

POSSIBILITES DE DIMINUTION DES REJETS CHEZ LES POULETS PAR LA SELECTION GENETIQUE

**de Verdal Hugues¹, Narcy Agnès¹, Chapuis Hervé², Bastianelli Denis³, Mème Nathalie¹,
Le Bihan-Duval Elisabeth¹, Mignon-Grasteau Sandrine¹**

¹*INRA UR83 Recherches Avicoles – 37380 NOUZILLY,*

²*SYSAAF - 37380 NOUZILLY*

³*CIRAD, Systèmes d'élevage - 34398 MONTPELLIER Cedex 05*
sandrine.grasteau@tours.inra.fr

RÉSUMÉ

La production avicole est critiquée pour son impact négatif sur l'environnement, dû aux fortes concentrations d'élevages dans certaines régions très ciblées comme la Bretagne. Il est donc important de trouver les moyens de diminuer les quantités de rejets excrétés par les poulets par l'amélioration des pratiques d'élevage, mais aussi par la voie génétique. Dans ce but, les paramètres génétiques de caractères liés aux rejets et aux performances ont été estimés chez 2 lignées de poulets sélectionnés de façon divergente sur le critère d'EMAn (Energie métabolisable apparente corrigée pour un bilan azoté nul). Au total, 630 poulets ont été élevés pendant 23 jours, et des mesures d'indice de consommation (IC), d'EMAn, de poids total de fientes sèches brut (PFS) ou rapporté à la consommation alimentaire (PFS:CA), de teneur en humidité des fientes (HUM), de quantité d'azote et de phosphore excrétés rapportée à la consommation alimentaire (NE:CA, PE:CA) ainsi que le ratio de l'azote excrété sur le phosphore excrété (NE:PE) ont été réalisées. Les héritabilités estimées sont toutes modérées à fortes, de 0.19 pour NE:PE, 0.24 à 0.26 pour HUM, NE:CA et PE:CA, 0.31 pour PFS:CA et 0.46 pour PFS. Les corrélations génétiques entre les caractères liés à l'excrétion et EMAn, PFS:CA ou IC sont très proches (avec des variations comprises entre 0.03 et 0.11), excepté pour HUM (-0.51 avec IC, 0.11 avec EMAn, -0.17 avec PFS:CA), NE:PE (0.73 avec IC, -0.45 avec EMAn, 0.45 avec PFS:CA), et PE:CA (0.24 avec IC et -0.49 avec EMAn, 0.51 avec PFS:CA). Ces résultats montrent que sélectionner sur IC, EMAn ou PFS:CA pourrait améliorer les quantités et la qualité des fientes excrétées par les poulets. De plus, pour EMAn et PFS:CA, cela n'affecterait pas les performances de croissance. Sélectionner sur EMAn ou PFS:CA apporterait une réponse attendue à la sélection sur les critères d'excrétion de 30 à 156% plus élevée qu'une sélection sur IC.

