

Étude des effets de la lignée de l'animal et de celle de la mère adoptive sur sa croissance et son efficacité alimentaire selon le niveau de sélection pour la consommation résiduelle

J. RUESCHE¹, L. DROUILHET¹, H. GILBERT¹, E. BALMISSE², F. BENITEZ², F. RICHARD², I. DAVID¹, H. GARREAU¹, O. ZEMB¹

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

² UE 1322 PECTOUL, F-31326 Castanet Tolosan.

Résumé – Le but du protocole présenté est d'évaluer l'importance de l'environnement néonatal (y compris le microbiote) sur l'efficacité alimentaire des lapins, et de quantifier l'effet de la transmission entre mère et jeunes sur ce caractère. Pour cela, des lapins de la lignée ConsR, sélectionnée pendant 10 générations sur la consommation résiduelle (CR), ont été adoptés par des mères de la lignée G0 à l'origine de cette sélection, et *vice versa*. En parallèle, des collatéraux étaient adoptés par des mères de leur lignée d'origine. 900 animaux ont été produits sur 3 mises bas successives, et élevés en cages individuelles ou collectives. Les caractères analysés dans cette étude préliminaire sont le poids au sevrage (32 jours), le poids en fin de test (63 jours), le gain moyen quotidien, la consommation d'aliment entre sevrage et 63 jours, l'indice de consommation (IC) et la CR. La lignée du lapereau, le type de logement et la bande ont des effets significatifs sur l'ensemble des caractères. La mère adoptive modifie significativement l'IC ($P = 0,04$), la mère adoptive ConsR ayant un effet défavorable similaire quelle que soit la lignée du lapereau. L'IC moyen des lapereaux de la lignée G0 adoptés par des femelles G0 est de $3,01 \pm 0,03$ et celui des lapereaux adoptés G0 par des femelles ConsR est de $3,05 \pm 0,03$. Pour les lapereaux ConsR adoptés par des femelles ConsR, l'IC moyen est de $2,69 \pm 0,03$ et pour les lapereaux ConsR adoptés par des femelles G0 l'IC moyen est de $2,63 \pm 0,03$.

Abstract – **Study of the effects of the lineage of the animal and that of the adoptive mother on growth and feed efficiency by level of selection for residual consumption.** The aim of our design is presented ultimately to evaluate the significance of neonatal environment (including the microbiota) on feed efficiency rabbits, and quantify the effect of transmission between mother and young on that character. For this, the rabbits ConsR lineage, selected for 10 generations on residual consumption (CR), were adopted by mothers in the G0 line behind this selection, and vice versa. In parallel, collateral were adopted by mothers from their original lineage. 900 animals were put products on 3 successive low and high in individual or collective cages. The characters analyzed in this preliminary study are weight at weaning (32 days), the end of the test weight (63 days), average daily gain, feed intake between weaning and 63 days, feed efficiency (IC) and CR. The lineage of the rabbit, type of housing and the band have significant effects on all the characters. The adoptive mother significantly alter the IC ($P = 0.04$), the adoptive mother ConsR with a similar adverse effect regardless of the line of rabbit. The average IC young rabbits the G0 line adopted by G0 females is 3.01 ± 0.03 and that of the young rabbits adopted by G0 ConsR females is 3.05 ± 0.03 . For rabbits ConsR adopted by ConsR females, the average IC is 2.69 ± 0.03 and for rabbits ConsR adopted by G0 females the average IC is 2.63 ± 0.03 .

Introduction

Les performances des lapins en croissance sont déterminées par leur génotype propre, leur environnement avant sevrage, ainsi que des facteurs externes parmi lesquels le microbiote. L'efficacité alimentaire est héritable, l'amélioration de l'indice de consommation, 20% sur les 20 dernières années (Gidenne *et al.*, 2013), reste un enjeu fort pour les filières. Des premiers travaux ont recherché des caractères alternatifs à l'indice de consommation, tels que la consommation résiduelle ou la vitesse de croissance en alimentation restreinte (Garreau *et al.*, 2011). Cependant ces études ne prennent pas en compte la flore microbienne qui peut favoriser la décomposition et l'absorption de l'aliment en

molécules absorbables (Gidenne, 2003). La génétique de l'animal hôte peut être un levier influençant le microbiote intestinal (pour revue, Spor *et al.*, 2011). Pour examiner les effets relatifs de la génétique de l'animal et de son environnement néonatal sur son efficacité alimentaire, un protocole a été mis en place avec des adoptions croisées systématiques entre lignées de potentiels extrêmes pour l'efficacité alimentaire. L'objectif de cette étude préliminaire est d'estimer l'implication de l'environnement maternel sur l'efficacité alimentaire du lapin.

