

Déterminisme génétique de l'efficacité alimentaire. Analyse d'une expérience de sélection pour deux critères d'efficacité alimentaire.

H. Garreau¹, L. Drouilhet¹, F. Tudela², J. Ruesche¹, V. Scapin²,
C. Baillot², T. Gidenne³, C. Larzul⁴

¹INRA, UR 631 SAGA Chemin de Borde Rouge, 31326, Castanet Tolosan, France

²INRA, UE 1322 Pectoul PEA Cunicole Toulousain, 31326, Castanet Tolosan, France

³INRA, UMR 1289 TANDEM Chemin de Borde Rouge, 31326, Castanet Tolosan, France

⁴INRA, UMR 1313 GABI, Domaine de Vilvert, 78352, Jouy en Josas, France

Résumé : Les paramètres génétiques de l'efficacité alimentaire et de caractères de croissance ont été estimés dans deux lignées en sélection expérimentale après 4 générations de sélection. La lignée ConsR est sélectionnée sur la consommation résiduelle en alimentation à volonté. La lignée AlimR est sélectionnée sur le gain moyen quotidien (GMQ) en alimentation restreinte (80 % de la quantité ingérée par des animaux témoins en régime *ad libitum*). Les caractères de croissance et d'indice de consommation ont une héritabilité estimée plus forte dans la lignée AlimR que dans la lignée ConsR, à l'exception du poids à 63 jours (0,21 contre 0,26). L'héritabilité du critère de sélection de la lignée AlimR, le GMQ, est plus forte que celle du critère de sélection de la lignée ConsR, la consommation résiduelle (0,31 contre 0,22). Les héritabilités et les corrélations génétiques estimées pour le poids au sevrage, le poids à 63 jours, le GMQ et l'indice de consommation sont également présentées pour chacune des lignées.

Title and abstract: Genetic determinism of feed efficiency. Analysis of a selection experiment for two criteria of feed efficiency. Genetic parameters of feed efficiency and growth traits were estimated in two selected lines after 4 generations of selection. The ConsR line is selected for residual feed consumption on *ad libitum* feeding. The AlimR line is selected for average daily gain (ADG) on restricted feeding (80 % of *ad libitum* feed intake of control animals). Estimates of heritability of growth traits and feed conversion ratio were higher in the AlimR line than in the ConsR line, except for weight at 63 days (0,21 vs 0,26). Heritability of the selection criterion of the AlimR line, ADG, was higher than the one of the selection criterion of the ConsR line, the residual feed consumption. Estimates of heritability and genetic correlations of weaning weight, weight at 63 days, ADG and feed conversion ration are also presented for each line.

Introduction

L'alimentation représente 60 % des coûts de production de l'élevage du lapin de chair et l'augmentation du coût des matières premières compromet fortement la rentabilité des élevages. L'amélioration de l'efficacité alimentaire est donc de plus en plus importante pour assurer la compétitivité de la filière cunicole par rapport aux autres filières viande. Elle doit également permettre la diminution des rejets animaux et l'amélioration de la santé digestive en engraissement. Le rationnement des animaux en engraissement, largement appliqué dans les élevages français pour limiter les troubles digestifs, permet d'améliorer l'efficacité alimentaire (Gidenne *et al.* 2003). L'amélioration de ce caractère peut également se faire par la voie génétique (Larzul et Rochambeau, 2005).

Une expérience de sélection pour l'efficacité alimentaire du lapin en engraissement a débuté en 2007 à l'INRA de Toulouse. L'objectif est d'étudier deux critères de sélection : la vitesse de croissance en régime alimentaire rationné et la consommation résiduelle. Cet article présente les paramètres génétiques des caractères mesurés dans cette expérience après 4 générations de sélection.

1. Matériel et méthodes

1.1 Animaux

La population de base utilisée est la lignée INRA 1001 actuellement élevée sur le pôle expérimental cunicole Toulousain. Ces animaux sont issus d'une souche lourde de Hypharm qui a déjà fait l'objet de 2 expériences de sélection divergente (poids à 63 jours puis consommation alimentaire résiduelle). Les fondateurs F0 de cette nouvelle expérience de sélection résultent d'un mélange des deux lignées divergentes issues de la dernière expérience.

