

Actogramme des pintadeaux (*Numida meleagris*) locaux soumis au stress thermique

Boko Michel OROUNLADJI^{1,2*}, Orou Gédéon KOUATO², Okri Fréjus Hans OHOUKO³, Amegnona AGBONON⁴ et Christophe Achille Armand Mahussi CHRYSOSTOME²

¹ Université de Lomé, Centre d'Excellence Régional sur les Sciences Aviaires, Laboratoire des Techniques de Production Avicole, BP 1515 Lomé, Togo

² Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire de Recherche Avicole et de Zoo-Economie, 01 BP 509 RP Cotonou, Bénin

³ Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Production et Santé Animales, 01 BP 2009 Cotonou, Bénin

⁴ Université de Lomé, Faculté des Sciences, Laboratoire de Physiologie et de Pharmacologie, BP 1515 Lomé, Togo

* Correspondance, courriel : oromib@gmail.com

Résumé

Ce travail a pour objectif d'observer et de décrire les paramètres des comportements des pintadeaux soumis à des conditions de stress thermique afin de mieux maîtriser leur élevage en période de fortes températures. Ainsi, 2 lots de pintadeaux de deux semaines d'âge, non sexés ont été constitués et comportant chacun 60 pintadeaux subdivisés en 3 répétitions. Le premier lot est élevé à température ambiante (29°C - 32°C) et le second lot est assujéti à un stress thermique (37°C - 42°C) pendant 6 heures par jour (10h - 16h) et pendant la période des essais. Les heures de début et de fin de chaque série d'activités sont notées, de même que le nombre de sujets qui y sont impliqués. Les résultats montrent l'abondance-dominance du sommeil chez tous les pintadeaux, tout lot thermique confondu, entre 19h30 min et 6h30 min. La journée des pintadeaux locaux est subdivisée en 2 périodes : la nocturne correspondant à la nuit, va de 19h30 min à 6h30 min et est réservée uniquement au sommeil ; la deuxième, la diurne correspondant au jour éclairé, part de 6h30 min à 19h30 min. Le stress thermique accélère l'activité respiratoire des pintadeaux tout en les exposant au risque d'alcalose. Ces résultats sont très utiles pour un meilleur suivi des élevages des pintadeaux en situation de stress thermique et dans le contexte de la variabilité climatique.

Mots-clés : *pintadeau, actogramme, activité, stress thermique, Bénin.*

Abstract

Actogram of local guinea fowl (*Numida meleagris*) raised under heat stress

This study aimed to observe and describe the behavior parameters of guinea fowl subjected to heat stress conditions in order to better control their breeding during high temperatures. Thus, 2 groups of guinea fowl of 2-weeks old, non-sexed were allotted and each constituted of 60 guinea fowl divided into 3 repetitions. The first group is raised at room temperature (29°C - 32°C) and the second group is subjected to heat stress (37°C - 42°C) for 6 hours a day (10 a.m. - 4 p.m.) and during the period of trials. The start and end times of

each series of activities are registered, as well as the number of animals involved. The results show the abundance-dominance of sleeping in all the guinea fowl, all thermal groups combined, between 7 : 30 p.m. and 6 : 30 a.m. We found that the day of local guinea fowl is divided into 2 periods: the nocturnal corresponding to the night, goes from 7 : 30 p.m. to 6:30 a.m. and is reserved only for sleep; the second, the diurnal corresponding to the lighted day, leaves from 6 : 30 a.m. to 7 : 30 p.m. Heat stress accelerates guinea fowl's respiratory rate while exposing them to the risk of alkalosis. These results are very useful for better monitoring guinea fowl farms under heat stress and in the context of climate variability.

Keywords : *Guinea fowl, actogram, activity, heat stress, Benin.*

1. Introduction

L'élevage de la volaille en général et celui de la pintade (méléagriculture) en particulier occupe une place importante dans les systèmes d'élevage traditionnels en Afrique subsaharienne d'où la pintade est d'ailleurs originaire. La position déterminante qu'occupe l'aviculture traditionnelle tant dans le revenu des ménages ruraux que dans la production nationale de viande suggère que cette activité peut être un outil stratégique de lutte contre la pauvreté rurale [1, 2]. L'objectif de l'élevage de la pintade est prioritairement la production d'œufs suivie de la production de viande [3 - 5]. En raison de la forte demande de cet animal sur le marché, son prix de vente est plus élevé que celui du poulet [6, 7]. Toutefois, très peu d'études ont porté sur cette volaille malgré la part importante de sa contribution dans les revenus issus des ventes de la volaille rurale [6, 8 - 10]. Comparée au poulet, la pintade est économiquement plus intéressante en région tropicale parce qu'elle est plus rustique et par conséquent s'adapte mieux à l'élevage traditionnel [11]. Plusieurs facteurs au nombre desquels figure en bonne place le réchauffement planétaire, affectent le comportement de la volaille dont la pintade [12]. Le changement climatique constitue un problème d'envergure mondiale assez complexe qui a des impacts non seulement sur l'économie de la production des animaux domestiques mais également affecte les systèmes de production à travers des effets cumulés sur la disponibilité des ressources alimentaires, la santé et le stress thermique [13]. L'éthologie a développé depuis de nombreuses années des méthodes précises pour étudier le comportement de différentes espèces animales. La convergence des recherches zootechnique et éthologique peut permettre de mieux comprendre comment l'animal évolue et s'adapte à son environnement en utilisant pour cela l'expression de ses comportements [14]. Cependant, aucune étude antérieure au Bénin, n'a abordé l'éthologie des pintades tant en condition de température ambiante qu'en régime de stress thermique. Des travaux de recherche sur la réalisation de l'actogramme de certaines espèces animales ont été consacrés sur le francolin [15, 16] et l'autruche [17]. Le but visé par la réalisation de l'actogramme est de collecter et d'analyser les données des comportements sociaux et une caractérisation des divers comportements de l'animal en 24 h [15]. L'objectif visé par cette étude est d'analyser les comportements quotidiens des pintadeaux en régime de stress thermique pour une quantification temporelle de leurs comportements afin de mieux maîtriser leur production face à la variabilité climatique.

