

VARIATION DES RESERVES ENERGETIQUES : IMPACT SUR LA REPRODUCTION ET LES CARACTERISTIQUES DES ŒUFS A COUVER EN LIGNEES CHAIR

Métayer-Coustard Sonia ^{1*}, Franzoni Alessandro ^{1,2}, Réhault-Godbert Sophie ¹, Collin Anne ¹, Travel Angélique ³, Raynaud Emilie ¹, Baumard Yannick ⁴, Delaveau Joël ⁴, Rat Christophe ⁴, Cailleau-Audouin Estelle ¹, Godet Estelle ¹, Brionne Aurélien ¹, Berri Cécile ¹, Le Bihan-Duval Elisabeth ¹

¹BOA, INRA, Université de Tours, 37380 Nouzilly, France

² Département des Sciences Vétérinaires, Université de Pise, 56124 Pise, Italie

³ ITAVI, INRA Centre Val de Loire, 37380, Nouzilly, France

⁴ INRA, UE1295 Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours, 37380 Nouzilly, France

*sonia.metayer-coustard@inra.fr

RÉSUMÉ

La sélection des lignées de type chair pour une augmentation de la croissance et du rendement en muscle s'est accompagnée de changements physiologiques importants. Alors que des gains considérables ont été obtenus sur les performances en élevage, des limites apparaissent en termes de qualité des produits mais aussi de reproduction, questionnant la durabilité de la production de viande. L'antagonisme génétique entre production et reproduction reste un verrou majeur pour la durabilité de la sélection des lignées de type chair. Chez les souches lourdes, on observe un amenuisement des réserves énergétiques musculaires, évaluées au travers du Potentiel Glycolytique. Ce caractère, héritable, détermine génétiquement le niveau du pH ultime (pHu) de la viande, pour lequel deux lignées divergentes (pHu+ et pHu-) ont été sélectionnées. D'abord étudiées sous l'angle de la qualité de la viande, ces deux lignées constituent un matériel génétique précieux pour aborder le lien entre statut énergétique de l'animal, reproduction, qualité des œufs et in fine des poussins à l'éclosion. L'analyse de la dernière génération de sélection montre une variation des caractères de reproduction en défaveur de la lignée pHu+, caractérisée par une entrée en ponte plus tardive, un taux de ponte plus faible, ainsi qu'un pourcentage d'œufs cassés plus élevé. De façon originale, une modification des caractéristiques des œufs est également observée, en termes de poids et de qualité de la coquille qui varient entre les deux lignées.

ABSTRACT

Variation in energy stores: impact on reproduction and egg characteristics in meat-type strains

Selection of meat-type lines for increased growth and muscle development has been accompanied by significant physiological changes. While considerable gains have been made in production performance, limits appear in terms of product quality and reproduction, questioning the sustainability of meat production. The genetic antagonism between production and reproduction remains a major challenge to maintain the sustainability of selection on meat-type lines. In heavy strains, there is a decrease in muscle energy reserves, as assessed through the Glycolytic Potential. Divergent selection on breast meat ultimate pH from a commercial grandparental female broiler line has originated in two experimental lines: pHu+, presenting the lower energy status, and pHu-, presenting the higher energy status. These two lines constitute valuable genetic materials to address the link between the energy status of the animal, reproduction, egg quality and ultimately chick quality at hatch. Analysis of the 11th generation of selection highlights variation in breeding characteristics to the detriment of pHu+ line, characterized by a first egg delayed, lower egg laying rate and higher percentage of broken eggs. Surprisingly, a change in egg's characteristics is also observed, including weight and eggshell quality, which vary between the two lines.

INTRODUCTION

La sélection des lignées de type chair pour une augmentation de la croissance et du développement musculaire a eu un impact considérable sur la physiologie et le métabolisme des animaux en élevage (Emmerson et al. 1997, Havenstein et al. 2003). Alors que des gains considérables ont été obtenus sur les performances en élevage, des limites apparaissent en termes de qualité des produits mais aussi de reproduction, questionnant la durabilité de la sélection sur des critères de production de viande (Barbato 1999, Petracci et al. 2015). Chez les souches lourdes, on observe de moindres réserves énergétiques musculaires (Berri et al. 2001, Le Bihan-Duval et al. 2008). Ce caractère, héritable, détermine génétiquement le niveau du pH ultime (pHu) de la viande (et donc sa qualité), pour lequel deux lignées divergentes (pHu+ et pHu-) ont été sélectionnées (Alnahhas et al. 2014 et 2015; Beauclercq et al. 2016 et 2017). Initialement étudiées sous l'angle de la qualité de la viande, ces deux lignées constituent un matériel génétique précieux pour aborder le lien entre statut énergétique de l'animal, reproduction, qualité des œufs à couvrir et *in fine* des poussins.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux

L'étude a porté sur des poules reproductrices issues de la 11^{ème} génération de sélection, pour laquelle un différentiel de 0,6 unité pH était observé pour le critère de sélection (pHu du filet mesuré chez le poulet en croissance dans le filet à 6 semaines). Ce dernier était de 5,55 dans la lignée pHu- et de 6,17 dans la lignée pHu+. Quatre-vingts femelles pour chacune des deux lignées ont été placées en bâtiment de reproduction dans un environnement contrôlé de 20 à 40 semaines. Deux inséminations par semaine ont été pratiquées avec 50 µl d'un pool de spermatozoïdes de coqs de lignée pHu+ pour les femelles pHu+ et de coqs pHu- pour les femelles pHu-.

1.2. Collecte et caractérisation des œufs

Les œufs ont été collectés et pesés entre 23 et 39 semaines et les œufs anormaux (doubles, mous ou cassés) ont été enregistrés pendant toute la période. Les œufs ont été pesés. Les caractéristiques des œufs (% de coquille, d'albumen et de vitellus) ont été déterminées sur 20 œufs de poules âgées de 34 à 35 semaines d'âge par lignée.

1.3. Suivi d'incubation et d'éclosion

Les œufs de poules âgées de 34 à 35 semaines d'âge ont été collectés sur deux semaines pour en avoir suffisamment. Plus de 400 œufs ont été mis en incubation pour chaque lignée. La fertilité réelle (nombre d'œufs fertiles sur le nombre d'œufs mis en incubation), la mortalité embryonnaire et le

nombre d'animaux éclos ont été enregistrés. Tous les œufs écartés aux mirages (E7 puis E14) ont été systématiquement ouverts pour évaluer la précocité ou pas de la mort de l'embryon. L'éclosabilité a été calculée par rapport au nombre d'œufs fertiles.

1.4. Qualité des poussins

Les poussins éclos ont été pesés et la qualité des animaux a été qualifiée selon la grille de scores de Tona et al. (2003), complétée par de nouveaux critères de qualité (posture, température et signe de déshydratation). Cette analyse a été réalisée sur 116 poussins éclos de chaque lignée. Le score total correspond à une note sur 120 points au total.

1.5. Analyses statistiques

Les valeurs sont présentées sous forme de moyennes $\pm$ SEM. Les données relatives à l'incubation et à l'éclosion (fertilité, mortalité embryonnaire, éclosion) ont été analysées au moyen de tests de Chi2. Les données de ponte, de caractéristiques des œufs et de score de qualité total des poussins ont été analysés à l'aide du logiciel Statview®, version 5 (SAS Institute, Cary, NC, USA) au moyen d'analyse de variance pour détecter les différences significatives entre les groupes.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances de ponte

Les données collectées entre 23 et 39 semaines d'âge montrent un démarrage de ponte plus tardif pour la lignée pHu+ (Figure 1). Au pic de ponte, à 30 semaines pour les deux lignées, la lignée pHu- présente un taux de ponte plus élevé (80,59% vs 72,36%) et cette différence reste notable sur toute la période étudiée. Des niveaux élevés d'œufs cassés ont été observés, en particulier au cours du premier tiers de la période considérée (Figure 2). A partir de 29 semaines, on observe une différence marquée du pourcentage d'œufs cassés, en défaveur de la lignée pHu+. Le pourcentage d'œufs à jaunes doubles est maximum à 26 semaines d'âge pour les pHu- (3,27%) contre 27 semaines pour les pHu+ (1,69%). Quelle que soit la lignée, ce pourcentage devient inférieur à 1% à partir de 28 semaines d'âge.

