

**IMPACT DE LA SÉLECTION DIVERGENTE POUR LE pH ULTIME DU FILET
SUR LES PERFORMANCES EN ÉLEVAGE ET INTERACTION
AVEC L'ALIMENTATION**

Alnahhas Nabeel¹, Berri Cécile¹, Chabault-Dhuit Marie¹, Bordeau Thierry¹, Bourin Marie², Arnould Cécile³, Le Bihan-Duval Elisabeth¹

¹INRA, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France; ²ITAVI, Centre Val de Loire, F-37380 Nouzilly, France; ³INRA, UMR85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, F-37380 Nouzilly, France, UMR 6175, CNRS, Nouzilly, France, Université de Tours, Tours, France, IFCE, Nouzilly, France

Nabeel.Alnahhas@tours.inra.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de l'étude était d'évaluer les conséquences d'une sélection sur le pH ultime et la qualité du filet sur les performances en élevage des animaux. Nous nous sommes basés sur un dispositif expérimental factoriel qui nous a permis de déterminer les performances d'élevage et la qualité des produits dans des conditions d'alimentation standard (3150 kCal/kg, 20% MAT, 1% Lys) mais aussi la réponse des deux lignées (pHu+ et pHu-) à un régime carencé en acides aminés (-30% de Lys et un ratio autres acides aminés/Lys supérieur de 10%). Nous avons confirmé l'effet très important de la sélection sur plusieurs paramètres de qualité, le filet des animaux pHu+ étant beaucoup moins pâle, exsudatif et plus apte à la transformation que celui des animaux pHu-. En revanche, la sélection n'a pas affecté les performances en élevage (poids vif et indice de consommation), même si la qualité des aplombs (mesurées au travers du Gait Score) des poulets pHu+ est apparue moins bonne que celle des pHu- dans les conditions d'alimentation favorisant la croissance (régime équilibré). Face à une carence en acides aminés, les animaux des deux lignées ont réduit de façon similaire leur croissance avec des effets notables sur la composition corporelle, notamment une réduction des rendements en filet et une augmentation de l'engraissement abdominal. Le régime carencé en acides aminés a également eu un effet sur la qualité du filet via une diminution modérée du pH ultime qui a conduit, quelle que soit la lignée, à la production de viande de moindre qualité technologique et sensorielle. En conclusion, notre étude montre qu'il est possible de sélectionner la qualité de la viande sans affecter les performances en élevage des poulets. Elle confirme par ailleurs l'impact potentiel de l'alimentation finition sur le pH ultime et la qualité du filet, et ce quelles que soient les caractéristiques musculaires de l'animal. Enfin, cette étude montre des effets cumulatifs de la sélection et de l'alimentation, dont l'impact peut être majeur sur la qualité des viandes.

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the impact of a divergent selection based on ultimate pH of breast muscle on birds' live performances. Live performances and meat quality were measured in a 2x2 factorial design crossing the two divergent lines (pHu+, pHu-) with two different diets: a standard one (3150kCal/kg, 20% CP and 1% Lys) and an experimental one (-30% of Lys and +10% of AA/Lys ratio). The results confirmed the highly significant effect of selection on several quality parameters. Compared to the pHu- line, the fillets of the pHu+ line were less pale, less exudative and exhibited higher yield after transformation. On the contrary, the selection had no effect on birds' live performances (BW and FCR). On the standard diet, which allows for higher growth rate, the pHu+ line was more affected by walking troubles as measured by the gait score test. In fact, birds of this line had higher frequency of severe score and lower frequency of moderate score than the pHu- line. In contrast, on the experimental diet, both lines had similar frequencies of moderate and severe scores which could be attributed to the reduced BW and muscle growth observed on this diet. Reducing the dietary Lys level has also led to a moderate reduction in the pH of breast fillets and consequently led to a breast meat of lower technological and sensorial qualities in both lines. In conclusion, genetic selection for better meat quality didn't affect birds' performances. In addition, diets characteristics during the finishing period have a potentially important impact on the ultimate pH and the quality of breast fillets despite the differences in muscle characteristics between lines. Finally, it seems that the combined effect of selection and diet on meat quality traits is cumulative in absence of significant interactions for these traits.