2. Matériel et méthodes

2-1. Animaux expérimentaux et logement

L'essai a été conduit sur 120 pintadeaux de deux semaines d'âges, non sexés répartis dans deux loges à raison d'une loge par traitement. Le premier lot de 60 pintadeaux a été réparti aléatoirement en trois répétitions de 20 pintadeaux chacun dans des cages aléatoirement réparties dans une loge. Le second traitement a connu également la même répartition que la première. Le lot 1 de température ambiante (LTA)

(29°C - 32°C) a été considéré comme le traitement témoin, alors que le lot 2 (LST) a été soumis à un stress thermique (37°C - 42°C) de 6 heures successives par jour (10h-16h). Au cours de l'élevage, l'aliment démarrage constitué de 2879 Kcal/kg d'énergie métabolisable (EM) et de 20,22 % de protéines a été distribué *ad libitum* aux pintadeaux. Chaque loge était munie d'un thermomètre et d'un hygromètre pour prendre la température et l'humidité afin de respecter les conditions d'ambiance fixées pour l'essai. La loge comportant les pintadeaux soumis au stress thermique disposait des lampes à incandescence de 200 watts chacune et des récipients en terre cuite munis de braise pour faire augmenter la température au sein du bâtiment.

2-2. Méthodes de collecte de données

La méthode utilisée ici pour connaître l'actogramme des pintadeaux est similaire à celle employée par les auteurs de la référence [15] pour étudier l'actogramme du francolin commun (*Francolinus bicalcaratus*) élevé en captivité étroite. Elle a été également utilisée par d'autres auteurs [18] pour l'étude du comportement de deux souches de poulets chair. Les observations ont été faites pendant 4h de temps répétées 3 fois et intercalées par des intervalles de repos de 4h. Outre cela, au cours des observations, les 4 h ont été subdivisées en tranches périodiques de 15 min à raison de 15 min de repos après 15 min d'observations. L'ensemble des activités menées par les pintadeaux ont été notées toutes les 15 minutes. Un comportement est supposé se réaliser dans un intervalle de temps donné s'il se manifeste chez la plupart des individus de l'enclos d'observations. L'heure au début et à la fin de chaque série d'activités est notée, de même que le nombre d'individus impliqués dans leur réalisation. Toutes les observations des 2 lots de régime thermique ont été faites sur une période de 24 jours. L'abondance d'une activité est déterminée à travers la plage horaire utilisée par les pintadeaux dans l'exécution de ladite activité. La dominance d'une activité est par contre la forte implication des pintadeaux dans l'accomplissement de cette tâche. Elle est calculée par la **Formule** suivante :

$$D_a = \frac{N_i}{N_{obs}} \quad (1)$$

Da étant la dominance d'une activité, N_i le nombre de pintadeaux impliqués dans l'activité et N_{obs} le nombre total de pintadeaux en observation.

2-3. Analyse statistique

Un test d'analyse de variance (ANOVA) a été effectué dans l'environnement du logiciel R 3.5.2 [19] afin d'évaluer l'effet du stress thermique sur la variation du temps d'exécution des différentes activités des pintadeaux. Les graphiques ont été construits avec le logiciel GraphPad Prism 5.00 [20].

3. Résultats

3-1. Segmentation de la journée des pintadeaux et effets de la période sur leurs activités

À l'instar des autres animaux, les pintadeaux mènent des activités en fonction des différentes périodes de la journée. Ces périodes ont certes des impacts sur leurs activités. En général, les pintades se lèvent le matin à 6h30min et se couchent le soir après 19h 30min. Les périodes 1 (0h - 4h) et 6 (20h - 24h) ont été des périodes de journée caractérisées par aucune activité chez les pintadeaux quel que soit le régime thermique (**Tableau 1**). Les périodes 3 (8h - 12h) et 4 (12h - 16h) ont été celles d'intenses activités des pintadeaux alors que celles 2 (4h - 8h) et 5 (16h - 20h) sont marquées par de moyennes activités. En se basant sur ces observations, les 6 phases de la journée peuvent être regroupées en 2 grandes périodes (I = 6h30 min à 19h30 min ; II = 19h30 min à 6h30 min)

correspondant respectivement aux phases diurne et nocturne d'un cycle journalier. La phase nocturne correspond à la phase de pleine cessation d'activité marquée par le repos des pintadeaux. Par ailleurs, au cours de la phase diurne, plusieurs activités se succèdent et l'intensité des activités des pintadeaux est fonction de la période de la journée comme l'indique le **Tableau 1**. Au réveil, les animaux grattent leur cou et battent les ailes et ne commencent pas à manger aussitôt. Aussi, la mobilité est réduite au maximum.