2.2. Caractéristiques des œufs

La caractérisation des œufs a permis de mettre en évidence des différences entre lignées (Tableau 1). La sélection divergente sur le pHu de la viande a ainsi conduit à la production d'œufs plus lourds (+6,2%) pour la lignée pHu+. Le pourcentage de coquille des pHu+ tend à être inférieur à celui des pHu-, ce qui suggère une coquille plus fragile pour les pHu+. Ce résultat explique en partie le nombre plus important d'œufs cassés dans la lignée pHu+. La quantité de vitellus et d'albumen est supérieure pour les pHu+, mais la proportion albumen/poids d'œuf et vitellus/poids d'œuf ne diffère pas entre les deux lignées.

2.3. Fertilité et Mortalité embryonnaire

La sélection divergente a également impacté la fertilité des animaux (Tableau 2 ; $P < 0,04$). La lignée pHu+ présente en effet une fertilité de 3,3 % inférieure (davantage d'œufs clairs) à celle des pHu- pour un lot d'œufs issus de poules âgées de 34 à 35 semaines d'âge. Au cours de l'incubation, la mortalité embryonnaire présente deux pics principaux, le premier dans les quatre premiers jours de développement puis un second pic plus tardif entre les jours 18 et 22 de l'incubation. Globalement, elle ne diffère pas entre les deux lignées. Seul les profils de mortalité embryonnaire diffèrent avec plus de mortalités tardives chez les pHu-. L'éclosabilité ne diffère pas entre les pHu+ et pHu-

2.4. Qualité des poussins

Le poids des poussins à l'éclosion est significativement différent entre les deux lignées avec un poids de poussin supérieur chez les pHu+ (41,8g vs 38,7g, $P < 0,0001$). Cette différence de poids perdure après une semaine de démarrage (93,25g vs 89,27g, $P = 0,0005$). Un effet sexe est également noté ($P = 0,03$). La lignée pHu- présente un score global de qualité significativement supérieur à celui des pHu+ ($P = 0,007$, Figure 3). Au cours de la semaine de démarrage (J0 à J7), une mortalité plus importante a été notée dans la lignée pHu+ (14,1% des animaux mis en élevage vs 0,6% chez les pHu).

Il est intéressant de noter que les femelles représentent 10,2% de cette mortalité contre seulement 3,9 % de mâles. Des autopsies ont été réalisées et sont en cours d'analyse. Une caractérisation métabolique fine de ces animaux permettra de mieux comprendre ces différences de développement et de robustesse des animaux.

CONCLUSION

En conclusion, ces premiers résultats suggèrent une altération des performances de reproduction étudiées et des modifications des caractéristiques des œufs en relation avec la diminution des réserves énergétiques associée à la sélection pour une augmentation du pHu. Ces premières observations ouvrent la voie à de futures études de génétique et de nutrition pour évaluer l'apport du statut énergétique en termes d'amélioration des caractères de reproduction et de qualité du poussin dont la dégradation pénalise les filières de type chair. De façon originale, elles suggèrent également la possibilité d'identifier de nouveaux indicateurs ou biomarqueurs du statut énergétique à partir des mesures en lien avec la reproduction et la qualité de l'œuf.

Cette étude a été financée par le CAS DAR et le CIPC (projet 2018-2020 Chick'Tip) et a été réalisée dans le cadre de l'UMT Biologie Intégrative Recherche et Développement (BIRD).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alnahhas N., C. Berri, M. Boulay, E. Baéza, Y. Jégo, Y. Baumard, M. Chabault, Le Bihan-Duval E., 2014. J. Anim. Sci., (92), 3816-3824.
- Alnahhas N., Le Bihan-Duval E, Baéza E, Chabault M, Chartrin P, Bordeau T, Cailleau-Audouin E, Meteau K, Berri C., 2015. J Anim Sci., 93(9):4524-31.
- Barbato G.F., 1999. Poult Sci. 78(3):444-52.
- Beauclercq S., Nadal-Desbarats L, Hennequet-Antier C, Collin A, Tesseraud S, Bourin M, Le Bihan-Duval E, Berri C., 2016. J Proteome Res., 15(4):1168-78.
- Beauclercq S., Hennequet-Antier C, Praud C, Godet E, Collin A, Tesseraud S, Métayer-Coustard S, Bourin M, Moroldo M, Martins F, Lagarrigue S, Bihan-Duval EL, Berri C., 2017. Sci Rep., 7(1):6447.
- C. Berri N., Wacrenier N., Millet E., Le Bihan-Duval E, 2001. Poultry Science, 80 (7), 833-838
- Emmerson, D.A. 1997. Poult Sci., 76(8):1121-5.
- Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Qureshi, M.A., 2003. Poult Sci., 82(10):1500-8.
- Le Bihan-Duval E., Debut M., Berri C., Sellier N., Santé-Lhoutellier V., Jégo Y., Beaumont C., 2008. BMC Genetics, 10 (53), 6 p.
- Petracci, M., Mudalal, A.L., Soglia, F. and Cavani, C., 2015. World's Poultry Science Journal, 71(2), 363-374.
- Tona K., Onagbesan O, De Ketelaere B, Decuyper E, Bruggeman V., 2003. Poult Sci., 82(12), 1974-9.