INTRODUCTION

La viande de volailles est de moins en moins consommée sous forme de carcasse entière au profit des découpes fraîches et des produits élaborés. Ces évolutions renforcent les attentes de la filière en termes de rendement mais aussi de qualité technologique de la viande. Récemment a été développé un modèle de lignées divergentes de poulet sur le pH ultime du filet, qui présentent des caractéristiques sensorielles et technologiques extrêmement différentes (Alnahhas et al., 2014). Par ailleurs, les acides aminés, et en particulier la lysine, qui ont un rôle majeur sur la croissance et la composition corporelle, affectent la qualité technologique de la viande (Berri et al., 2008 ; Guardia et al., 2014). L'objectif de cette étude était d'évaluer les réponses corrélées à la sélection sur le pH ultime en termes de performances d'élevage mais aussi l'interaction avec l'alimentation entre des régimes équilibrés ou déficitaires en acides aminés.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1 Animaux

Les animaux (n = 480) étaient issus de deux lignées de poulet standard sélectionnées de manière divergente pour le pH ultime (pHu) du filet (Alnahhas et al., 2014). Les animaux ont été élevés à l'unité expérimentale PEAT (INRA Val de Loire) dans des conditions standards. Les poulets de chaque lignée ont été aléatoirement alloués à un des traitements dans le cadre d'un dispositif expérimental factoriel croisant la lignée génétique (pHu+, pHu-) et le régime alimentaire (témoin, expérimental), à raison de 6 répétitions de 20 animaux (10 mâles et 10 femelles) par traitement.

1.2 Régime alimentaire

Les poulets ont reçu entre 0 et 4 semaines le même aliment démarrage et croissance (Tableau 1). A 4 semaines, la moitié des animaux de chaque lignée a continué à recevoir l'aliment croissance témoin (TEM) alors que l'autre moitié a reçu l'aliment expérimental (EXP). Par rapport au témoin, l'aliment EXP était caractérisé par une teneur en Lys 30% inférieure et un ratio autres acides aminés digestibles/Lys 10% supérieur. Les animaux étaient nourris *ad libitum* sur toute la période d'élevage.

1.3 Performances en élevage

Les animaux ont été pesés individuellement à l'âge de 3, 4 et 6 semaines. La consommation alimentaire et l'indice de consommation (IC) par parquet ont été évalués sur 3 périodes : 0-3, 3-4 et 4-6 semaines.

1.4 Activité générale

L'activité des animaux a été évaluée par scan sampling à 10 reprises au cours de la période d'élevage. L'activité des animaux du parquet a été classée en 5 catégories (marche, mange, boit, est couché ou est debout) et exprimée en pourcentage du total des animaux présents. L'activité physique correspond à la proportion d'animaux en train de marcher ou étant debout. La qualité des aplombs a également été évaluée par le test du Gait Score (Kestin et al., 1992), réalisé à 31 et 42 jours sur 2 animaux par parquet. Une augmentation de ce score traduit une dégradation de la marche.

1.5 Composition corporelle et qualité de la viande

A l'âge de 6 semaines, 6 mâles et 6 femelles par parquet (au total 288 animaux) ont été aléatoirement choisis pour être abattus à l'abattoir expérimental de PEAT. Après électronarcose, les poulets ont été saignés, échaudés, plumés et effilés. Après un ressuage de 24h à 2°C, les carcasses ont été découpées pour évaluer les rendements en filets et en cuisses et l'engraissement abdominal. Le niveau de qualité du filet a été estimé en mesurant le pH ultime (pHu) et la couleur (L*, a*, b*) 24h post-mortem, l'exsudat après 5 jours de conservation, la perte après cuisson, la résistance au cisaillement de la viande cuite et le rendement technologique après saumurage-cuisson. Les mesures de qualité mises en œuvre dans notre étude sont décrites dans Chabault et al. (2012) et Alnahhas et al. (2014).

1.6 Analyses statistiques

Deux modèles d'analyse de variance, sans interaction avant 4 semaines et avec interaction après 4 semaines, ont été utilisés pour évaluer les effets de la lignée et de l'alimentation. La procédure GLM du logiciel SAS (SAS Inst. Inc. Cary, NC) avec l'option Lsmmeans a été utilisée pour comparer les moyennes deux à deux selon la méthode de Tukey. Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour l'analyse des données non-paramétriques d'activité physique et de Gait Score.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1 Performances en élevage

Nous n'avons pas observé d'effet de la lignée sur l'indice de consommation (par période ou global) ni le poids vif (PV) des animaux à 3 et 4 semaines (Tableau 2). A l'abattage, les animaux pHu+ avaient un PV légèrement supérieur (+60g, P = 0,06) à ceux de la lignée pHu-.