Tableau 1 : Envergure de l'activité des pintadeaux en une journée

Plage horaire	Intensité de l'activité
06h30 min – 08h00 min	Moyenne
08h00 min – 17h00 min	Intense
17h00 min – 19h30 min	Moyenne en dégringolade
19h30 min – 06h30 min	Nulle

3-2. Abondance des activités des pintadeaux par période

L'analyse du **Tableau 2** révèle que durant la première période (0h - 4h) et sixième période (20h - 24h), les pintadeaux tout régime thermique confondu, consacrent l'intégralité de leur temps au sommeil profond sans le moindre bruit ni murmure. L'activité la plus abondante pendant la période 2 (4h - 8h) a été la marche chez tous les pintadeaux des différents régimes thermiques. L'abondance de l'alimentation et de l'abreuvement a été notée chez les pintadeaux du LTA au cours des périodes 3 (8h - 12h) et 4 (12h - 16h) et dont le temps d'exécution de cette activité couvrait respectivement 2h52 min et 2h36 min. Par contre, chez les pintadeaux du LST, la marche (2h04 min) constituait l'activité la plus abondante pendant la période 3 alors que les pintadeaux se sont plus adonnés à haleter et à écarter des ailes (3h42 min) au cours de la période 4. Les pintadeaux des deux régimes (LTA et LST) allouent plus de temps au repos entre 16h et 20h. Tous les pintadeaux (LTA et LST) allouent plus de temps au repos/sommeil au cours d'un cycle journalier. Alors que 27,71 % de la durée d'un cycle journalier est consacré à l'alimentation et l'abreuvement chez les pintadeaux du LTA, les pintadeaux du LST n'en déploient que 14,19 %. En outre, en régime de stress thermique, les pintadeaux passent environ 16 % du temps d'une journée à haleter et à écarter des ailes à la recherche d'un bien-être physique alors que celles en situation de température ambiante n'affichent un iota de ce comportement caractéristique des conditions d'ambiance hostiles. Les pintadeaux du LST pratiquent plus d'autres activités (4,63 %) telles que les jeux, cris, grattage du cou et de la litière, étirement et lissage des plumes que ceux du LTA (1,62 %). L'alimentation et l'abreuvement ainsi que la marche constituent des activités qui occupent la majeure partie du temps des pintadeaux quel que soit le régime thermique considéré entre 8h et 12h (**Figure 1**).

Tableau 2 : Durée des activités chez les pintadeaux des deux régimes thermiques

	Alimentation et abreuvement		Marche		Repos et sommeil		Halètement et écartement des ailes		Autres	
	LTA	LST	LTA	LST	LTA	LST	LTA	LST	LTA	LST
0h-4h	-	-	-	-	4h00 min	4h00 min	-	-	-	-
4h-8h	26 min	24 min	38 min	48 min	32 min	36 min	-	-	-	-
8h-12h	2h52 min	1h38 min	1h42 min	2h04 min	2h04 min	1h54 min	-	1h00 min	-	1h 00min
12h-16h	2h36 min	1h16 min	1h 26min	1h54 min	2h24 min	2h04 min	-	3h42 min	24 min	10 min
16h-20h	1h06 min	1h30 min	1h16 min	2h04 min	2h22 min	2h44 min	-	38 min	4 min	24 min
20h-24h	-	-	-	-	4h00 min	4h00 min	-	-	-	-
Total	8h00 min	4h48 min	5h02 min	6h50 min	15h22 min	15h18 min	-	5h20 min	28 min	1h34 min
Proportion (%)	27,71	14,19	17,44	20,2	53,23	45,22	-	15,76	1,62	4,63

*LTA : Lot de température ambiante et LST : Lot de stress thermique
Autres : Jeux, cris, grattage, étirement et lissage des plumes*

