

Réponses à la sélection pour deux critères d'efficacité alimentaire chez le lapin. 1. Croissance, ingéré et efficacité alimentaire.

Garreau H.¹, Gilbert H.¹, Molette C.¹, Larzul C.¹, Balmisse E.², Ruesche J.¹, Secula-Tircazes A.¹, Gidenne T.¹, Drouilhet L.¹

¹ INRA, UMR1388 INRA / INPT ENSAT / INPT ENVT, Génétique, Physiologie et Systèmes d'élevage, F-31326 Castanet Tolosan

²INRA, UE 1322 PECTOUL PEA Cunicole Toulousain, Auzeville, F-31326 Castanet Tolosan

Résumé – Deux caractères ont été sélectionnés afin d'améliorer l'efficacité alimentaire du lapin entre le sevrage et 63 jours d'âge: i) la consommation résiduelle (CR) afin de sélectionner les animaux ayant une consommation *ad libitum* réduite pour une même vitesse de croissance (lignée ConsoRésiduelle), ii) le gain moyen quotidien en régime alimentaire restreint (GMQ_R) afin de sélectionner les animaux ayant une croissance élevée à ingéré fixe (lignée GMQrestreint). Les réponses à la sélection sont similaires pour les deux critères de sélection (-0,34 écart-type génétique pour la CR et 0,29 écart-type génétique pour le GMQ_R). Pour l'indice de consommation, la réponse à la sélection était de -0,30 écart-type génétique dans les deux lignées. Les réponses à la sélection étaient nulles pour le GMQ et faible pour le poids à 63 jours dans la lignée ConsoRésiduelle, tandis qu'elles étaient fortement significatives dans la lignée GMQrestreint. A la neuvième génération, les deux lignées sélectionnées ont été comparées à une population témoin G0, issue d'embryons congelés, pour les deux niveaux alimentaires, *ad libitum* et restreint. Quel que soit le niveau alimentaire, les 2 lignées sélectionnées ont un indice de consommation significativement plus faible (2,62±0,02) que la lignée G0 (2,82±0,02), avec toutefois des quantités d'aliment ingéré et des poids à 63 jours différents. En régime *ad libitum*, la lignée ConsoRésiduelle présente la même croissance que la lignée G0, mais avec une moindre consommation d'aliment. En revanche, la lignée GMQrestreint montre la plus forte croissance. En régime restreint, les deux lignées sélectionnées ont une croissance plus forte que la lignée G0.

Abstract – Response to selection for two feed efficiency criteria in rabbit. 1. Growth, feed intake and feed efficiency. Genetic improvement of feed efficiency using two alternate traits compared to feed to gain ratio (FCR) were studied in the growing rabbit: Residual Feed Intake (RFI), to select low *ad libitum* feed intake independently from production level (ConsoRésiduelle line), and Average Daily Gain (ADG_R) under restricted feeding (GMQrestreint line) (80% of *ad libitum*), to select high ADG under limited fixed feed intake. Responses to selection for the two criteria were similar in the two lines (-0.34 genetic standard deviations (σ_a) per generation for RFI, +0.29 σ_a per generation for GMQ_R line). Responses to selection were -0.30 σ_a per generation on FCR in both lines. Responses to selection were null on ADG and limited on BW63 in the ConsoRésiduelle line, whereas they were highly significant in the GMQrestreint line. To further examine responses to selection, in generation 9 a comparison of the two selected lines with the G0 control population (using frozen embryos) under *ad libitum* and restricted feeding was applied to 30 individuals per line and feeding level combination. As a result, both selected lines had a similar improved FCR (2.62±0.02) compared to the G0 line (2.82±0.02), but with a lower feed intake. In return, the GMQrestreint line showed the highest growth. Under restricted feeding, the two selected lines showed a higher daily gain than G0.