Le régime alimentaire a affecté largement le PV à l'abattage des animaux. Il était supérieur (+165g, P < 0,0001) avec le régime TEM par rapport au régime EXP. Les poulets EXP avaient aussi tendance à avoir

un indice de consommation (IC) entre 4 et 6 semaines plus élevé (+10,7%, $P = 0,09$) que celui des animaux TEM. Ces résultats sont en accord avec les relations positive et négative qui existent entre Lys et PV et Lys et IC, respectivement (Mack et al., 1999; Lessire et al., 2013).

Dans cette étude, aucune interaction significative n'a été observée entre la lignée et le régime sur le PV à l'abattage ni sur l'IC entre 4 et 6 semaines.

2.2 Composition de la carcasse

Comme cela a déjà pu être observé (Alnahhas et al., 2014), les rendements en viande (filets et cuisses) étaient plus élevés (+2,6%, $P < 0,01$) chez les pHu+ comparés aux pHu- (Tableau 2).

Le régime a un effet très significatif ($P < 0,0001$) sur le rendement en filets, qui est inférieur de 11% chez les animaux EXP par rapport aux TEM. Les poulets EXP sont aussi plus gras au niveau abdominal (+21%, $P < 0,0001$) que les TEM. Le régime explique 28,3% et 18,9% respectivement de la variance phénotypique du rendement en filets et de la proportion de gras abdominal alors que la lignée ne compte que pour 2,4% et 0,2% de leurs variances respectives. Ces résultats sont cohérents avec la littérature qui a décrit l'impact négatif d'une baisse des apports en lysine sur la croissance des filets (Tesseraud et al., 1996; Sterling et al., 2006) et positif sur l'engraissement abdominal (Berri et al., 2008).

Nous n'avons pas observé d'interaction entre la lignée et le régime sur les caractères de composition corporelle. Seul le pourcentage de gras abdominal apparaissait supérieur chez les pHu+ (1,96% vs 1,84%) alors qu'il était inférieur chez les pHu- (2,26% vs 2,32%) nourris avec le régime EXP par rapport à leur groupe TEM respectif (lignée \times régime, $P = 0,06$).

2.3 Activité physique

L'activité physique des animaux n'était affectée ni par la lignée ni par le régime. En revanche, l'âge est apparu comme un facteur majeur dans le déterminisme de ce critère. En effet, l'activité physique est stable jusqu'à l'âge de 27 jours puis elle diminue sensiblement (Figure 1). Il existe une interaction entre la lignée et le régime ($P = 0,04$) sur le Gait Score à 42 jours. Dans le cas du régime EXP, les deux lignées avaient des fréquences similaires de scores modérés et sévères (18,2 et 17,7%, et 6,8 et 7,3% chez les pHu+ et pHu-, respectivement). En revanche, dans le cas du régime TEM qui produit des animaux plus lourds, les pHu+ avaient une fréquence de scores modérés plus faible (12,0 vs 17,2%) et une fréquence de scores sévères plus élevée (13,0 vs 7,8%) que celles des pHu- (Figure 2). Les résultats suggèrent donc que dans des conditions alimentaires favorisant la croissance et le rendement en filet (cas du régime TEM), de plus faibles teneurs musculaires

en glycogène (cas des pHu+) pourraient affecter la capacité des animaux à faire face à un exercice physique tel que pratiqué dans le test du Gait Score (marche forcée).

2.4 Qualité de la viande

A l'exception des pertes en jus après cuisson, tous les caractères de qualité mesurés étaient très significativement influencés par la lignée. Ainsi, du fait d'écart de pHu très élevés entre les lignées (0,38 unités pH au niveau du filet et 0,25 au niveau de la cuisse), les animaux pHu- étaient caractérisés par des filets beaucoup plus pâles (+4,4 de L*, $P < 0,0001$), plus durs après cuisson (+4,35 N, $P < 0,0001$) et moins aptes à la transformation par saumurage-cuisson, avec des rendements technologiques nettement plus faibles (-6 points, $P < 0,0001$) que ceux de la lignée pHu+.

