

# EFFETS D'UNE ACCLIMATATION EMBRYONNAIRE AU FROID VISANT A AMELIORER LES CAPACITES D'ADAPTATION DU POULET DE CHAIR

Nyuiadzi Dzidzo<sup>1,2</sup>, Méda Bertrand<sup>1</sup>, Dusart Léonie<sup>3</sup>, Berri Cécile<sup>1</sup>, Travel Angélique<sup>3</sup>,  
Guilloteau Laurence A.<sup>1</sup>, Leterrier Christine<sup>4</sup>, Coustham Vincent<sup>1</sup>, Mignon-Grasteau  
Sandrine<sup>1</sup>, Wang Yufeng<sup>5,6</sup>, Bouvarel Isabelle<sup>3</sup>, Tona Jacob K.<sup>2</sup>, Collin Anne<sup>1</sup>

<sup>1</sup>URA, INRA, F-37380, NOUZILLY, FRANCE

<sup>2</sup>CERSA, Université de Lomé, B.P. 1515, LOME, TOGO

<sup>3</sup>INSTITUT TECHNIQUE DE L'AVICULTURE, F-37380, NOUZILLY, FRANCE

<sup>4</sup>PRC, CNRS, IFCE, INRA, Université de Tours, 37380, NOUZILLY, FRANCE

<sup>5</sup>KU LEUVEN, Laboratory of Livestock Physiology, Department of Biosystems, Kasteelpark Arenberg  
30, 3001 LEUVEN, BELGIQUE

<sup>6</sup>NUTREX NV., Achterstenhoek 5, 2275 LILLE, BELGIQUE

[Anne.Collin@inra.fr](mailto:Anne.Collin@inra.fr)

## RÉSUMÉ

Il est possible d'améliorer les capacités d'adaptation des volailles aux variations de température ambiante en modifiant les conditions d'incubation des œufs. Notre objectif est de rendre les poulets de chair plus adaptables à un environnement froid. Pour cela, nous avons testé les conséquences de différentes conditions d'incubation sur la croissance de poulets élevés au démarrage à différentes températures ambiantes (Exp. 1), puis nous avons sélectionné des conditions discriminantes pour réaliser une évaluation multicritère de la technique d'incubation au froid. Dans l'expérience 1 menée pendant 21 jours en cage, les conditions d'incubation testées sont une incubation témoin (IT, température constante), une incubation avec deux expositions brèves à 15°C en fin d'incubation (IF1) ou une incubation avec des diminutions cycliques de 1°C des jours 10 à 18 d'incubation (IF2). Les poulets sont ensuite exposés à des conditions d'élevage standard (témoin ET), soit à des températures ambiantes continuellement plus fraîches nécessitant une adaptation (Elevage froid EF), soit à des variations jour/nuit de température ambiante (Elevage froid cyclique EFC). Les incubations IT et IF1 et les conditions d'élevage ET et EF sont été retenues pour l'exp.2 menée au sol jusqu'à 40 jours, entre autres car chez les femelles, le traitement d'incubation IF2 dégrade l'indice de consommation tandis que le traitement IF1 n'est pas défavorable pour la croissance. Nos expérimentations suggèrent des effets positifs de l'acclimatation embryonnaire au froid et de l'élevage au froid sur le poids à J40 mais elles mettent en évidence des interactions négatives sur l'occurrence des pododermatites et des stries blanches de la viande. Les conditions de froid postnatal pourraient être intéressantes pour limiter l'impact environnemental de l'élevage, mais nécessitent de contrôler l'humidité des litières et de ventilation du bâtiment. Cette étude multicritère doit maintenant être complétée pour réaliser l'évaluation de ces techniques d'élevage périnatales selon les 3 piliers de la durabilité, c'est-à-dire les piliers économique, social et environnemental.