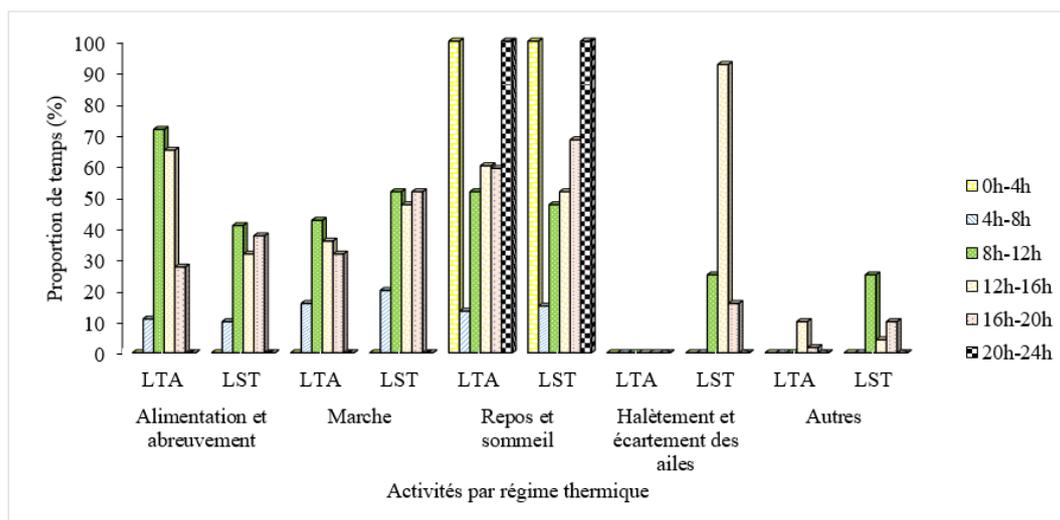


Figure 1 : Répartition des activités des pintadeaux en fonction des différentes périodes du cycle journalier

3-3. Dominance des activités des pintadeaux en fonction des périodes du cycle journalier

La dominance d'une activité au cours d'une période est définie par la forte implication des pintadeaux dans l'exécution de ladite activité. Ainsi, l'importance de la plage horaire allouée à une activité ne détermine aucunement sa dominance mais plutôt son abondance. Le sommeil qui a été précédemment mentionné comme une activité abondante au cours des périodes 1 (0h - 4h) et 6 (20h - 24h), demeure aussi dominante au cours desdites périodes dans les deux régimes thermiques (*Figure 2*). Sa dominance se fait aussi remarquer pendant la période 5 (16h - 20h) au niveau des deux régimes avec 69,62 % pour le LTA et 54,11 % pour le LST. Les proportions d'implication des pintadeaux dans l'exécution des autres activités sont inférieures à 50 % et ne confèrent aucune dominance à ces activités. Les taux d'implication des pintadeaux dans les activités d'alimentation et d'abreuvement s'accroissent du réveil jusqu'à 12h avant d'entamer progressivement une décroissance pour s'annuler vers 24h dans le LTA alors qu'ils présentent un second pic

vers 20h, après la phase d'exposition à la chaleur dans le LST (**Figure 2a**). Quant à la marche, 40 % des pintadeaux du LST s'y investissent dès leur réveil jusqu'aux environs de 8h avant de commencer à dégringoler pour s'annuler complètement vers 24h. Elle s'accroît chez les pintadeaux du LTA entre 8h et 16h avant de chuter progressivement pour s'annuler également vers 24h (**Figure 2b**). Le repos et le sommeil, bien qu'en intercalant au fur et à mesure les différentes activités des pintadeaux, s'accroissent jusqu'à 24h et suivent un plateau d'implication totale (100 %) de ces pintadeaux avant de diminuer progressivement avec leur réveil (**Figure 2c**). Au cours du cycle journalier, les pintadeaux du LST accroissent leur mouvement d'halètement et d'écartement des ailes jusqu'à atteindre le pic au cours de la phase de forte chaleur (**Figure 2d**). Les autres activités (jeux, cris grattage, étirement et lissage des plumes) sont pratiquées par tous les pintadeaux des deux régimes thermiques mais ceux du LST commencent à 8h et atteignent leur pic à 12h comparativement à ceux du LTA qui s'y consacrent vers 12h tout en ayant le pic autour de 16h (**Figure 2e**).