Le pHu du filet, mais pas celui de la cuisse, était aussi influencé par le régime ($P < 0,0001$), même si les écarts entre régimes étaient beaucoup plus faibles qu'entre les lignées (-0,09 unités pH chez les EXP par rapport aux TEM). En lien avec ce différentiel, le filet des poulets EXP était légèrement plus pâle (+1 point de L*, $P = 0,005$), plus dur après cuisson (+1,7 N) et présentait 2 points de rendement technologique en moins ($P < 0,03$) que celui des TEM. Ce résultat est en accord avec ceux de Berri et al. (2013) et de Guardia et al. (2014) qui ont mis en évidence, qu'au-delà de la quantité de protéines, le profil en acides aminés du régime pouvait impacter le pH ultime de la viande et certains caractères associés (couleur, exsudat). Ainsi, un apport faible en Lys (0,7%) conjugué à un apport excédentaire en acides aminés (+10%/Lys) favorise la production de viandes plus acides que dans le cas d'un régime équilibré en acides aminés. Connaissant le lien extrêmement étroit qui existe entre pH ultime et glycogène, il est probable que les changements de pH induits par les variations d'apport en acides aminés passent par une modulation des réserves énergétiques du muscle. Par rapport aux poulets TEM, les poulets EXP, soumis à une carence en Lys et proportionnellement une disponibilité accrue des autres acides aminés digestibles, utiliseraient une partie plus importante de leurs nutriments à des fins de stockage énergétique, y compris sous forme de glycogène musculaire, expliquant ainsi la diminution de pH observé. Il est à noter que l'effet du régime sur le pHu de la viande n'est vrai qu'au niveau du filet et n'est pas influencé par l'origine génétique des animaux qui ont des teneurs en glycogène musculaire qui diffèrent d'environ 20% entre les deux lignées (Alnahhas et al., 2014).

3. CONCLUSIONS

Nos résultats indiquent que la sélection sur le pHu du filet n'a pas eu de conséquences sur les performances

en élevage des animaux. Cependant, un lien entre la teneur en glycogène musculaire, en interaction avec la croissance corporelle, et la qualité de la marche est suggéré. Face à une carence en acides aminés sur la période de finition, les animaux des deux lignées réagissent de la même façon. Ils ont une croissance ralentie et présentent un rendement en filets plus faible et un engraissement plus prononcé. Au niveau du filet, la carence en protéines affecte aussi le pH ultime et les caractères de qualité technologiques et sensoriels associés de façon similaire dans les deux lignées. Dans les conditions de notre étude, l'impact de la génétique est très supérieur par rapport à l'alimentation sur les critères de qualité de la viande. En absence d'interaction, leurs effets respectifs sur les performances d'élevage et la qualité des viandes sont additifs. Par simple calcul, il serait donc possible de prédire l'impact de différentes pratiques de sélection

et alimentaires sur ces paramètres, comme par exemple, l'élevage de poulets issus de la lignée pHu+ (+6%) nourris avec un l'aliment équilibré (+2%) qui permet un gain de 8% du rendement technologique comparé à l'élevage de poulets pHu- nourris avec le régime carencé en acides aminés.

4. REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble du personnel de l'unité expérimentale PEAT pour la production et l'abattage des animaux et de l'URA pour les prises de mesures de découpe et de qualité des viandes. Nous remercions le SYSAAF pour son appui à la sélection des deux lignées. Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'UMT BIRD, grâce à un financement CASDAR (N°AAPIT0906, INNOVOL).

REFERENCES

1. Alnahhas N., Berri C., Boulay M., Baéza E., Jégo Y., Baumard Y., Chabaul M., Le Bihan-Duval E., 2014. J. Anim. Sci., 92 (9): 3816-3824.
2. Berri C., Besnard J., Relandeau C., 2008. Poultry Science 87:480-484.
3. Berri C., Hallouis J.M., Bordeau T., Primot Y., Corrent E., Tesseraud S., Lessire M., 2013. 10^{èmes} Journées de la Recherche Avicole, La Rochelle, 2013/26-28/03/441-444.
4. Chabault, M., Baéza E., Gigaud V., Chartrin P., Chapuis H., Boulay M., Arnould C., D'Abbadie F., Berri C., Le Bihan-Duval E., 2012. BMC Genet. (13) 90.
5. Guardia, S., Lessire, M., Corniaux, A., Métayer-Constard, S., Mercierand, F., Tesseraud, S., Bouvarel, I., Berri, C. 2014. Poult. Sci. 93 :1-10.
6. Kestin S. C., Knowles T. G., Tinch A. E., Gregory N. G., 1992. Vet. Rec. 131:190-194.
7. Lessire M., Primot Y., Hallouis L.M., Tesseraud S, Berri C., 2013. 10^{èmes} Journées de Recherche Avicole, La Rochelle, 2013/26-28/03/26-28.
8. Mack S., Bercovici D., De Groote G., Leclercq B., Lippens M., Pack M., Scutte J.B., Van Cauwenberghe S., 1999. Br. Poult. Sci. (40) 257-265.
9. Sterling K. G., Pesti G. M., Bakalli R. I., 2006. Poultry Science 85(6): 1045-1054.
10. Tesseraud S., Peresson R., Lopes J., 1996. British Journal of Nutrition 75 (6): 853-865.