Introduction

L'efficacité alimentaire est devenue le caractère présentant le poids économique le plus important pour la sélection du lapin de chair (Cartuche et al., 2014). Deux critères ont été sélectionnés afin d'améliorer l'efficacité alimentaire du lapin entre le sevrage et 63 jours i) la consommation résiduelle (CR) afin de sélectionner les animaux ayant une consommation *ad libitum* réduite conditionnellement à leurs performances (lignée ConsoRésiduelle), ii) le gain moyen quotidien en régime alimentaire restreint (GMQ_R) afin de sélectionner les animaux ayant une croissance élevée à ingéré fixe (lignée GMQrestreint). Le premier objectif de cette étude était d'évaluer les réponses directes et corrélées à la sélection sur les caractères de production après 9 générations de

sélection. Le second objectif était de comparer les performances des deux lignées à cel le d'une population témoin, issue d'embryons congelés, pour les deux niveaux alimentaires à l'issue de la sélection.

1. Matériel et méthodes

1.1 Animaux

La population utilisée est la lignée INRA 1001 actuellement élevée sur le pôle expérimental cunicole Toulousain. Ces animaux sont issus d'une souche lourde de Hypharm.

1.2 Création et conduite des lignées

Les deux lignées sélectionnées étaient composées chacune de 54 femelles, réparties en 9 groupes de reproduction. Elles étaient élevées en même temps et

dans les mêmes cellules. Pour chaque génération, les femelles des 2 lignées étaient inséminées 3 fois avec un intervalle de 42 jours. A chaque génération, et pour chaque lignée, 300 animaux issus des inséminations 2 et 3 étaient contrôlés en cage individuelle. Les animaux de la lignée sélectionnée pour la vitesse de croissance en alimentation restreinte étaient rationnés. Les quantités d'aliment distribuées à ces animaux étaient ajustées chaque semaine à 80 % des quantités ingérées par 20 animaux témoins nourris *ad libitum* dans la même cellule. Les animaux de la lignée ConsoRésiduelle sélectionnés pour la consommation alimentaire résiduelle étaient nourris *ad libitum*.

1.3 Critères de sélection

Dans la lignée GMQrestreint, les reproducteurs sont sélectionnés sur le GMQ_R de 30 à 63 jours. Dans la lignée ConsoRésiduelle, les reproducteurs sont sélectionnés sur la CR, c'est-à-dire sur la consommation totale corrigée par régression linéaire pour le poids métabolique moyen 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 Réponses à la sélection

La réponse à la sélection a été évaluée à partir des valeurs génétiques de 2538 animaux de la lignée ConsoRésiduelle et 2404 animaux de la lignée GMQrestreint des générations G0 à G9. Les valeurs génétiques du poids à 63 jours (PD63J), du gain moyen quotidien (GMQ), de l'indice de consommation (IC) et de la consommation résiduelle (CR) ont été estimées dans chaque lignée avec un BLUP modèle animal multicaractères en utilisant le logiciel ASReML (Gilmour *et al.*, 2009). Les paramètres génétiques n'étaient pas significativement différents de ceux estimés après 6 générations de sélection (Garreau *et al.*, 2011).

1.5. Comparaison des lignées

Une population témoin a été constituée à partir d'embryons congelés en G0, transplantés en G8 et accouplés pour produire des animaux contemporains des deux lignées sélectionnées à la G9. Le plan expérimental comprenait les 3 lignées (G0, ConsoRésiduelle et GMQrestreint) et deux niveaux d'alimentation (*ad libitum* et restreint). Le nombre d'animaux testés, en cage individuelle, pour chacun des six lots est donné dans le tableau 1.

Tableau 1: Effectif des animaux pour chaque lignée et chaque niveau alimentaire.

