

EFFETS D'ELEVATIONS TARDIVES DE LA TEMPERATURE AMBIANTE SUR LA TEMPERATURE CORPORELLE ET L'HYPERVENTILATION CHEZ LE POULET

**Leterrier Christine^{1*}, Colina Yrina², Collin Anne³, Bastianelli Denis⁴,
Constantin Paul¹, De Basilio Vasco²**

¹*UMR 85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, INRA, 37380 Nouzilly*

²*Université centrale du Vénézuéla, Maracay, Edo-Aragua, Vénézuéla,*

³*UR 83 Recherches Avicoles, INRA Centre de Tours, 37380 Nouzilly*

⁴*CIRAD, Systèmes d'élevage et produits animaux, Campus de Baillarguet 34 398 Montpellier*

RESUME

L'adaptation des poulets de chair aux fortes augmentations de la température ambiante est améliorée par des stimulations thermiques préalables dans la première semaine de vie. Le but de la présente expérience est de tester l'effet de stimulations thermiques plus tardives (J35 à J37) sur l'augmentation de la TC lors d'un stress thermique ultérieur (J38A l'âge de 35 et 38 jours, la température d'élevage qui est à la base de 22°C est portée à 27°C pendant 2H30, puis 32 °C pendant 2H30 et ramenée à 22°C. Les jours 36 et 37, elle n'est élevée qu'à 27°C de manière à entretenir la stimulation. Le comportement d'hyperventilation et la température corporelle sont mesurés à J35 et J38. La température corporelle est mesurée de manière manuelle et par télémétrie grâce à des transmetteurs intra-abdominaux. A 27°C, la température corporelle augmente et est stabilisée à la fin des 2H30 d'exposition, alors qu'à 32°C, elle continue d'augmenter à la fin des 2h30 d'exposition et atteint 43,0 °C. Il existe adaptation de la thermorégulation, puisque la température corporelle à 27 et 32°C est significativement plus faible lors du dernier stress thermique (J38) que lors du premier (J35). La fréquence du comportement d'hyperventilation est maximale à 32°C, mais semble insuffisante pour réduire l'emballement de la température corporelle. Aucune différence d'hyperventilation n'est observée entre les jours 35 et 38, ce qui suggère que la moindre augmentation de la température observée à J38 par rapport à J35 ne serait pas due à l'adaptation comportementale mais plutôt à une adaptation physiologique.

ABSTRACT

Adaptation to high temperature increases in chickens is improved by thermal stimulations during the first week of age. We have looked for late adaptations by measuring panting behaviour and body temperature for repeated rises in room temperature. When the chickens were 35 and 38 days old, the room temperature (22°C) was increased from 22°C up to 27°C for 2H30, then up to 32°C for 2H30 more, and then switched back to 22°C. On Day 36 and 37, room temperature was increased to 27°C only to maintain the stimulation. Panting behaviour and body temperature were measured on Day 35 and 38. Body temperature was measured manually and with intra-abdominal telemetric transmitters. Body temperature increased when the room temperature was 27°C and remained stable during the 2H30, while it kept increasing at 32°C and reached 43,0°C. An adaptation of the thermoregulatory process was found since body temperature at 27°C and 32°C was lower during the last heat stress (Day 38) compared to the first one (Day 35). Panting frequency was maximum at 32°C, but remained enable to reduce body temperature. No difference was seen in panting behaviour between Day 38 and 35, which suggests that the reduction in body temperature increase in Day 38 compared to Day 35 would not be related to changes in behaviour but rather to physiological changes.

