBIGIER, « Effet du climat tropical humide sur la température rectale et les fréquences respiratoires et cardiaques des taurillons Créoles en Guadeloupe (Antilles Françaises) », *Ann. Zootech.*, Vol. 32, N° 4 (1983) 483 - 496 p.
- [6] - Z. F. B. ADAMBI, I. O. DOTCHE., I. BARASSOUNON, N-D. SALMI, I. T. ALKOIRET, A. AHISSOU, B. KPEROU, F. Z. TOURE, A. M. YACOUBOU, G. A. BONOU, M. DAHOUDA and I. A. K.YOUSSAO, « Adaptation of Azawak cattle in northern Benin », In Review, preprint, (2022). doi: 10.21203/rs.3.rs-1316019/v1
- [7] - A. WILFART, L. DUSART, B. MEDA, A. GAC, S. ESPAGNOL, L. MORIN, Y. DRONNE and G. F. LAUNAY, « Réduire les impacts environnementaux des aliments pour les animaux d'élevage », *INRA Prod. Anim.*, Vol. 31, N° 3 (2019), doi: 10.20870/productions-animales.2018.31.2.2285
- [8] - G. L. DJOHY and B. SOUNON, « Vulnérabilité et dynamiques adaptatives des agropasteurs aux mutations climatiques dans la commune de Tchaourou au Bénin. », *Rev. D'élevage Médecine Vét. Pays Trop.*, Vol. 74 (2021) 27 - 35 p., doi: <https://doi.org/10.19182/remvt.36319>
- [9] - J. PAGOT, « L'élevage en pays tropicaux », *Tech Agri Pro Trop.* (1985) 256 p.
- [10] - J. HINKEL, « Indicators of vulnerability and adaptive capacity": Towards a clarification of the science—policy interface », *Glob. Environ. Change*, Vol. 21, (2011) 198 - 208 p., doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>
- [11] - U. BERNABUCCI, S. BIFFANI, L. BUGGIOTTI, A. VITALI, N. LACETERA and A. NARDONE, « The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle », *Journal of Dairy Science*, Vol. 97, N° 1 (janv. 2014), doi : 10.3168/jds.2013 -6611

- [12] - H. AMAMOU, Y. BECKERS, M. MAHOUACHI and H. HAMMAMI, « Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows », *Journal of Thermal Biology*, Vol. 82, (2019) 90 - 98 p. doi : 10.1016/j.jtherbio. (2019).03.016
- [13] - X. MENG, L. MENG, Y. GAO and H. A. L. LI, « A comprehensive review on the spray cooling system employed to improve the summer thermal environment: Application efficiency, impact factors, and performance improvement », *Build. Environ*, Vol. 217, (2022) 65 - 109 p.
- [14] - T. L. MADER, M. S. DAVIS and T. BROWN-BRANDL, « Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle^{1,2} », *Journal of Animal Science*, Vol. 84, N° 3 (2006), doi: 10.2527/2006.843712x
- [15] - Jr. L. M. MARTIN, A. P. R. COSTA, D. M. M. RIBEIRO, S. H. N. N. TURCO and MURATORI, « hysiological parameters of boer and anglonubiana'goats in climatic conditions of Brazilmeio-norte », *Rev. Caatinga*(2008) 1 - 7
- [16] - B. B. SOUZA, E. D. SOUZA, M. F. CEZAR, W. H. SOUZA, J. R. S. SANTOS and T. M. A. BENICIO, « Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino », *Ciênc. agrotec.*, Vol. 32, N° 1 (2008), doi: 10.1590/S1413-70542008000100039
- [17] - R, *R Core Team 4.3.1*, (2023)
- [18] - N. SILANIKOVE, « Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants », *Livestock Production Science*, Vol. 67, N° 1 - 2 (2000), doi: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7
- [19] - N. SILANIKOVE, « Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants », *Livestock Production Science*, Vol. 67, N° 1 - 2 (2000), doi: 10.1016/S0301-6226(00)00162-7
- [20] - F. MORAND and M. DOREAU, « Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur », *INRAE Prod. Anim.*, N° 14 (2001) 15 - 27 p.
- [21] - C. H. O. LALLO, I. PAUL and G. BOURNE, « Thermoregulation and performance of British Anglo-Nubian and Saanen goats reared in an intensive system in Trinidad », *Trop Anim Health Prod*, Vol. 44, N° 3 (2012), doi: 10.1007/s11250-011-9924-z
- [22] - R. G. DA SILVA, A. S. C. MAIA, L. L. DE MACEDO COSTA and J. P. A. F. DE QUEIROZ, « Latent heat loss of dairy cows in an equatorial semi-arid environment », *Int J Biometeorol*, Vol. 56, N° 5 (2011), doi: 10.1007/s00484-011-0501-y.