1.2 Création et conduite des lignées

Les deux lignées sélectionnées sont composées chacune de 54 femelles, réparties en 9 groupes de reproduction. Elles sont élevées en même temps et dans les mêmes cellules. Pour chaque génération, les femelles des 2 lignées sont inséminées 3 fois à 42 jours d'intervalle. A chaque génération et pour chaque lignée 300 animaux issus des inséminations 2 et 3 sont contrôlés en cage individuelle. Les animaux de la lignée sélectionnée pour la vitesse de croissance en alimentation restreinte AlimR sont rationnés. Les quantités d'aliment distribuées à ces animaux sont ajustées chaque semaine à 80 % des quantités ingérées par 20 animaux témoins nourris *ad libitum*

dans la même cellule. Les animaux sélectionnés pour la consommation alimentaire résiduelle ConsR sont nourris ad libitum. L'analyse porte sur 1277 animaux contrôlés de la lignée AlimR et sur 1285 animaux contrôlés de la lignée ConsR.

1.3 Critères de sélection

Dans la lignée AlimR, les reproducteurs sont sélectionnés sur le gain moyen quotidien (GMQ) de 30 à 63 jours. Dans la lignée ConsR, les reproducteurs sont sélectionnés sur la consommation résiduelle, c'est-à-dire sur la consommation totale corrigée (par régression linéaire) pour le poids moyen (poids métabolique) et pour le gain de poids de 30 à 63 jours. Les coefficients de l'équation de régression sont estimés à chaque génération.

1.4 Caractères analysés

Pour les deux lignées, la mesure du poids au sevrage (30 jours) et à 63 jours d'âge a permis de calculer le GMQ. Les consommations individuelles d'aliments de 30 jours à 63 jours d'âge ont permis de calculer l'indice de consommation en rapportant la consommation d'aliment sur le gain de poids.

1.5 Analyse statistique

La consommation résiduelle a été estimée par la procédure REG du logiciel SAS. Les paramètres génétiques (composantes de variance et covariance) ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance restreinte (REML) appliquée à un modèle animal en utilisant le logiciel ASReml (Gilmour *et al.*, 2009). Les caractères ont été analysés individuellement dans un premier temps pour le test des effets fixes des modèles puis deux à deux afin d'estimer les corrélations génétiques. Pour l'ensemble des caractères les effets fixés retenus dans le modèle

étaient la bande (10 niveaux), le sexe (2 niveaux), la taille de portée au sevrage (5 niveaux). Deux effets aléatoires ont été ajoutés au modèle: l'effet génétique additif et l'effet d'environnement commun de la portée d'origine de l'animal.

2. Résultats

Les statistiques élémentaires des caractères mesurés dans les deux lignées sont données dans le tableau 1. Globalement les caractères de croissance et d'indice de consommation ont une héritabilité plus forte dans la lignée AlimR en alimentation restreinte que dans la lignée ConsR en alimentation à volonté, à l'exception du poids à 63 jours (0,21 contre 0,26) (tableau 2).

L'héritabilité du critère de sélection de la lignée AlimR, le GMQ, est plus forte que celle du critère de sélection de la lignée ConsR, la consommation résiduelle (0,31 contre 0,22). Ces valeurs d'héritabilités sont toutefois peu précises avec des valeurs d'écart type d'erreur allant de 0,03 à 0,08.

Le tableau 3 donne les corrélations génétiques entre les caractères mesurés dans la lignée AlimR. Le GMQ est complètement corrélé avec l'indice de consommation (-1) et très favorablement corrélé au poids à 63 jours (0,70). En revanche il est défavorablement corrélé au poids à 30 jours (-0,36).

Le tableau 4 donne les corrélations génétiques entre les caractères mesurés dans la lignée ConsR. La consommation résiduelle est très corrélée avec l'indice de consommation (0,97) et avec le poids au sevrage (0,91). Elle est génétiquement indépendante du GMQ (-0,06) et peu corrélée avec le poids à 63 jours (0,14). Le GMQ est très fortement corrélé au poids à 63 jours (0,96) mais il est indépendant du poids au sevrage (0,03).