Niveau alimentaire	lignée		
	G0	ConsoRésiduelle	GMQrestreint
<i>ad libitum</i>	28	29	28
restreint	29	26	23

La conduite des animaux et la mesure des caractères étaient les mêmes que celles pratiquées pendant la sélection (Garreau *et al.*, 2011). Les animaux ont été placés en cage individuelle au sevrage à 30 jours d'âge. Pour les animaux restreints, la quantité

d'aliment distribuée était ajustée chaque semaine à 80 % de la consommation moyenne réalisée la semaine précédente par des animaux nourris *ad libitum* dans la même cellule. Le même aliment commercial a été distribué (16,5% protéine and 10,6 MJ/kg EM). Le poids à 30 jours (PD30J) et le poids à 63 jours (PD63J) ont été enregistrés et le gain moyen quotidien de la période (GMQ) a été calculé. Les consommations individuelles d'aliment de 30 jours à 63 jours (CA) ont été mesurées par différence entre les quantités distribuées et refusées pour la période 30 à 63 jours. L'indice de consommation (IC) a été calculé en rapportant la consommation d'aliment sur le gain de poids de la période. La consommation résiduelle (CR) a été calculée selon la méthode précédemment décrite avec une équation de régression pour chaque niveau alimentaire.

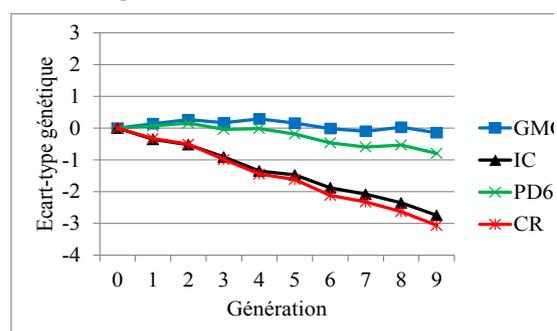
1.5. Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide d'un modèle linéaire (procédure GLM, SAS). Les effets significatifs retenus dans le modèle étaient : la lignée (3 niveaux), le niveau alimentaire (2 niveaux) et l'interaction lignée X niveau alimentaire. Les moyennes des moindres carrés des caractères des trois lignées ont été comparées en utilisant un test-t de Student pour mettre en évidence les effets significatifs ($P < 0,05$).

2. Résultats et discussion

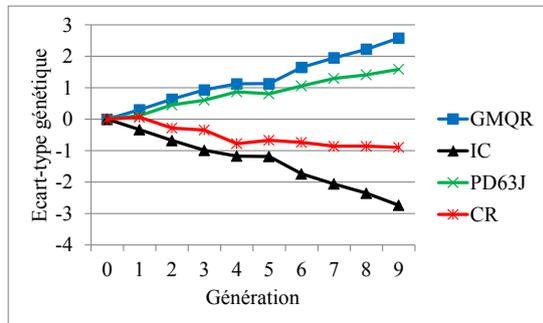
2.1. Evolutions génétiques.

Figure 1: Evolutions génétiques en unités d'écart-type génétique du poids à 63 jours (PD63J), du gain moyen quotidien (GMQ), de l'indice de consommation (IC) et de la consommation résiduelle (CR) dans la lignée ConsoRésiduelle au cours des 9 générations de sélection.



Le progrès génétique obtenu sur le critère de sélection CR de la lignée ConsoRésiduelle a été substantiel avec un gain génétique de -0,34 écart-type génétique (σ_a^2) par génération, soit -3,06 σ_a^2 après 9 générations de sélection (figure 1). En raison de la corrélation génétique très forte entre CR et IC (Drouilhet *et al.*, 2013), la réponse corrélée obtenue sur IC était du même ordre de grandeur (-0,30 σ_a^2 par génération).

Figure 2: Evolutions génétiques en unités d'écart-type génétique du poids à 63 jours (PD63J), du gain moyen quotidien (GMQR), de l'indice de consommation (IC) et de la consommation résiduelle (CR) dans la lignée GMQrestreint au cours des 9 générations de sélection.