## ABSTRACT

### Effects of cold embryo acclimation for improving adaptive capacities in meat-type chicken

It is possible to improve poultry adaptability to variations in ambient temperature by changing egg incubation conditions. Our goal is to improve broiler adaptation to cold environment and achieve a multi-level evaluation of the cold incubation technique in different subsequent starting conditions. In a first 21-day study in cages, we identified the experimental conditions favouring robustness and hatchability without reducing performance. The incubation conditions tested were a control incubation (IT at constant temperature), incubation with two brief exposures to 15°C at the end of incubation (IF1) or incubation with cyclic declines by 1°C from day 10 to 18 of embryogenesis (IF2). Chickens were then exposed to standard rearing conditions control ET) or to day/night variations in room temperature (EFC cyclical cold rearing), or to continuously cooler ambient temperatures requiring adaptation (cold rearing EF). A 2<sup>nd</sup> experiment crossing incubations IT and IF1 and rearing conditions ET and EF was then conducted in floor pens until 40 days. In our conditions, the "cold" incubation techniques did not penalize hatchability of eggs. In cages, in females only, the IF2 incubation treatment degraded feed efficiency while IF1 did not alter growth. Our experiments suggest positive effects of cold incubation and cold rearing on performance in males but show negative interactions between both thermal treatments on a parameter of animal welfare and a meat quality defect. Postnatal cooler rearing could be interesting to limit environmental impact if litter moisture is well controlled through ventilation. This multicriterion analysis remains to be completed to evaluate these perinatal techniques according to the three pillars of sustainability, including economic, social and environmental impacts.

## INTRODUCTION

Il est possible d'améliorer les capacités d'adaptation des volailles aux variations de température ambiante en les exposant pendant la période périnatale à des changements de température et d'hygrométrie d'incubation spécifiques (Collin et al., 2011 ; Loyau et al., 2015). La physiologie et le métabolisme des poulets à croissance rapide, sensibles à la chaleur en fin d'élevage, sont en effet modifiés à long terme grâce à une acclimatation embryonnaire à la chaleur (Loyau et al., 2013, 2014b, 2016). Dans le contexte du changement climatique, susceptible d'augmenter la fréquence d'événements thermiques extrêmes, et de l'appauvrissement des ressources énergétiques, il serait également intéressant de mettre au point les conditions expérimentales et évaluer la faisabilité d'une acclimatation embryonnaire au froid des poussins dans l'incubateur. En effet, il est actuellement nécessaire de chauffer les bâtiments à 32°C les premiers jours d'élevage ce qui représente un coût énergétique important, et il a été montré récemment que deux expositions des œufs au froid de 30 min. à 15°C en fin d'incubation (vs. 37.8°C en incubation standard) permettait de limiter l'incidence de maladies métaboliques telles que l'ascite chez le poulet exposé au froid en fin d'élevage (Shinder et al., 2011). Loyau et al. (2014a) ont également montré qu'une diminution cyclique de la température d'incubation de l'œuf dans les conditions de Yalçın et al. (2012) a des effets à court terme sur les mécanismes limitant le stress oxydant à l'éclosion, et à plus long terme sur des mécanismes favorisant la production de chaleur du poulet. Dans ce contexte, l'objectif de la présente étude est de déterminer quelles conditions d'incubation favorisent les capacités d'adaptation au froid du poussin de chair en démarrage sans nuire à ses performances ultérieures dans différentes conditions de températures ambiantes d'élevage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

Deux expériences sont successivement réalisées pour étudier l'impact d'une incubation normale ou avec des stimulations froides (Exp.1) sur les performances des poulets, puis pour réaliser une évaluation multicritère de la technique d'acclimatation embryonnaire au froid lorsque la température d'ambiance au démarrage est faible (Exp. 2).

### 1.1. Conditions d'acclimatation embryonnaire au froid et d'exposition à un environnement moins chaud en démarrage

La première expérience (Exp. 1) vise à mesurer l'impact d'une acclimatation embryonnaire au froid et de la température de démarrage des poussins

(standard ou plus fraîche) sur les performances zootechniques du poulet élevé en cage pendant 3 semaines. Les œufs de lignée Ross 308 issus de mères de 36 semaines et stockés au maximum pendant 3 jours sont utilisés. Trois programmes d'incubation sont croisés avec 3 températures postnatales d'élevage (Figure 1). Les trois programmes d'incubation sont une incubation témoin (IT, température constante de 37.6°C et 56% d'humidité relative), une incubation avec deux expositions de 30 minutes à 15°C aux jours 18 et 19 d'incubation (IF1 ; Shinder et al., 2011) ou une incubation avec des diminutions cycliques de 1°C des jours 10 à 18 d'incubation (IF2 ; Yalçın et al., 2012). Les poulets sont ensuite exposés soit à des conditions d'élevage standard (témoin ET, de 33°C à J0 à 21°C à trois semaines), soit à une température ambiante continûment plus fraîche nécessitant une adaptation (Elevage froid EF, de 28°C à J0 à 21°C à 3 semaines), soit à des variations jour/nuit de température ambiante (Elevage froid cyclique EFC) oscillant entre les 2 programmes précédents et mimant des variations jour/nuit qui peuvent être observées dans un bâtiment vieillissant. Après éclosion, trente-deux mâles et femelles par condition d'incubation sont mis en élevage en cage dans les trois salles d'élevage ET, EF et EFC, avec 4 poussins par cage de J0 à J3. Par la suite, seuls 12 poussins/sexe/condition d'incubation sont gardés dans chaque salle d'élevage en cage individuelle.