INTRODUCTION

L'évolution de la vitesse de croissance chez les poulets de chair s'est accompagnée d'une meilleure conversion alimentaire mais d'une moindre résistance aux stress thermiques dans des zones géographiques où s'observent des températures élevées (Havenstein et al., 2003). Bien qu'ils ne soient pas connus exactement, les mécanismes physiologiques qui conduisent à la mort de poulets lors des coups de chaleur s'accompagnent de la modification significative de deux paramètres, la température corporelle des animaux (TC) et leur niveau d'hyperventilation (NH) (De Basilio et al., 2003). Chez le poulet, la limite supérieure de la TC est de 41,5 – 42°C et la limite inférieure de 40,5 - 41°C bornant la zone d'homéothermie (Etches et al., 1998). Pour lutter contre la chaleur, l'oiseau diminue le plus possible la thermogenèse et il augmente la thermolyse (Yahav, 2000). Quand la température corporelle augmente d'environ 1 - 1,5 °C, les mécanismes de contrôle thermique semblent inefficaces et la TC s'élève à des valeurs qui peuvent être supérieures à 44°C. Au-delà de 44°C, il n'y a aucune chance de survie alors que si cette limite de 44°C n'est pas atteinte et que la température ambiante s'abaisse, la TC des poulets peut revenir à la valeur normale de 41,5°C (Armand et Valancony, 1996). Dans des conditions de thermoneutralité, le rythme respiratoire (RR) se situe entre 25 et 50 inspirations par minute. Lorsque la température ambiante augmente, l'hyperventilation est le mécanisme le plus efficace pour éliminer la chaleur corporelle : l'oiseau ouvre le bec et ses mouvements inspiratoires sont si forts qu'ils mettent en mouvement tout le corps, le rythme respiratoire peut alors osciller entre 50 à 350 inspirations/min en fonction de l'intensité de la chaleur. Le RR atteint son point maximal quand la TC avoisine 42,5 °C (Zhou et Yamamoto, 1997). En augmentant la température ambiante (38-40°C) à un âge précoce (3-5 jours) il est possible de réduire la mortalité lors d'un stress thermique ultérieur (Yahav et Hurwitz 1996; De Basilio et al., 2003). La stimulation précoce des mécanismes d'adaptation à la chaleur semble améliorer le développement du système de thermorégulation, ceci dès 24 heures après la stimulation et jusqu'à la fin de la période d'élevage. La TC est dans ce cas un indicateur de la capacité de survie des animaux : le taux de survie est augmenté chez les poulets dont la TC mesurée avant le coup de chaleur est inférieure à 41,5°C. Le but de la présente expérience est de tester l'effet de stimulations thermiques plus tardives (J35 à J37) sur l'augmentation de la TC lors d'un stress thermique ultérieur (J38). Pour cela, nous avons mesuré l'adaptation comportementale (Hyperventilation), ainsi que les modifications de TC. Cette dernière a été quantifiée, soit lors d'une mesure cloacale, soit par télémétrie, cette dernière technique

permettant d'éviter le stress dû à la contention et la possible élévation thermique qu'il engendrerait.

1. MATERIEL ET METHODES

L'essai a été réalisé dans des pièces conditionnées équipées d'une batterie de 72 cages individuelles de 43 cm de hauteur, 22 cm de largeur et 43 cm de profondeur. Chaque cage dispose d'un abreuvoir et d'une mangeoire.

1.1. Animaux

63 poulets de chair (Ross), issus de trois séries répétées se succédant à 7 jours d'intervalle ont été élevés avec un aliment standard. A l'âge de 21 jours, 24 poulets (12 mâles et 12 femelles, 8 par série) ont été pesés, puis mis à jeun une nuit. Le lendemain, ils ont été équipés d'un transmetteur de télémétrie (TA-F40 et CTA-F40, Data Science International, St Paul, USA) introduit dans la cavité abdominale pour mesurer la température corporelle. Pour cela, les animaux ont été anesthésiés avec un mélange de kétamine (20 mg/kg) et de xylazine (4 mg/kg) injecté par voie intra-musculaire. L'implant a été introduit au niveau du flanc gauche, puis fixé à la paroi interne de la cavité abdominale. Ils ont été replacés dans leur cage d'élevage environ 3 heures après l'opération et se sont alimentés immédiatement.

1.2. Elévations de la température ambiante

Aux âges de 35 et 38 jours la température ambiante (TA), qui était de 22°C, a été augmentée de 5°C pendant 3 heures (27°C de 9H30 à 12H30), puis de 5°C supplémentaires de 12H30 à 15H30 (Figure 1). L'hygrométrie se situait alors entre 45 et 65%. A J36 et J37, les poulets ont été soumis à une élévation de température de 5°C seulement de 9H30 à 15H30 pour entretenir l'effet de stimulation entrepris à J35.

1.3. Variables mesurées

Le gain de poids a été mesuré entre la date de l'opération chirurgicale (J21) et la veille des stimulations thermiques (J34).

La température corporelle (TC) a été mesurée à J35 et J38 de manière manuelle (thermomètre introduit dans les 5 à 6 cm de la partie terminale du colon) chez tous les animaux et par télémétrie chez les 24 poulets équipés d'un transmetteur. La mesure manuelle (TCm) a été réalisée en fin de chaque phase d'élévation thermique de TA (9h15; 12H15 et 15H15). La température corporelle mesurée par télémétrie (TCt) a été enregistrée à la fréquence de 250 Hz pendant des périodes de 10 minutes en début (TCt1) et fin (TCt2) de période d'élévation de TA (22, 27 et 32°C, voir Figure

1). La mesure réalisée en fin de période a précédé immédiatement la mesure manuelle de température corporelle (TC_m).