ABSTRACT

Genetic selection in view of limiting excretion in chickens

Poultry production has been widely criticized for its negative impact on the environment, mainly due to the high concentration of poultry farms in several regions as Brittany. It is therefore important to find ways to decrease chicken's excretion, through improvement of rearing conditions or through genetics. To determine which selection criterion would improve excretion traits, genetic parameters of performance and excretion traits have been estimated in 2 lines divergently selected on the EMAn criterion (Apparent metabolisable energy corrected for zero nitrogen). A total of 630 chickens were reared for 23 days and measured for their feed conversion ratio (IC), EMAn, dry excreta weight (PFS) or dry excreta weight relative to feed intake (PFS:CA), excreta water content (HUM), phosphorus and nitrogen excretion content relative to feed intake (PE:CA and NE:CA), and ratio of nitrogen to phosphorus content of excreta (NE:PE). Estimated heritabilities were moderate to high for excretion traits (i.e., 0.19 for NE:PE, 0.24 to 0.26 for HUM, NE:CA, and PE:CA, 0.31 for PFS:CA and 0.46 for PFS). Genetic correlations between excretion traits and EMAn, PFS:CA or IC were rather close (with variations ranging from 0.03 to 0.11), except for the HUM (-0.51 with IC, 0.11 with EMAn, -0.17 with PFS:CA), the NE:PE (0.73 with IC, -0.45 with EMAn, 0.45 with PFS:CA) and PE:CA (0.24 with IC, -0.49 with EMAn, 0.51 with PFS:CA). These results showed that select on the EMAn, IC or PFS:CA would improve the quantity and the quality of excreta of chickens. Moreover, for EMAn and PFS:CA, this will not affect the growth performances. Furthermore, selecting on EMAn or PFS:CA would lead to a 30 to 156 % greater expected response to selection on excretion traits than selecting on IC.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, la production avicole est critiquée pour son impact négatif sur l'environnement, principalement dû à la forte concentration d'élevages dans certaines régions comme la Bretagne. La production de viande de poulet estimée en France en 2005 à 2.00 millions de tonnes, génère une quantité de fèces estimée à 2.97 millions de tonnes de fumier et 6.02 millions de tonnes d'excréta et de lisier (CORPEN, 2006). Ce problème a conduit à la définition de normes françaises et européennes, comme la directive azote (91/676/CEE) limitant la quantité d'azote que l'on peut épandre sur les terres agricoles à 170 kg. ha⁻¹. Les limites qui tendent à se mettre en place sont encore plus drastiques pour le phosphore (100 kg. ha⁻¹). Si l'optimisation des formulations des aliments peut être un moyen possible pour limiter les rejets, une voie complémentaire pourrait être l'approche génétique. La diminution des rejets et l'amélioration de l'efficacité digestive semblent par ailleurs étroitement liées. Il a longtemps été admis que la capacité des poulets à digérer leur aliment n'était pas contrôlée par la génétique (Pym, 1990), même si plusieurs études ont noté une forte variabilité individuelle sur ces caractères (Maisonnier et al., 2001). En utilisant un aliment à base de blé (55% de l'aliment), Mignon-Grasteau et al. (2004) ont montré que la digestibilité de l'énergie, des lipides, des protéines et de l'amidon était fortement héritable (0.36, 0.47, 0.33 et 0.37, respectivement). A partir de ces résultats, une expérience de sélection divergente utilisant comme critère de sélection l'énergie métabolique apparente corrigée pour un bilan azoté nul (EMAn) a été mise en place. Après 6 générations de sélection divergente, l'EMAn était 42.2% supérieure pour la lignée à forte digestibilité (lignée D+) comparée à celle à faible digestibilité (lignée D-, Carré et al., 2005). La digestibilité de l'amidon, des protéines et des lipides a également été améliorée chez les D+ par rapport aux D- (+35%, +8% et +17%, respectivement, Carré et al., 2007). Plus récemment, de Verdal et al. (2010) ont montré que les animaux D+ produisaient significativement plus de deux fois moins de rejets que les D- sur la durée totale de l'élevage.

L'intérêt de cette étude était de compléter ces données phénotypiques par une estimation des paramètres génétiques des caractères liés aux rejets dans ces 2 lignées. Le but était de trouver un critère de sélection pertinent sur les rejets en vue de réduire l'impact environnemental de la production avicole.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux

Un total de 630 poulets D+ et D- issus de 46 pères et 128 mères de la 9^{ème} génération de sélection ont été élevés en 3 séries différentes. A l'éclosion, les animaux ont été placés en cages par 4 ou 5. Après 3 jours, les poulets ont été répartis aléatoirement dans des cages individuelles situées dans 3 cellules d'élevage différentes. Les conditions environnementales telles que la ventilation, le programme lumineux (24L : 0D de 1 à 7 jours puis 23L : 1D de 8 à 23 jours) et la température (de 33°C à 1 jour à 22°C à 23 jours) ont été contrôlées. Les animaux avaient libre accès à l'aliment et à l'eau, et étaient nourris avec un régime à base de blé similaire à celui utilisé lors de la sélection (55% de blé Rialto, Mignon-Grasteau *et al.*, 2004).