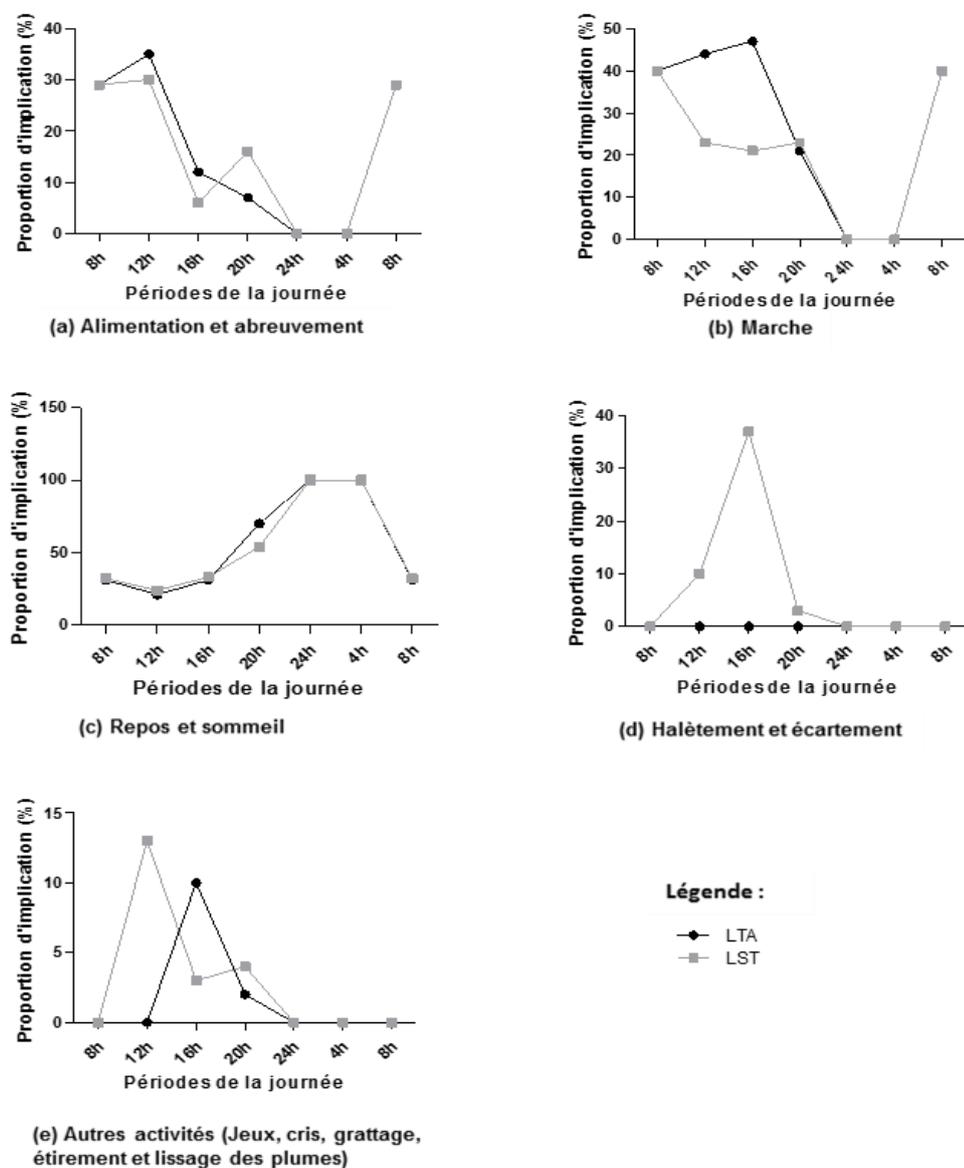


Figure 2 : Actogramme des pintadeaux au cours du cycle journalier

3-4. Effets du régime thermique sur les activités des pintadeaux

Les pintadeaux passent plus de temps à se reposer au cours d'un cycle journalier autant en régime de température ambiante que sous stress thermique (**Figure 3**). En régime de stress thermique, ils sont caractérisés par un temps significativement plus élevé ($p < 0,05$) d'halètement et d'écartement des ailes (**Tableau 3**). Les pintadeaux du LST passent en moyenne 5 h 20 min au cours d'un cycle journalier à haleter et à écarter des ailes alors que cette activité est nulle chez ceux du LTA. Pour certaines activités (alimentation et abreuvement, marche, repos et sommeil) ainsi que les jeux, cris, grattage, étirement et lissage des plumes, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée.

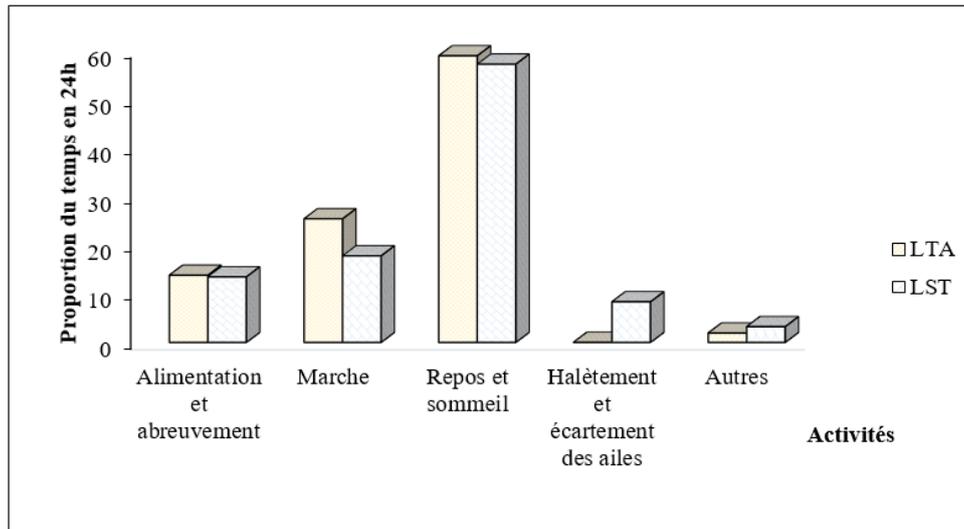


Figure 3 : Proportion de temps allouée aux activités en 24h

Tableau 3 : Durée des activités en fonction du régime thermique sur 24h

Activités	LTA		LST		P-value
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Alimentation et abreuvement	8h00 min	1h18 min	4h48 min	2h12 min	0,56
Marche	5h02 min	1h02 min	6h50 min	46 min	0,57
Repos et sommeil	15h22 min	48 min	15h18 min	52 min	0,99
Halètement et écartement des ailes	0 min ^b	0 min	5h20 min ^a	28 min	0,02*
Autres	28 min	26 min	1h34 min	48 min	0,42