Tableau 1. Statistiques élémentaires des caractères mesurés dans la lignée sélectionnée pour le GMQ en régime alimentaire rationné (AlimR) et la lignée sélectionnée pour la consommation résiduelle (ConsR)

Lignée	AlimR		ConsR	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Caractère				
Poids à 30 jours (g)	879	121	881	122
Poids à 63 jours (g)	2278	156	2742	253
GMQ (g/jour)	41,2	4,0	54,9	5,2
Indice de consommation	2,74	0,27	2,88	0,21

Tableau 2. Estimation de l'héritabilité (h^2), de l'effet d'environnement commun de portée (c^2) et écart type d'erreur () pour les caractères mesurés dans la lignée sélectionnée pour le GMQ en régime alimentaire rationné (AlimR) et dans la lignée sélectionnée pour la consommation résiduelle (ConsR)

Lignée	AlimR		ConsR	
	h^2	c^2	h^2	c^2
Caractère				
Poids à 30 jours	0,08 (0,07)	0,35 (0,04)	0,03 (0,05)	0,41 (0,04)
Poids à 63 jours	0,21 (0,04)	0,16 (0,06)	0,26 (0,04)	0,10 (0,05)
GMQ	0,31 (0,08)	0,14 (0,03)	0,19 (0,06)	0,12 (0,03)
Indice de consommation	0,31 (0,08)	0,14 (0,03)	0,22 (0,06)	0,08 (0,03)
Consommation résiduelle	—	—	0,22 (0,06)	0,05 (0,03)

Tableau 3. Estimation des corrélations génétiques et écart type d'erreur () pour les caractères mesurés dans la lignée sélectionnée pour le GMQ en régime alimentaire rationné (AlimR)

	Poids à 30 jours	Poids à 63 jours	GMQ
Poids 63 jours	0,40 (0,31)		
GMQ	-0,36 (0,29)	0,70 (0,20)	
Indice de consommation	0,38 (0,29)	-0,71 (0,21)	-1(0,01)

Tableau 4. Estimation des corrélations génétiques et écart type d'erreur () pour les caractères mesurés dans la lignée sélectionnée pour la consommation résiduelle en régime alimentaire à volonté (ConsR)

	Poids à 30 jours	Poids à 63 jours	GMQ	Indice de consommation
Poids 63 jours	0,30 (0,50)			
GMQ	0,03 (0,50)	0,96 (0,05)		
Indice de consommation	0,82 (0,32)	-0,04 (0,29)	-0,32 (0,21)	
Consommation résiduelle	0,91 (0,46)	0,14 (0,29)	-0,06 (0,23)	0,97 (0,03)

3 Discussion

A notre connaissance, aucune étude génétique sur la croissance du lapin en régime alimentaire rationné n'a été réalisée à ce jour. Une sélection de ce type a été réalisée chez le porc (Nguyen *et al.* 2005). Elle a permis de montrer que l'efficacité alimentaire était améliorée, même lorsque les animaux sont nourris ad libitum, avec une augmentation de la vitesse de croissance, une diminution de l'adiposité des carcasses, mais aussi une diminution de l'ingéré spontané. Les valeurs d'héritabilité estimées pour le GMQ et l'indice de consommation rapportées par ces auteurs sont plus faibles que celles estimées dans notre étude (0,19 contre 0,31 et 0,16 contre 0,31). Les auteurs obtiennent comme nous une valeur très forte de corrélation génétique entre ces deux caractères (-0,99). En effet, lorsque la quantité d'aliment ingérée est fixée pour tous les animaux d'un lot, l'indice de consommation ne dépend plus que du gain de croissance. Compte tenu de cette relation très forte, la sélection pour la vitesse de croissance en régime rationné permet donc d'améliorer très efficacement l'indice de consommation.

Les paramètres génétiques de la croissance et de l'efficacité alimentaire du lapin alimenté à volonté en engraissement sont assez largement décrits dans la bibliographie. Les valeurs d'héritabilités du poids à 63 jours (0,26), du GMQ (0,19), de l'indice de consommation (0,22) et de la consommation résiduelle (0,22) estimées dans notre étude sont conformes aux valeurs rapportées par Larzul et Gondret (2005) dans leur article de synthèse. L'héritabilité du poids au sevrage (0,03) est en revanche assez faible par rapport aux valeurs données par les mêmes auteurs. L'héritabilité de la consommation résiduelle (0,22) est inférieure à celle rapportée (0,45) par Larzul et Gondret (2005).

Bien que favorable, la faible corrélation entre l'indice de consommation et le GMQ (-0,32) indique qu'une sélection sur le GMQ seul n'améliore que modérément l'indice de consommation. Piles *et al.* (2004) considèrent qu'il vaut mieux utiliser un index combinant les deux critères pour améliorer

efficacement l'indice de consommation.