1.2. Mesures

Tous les animaux ont été pesés individuellement à 17 et 23 jours (BW23) d'âge. La consommation alimentaire (CA) a été mesurée entre 17 et 23 jours, et l'indice de consommation (IC) a été calculé. La totalité des fientes a été collectée entre 17 et 23 jours en utilisant la méthode de collecte totale d'excréta (Bourdillon et al., 1990), lyophilisée, séchée puis pesée (PFS). L'EMAn ainsi que l'excrétion d'azote et de phosphore (NE et PE) ont été mesurées individuellement entre 17 et 23 jours et le ratio NE sur PE a été calculé. L'EMAn et la concentration d'azote des fientes sèches ont été mesurées chez tous les animaux par spectrophotométrie à infrarouge (SPIR, Bastianelli et al., 2010). La concentration de phosphore dans les fientes a été mesurée par analyse colorimétrique. Les ratios PFS:CA, NE:CA et PE:CA ont été calculés. Le taux d'humidité des fientes (HUM) a été calculé comme la différence entre le poids frais et le poids sec des fientes, rapporté au poids frais des fientes.

1.3. Analyses statistiques

La procédure GLM (SAS Institute, 1999) a été utilisée pour estimer les effets de la lignée et identifier les effets fixes (sexe, série, cellule et rangée) significatifs à inclure pour les analyses génétiques. Les paramètres génétiques ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance en utilisant le logiciel WOMBAT (Meyer, 2007).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les statistiques élémentaires sont présentées dans le tableau 1. Quel que soit le caractère considéré, les deux lignées divergentes sont significativement

différentes. Le critère de sélection, EMAN, est 33,5% plus élevé chez les D+ que chez les D-, alors que leur consommation alimentaire (CA) est 21% plus faible. Par conséquent, IC est 58,1% plus faible chez les D+ que chez les D-. Les D- produisent plus du double de rejets que les D+ en quantité brute, et près de 1,7 fois plus lorsque l'on corrige pour la consommation alimentaire. La différence entre lignées est plus marquée pour NE:CA (+53,4% chez les D-) que pour PE:CA (+21,3% chez les D-). Ce déséquilibre entre l'excrétion d'azote et de phosphore induit une différence plus faible pour le ratio NE:PE (+25,5% chez les D-) que pour le ratio NE:CA. Ce ratio NE:PE est important à prendre en compte pour calculer les quantités d'azote et de phosphore que l'on peut épandre sur les terres agricoles. En considérant le fait que 50% de l'azote est perdu sous forme gazeuse avant l'épandage, le ratio de 3,46 pour les D+ devient alors très proche de la norme réglementaire, alors que chez les D-, le ratio correspond à un épandage de 22% d'azote en excès par rapport au phosphore. Finalement, le taux d'humidité des fientes est 7,6% plus élevé chez les D+ que chez les D-, bien que les D- excrètent 54% plus d'eau en quantité brute que les D+, en raison de leur consommation alimentaire plus élevée. Cette différence d'excrétion d'eau pourrait modifier l'évolution des rejets avant épandage mais aussi avoir un impact sur la qualité des litières, et par conséquent, sur le bien-être des animaux.

Les estimations des paramètres génétiques sont présentées dans le tableau 2. BW23, IC et EMAN sont modérément à fortement héréditaires (de 0,21 à 0,65), ce qui est en accord avec les résultats des études précédentes sur ces deux lignées (0,55 à 0,59 pour BW23, 0,27 à 0,32 pour IC et 0,36 pour EMAN, Mignon-Grasteau et al., 2004).