*a, b : les valeurs affectées de ces différentes lettres sur la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$); * : Probabilité significative ($p < 0,05$); LTA : Lot de température ambiante ; LST : Lot de stress thermique ; Autres : Jeux, cris, grattage, étirement et lissage des plumes*

4. Discussion

L'abondance-dominance d'une activité exprime non seulement, l'étendue de l'activité au cours d'une frange horaire par les pintadeaux (abondance) mais également, la forte implication de ces pintadeaux dans l'accomplissement de ladite activité (dominance). Ainsi, l'abondance-dominance du sommeil chez tous les pintadeaux, tout régime thermique confondu, a été constatée entre 19h 30 minutes et 6h30 minutes. Ce constat traduit alors les mœurs diurnes des pintadeaux comme c'est le cas chez les francolins rapporté par [15]. Alors que les pintadeaux en régime thermique ambiant excellent dans la marche, ceux en régime de stress

thermique ravivent la vedette en halètement et écartement des ailes. Ce comportement peut être expliqué par une thermorégulation adaptative pour contrecarrer les pertes énergétiques et l'alcalose respiratoire. Ces résultats confirment ceux de [21]. Pour d'autres auteurs [22] qui abondent également dans le même sens, les capacités thermorégulatrices des animaux jouent un rôle adaptatif pour leur permettre de survivre dans un environnement défavorable. Sous des températures environnementales élevées, les oiseaux modifient leurs réponses comportementales et physiologiques pour maintenir leur température corporelle en recherchant les zones de thermoneutralité [22 - 24]. La volaille étant dépourvue de glandes sudoripares, les pintadeaux éliminent l'extrachaleur par évaporation respiratoire, ou le halètement et par conduction à travers leurs pattes. L'augmentation du rythme respiratoire est induite par l'élévation de la température [25]. Les sacs à air, dont dispose la volaille, constituent également un mécanisme supplémentaire pour favoriser l'échange de chaleur entre le corps des oiseaux et le milieu ambiant. Les pintadeaux dans les conditions de stress thermique, passent moins de temps à s'alimenter mais prennent davantage de l'eau tout en se déplaçant vers les surfaces humides ou restent blottis au sol, comme l'ont rapporté également les auteurs [26]. La réduction du temps du déplacement des pintadeaux sous stress thermique pourrait aussi être expliquée par l'inconfort environnemental les obligeant à consacrer plus de temps au repos et à haleter. Cette variation des conditions environnementales constitue d'ailleurs selon les auteurs [27], l'un des principaux facteurs qui affectent la durabilité des systèmes de production animale en climat tropical. L'exposition des pintadeaux à la chaleur diminue leur consommation alimentaire et leur croissance et de ce fait, maintient l'indice de consommation. Ces résultats confirment ceux rapportés par [28], pour qui, à une température supérieure, la consommation et les performances diminuent, maintenant ainsi l'indice de consommation alors que sous des conditions de température très élevée, l'efficacité alimentaire est dégradée suite à une croissance très ralentie.

Par ailleurs, la baisse des performances chez les volailles soumises à de fortes températures dépend du niveau et de la durée d'exposition à un stress thermique. Lorsque les températures augmentent progressivement et restent élevées pendant une période prolongée, les pintadeaux peuvent s'accommoder et maintenir leur performance de croissance, comme le confirment les travaux de [29] pour qui, les poules pondeuses peuvent s'acclimater et maintenir la production d'œufs et le poids corporel à des niveaux satisfaisants. Cependant, les changements de chaleur sur une courte période compromettent la capacité des oiseaux à s'acclimater [29]. La consommation d'aliments peut diminuer de 4 % par degré au-dessus de la zone de neutralité thermique, comme l'ont montré [30]. La consommation accrue d'eau suite à l'exposition à la chaleur permet d'exporter une grande partie de chaleur par la vapeur d'eau. Lorsque les pintadeaux sont exposés à des températures ambiantes élevées, ils modifient leur métabolisme énergétique. Ainsi, il y a diminution de la consommation alimentaire se traduisant par la baisse des besoins énergétiques d'entretien et des oxydations métaboliques d'origine alimentaire. Les fonctions de production (croissance) diminuent plus rapidement entraînant une augmentation de l'indice de consommation [31]. La température maximale associée avec des performances satisfaisantes de la volaille est d'environ 30°C et des températures ambiantes supérieures à 32°C sont considérées comme ayant un effet négatif sur les performances de la volaille [32, 33]. Selon les auteurs [34], l'effet d'un environnement chaud sur le corps de la volaille ne dépend pas seulement de la nature du microclimat mais aussi de leur intensité. Il urge alors que les éleveurs fassent recours à des substances antioxydantes réduisant les effets néfastes du stress thermique sur les pintadeaux en cas de fortes chaleurs et surtout au cours des périodes les plus chaudes de la journée.