- [23] - W. O. REECE, « Fisiologia de animais domésticos, in: 13 Edição Ed. São Paulo: Roca. Sao Paulo : Roca. », (2017)
- [24] - S. S. DANGI, M. GUPTA, V. NAGAR, V. P. YADAV, S. K. DANGI, O. SHANKAR, V. S. CHOUHAN, P. PUNEET, S.GYANENDRA et M. SARKAR, « Impact of short-term heat stress on physiological responses and expression profile of HSPs in Barbari goats », *Int J Biometeorol*, Vol. 58, N° 10 (2014), doi: 10.1007/s00484-014-0809-5
- [25] - R. REFINETTI, « Thermal chronobiology of domestic animals », *Front Biosci*, Vol. 8, N° 6 (2003), doi: 10.2741/1040
- [26] - J. H. G. M. LEITE, D.A.E. FACANHA, W. P. COSTA, D. F. CHAVES, M. M. GUILHERMINO, W. S. T. SILVA, L. A. BERNEJO, «Thermoregulatory responses related to coat traits of Brazilian native ewes: an adaptive approach », *Journal of Applied Animal Research*, Vol. 46, N° 1 (2018), doi: 10.1080/09712119.2017.1302877
- [27] - N. L. RIBEIRO, R. G. COSTA, E. C. PIMENTA-FILHO, M. N. RIBEIRO, E. P. SARAIVA et R. BOZZI, « Adaptive profile of Garfagnina goat breed assessed through physiological, haematological, biochemical and hormonal parameters », *Small Ruminant Research*, Vol. 144, (2016) 236 - 241 p., doi: 10.1016/j.smallrumres.2016.10.001

- [28] - M. N. RIBEIRO, N. L. RIBEIRO, R. BOZZI and R. G. COSTA, « Physiological and biochemical blood variables of goats subjected to heat stress — a review », *Journal of Applied Animal Research*, vol. 46, N° 1 (2018), doi: 10.1080/09712119.2018.1456439
- [29] - T. D. P. PAIM, B. O. BORGES, P. M. T. LIMA, B. DALLAGO, H. LOUVANDINI et C. MCMANUS, « Relation between thermographic temperatures of lambs and thermal comfort indices. », *Int. J. Appl. Anim. 1*, (2012) 108 - 115 p.
- [30] - C. MCMANUS, G. R. PALUDO, H. LOUVANDINI, R. GUGEL, L. C. B. SASAKI and S. R. PAIVA, « Heat tolerance in Brazilian sheep : Physiological and blood parameters », *Trop Anim Health Prod*, Vol. 41, N° 1 (2009) 95 - 101 p., doi: 10.1007/s11250-008-9162-1
- [31] - J. B. GAUGHAN, T. L. MADER, S. M. HOLT and A. LISLE, « A new heat load index for feedlot cattle1 », *Journal of Animal Science*, Vol. 86, N° 1 (2008) 226 - 234 p. doi: 10.2527/jas.2007-0305
- [32] - P. T. de SOUZA, M. G. F. SALLES, A. N. L. da COSTA, H. A. V. CARNEIRO, L. P. de SOUZA, D. RONDINA and D. de ARAUJO « Physiological and production response of dairy goats bred in a tropical climate », *Int J Biometeorol*, Vol. 58, N° 7 (2014) 1559 - 1567 p., doi: 10.1007/s00484-013-0760-x
- [33] - N. DARCAN and O. GÜNEY, « Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate », *Small Ruminant Research*, Vol. 74, N° 1 - 3 (2008) 212 - 215 p., 2008, doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.02.007
- [34] - H. J. AL-TAMIMI, « Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. », *Small Rumin. Res*, Vol. 71, (2007) 280 - 285 p. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.04.013>
- [35] - I. F. M. MARAI and A. A. M. HAEED, « Buffalo's biological functions as affected by heat stress — A review », *Livestock Science*, Vol. 127, N° 2 - 3 (2010), doi: 10.1016/j.livsci.2009.08.001
- [36] - A. M. LEES, V. SEJANS, A. L. WALLAGE, C. C. STEEL, T. L. MADER, J. C. LEES et J. B. GAUGHAN, « The Impact of Heat Load on Cattle », *Animals*, Vol. 9, N° 6 (2019), doi : 10.3390/ani9060322
- [37] - R. R. C. ROCHA, A. P. R. COSTA, D. M. M. R. AZEVEDO, H. T. S. NASCIMENTO, F. S. CARDOSO, M. C. S. MURATORI and J. B. LOPES, « Adaptabilidade climática de caprinos Saanen e Azul no Meio-Norte do Brasil », *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, Vol. 61, N° 5 (2009), doi: 10.1590/S0102-09352009000500020
- [38] - P. BERBIGIER, « Bioclimatologie animale : considérations sur les estimateurs de la thermotolérance en système d'élevage herbager en milieu équatorial. », *Cayenne*, Vol. 12, (1987) 257 - 273 p.