La seconde expérience (Exp. 2) visant à l'analyse multicritère de l'acclimatation au froid combine les conditions d'incubation IT et IF1 et les conditions de démarrage ET et EF. Après éclosion, 100 poussins femelles et 92 poussins mâles de chaque condition d'incubation sont répartis au sol dans 4 parquets/condition d'incubation/sexe dans les deux salles d'élevage, l'une à 33°C (ET), l'autre à 28°C (EF). La température est progressivement diminuée dans les deux salles jusqu'à 21°C à 3 semaines d'élevage, puis maintenue à 21°C jusqu'à 40 jours. A 21 jours, les effectifs des parquets sont réduits à 22 femelles ou 19 mâles/parquet. Dans les deux expériences les animaux reçoivent un aliment de démarrage standard jusqu'à J11 (11,8 MJ/kg ; 20,5% MAT), puis un aliment de croissance (11,9 MJ/kg ; 19,2% MAT) jusqu'à J21, et dans l'Exp. 2 un aliment finition jusqu'à J40 (12,1 MJ/kg ; 18,3% MAT).

### 1.2. Mesures des performances zootechniques

Dans les Exp. 1 et 2, les œufs sont mirés à 7 jours d'incubation et les œufs clairs sont ouverts pour déterminer le nombre d'œufs non fertiles et les mortalités embryonnaires précoces. Les taux d'éclosion sont relevés à la sortie de l'éclosoir et exprimés en % des œufs fertiles incubés. Dans l'Exp. 2 la qualité du poussin, est mesurée au couvoir selon les critères de Tona et al. (2003). Dans les deux expériences, les poulets sont pesés à la fin de chaque phase d'alimentation. Les indices de consommation

sont calculés individuellement dans l'Exp.1 et par parquet dans l'Exp.2.

Dans l'expérience 2, 32 poulets/sexe/traitement (256 poulets, 8/parquets) sont abattus à J40 à l'abattoir expérimental de l'Unité Expérimentale PEAT de l'INRA Val de Loire. Après découpe anatomique, le rendement en muscle pectoral et le % de gras abdominal de chaque poulet abattu sont calculés.

Dans l'Exp. 2, la consommation d'énergie (gaz, électricité) et la composition de la litière (matière sèche, azote/kg de filet produit et Phosphore/kg de filet produit) sont également mesurées pour évaluer les conséquences environnementales de l'acclimatation embryonnaire au froid. L'incidence des pododermatites sur la chaîne d'abattage, la note de défaut de qualité de la viande (stries blanches notées de 0 à 2), le pourcentage de gras intramusculaire sont mesurés.

#### 1.4. Analyses statistiques

Les données zootechniques sont analysées par ANOVA à 3 facteurs en considérant les interactions entre facteurs, suivis de tests de Student-Newman-Keuls. Les données de scores de pododermatites et de stries blanches des filets sont analysées par un test de Kruskal-Wallis puis par des comparaisons de Dunn corrigées par un test de Bonferroni.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Nos études visent à déterminer si les poulets de chair peuvent être acclimatés au froid dès l'embryogenèse et ainsi mieux supporter un démarrage moins chaud que ce qui est habituellement pratiqué, ce qui pourrait non seulement améliorer leur robustesse, mais également conférer aux élevages une moindre dépendance énergétique en phase de démarrage dans le contexte du changement global.

Dans les deux expériences, l'éclosabilité n'a pas été significativement affectée par les traitements thermiques pendant l'incubation, avec des taux d'éclosions élevés de 95,1% et 94,8% et 92,3% respectivement pour les traitements IF1, IF2 et IT de l'Exp. 1, et respectivement 95,7% et 95,4% chez les IF1 et les IT de l'Exp. 2. La qualité des poussins n'est globalement pas affectée par le traitement d'incubation froide.

En cage dans l'Exp. 1, chez les femelles seulement, le traitement d'incubation IF2 augmente l'indice de consommation (+0.1 g/g) tandis que le traitement IF1 n'est pas défavorable pour la croissance. L'exposition cyclique au froid EFC semble moins altérer les performances que l'exposition à un démarrage continûment plus frais EF (données non présentées). C'est pourquoi dans l'Exp.2, l'analyse multicritère est réalisée en croisant les conditions d'incubation IT et IF1 avec les conditions postnatales ET et EF.