Tableau 1. Caractéristiques des régimes alimentaires.

Aliments	EMA, kCal/kg	Total N, %	Teneurs en acides aminés ¹ , %							
			Lys	Met	Met + Cys	Trp	Thr	Leu	Val	Arg
Démarrage	2993	21,75	1,16	0,46	0,82	0,25	0,81	-	-	-
Croissance Témoin	3153	20,10	1,02	0,41	0,70	0,21	0,65	1,60	0,83	1,12
Croissance Expérimental	3150	16,27	0,70	0,28	0,53	0,17	0,52	1,30	0,67	0,90

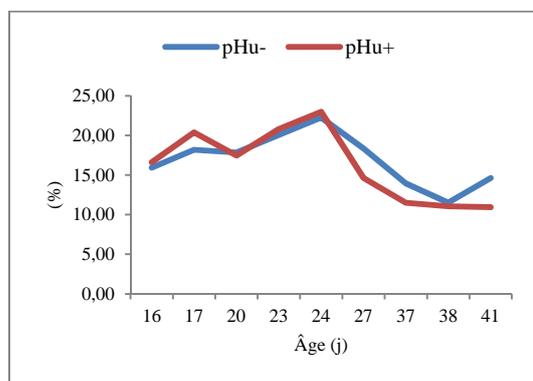
¹Les teneurs en acides aminés sont exprimées en valeurs digestibles.

Tableau 2. Effet de la lignée et du régime distribué en finition sur la croissance, la composition corporelle et la qualité de viande de poulet

Caractères	Âge (j)	n	Effet lignée			Effet régime		
			pHu+	pHu-	P-value	Témoin	Expérimental	P-value
Poids vif, g	21	427	754 ± 8	764 ± 8	0,380	-	-	-
	28	423	1342 ± 12	1343 ± 12	0,920	-	-	-
	43	404	2652 ± 23	2591 ± 23	0,061	2704 ± 23	2539 ± 23	<,0001
Indice de consommation	0-21	24	1,37 ± 0,01	1,34 ± 0,01	0,200	-	-	-
	22-28	24	1,48 ± 0,01	1,50 ± 0,01	0,320	-	-	-
	29-43	24	1,96 ± 0,09	2,10 ± 0,09	0,280	1,91 ± 0,09	2,14 ± 0,09	0,090
Rendements, % poids vif								
Filets	-	284	19,3 ± 0,13	18,8 ± 0,13	0,010	20,0 ± 0,13	18,0 ± 0,13	<,0001
Gras abdominal	-	282	2,1 ± 0,03	2,0 ± 0,03	0,510	1,9 ± 0,03	2,3 ± 0,03	<,0001
Cuisse	-	284	23,3 ± 0,08	22,7 ± 0,08	<,0001	23,01 ± 0,08	23,08 ± 0,08	0,570
pHu (filet)	-	285	6,05 ± 0,01	5,67 ± 0,01	<,0001	5,90 ± 0,01	5,81 ± 0,01	<,0001
pHu (cuisse)	-	283	6,58 ± 0,01	6,33 ± 0,01	<,0001	6,45 ± 0,01	6,46 ± 0,01	0,387
Paramètres de couleur								
Luminance L*	-	285	48,9 ± 0,21	53,4 ± 0,21	<,0001	50,7 ± 0,21	51,6 ± 0,21	0,005
Indice de rouge a*	-	258	-0,1 ± 0,05	0,6 ± 0,04	<,0001	0,2 ± 0,05	0,3 ± 0,05	0,062
Indice de jaune b*	-	285	11,7 ± 0,09	13,2 ± 0,09	<,0001	12,2 ± 0,09	12,7 ± 0,09	<,0001
Perte cuisson, %	-	115	12,6 ± 0,31	13,2 ± 0,32	0,180	12,6 ± 0,31	13,2 ± 0,32	0,203
Dureté, N/cm ²	-	116	12,5 ± 0,33	16,9 ± 0,34	<,0001	13,8 ± 0,34	15,5 ± 0,33	0,001
Rendement technologique, %	-	72	81,9 ± 0,57	75,9 ± 0,64	<,0001	79,9 ± 0,60	77,9 ± 0,60	0,029

¹Dureté : Force maximale de résistance au cisaillement.

²Rendement de transformation après saumurage-cuisson.

Figure 1. Effet de l'âge sur l'activité physique des deux lignées (pHu+, pHu-).**Figure 2.** Effet de l'interaction entre lignée et régime sur le Gait score à 42j.