Par construction, la corrélation génétique entre la consommation résiduelle et le GMQ est faible (-0,06). Cette valeur est comparable à celle estimée chez le lapin (-0,09) par Larzul et Rochambeau (2005). Chez le porc, Nguyen *et al.* (2004) rapportent des valeurs de corrélation positive entre la consommation résiduelle et, d'une part le GMQ (0,18), d'autre part l'épaisseur de lard dorsal (0,24). Ces corrélations génétiques s'expliquent par une évaluation différente de la consommation résiduelle chez le porc, estimée comme la résiduelle d'un modèle qui inclut le GMQ et l'épaisseur de lard dorsal comme covariables. Il en résulte que la sélection pour réduire la consommation résiduelle tend à réduire le GMQ et l'épaisseur de lard dorsal chez le porc. Chez le lapin, la faible adiposité des animaux en croissance et le manque de précision des appareils de mesure *in vivo* ne permettent pas d'estimer convenablement la part de la consommation alimentaire allouée au dépôt adipeux dans l'équation d'estimation de la consommation résiduelle (Larzul et Rochambeau, 2005).

La très forte corrélation entre la consommation résiduelle et l'indice de consommation (0,97) est conforme avec la valeur de 1 donnée par Larzul et Rochambeau (2005) bien que ces auteurs aient rencontré des problèmes calculatoires pour cette estimation. Chez le porc, les corrélations génétiques entre la consommation résiduelle et l'indice de consommation sont également élevées (0,70 ; Gilbert *et al.* 2010).

Conclusion

Cette étude a pour objectif d'expérimenter deux modalités de sélection pour améliorer l'efficacité alimentaire. Les paramètres génétiques de la vitesse de croissance en régime rationné ont été estimés pour la première fois chez le lapin. Ce critère est complètement corrélé avec l'indice de consommation et son héritabilité est de 0,31. La consommation résiduelle en régime ad libitum est moins héritable (0,22) mais reste très corrélée avec l'indice de consommation. Elle est en revanche beaucoup moins corrélée avec le GMQ.

Remerciements

Nous remercions le personnel informatique de la SAGA et l'ensemble des personnels du Pôle Expérimental Cunicole Toulousain Pectoul.

Références

GIDENNE T., FEUGIER A., JEHL N., ARVEUX P., BOISOT P., BRIENS C., CORRENT E., FORTUNE H., MONTESSUY S., VERDELHAN S., 2003. Un rationnement alimentaire quantitatif post-sevrage permet de réduire la fréquence des diarrhées, sans dégradation importante des performances de croissance : résultats d'une étude multi-site. In: 10ème J. Rech. Cunicoles Fr., G. Bolet (Ed.), 19-20 nov. 2003, Paris, ITAVI publ. Paris, pp. 29-32

GILBERT H., BIDANEL J.P., GRUAND J., CARITEZ J.C., BILLON Y., GUILLOUET P., LAGANT H., NOBLET J., SELIER P., 2010. Genetic parameters for residual feed intake in growing pigs, with emphasis on genetic relationships with carcass and meat quality traits. J. Anim. Sci. 85:3182-3188.

GILMOUR A.R., GOGEL B.J., CULLIS B.R., THOMPSON R., 2009. ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 ES, UK.

LARZUL C., DE ROCHAMBEAU H., 2005. Selection for residual feed consumption in the rabbit. *Livest. Prod. Sci.* 95: 67-72.

LARZUL C., GONDRET F., 2005. Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de viande chez le lapin. *INRA Prod. Anim.* 18(2): 119-129

NGUYEN N.H., MCPHEE C.P., WADE C.M., 2005. Response in residual feed intake in lines of Large White pigs selected for growth rate on restricted feeding (measured on ad libitum individual feeding). *J. Anim. Breed. Genet.* 122: 264-270.

NGUYEN, H. N., MCPHEE C.P., WADE C. M., 2004. Genetic selection strategies for efficient lean growth in pigs. *Pig News Inf.* 25:149N-163N.

PILES M., GOMEZ E.A., RAFEL O., RAMON J., BLASCO A., 2004. Elliptical selection experiment for the estimation of genetic parameters of the growth rate and feed conversion ratio in rabbits. *J. Anim. Sci.* 82: 654-660.