Les résultats de l'Exp 2 indiquent que la croissance est à la fois améliorée par le démarrage moins chaud (+4,2%) et dans une moindre mesure par l'acclimatation embryonnaire au froid (+1,3%,  $P < 0,05$  ; Tableau 1). Les indices de consommation les plus faibles sont obtenus chez les mâles qui ont été exposés au moins une fois au froid pendant la période périnatale, alors que les indices les plus élevés sont obtenus chez les femelles acclimatées au froid dans les groupes ET et EF dans l'Exp. 2. Les rendements en filet ne sont pas affectés par les conditions d'incubation mais par la température d'élevage et le sexe, les poulets élevés au froid et les femelles présentant les rendements les plus élevés. Enfin les lipides intramusculaires sont affectés par le sexe en interaction avec les conditions d'incubation. Chez les mâles, il y a davantage de lipides intramusculaires (% LIM) dans le groupe d'incubation témoin que dans le groupe d'incubation froide, alors que le % LIM est plus faible et ne varie pas en fonction des conditions d'incubation chez les femelles. Nos résultats ne suggèrent donc chez les mâles que quelques améliorations de performances avec l'incubation froide et surtout en conditions d'élevage postnatal froid.

Ces résultats sont complétés par des mesures environnementales. Les litières sont globalement plus humides (avec respectivement 40,0% vs. 37,9%) à 40j en conditions de démarrage EF qu'en condition ET. La consommation de gaz dans ce groupe est moins élevée de 11% (277 Vs. 313 m<sup>3</sup>), mais ceci est compensé partiellement par une consommation en électricité légèrement supérieure (+4% ; 558 vs. 534 kWh) en lien avec une ventilation accrue dans cette salle. La quantité d'azote excrété par kg de filet est en revanche de 4,5% plus faible chez les poulets exposés au froid en démarrage comparés aux poulets élevés en conditions normales (respectivement 64.3 vs. 67.3 g N/kg filet). Il semble donc qu'au niveau environnemental plusieurs indicateurs plaident en faveur d'un élevage postnatal plus frais. Cependant, il ne faut pas négliger l'effet négatif de ces conditions de démarrage froides sur l'humidité des litières, qui se traduit par une augmentation du score de pododermatites dans les groupes élevés au froid en démarrage, surtout chez les mâles et femelles qui ont été préalablement acclimatés au froid pendant l'embryogenèse (Tableau 2). Enfin, les scores les plus élevés de stries blanches de la viande tendent à être obtenus, chez les mâles comme chez les femelles, dans les groupes ayant subi les deux expositions successives au froid, suggérant qu'on peut moduler l'incidence de défaut émergent des filets de poulet de chair à croissance rapide par l'environnement thermique précoce.