Les mouvements respiratoires ont été mesurés à J35 et J39. Des films de 10 minutes ont été réalisés en début des différentes périodes d'élévation de TA, concomitamment à la mesure de TC_{t1}. Le nombre d'inspirations accompagnées d'hyperventilation par minute (NH) a été calculé en utilisant le logiciel The Observer 3.1 (Noldus, ND), ainsi le nombre de périodes d'hyperventilation (NPH) et le pourcentage du temps en hyperventilation (PTH). En effet, lorsque la stimulation thermique est modérée, le poulet n'halète pas de manière continue, il présente des phases d'hyperventilation et des phases où il respire sans ouvrir le bec de manière caractéristique et sans présenter d'amples mouvements du corps comme c'est le cas pendant l'hyperventilation.

1.4. Analyse statistique

L'analyse préliminaire n'a révélé aucun effet de la série, ni de l'acte chirurgical sur la croissance des animaux. Chaque poulet est considéré comme une unité statistique et des tests pour données appariées ont été utilisés (test t ou ANOVA en mesures répétées). Les résultats sont présentés sous la forme $m \pm se$.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le gain de poids entre J21 et J34 est similaire chez les animaux opérés ou non et supérieur chez les mâles par rapport aux femelles ($P=0,008$).

2.1. Température corporelle

Les mesures de TC par mesure manuelle (TC_m) et par télémétrie sont significativement corrélées $TC_m = 2,581 + 0,949 * TC_t$ ($R^2 = 0,792$). La température mesurée par télémétrie est significativement plus faible que TC_m (Ecart de 0,4 °C en moyenne aux différentes températures ambiantes, $P < 0,005$), mais l'écart type des deux mesures est similaire. Cet écart semble dû essentiellement à des différences d'étalement et dans une moindre mesure à l'augmentation de TC induite par la contention lors de la mesure manuelle.

La TC n'est pas différente entre mâles et femelles. Lorsque la température ambiante est de 22°C, la mesure abdominale indique 40,9 °C et la mesure manuelle 41,3°C, cette dernière valeur correspondant aux mesures effectuées avec cette technique par les auteurs précédents (Amand et Valancony, 1996; Etches et al., 1998). La TC augmente significativement avec l'augmentation de la température ambiante (Figure 2) L'élévation de la température ambiante à 27°C provoque une augmentation de la température corporelle

de 0,7°C, quelle que soit la méthode de mesure utilisée. L'élévation suivante à 32°C augmente la température corporelle de 1,4 °C supplémentaires. L'augmentation totale de TC atteint donc 2,1°C : les valeurs de TC à 32°C sont de 43,0°C, comparables à celles rapportées par Yahav (2000) chez des animaux soumis à un stress thermique. Cette augmentation de la TC est réduite à J38 comparé à J35 lorsque la température ambiante s'élève à 27 et 32°C (Figure 2), indiquant une adaptation des poulets à la suite des stimulations thermiques précédentes sans modification de la température basale. La comparaison des températures mesurées par télémétrie en début et fin de période d'élévation thermique montre que la TC est stable à 22 et 27 °C puisque l'écart entre TC_{t2} et TC_{t1} n'est pas différent de 0 ($p > 0,05$). En revanche, cet écart (environ de 0,4°C) est supérieur lors de l'exposition à 32°C, ce qui signifie que la TC n'est pas stabilisée et qu'elle aurait sans doute continué à augmenter si l'élévation de TA avait été prolongée (Figure 3).

2.2. Comportement d'hyperventilation

Le processus d'hyperventilation est caractérisé par différentes composantes, en particulier la durée des périodes d'hyperventilation et le niveau d'hyperventilation au sein de ces périodes. Les mesures réalisées montrent que le processus d'hyperventilation présente des caractéristiques similaires chez les mâles et les femelles dans notre expérience, à la différence de Pérez et al (2006) qui mentionnent un niveau d'hyperventilation (NH) plus grand (4,2 inspirations/min) chez les femelles. L'hyperventilation s'intensifie avec l'augmentation de la TA (Tableau 1) : les périodes d'hyperventilation (NPH) deviennent plus nombreuses (NPH) et représentent jusqu'à 82% du temps lorsque la TA atteint 32°C (Tableau 1). Au sein de ces périodes, la fréquence des mouvements d'hyperventilation (NH) augmente également avec l'élévation de TA. Aucune différence de comportement d'hyperventilation n'est observée entre les jours 35 et 38. Cette observation suggère que la moindre augmentation de la TC observée à J38 par rapport à J35 ne serait pas due à l'adaptation comportementale. Les valeurs d'hyperventilation obtenues correspondent aux moyennes publiées chez des poulets soumis à des périodes de stress thermiques (Zhou et Yamamoto 1997, De Basilio et al., 2001).