Tableau 1. Caractéristiques des œufs issus des lignées pHu+ et pHu-

Lignée	Poids des œufs (g)	% de coquille*	% d'albumen*	% de vitellus*
pHu+	63,2 ± 0,3	9 ± 0,1	52,9 ± 0,60	29 ± 0,8
pHu-	59,5 ± 0,3	9,5 ± 0,1	52,4 ± 0,4	29,8 ± 0,4
P Value	$P < 0,0001$	$P = 0,018$	NS	NS

* Les pourcentages de coquille, albumen et vitellus sont rapportés au poids de l'œuf.

Tableau 2. Performances de reproduction des lignées pHu+ et pHu- de 34 à 35 semaines d'âge

Lignée	Fertilité	Morts totaux (%)	Morts précoces (%)	Morts tardifs (%)	Eclosabilité (%)
pHu+	86,4	20,4	62,9	37,1	79,1
pHu-	89,7	23,9	50,5	49,5	76,1
P Value	P = 0,04	NS	NS	P = 0,05	NS

Figure 1. Courbe de ponte des lignées pHu+ et pHu-

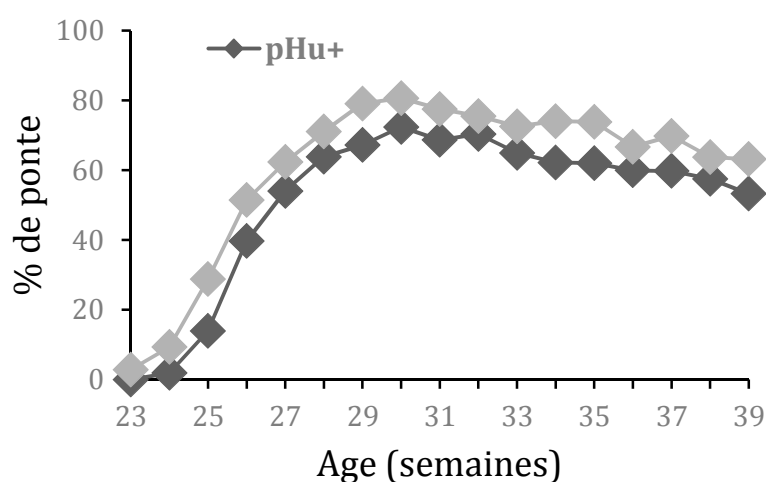


Figure 2. Pourcentage d'œufs cassés sur la période 23-39 semaines d'âge

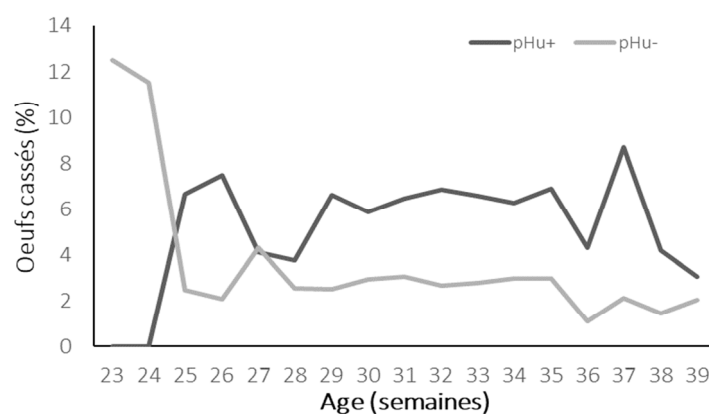


Figure 3. Scores de qualité des poussins à J0 (scores sur 120 points)