## CONCLUSION

Si nos expérimentations suggèrent des effets positifs de l'acclimatation embryonnaire au froid et de l'élevage au froid sur les performances des poulets de chair chez les mâles, les résultats sont nuancés chez les femelles et nous mettons en évidence des interactions négatives entre traitements froids sur un indicateur de bien-être animal et l'occurrence d'un défaut de qualité de la viande. Les conditions de froid postnatal pourraient être intéressantes pour limiter l'impact environnemental de l'élevage, en restant toutefois vigilant sur l'humidité des litières et donc sur la ventilation du bâtiment. Cette étude doit maintenant être complétée par une analyse de cycle de vie et une étude poussée des coûts de production du poussin et du filet de poulet pour réaliser l'évaluation multicritère de ces techniques d'élevage périnatales à l'échelle de la filière avicole selon les 3 piliers (économique, social et environnemental) de la durabilité.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les personnels de l'Unité Expérimentale PEAT (Pôle d'expérimentation Avicole de Tours) de l'INRA, 37380 Nouzilly, pour leur aide technique, en particulier J. Delaveau, C. Rat, P. Ganier, O. Callut, H. Rigoreau, F. Mercierand, I. Grimaud-Jottreau, C. Theuleau, J.M. Meslier et C. Le Bourhis, ainsi que les personnels de l'URA, INRA, 37380 Nouzilly, en particulier T. Bordeau, S. Crochet, N. Couroussé, E. Cailleau-Audouin, P. Chartrin, A. Jacques et M. Couty. Les auteurs remercient également A. Mika et C. Souchet de l'ITAVI pour leur participation à l'expérimentation. Le projet « Eval\_adapt » à l'origine de ces données a été financé par le Département Physiologie Animale et Système d'Élevage de l'INRA. Nous remercions le Couvoir Perrot pour le tri des œufs embryonnés utilisés dans cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Collin A., Bedrani L., Loyau T., Mignon-Grasteau S., Métayer-Coustard S., Praud C., De Basilio V., Requena Rodon F., Bastianelli D., Duclos M.J., Tesseraud S., Berri C., S. Yahav., 2011. INRA Prod. Anim., (24), 191-197.
- Loyau T., Bedrani L., Berri C., Métayer-Coustard S., Praud C., Coustham V., Mignon-Grasteau S., Duclos M., Tesseraud S., Rideau N., Hennequet-Antier C., Everaert N., Yahav S., Collin A., 2015. Animal, (8), 1-10. DOI : 10.1017/S1751731114001931.
- Loyau T., Berri C., Bedrani L., Métayer-Coustard S., Praud C., Duclos M.J., Tesseraud S., Rideau N., Everaert N., Yahav S., Mignon-Grasteau S., Collin A., 2013. J. Anim. Sci., (91), 3674-85. doi: 10.2527/jas.2013-6445.
- Loyau T., Collin A., Yenisey C., Crochet S., Siegel P., Aksit M., Yalcin S., 2014a. Poult. Sci., (93), 1-9. DOI : dx.doi.org/ 10.3382/ps.2014-03881.
- Loyau T., Hennequet-Antier C., Coustham V., Berri C., Leduc M., Crochet S., Sannier M., Duclos M.J., Mignon-Grasteau S., Tesseraud S., Brionne A., Métayer-Coustard S., Moroldo M., Lecardonnel J., Martin P., Lagarrigue S., Yahav S., Collin A., 2016. BMC Genomics, (17), 329.
- Loyau T., Métayer-Coustard S., Berri C., Crochet S., Cailleau-Audouin E., Sannier M., Chartrin P., Praud C., Hennequet-Antier C., Rideau N., Couroussé N., Mignon-Grasteau S., Everaert N., Duclos M.J., Yahav S., Tesseraud S., Collin A., 2014b. Plos One, 9(9), e105339. doi: 10.1371/journal.pone.0105339. eCollection 2014.
- Shinder D, Ruzal M, Giloh M, Druyan S, Piestun Y, Yahav S., 2011. Poult. Sci., (90), 633-641.
- Tona K., Bamelis F., De Ketelaere B., Bruggeman V., Moraes V.M.B., Buyse J., Onagbesan O., Decuypere E., 2003. Poult. Sci., (82), 736-741.
- Yalçın S., Özkan S., Siegel P., Yenisey C., Akşit M., 2012. J. Poult. Sci., (49), 133-139.