CONCLUSIONS

La mesure de TC par télémétrie permet de valider la mesure de TC avec un thermomètre dans le colon distal utilisée par les auteurs précédents puisque ces deux mesures sont très corrélées. La répétition des stimulations thermiques entre J35 et J38 permet une

adaptation des animaux puisque la TC augmente moins lors de la dernière stimulation. Aucune différence d'hyperventilation n'est observée entre les jours 35 et 38, ce qui suggère que la moindre augmentation de la TC observée à J38 par rapport à J35 ne serait pas due à l'adaptation comportementale. L'exploration du

système nerveux autonome permettrait à terme d'élucider les mécanismes physiologiques impliqués dans le processus d'adaptation.

Le projet a été réalisé grâce à la participation financière ECOS-Nord N°A05-V01.

REFERENCES

- Amand, G., Valancony, H., 1996. *Sci. Tech. Av.* 15: 3-31.
 De Basilio, V., Requena, F., León, A., Zoraida, V., Vilariño, M., Picard, M., 2001. *Anim. Res.* 51:407-420.
 De Basilio, V., Requena, F., León, A., Vilariño, M., Picard, M., 2003. *Poult. Sci.* 82:1235-1242.
 Howliver, M., Rose, S., 1987. *World Poult. Sci. J.* 43:228-237.
 Etches R., John, T., Verrinder, A., 1998. In: *Poultry Production in Hot Climates*. Ed. N. Dagher. Center for Agricultura and Biosciences.
 Havenstein, Ferket, G., P., Qureshi, M., 2003. *Poult. Sci.* 82:1500-1508.
 Mather, F., Barnas, G., Burger, R., 1980. *Comp. Biochem Physiol.* 67(A): 265-268.
 Pérez, M., V. De Basilio, Y. Colina, Y. Oliveros, S. Yahav, M. Picard, D. Bastianelli. 2006. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop.* (59):1.
 Yahav, S., 2000. *Brit. Poult. Sci.* 41:94-100.
 Yahav, S., Hurwitz, S., 1996. *Poult. Sci.* 75:402-406..
 Zhou, W., Yamamoto, S., 1997. *Brit. Poult. Sci.* 38:107-114.

Figure 1. Variations de la température ambiante (TA) auxquelles ont été soumis les poulets pendant la dernière semaine de vie (Les flèches verticales en trait plein indiquent les mesures de température corporelle par télémétrie, en trait pointillé, par la méthode manuelle)