Dans la lignée GMQrestreint (figure 2), le progrès génétique obtenu sur le critère GMQR était de +2,58 σ^2_a après 9 générations, soit 0,29 σ^2_a par génération. La réponse corrélée pour l'IC était remarquablement similaire à celle obtenue dans la lignée ConsoRésiduelle (-0,30 σ^2_a par génération). Les réponses corrélées pour les caractères de croissance étaient toutefois très différentes entre les lignées. La sélection pour CR dans la lignée ConsoRésiduelle s'est accompagnée d'une légère réduction du niveau génétique de PD63J (-0,81 σ^2_a) et d'une évolution nulle du GMQ, en accord avec les corrélations génétiques estimées entre CR et ces deux caractères (0,17 \pm 0,24 et -0,09 \pm 0,20, resp., Drouilhet et al., 2013). Dans deux expériences de sélection pour réduire la consommation résiduelle chez le porc, les auteurs rapportent également une évolution respectivement nulle ou très faible du GMQ dans la

lignée française et dans la lignée américaine (Gilbert and Dekkers, 2013). Dans la lignée GMQrestreint, au contraire, en raison de la forte corrélation génétique entre GMQ et PD63J (0,81 \pm 0,17, Drouilhet et al., 2013), la réponse corrélée pour PD63J était élevée (+1,59 σ^2_a). Dans une expérience de sélection divergente pour le GMQ en alimentation restreinte chez le porc, Nguyen et McPhee (2005) ont également rapporté une divergence importante pour le GMQ et le poids en fin de contrôle entre les lignées.

2.2. Comparaison entre les lignées

Les moyennes des moindres carrés des effets niveau alimentaire et lignée sont données dans le tableau 2.

Effet du niveau alimentaire. Pour les animaux restreints, le niveau de restriction alimentaire était ajusté chaque semaine à 80 % de la consommation de la semaine précédente d'un groupe d'animaux provenant des 3 lignées et nourris *ad libitum*. Les niveaux de restriction résultants par lignée étaient respectivement de 82%, 76% et 72% pour les lignées ConsoRésiduelle, GMQrestreint et G0. 77% des animaux restreints (60 animaux) avaient consommé la totalité de leur ration (3299 g). Pour l'ensemble des 78 animaux restreints, la quantité moyenne d'aliment ingéré était de 3273 \pm 59 g. Cette quantité reste faiblement variable par rapport à celle des animaux nourris *ad libitum* (4274 \pm 459 g). Parmi les caractères enregistrés pendant la croissance, seuls PD63J et GMQ variaient significativement selon le niveau alimentaire. Les animaux nourris *ad libitum* étaient plus lourds à 63 jours (2315 \pm 18 vs. 1944 \pm 19 g, $P < 0,001$) et présentaient un GMQ plus élevé (47,00 \pm 0,40 vs. 35,81 \pm 0,42 g/d, $P < 0,001$) que les animaux restreints.

Tableau 2: Effets lignée et niveau alimentaire sur les caractères mesurés pendant la croissance¹.

Caractère	P		Effet niveau alimentaire		Effet lignée		
	Niveau aliment	Lignée	restreint	Ad lib	GMQ restreint	Conso Résiduelle	G0
CA (g) ²	/	***			4318 \pm 77 ^a	4004 \pm 77 ^b	4515 \pm 79 ^a
PD63J (g)	***	**	1944 \pm 19 ^a	2315 \pm 18 ^b	2193 \pm 23 ^a	2097 \pm 22 ^b	2098 \pm 22 ^b
PD30J (g)	ns	ns	726 \pm 10	722 \pm 10	744 \pm 12	706 \pm 12	720 \pm 12
GMQ (g/j)	***	*	35,81 \pm 0,42 ^a	47,00 \pm 0,40 ^b	42,62 \pm 0,51 ^a	40,89 \pm 0,49 ^b	40,72 \pm 0,49 ^b
IC	ns	***	2,71 \pm 0,02	2,68 \pm 0,02	2,63 \pm 0,02 ^a	2,62 \pm 0,02 ^a	2,82 \pm 0,02 ^b
CR (g) ²	/	***			-137 \pm 57 ^a	-176 \pm 61 ^a	179 \pm 62 ^b

CA: consommation d'aliment, PD63J: Poids à 63 jours, PD30J: poids à 30 jours, GMQ: gain moyen quotidien, IC: indice de consommation, CR : consommation résiduelle. ¹Statistique P et moyennes de moindres carrés d'un modèle linéaire incluant les effets lignée niveau alimentaire. *: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$. ²L'analyse des consommations alimentaires ne concernaient que les animaux nourris *ad libitum* (N=85), tandis que les autres caractères ont été analysés pour l'ensemble des animaux du dispositif (N=163).