A notre connaissance, aucune étude n'a encore estimé les paramètres génétiques des caractères liés aux rejets. Les estimations d'héritabilités sont fortes pour PFS et PFS:CA (0,46 et 0,31, respectivement) et modérées pour HUM, NE:PE, NE:CA et PE:CA (comprises entre 0,19 et 0,26). Les écarts types des héritabilités varient entre 0,07 et 0,16, ceux des corrélations génétiques entre 0,01 et 0,29. Ces écart-types sont relativement élevés, en partie à cause de l'effectif d'animaux de notre expérience, mais également à cause du logiciel utilisé, WOMBAT, qui contrairement à d'autres logiciels tels que VCE, fournit des écart-types non asymptotiques. Les estimations de paramètres génétiques obtenues avec ces deux logiciels sont néanmoins très proches.

Si PFS et PFS:CA sont positivement corrélés avec NE:CA et PE:CA, la corrélation est plus forte pour

l'azote que pour le phosphore. Ceci est cohérent avec les différences entre D+ et D-, plus importantes pour NE que pour PE.

EMAN est fortement corrélée avec PFS, PFS:CA et NE:CA, et dans une moindre mesure avec PE:CA. Selon ces estimations, sélectionner sur le critère d'EMAN pourrait réduire les quantités de rejets produits par les poulets. Une telle sélection pourrait aussi modifier le ratio NE:PE en diminuant plus fortement l'excrétion d'azote que celle de phosphore.

Nos résultats permettent de comparer les réponses attendues à la sélection sur IC, sur EMAN et sur les caractères de rejets. Les excréments d'azote et de phosphore pourraient être diminués par la réduction d'IC aussi bien que par l'augmentation d'EMAN.

Cependant, la sélection sur EMAN conduirait à une réponse plus importante que la sélection sur IC, de 31% pour l'excrétion d'azote et de 156% pour l'excrétion de phosphore. Cela dit, la sélection sur EMAN conduirait à une réponse moins favorable pour le ratio NE:PE que la sélection sur IC et ainsi à un moins bon équilibre entre les excréments d'azote et de phosphore.

Contrairement à la sélection sur EMAN, la sélection sur IC pourrait augmenter la teneur en eau des fientes, au détriment du bien-être animal par l'impact sur la qualité des litières. Cela dit, il serait intéressant d'estimer les corrélations avec les quantités brutes d'eau excrétée, qui sont plus directement liées à la qualité des litières que la teneur en eau des fientes.

Enfin, PFS:CA est aussi héréditaire que EMAN et présente des corrélations très similaires avec les caractères d'excrétion. Ainsi, sélectionner sur EMAN ou sur PFS:CA donnerait les mêmes réponses au niveau de la réduction des rejets et pourrait être une alternative intéressante à mettre en œuvre par les sélectionneurs.

CONCLUSION

Avec un régime à base de blé, les corrélations génétiques entre EMAN et les caractères liés aux rejets indiquent que sélectionner sur EMAN pourrait réduire les quantités de rejets produites par les poulets, sans altérer le poids des animaux. Dans nos conditions d'étude, sélectionner sur l'EMAN ou sur PFS:CA semble équivalent quant à l'impact environnemental de la production avicole.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bastianelli, D., Bonnal, L., Juin, H., Mignon-Grasteau, S., Davrieux, F., Carré, B., 2010. *J. Near Infra. Spe.*, (18), 69-77
- Bourdillon, A., Carré, B., Conan, L., Duperray, J., Huyghebaert, G. Leclercq, B., Lessire, M., McNab, J., Wiseman, J., 1990. *Br. Poult. Sci.*, (31), 557-565
- Carré, B., Muley, N., Gomez, J., Oury, F.X., Laffitte, E., Guillou, D., Signoret, C., 2005. *Br. Poult. Sci.*, (46), 66-74
- Carré B., Mignon-Grasteau, S., Péron, A., Juin, H., Bastianelli, D., 2007. *World's Poult. Sci. J.*, (63), 585-596
- COPREN, 2006. Ministère de l'agriculture.
- de Verdal, H., Narcy, A., Le Bihan-Duval, E., Mignon-Grasteau, S., 2010. 13th Eur. Poult. Conf., pp223
- Maisonnier, S., Gomez, J., Carré, B., 2001. *Br. Poult. Sci.*, (42), 102-110
- Meyer, K., 2007. *J. Zhejiang Univ. – Sci. B*, (8), 815-821
- Mignon-Grasteau, S., Muley, N., Bastianelli, D., Gomez, J., Péron, A., Sellier, N., Millet, N., Besnard, J., Hallouis, J.M., Carré, B., 2004. *Poult. Sci.*, (83), 860-867
- Pym, R.A.E., 1990. *In Poultry Breeding and Genetics*. Ed R.D. Crawford, Amsterdam, pp847-876
- SAS Institute, 1999. Version 6, 4th ed. SAS Institute Inc. Cary, NC