**Figure 1.** Programmes de températures d'incubation et d'élevage dans l'Expérience 1

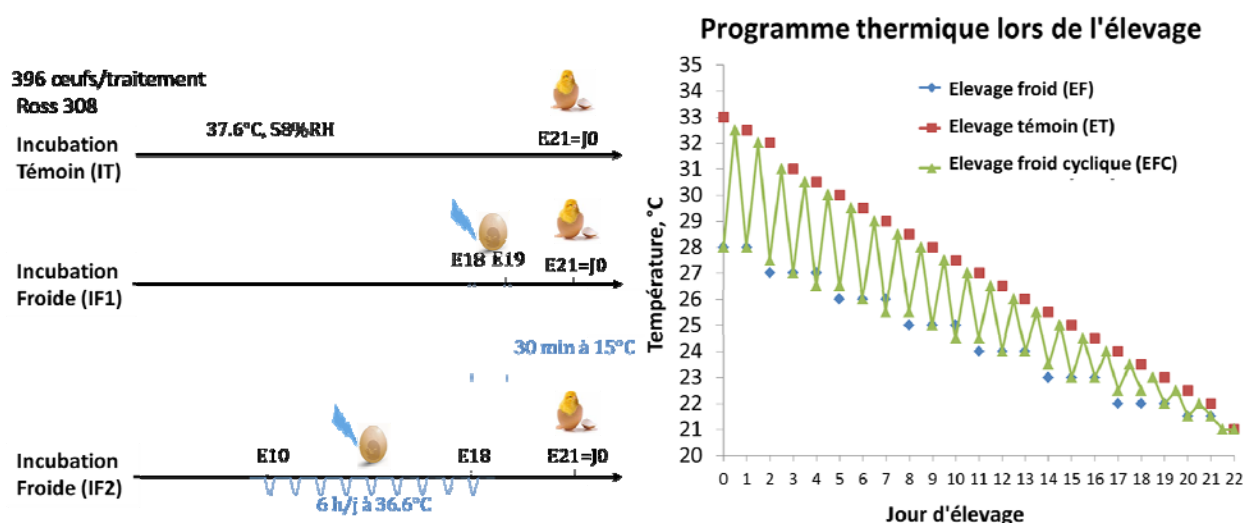


**Tableau 1.** Effets de la température d'incubation et de la température d'élevage sur les poulets élevés au sol dans l'Expérience 2 sur le poids vif, l'indice de consommation (IC), le taux de lipides intramusculaires (LIM) et le rendement en filet. IT : incubation témoin (37.7°C et 56% HR), IF1 : incubation froide comprenant deux expositions de 30 min. à 15°C les jours 18 et 19 d'incubation ; E à j40. T : élevage témoin (de 33°C à J0 à 21°C à 3 semaines puis 21°C jusqu'à 40j), EF : élevage froid (de 28°C à J0 à 21°C à 3 semaines puis 21°C jusqu'à 40j)

| Elevage              | Sexe   |       |       |       |         |       |        |        | P-value            |                 |              |           |           |           |             |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|--------------------|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
|                      | Mâle   |       |       |       | Femelle |       |        |        |                    |                 |              |           |           |           |             |
|                      | ET     |       | EF    |       | ET      |       | EF     |        |                    |                 |              |           |           |           |             |
| Incubation           | IT     | IF1   | IT    | IF1   | IT      | IF1   | IT     | IF1    | Effet Incubation I | Effet Elevage E | Effet Sexe S | Effet IxE | Effet IxS | Effet SxE | Effet IxExS |
| Poids vif à 40j (g)  | 2694   | 2693  | 2771  | 2812  | 2232    | 2317  | 2386   | 2390   | <0,05              | <0,0001         | <0,0001      | NS        | NS        | NS        | 0,0574      |
| IC de j0 à j40 (g/g) | 1,67ab | 1,64b | 1,63b | 1,64b | 1,67ab  | 1,68a | 1,64ab | 1,67a  | NS                 | NS              | <0,01        | <0,05     | 0,09      | NS        | NS          |
| % LIM                | 1,63a  | 1,13b | 1,59a | 1,40a | 0,80c   | 1,06b | 0,92bc | 0,93bc | NS                 | NS              | <0,01        | NS        | <0,01     | NS        | NS          |
| % Filet j40          | 20.07  | 20.13 | 20.44 | 20.32 | 20.89   | 20.74 | 21.29  | 21.34  | NS                 | <0.05           | <0.0001      | NS        | NS        | NS        | NS          |

Les données ont été analysées par ANOVA à trois facteurs en considérant les interactions entre facteurs

**Tableau 2.** Effets de la température d'incubation et de la température d'élevage sur les poulets élevés au sol dans l'Expérience 2 sur les notes de pododermatites (de 0 à 4 en fonction de la gravité) et les notes de stries blanches du muscle (de 0 à 2). IT : incubation témoin (37.7°C et 56% HR), IF1 : incubation froide comprenant deux expositions de 30 min. à 15°C les jours 18 et 19 d'incubation ; ET : élevage témoin (de 33°C à J0 à 21°C à 3 semaines puis 21°C jusqu'à 40j), EF : élevage froid (de 28°C à J0 à 21°C à 3 semaines puis 21°C jusqu'à 40j)

| Elevage                      | Sexe   |        |        |       |         |        |        |        | Effet Lot |
|------------------------------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|--------|-----------|
|                              | Mâle   |        |        |       | Femelle |        |        |        |           |
|                              | ET     |        | EF     |       | ET      |        | EF     |        |           |
|                              | IT     | IF1    | IT     | IF1   | IT      | IF1    | IT     | IF1    |           |
| Incubation                   |        |        |        |       |         |        |        |        |           |
| Note de pododermatites (/4)  | 0,29c  | 0,25c  | 0,78a  | 0,97a | 0,64ab  | 0,66ab | 0,61ab | 0,91a  | <0,0001   |
| Note de stries blanches (/2) | 0,29ab | 0,29ab | 0,42ab | 0,64a | 0,25ab  | 0,09b  | 0,23b  | 0,38ab | 0,003     |

Les scores ont été analysés par des tests non paramétriques (Test de Kruskal-Wallis puis test de Dunn avec correction de Bonferroni)