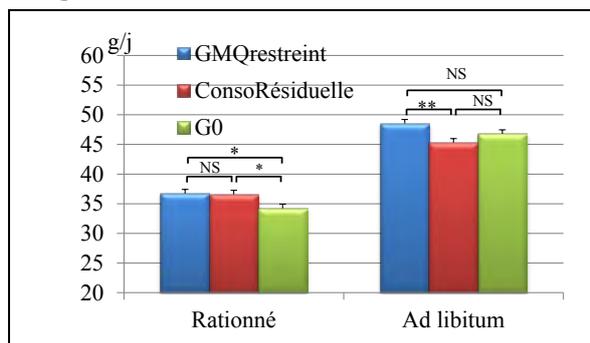
Effet de la lignée. Le seul caractère qui n'était pas différent entre les lignées était PD30J. Pour les animaux nourris *ad libitum*, les valeurs de moyennes des moindres carrés de CA étaient similaires entre la lignée GMQrestreint et la lignée G0. La lignée ConsoRésiduelle a consommé moins d'aliment que les deux autres lignées ($P < 0,01$ avec la lignée GMQrestreint et $P < 0,001$ avec la lignée G0). Les

lignées G0 et ConsoRésiduelle avaient des valeurs équivalentes pour PD63J (autour de 2097 \pm 22g) et pour GMQ (autour de 40,80 \pm 0,49 g/j). La lignée GMQrestreint présentait en revanche des valeurs plus élevées que les deux autres lignées pour PD63J (2193 \pm 23 g) et pour GMQ (42,62 \pm 0,51 g/j). Les moyennes de moindres carrés d'IC étaient similaires pour les deux lignées sélectionnées (2,62 \pm 0,02),

significativement plus faibles que pour la lignée G0 ($2,82 \pm 0,02$). Les valeurs de CR étaient également équivalentes dans les deux lignées sélectionnées (-137 ± 57 g pour la lignée GMQrestreint et -176 ± 61 g pour la lignée ConsoRésiduelle), et significativement plus faibles que pour la lignée G0 (179 ± 62 g, $P < 0,001$).

Interaction niveau d'alimentation x lignée. L'interaction niveau d'alimentation x lignée n'était significative que pour le GMQ. Elle est illustrée en figure 1.

Figure 1. Moyennes des moindres carrés de l'interaction niveau d'alimentation x lignée pour le GMQ.



En régime rationné, les deux lignées sélectionnées ont des GMQ équivalents (autour de $36,50 \pm 0,70$ g/j, $P = 0,82$), significativement plus élevés que pour la lignée G0 ($34,22 \pm 0,68$ g/j, $P < 0,03$). En régime *ad libitum*, le GMQ de la lignée GMQrestreint n'était pas significativement différent de celui de la lignée G0 ($P = 0,19$), tandis que celui de la lignée ConsoRésiduelle tendait à être plus faible que celui de la lignée G0 ($P = 0,051$). Le GMQ de la lignée GMQrestreint était significativement plus élevé que celui de la lignée ConsoRésiduelle ($48,51 \pm 0,72$ g/j et $45,29 \pm 0,68$ g/j, respectivement, $P = 0,001$).