5. Conclusion

La variation des paramètres d'ambiance, en l'occurrence la température et l'hygrométrie affectent les performances des pintadeaux malgré leur résistance. L'alimentation, l'abreuvement, la marche et le repos constituent les principales activités des pintadeaux en condition de température ambiante alors que le halètement et l'écartement des ailes s'y ajoutent en régime de stress thermique. En condition de fortes températures, le halètement et l'écartement des ailes constituent des activités déterminantes à considérer dans la prise de décision de l'élevage des pintadeaux face auxquelles il faut prendre des dispositions idoines pour y remédier. Ces résultats obtenus sur l'actogramme des pintadeaux élevés sous stress thermique peuvent permettre d'élever convenablement cette espèce en cas de fortes températures inhérentes à la variabilité climatique.

Remerciements

Les auteurs remercient le projet IDA 5424 de la Banque Mondiale pour l'appui financier accordé à cette étude.

Références

- [1] - E. SODJINOU, Poultry-based intervention as tool for poverty reduction and gender empowerment : empirical evidence from Benin. Institute of Food and Resource Economics, University of Copenhagen, (2011) 190 p.
- [2] - A. A. AGBOLOSU, B. K. AHUNU, G. S. ABOAGYE, A. NAAZIE and B. B. KAYANG, Variation in Some Qualitative Traits of the Indigenous Guinea Fowls in Northern Ghana. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 3 (1) (2015) 15 - 30
- [3] - P. V. HOUNDONUGBO, Caractéristiques morphologiques et performances de croissance des différentes variétés de pintades locales élevées au Bénin, Travail de fin d'études préalable au doctorat en Sciences Agronomiques à Gembloux Agro Bio Tech de l'Université de Liège, (2011) 80 p.
- [4] - A. C. ADEOLA, S. C. OMMEH, R. W. MURPHY, S. F. WU, M. S. PENG and Y. P. ZHANG, Mitochondrial DNA Variation of Nigerian domestic helmeted guinea fowl, *Animal Genetics*, 46 (5) (2015) 576 - 579
- [5] - P. PANYAKO, T. IMBOMA, D. KARIUKI, M. MAKANDA, P. OYIER, P. MALAKI, E. NDIEMA, V. OBANDA, B. AGWANDA, K. NGEIYWA, J. LICHOTI and S. OMMEH, Origin, diversity and HSP70 gene functional polymorphism of the helmeted guinea fowl in Kenya, *Basic and Applied Sciences, The 2015 JKUAT Scientific Conference*, (2015) 115 - 123
- [6] - M. DAHOUDA, Contribution à l'étude de l'alimentation de la pintade locale au Bénin, et perspectives d'améliorations à l'aide de ressources non conventionnelles. Thèse de doctorat en Santé et productions animales à l'Université de Liège, Belgique, (2009) 191 p.
- [7] - F. K. AVORNYO, S. SALIFU, E. K. PANYAN, B. I. AL-HASSAN, M. AHIAGBE and F. YEBOAH, Characteristics of guinea fowl production systems in northern Ghana. A baseline study of 20 districts in northern Ghana. *Livestock Research for Rural Development*, 28 (2016), <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/avor28134.html> (19 Mars 2020)
- [8] - G. F. KOUASSI, G. A. KONE, M. GOOD and M. KOUBA, Factors impacting guinea fowl (*Numida meleagris*) production in Ivory Coast, *The Journal of Applied Poultry Research*, 0 (2019) 1 - 7
- [9] - F. G. TRAORE, A. TRAORE, B. BAYALA, G. K. DAYO, A. S. TAPSOBA, A. SOUDRE, M. SANOU, K. TINDANO and H. H. TAMBOURA, Characterization and typology of guinea fowl (*Numida meleagris*) farming systems in Burkina Faso. *Int. J. Adv. Res.*, 6 (1) (2018) 6 - 21