Tableau 1. Moyenne des moindres carrés (\pm erreur standard) des variables mesurées sur les deux lignées divergentes

Trait ¹	n	D+	D-	Effet lignée ²
BW23 (g)	592	490 \pm 3,62	428 \pm 3,62	< 0.01
CA (g)	585	286 \pm 3,09	362 \pm 3,15	< 0.01
IC (g:g)	592	1,72 \pm 0,08	2,72 \pm 0,08	< 0.01
EMAn (kcal/kg MS)	592	3 278 \pm 25,6	2 460 \pm 25,7	< 0.01
PFS (g)	596	62,4 \pm 2,68	134,1 \pm 2,69	< 0.01
HUM (%)	488	70,9 \pm 0,52	65,9 \pm 0,53	< 0.01
NE : PE (mg: mg)	589	3,46 \pm 0,04	4,34 \pm 0,04	< 0.01
PFS : CA (g:g)	575	0,22 \pm 0,01	0,37 \pm 0,01	< 0.01
NE : CA (mg:g)	576	11,8 \pm 0,16	18,1 \pm 0,17	< 0.01
PE : CA (mg:g)	572	3,45 \pm 0,04	4,19 \pm 0,04	< 0.01

¹ BW23 = BW à 23 jours ; CA = consommation alimentaire entre 17 et 23 jours ; IC = indice de consommation entre 17 et 23 jours ; EMAn = énergie métabolisable apparente corrigée pour un bilan azoté nul ; PFS = poids d'excréta sec ; HUM = taux d'humidité des fientes ; NE:PE = ratio de l'azote sur le phosphore excrétés ; PFS:CA = ratio du poids d'excréta sec sur la consommation alimentaire ; NE:CA = ratio de l'azote excrété sur la consommation alimentaire ; PE:CA = ratio du phosphore excrété sur la consommation alimentaire. ²P-value.

Tableau 2. Estimations des paramètres génétiques¹ pour BW23, IC, EMAn, et les caractères liés à l'excrétion

Variable ²	BW23	IC	EMAn	PFS	HUM	NE: PE	PFS: CA	NE: CA	PE: CA
BW23	0,65	-0,41	0,21	-0,07	0,29	-0,50	-0,20	-0,30	0,07
IC		0,21	-0,86	0,91	-0,51	0,73	0,88	0,83	0,24
EMAn			0,33	-0,94	0,11	-0,45	-0,99	-0,87	-0,49
PFS				0,46	-0,35	0,53	0,95	0,80	0,35
HUM					0,26	-0,55	-0,17	-0,22	0,26
NE: PE						0,19	0,45	0,42	-0,37
PFS: CA							0,31	0,90	0,51
NE: CA								0,25	0,67
PE: CA									0,24

¹ Les héritabilités sont sur la diagonale et les corrélations génétiques au dessus de la diagonale. ² BW23 = BW à 23 jours ; CA = consommation alimentaire entre 17 et 23 jours ; IC = indice de consommation entre 17 et 23 jours ; EMAn = énergie métabolisable apparente corrigée pour un bilan azoté nul ; PES = poids d'excréta sec ; HUM = taux d'humidité des fientes ; NE:PE = ratio de l'azote sur le phosphore excrétés ; PES:CA = ratio du poids d'excréta sec sur la consommation alimentaire ; NE:CA = ratio de l'azote excrété sur la consommation alimentaire ; PE:CA = ratio du phosphore excrété sur la consommation alimentaire.