Les deux stratégies de sélection permettent donc d'améliorer l'efficacité alimentaire dans les mêmes proportions: la différence d'indice de consommation étant de 0,2 entre les lignées sélectionnées et la G0, quel que soit le régime alimentaire. Ainsi, même si les deux lignées étaient sélectionnées avec des niveaux alimentaires différents, *in fine* leur efficacité alimentaire a été améliorée de façon très comparable, et cette efficacité s'exprime quel que soit le régime alimentaire avec lequel elles sont élevées. Les réponses corrélées pour la croissance sont en revanche différentes, la sélection pour le GMQ conduisant à des animaux plus lourds sans réduction significative des quantités d'aliment ingérées, sauf si la durée d'engraissement est réduite par le rajeunissement des animaux à l'abattage, tandis que la sélection sur la consommation résiduelle se traduit par une diminution des coûts alimentaire sans augmentation du poids des animaux. Le choix entre les deux stratégies dépend des pratiques d'élevage.

En réalité les lignées en sélection et les animaux en production sont le plus souvent rationnés pour limiter les troubles digestifs. La sélection sur le GMQ en régime rationné semble donc pertinente. Cependant l'alourdissement des animaux peut poser des problèmes d'acceptation par les abattoirs et il conduira, à minima, au rajeunissement de l'âge à l'abattage pour se conformer à un poids de carcasse souhaité de l'ordre de 1,4 kg. La sélection pour l'indice de consommation en régime *ad libitum* présente également un intérêt dans la mesure où ce critère est plus héritable que la consommation résiduelle (0,22 contre 0,16) et que ces deux critères ont une corrélation génétique égale à -1 (Drouilhet et al., 2013).

Conclusions

Il est possible d'améliorer l'efficacité alimentaire du lapin en croissance par la sélection. Les deux critères de sélection utilisés dans cette expérience ont permis le même progrès génétique sur l'indice de consommation, mais avec des réponses sur les quantités d'aliment ingéré et sur la croissance différentes. La sélection sur la vitesse de croissance en alimentation restreinte se traduit par des animaux plus lourds sans réelle diminution des quantités d'aliment consommées, sauf si la durée d'engraissement est réduite par le rajeunissement à l'abattage. La sélection sur la consommation résiduelle conduit à une réduction des coûts alimentaires sans écarts sur le poids des animaux.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de l'unité expérimentale PECTOUL de l'INRA. Réalisé avec le soutien financier de FranceAgrimer (projet CUNIPALM).

Références

- CARTUCHE L., PASCUAL M., GÓMEZ E.A, BLASCO A., 2014. Economic weights in rabbit meat production, *World Rabbit Sci.*, 22, 165-177
- DROUILHET, L., GILBERT H., BALMISSE E., RUESCHE J., TIRCAZES A., LARZUL C., GARREAU H., 2013. Genetic parameters for two selection criteria for feed efficiency in rabbits. *J. Anim. Sci.* 91, 3121-3128.
- GARREAU, H., DROUILHET, L., TUDELA, F., RUESCHE, J., SCAPIN, V., BAILLOT, C., GIDENNE, T., LARZUL, C., 2011. Déterminisme génétique de l'efficacité alimentaire. Analyse d'une expérience de sélection pour deux critères d'efficacité alimentaire. 14èmes Journées de la recherche Cunicole (2011-11-22-2011-11-23) Le Mans, France: ITAVI - Institut Technique de l'Aviculture 2011.
- GILBERT, H., DEKKERS J. C., 2013. Improvement of feed efficiency: lessons from residual feed intake studies in pigs. In: 64th Annual meeting EAAP, Nantes 2013 - France. Session 53. p 589. Wageningen Academic Publisher, Wageningen, NLD.
- GILMOUR, A. R., GOGEL B. J., CULLIS B. R., THOMPSON R., 2009. ASReml User Guide VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 ES, UK.
- NGUYEN, N. H., MCPHEE C. P., 2005. Genetic parameters and responses of performance and body composition traits in pigs selected for high and low growth rate on a fixed ration over a set time. *Genet. Sel. Evol.* 37(2): 199-213.