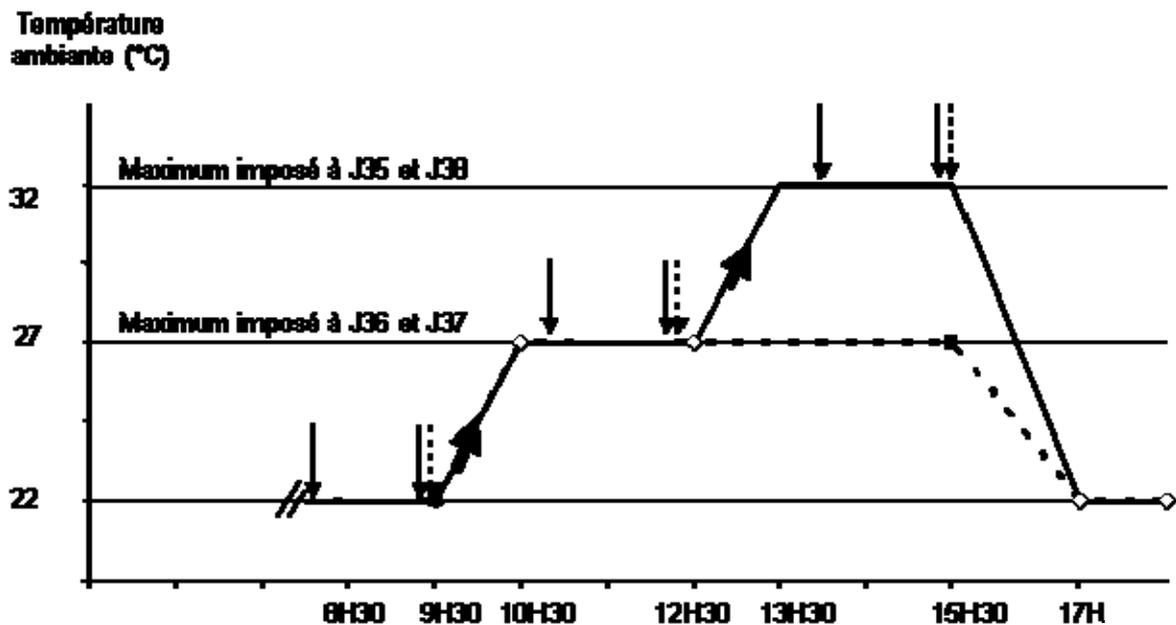


Figure 2. Variations de la température corporelle (TC) en fonction de la température ambiante (TA) chez les poulets avant (J35, ●) et après stimulation thermique (J38, ▽). (Moyenne entre les températures mesurées par télémétrie en début, TCt1, et en fin de période d'exposition, TCt2 ; m ± se)

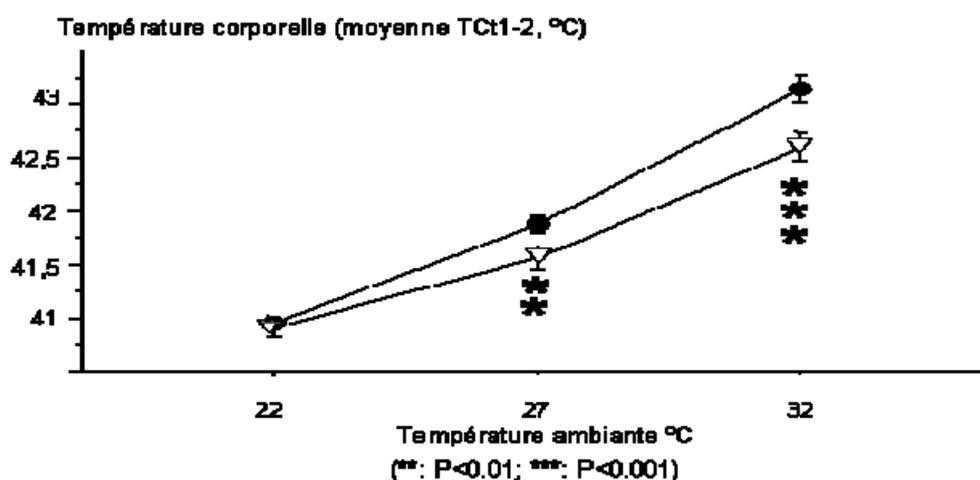


Figure 3. Ecart de température corporelle mesuré par télémétrie entre la fin (TCt2) et le début (TCt1) de la période d'exposition aux différentes températures ambiantes.

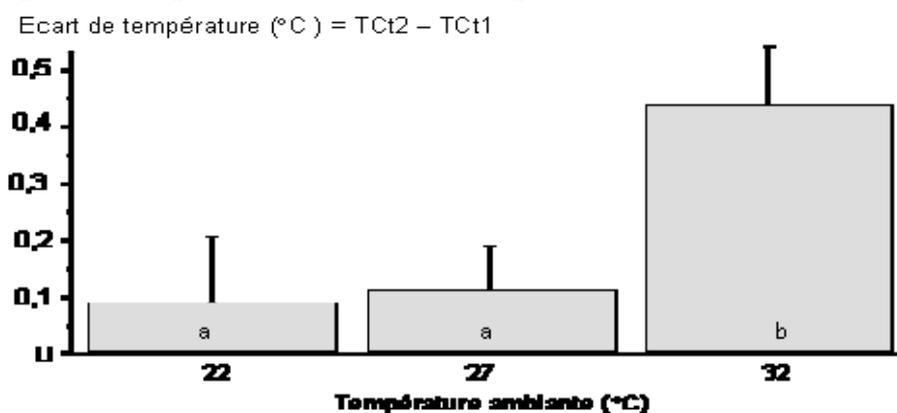


Tableau 1. Evolution des différentes variables du processus d'hyperventilation en fonction de la température ambiante (22, 27, 32°C) : NPH (nombre de périodes d'hyperventilation sur 10 minutes), PTH (pourcentage du temps d'hyperventilation), NH (Niveau d'hyperventilation)

Variables	Température ambiante (°C)			ANOVA P
	22	27	32	
NPH par 10 mn	3 ± 0,7c	19 ± 2b	23 ± 1a	<,0001
PTH (%)	4 ± 4c	45 ± 4b	82 ± 2a	<,0001
NH (inspiration/min)	64 ± 4c	136 ± 7b	190 ± 5,5a	<,0001

a,b,c: Différents caractères (a,b,c) indiquent des différences significatives entre les différentes températures ambiantes