- [10] - G. A. KONE, G. F. KOUASSI, N. D. V. KOUAKOU and M. KOUBA, Diagnostic of guinea fowl (*Numida meleagris*) farming in Ivory Coast, *Poultry Science*, 0 (2018) 1 - 7
- [11] - M. DAHOUDA, S. S. TOLEBA, A. K. I. YOUSSAO, S. BANI KOGUI, S. YACOUBOU ABOUBAKARI and J.-L. HORNICK, Guinea fowl rearing constraints and flock composition under traditional management in Borgou Department, Benin, *Family poultry*, 17 (1 & 2) (2007) 3 - 14
- [12] - Z. BENGHARBI, S. DAHMOUNI, A. MOUATS et M. HALBOUCHE, Effet d'un traitement thermique précoce d'une semaine à température décroissante sur l'évolution du poids vif du poulet de chair élevé en climat chaud, *European Scientific Journal*, 10 (12) (2014) 36 - 45
- [13] - D. RENAudeau, A. COLLIN, S. YAHAV, V. DE BASILIO, J. L. GOURDINE and R. J. COLLIER, Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Anim.*, 6 (2012) 707 - 728
- [14] - J. M. MAULDIN, Applications of behaviour to poultry management. *Poult. Sci.*, 71 (1992) 634 - 642
- [15] - M. E. M. ESSOUN, M. R. M. EKUE, T. O. LOUGBEGNON, C. S. B. POMALEGNI, A. E. E. OGOUMA, S. E. P. MENSAH et G. A. MENSAH, Actogramme du francolin commun (*Francolinus bicalcaratus bicalcaratus*) élevé en captivité étroite. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*. Numéro spécial Elevages de gibier & non gibier, (2012) 9 - 22
- [16] - G. A. MENSAH, M. R. M. EKUE et J. T. C. CODJIA, Observations préliminaires sur une pathologie du francolin commun (*Francolinus bicalcaratus* Linnaeus, 1766) maintenu en captivité étroite au Bénin, *Sciences et Nature*, 1 (2004) 35 - 39
- [17] - S. G. A. NAGO, A. W. BIO KERI, E. SOGBOHOSSOU, E. B. O. AHOUANDJINOU, M. LE CORNEC, B. A. SINSIN et G. A. MENSAH, Actogramme de l'autruche (*Struthio camelus australis*) élevé en captivité au nord-ouest du Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, Numéro Spécial Faune, Agriculture & Élevage, (2019) 1 - 11
- [18] - M. L. TOSSOU, C. A. A. M. CHRYSOSTOME, C. G. AKOUDEGNI, P. V. HOUNDONUGBO, M. F. HOUNDOI Incidence de la densité sur les performances de production, la qualité organoleptique et le comportement poulets chair (Cobb 500 et Ross) élevées au Bénin. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Série A*, 16 (3) (2014)
- [19] - R CORE TEAM, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, (2019), URL <https://www.R-project.org/>.
- [20] - GRAPHPAD PRISM 5, GraphPad Prism version 5.00 for Windows, GraphPad Software, San Diego California USA, (2007) www.graphpad.com
- [21] - S. YAHAV, S. GOLDFELD, I. PLAVNIK and S. HURWITZ, Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. *J. Therm. Biol.*, 20 (1995) 245 - 253
- [22] - A. RANJAN, R. SINHA, I. DEVI, A. RAHIM et S. TIWARI, Effet du stress thermique sur la production de volaille et leurs approches de gestion, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 8 (02) (2019) 1548 - 1555, doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.181>
- [23] - R. A. STRONG, The effects of heat stress on immunity in laying hens and dairy cattle, *Open Access Theses*, 383, Purdue University, West Lafayette, Indiana, (2014) 152 p. https://docs.lib.purdue.edu/open_access_theses/383
- [24] - M. RUZAL, D. SHINDER, I. MALKA and S. YAHAV, Ventilation plays an important role in hens' egg production at high ambient temperature, *Poult. Sci.*, 90 (2011) 856 - 862
- [25] - S. A. BORGES, A. V. FISCHER DA SILVA, A. MAJORKA, D. M. HOOGHE and K. R. CUMMINGS, Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poult. Sci.*, 83 (2004) 1551 - 1558
- [26] - L. A. MACK, J. N. FELVER-GRANT, R. L. DENNIS and H. W. CHENG, Genetic variation aiter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poult. Sci.*, 92 (2013) 285 - 294

- [27] - R. SINHA, S. A. LONE, A. RANJAN, A. RAHIM, I. DEVI and S. TIWARI, The impact of climate change on livestock production and reproduction: Ameliorative management. *International Journal of Livestock Research*, 7 (6) (2017) 1 - 8
- [28] - D. RENAudeau, J. L. GOURDINE, M. HASSOUNA, P. ROBIN, H. GILBERT, J. RIQUET and J. Y. DOURMAD, PigChange, A collaborative project to evaluate the consequences of climate change and to propose coping strategies for alleviating thermal heat stress in pig production (2012-2015). *Global science conference*, Montpellier-France, (2015) 11 p.
- [29] - M. DANIEL and D. BALNAVE, Responses of laying hens to gradual and abrupt increases in ambient-temperature and humidity, *Austr. J. Exp. Agric.*, 21 (1981) 189 - 195
- [30] - A. MARSDEN and T. R. MORRIS, Quantitative review of the effect of environmental temperature on food intake, egg output and energy balance in laying pullets, *Brit. Poult. Sci.*, 28 (1987) 693 - 704
- [31] - F. N. JAOVELO, Effet de la supplémentation en *Volihot* sur les performances zootechniques de poulet de chair en période de stress thermique. Thèse de doctorat vétérinaire, Sénégal, (2007) 115 p.
- [32] - A. IPEK, O. CANBOLAT and A. KARABULUT, The effect of vitamin E and vitamin C on the performance of japanese quails (*Coturnix Japonica*) reared under heat stress during growth and egg production period, *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 20 (2) (2007) 252 - 256
- [33] - D. F. KIRUNDA, S. E. SCHEIDELER and S. R. MCKEE, The efficacy of vitamin E (DL-alpha-tocopheryl acetate) supplementation in hen diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure, *Poult. Sci.*, 80 (2001) 1378 - 1383
- [34] - G. N. EGBUNIKE, The relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in the thermorespiratory function in the chicken, *Zentralblatt fur Veterinarmedizin. Reihe A*, 26 (7) (1979) 573 - 579