1. Matériel et méthodes

1.1. Conduite et mesure sur les animaux

Deux lignées (dénommées G0 et ConsR) d'une expérience de sélection sur la consommation résiduelle (CR) (Drouilhet *et al.*, 2013) issues de la souche lourde 1001 de Hypharm ont été utilisées dans cette étude. Les animaux de la lignée G0 sont des descendants à la première génération d'animaux issus d'embryons congelés des femelles fondatrices de cette lignée sélectionnée, c'est-à-dire sans sélection ni dérive génétique. Les animaux de la lignée ConsR sont ceux de la dixième génération de sélection sur la CR (définie ci-après) pour améliorer l'efficacité alimentaire des animaux. Chaque lignée était composée de 57 femelles réparties en 9 familles génétiques. A toute génération, chaque famille génétique est représentée par un mâle reproducteur. Elles ont été élevées de manière concomitante dans les mêmes cellules du pôle expérimental cunicole toulousain (PECTOUL). Les femelles ont été inséminées sur un rythme de 42 jours pour produire des animaux en 3 bandes successives. Les femelles étaient accouplées avec un père différent à chaque bande (changement de famille). L'étude a porté sur les 490 animaux issus des mises bas de la lignée ConsR et les 410 animaux issus de la lignée G0. Dans les 48h suivant la naissance, tous les lapereaux ont été adoptés. A chaque bande, la moitié des lapereaux a été adoptée par des femelles G0 et l'autre moitié par des femelles ConsR. Les femelles ont adopté alternativement des lapereaux d'une lignée, puis de l'autre. Des portées de 5 à 7 lapereaux ont été reconstituées en représentant un maximum de familles génétiques sous la femelle adoptante.

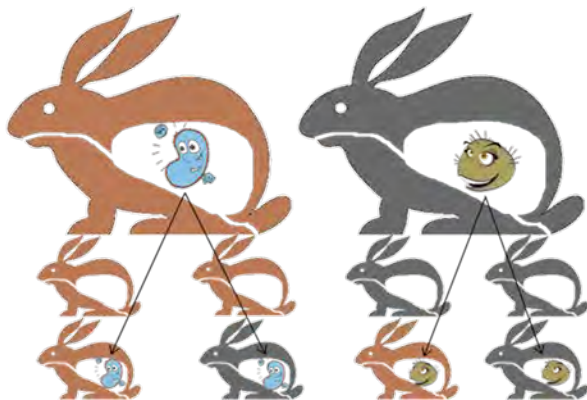


Figure 1 : Principe de l'adoption croisée entre une femelle ConsR (marron) avec microbes intestinaux efficaces (bleus) et une femelle G0 (grise) avec des microbes intestinaux supposés moins efficaces (vert). A la naissance, les intestins des lapereaux sont stériles. Rapidement, les lapereaux acquièrent les microbes intestinaux de la mère allaitante.

Au sevrage (à 32 jours), à chaque bande, 152 lapereaux ont été placés en cage individuelle, 48 en cage de digestibilité et le reste en cage collective de 4 à 5 animaux en fonction des bandes. Les animaux ont été répartis dans les cages collectives en favorisant le

regroupement d'animaux issus de portées de naissance et d'adoption différentes dans une même cage. Tous les animaux ont reçu le même aliment granulé commercial à volonté entre le sevrage (32 jours \pm 2) et la fin de l'engraissement à 63 jours (63 jours \pm 2). Les animaux ont été pesés au sevrage et à 63 jours. Sur cette période, la quantité d'aliment consommé par animal a été enregistrée en cage individuelle et en cage de digestibilité. Elle a été estimée en cage collective en divisant la consommation totale de la cage par le nombre d'animaux présents en tenant compte des animaux morts pendant la période de contrôle.

1.2. Analyses statistiques

En plus des caractères enregistrés, le gain moyen quotidien (GMQ) a été calculé pour chaque animal en divisant le gain de poids total entre le sevrage et la fin de l'engraissement par le nombre de jours de la période de croissance, et l'indice de consommation a été obtenu en divisant la quantité totale d'aliment consommé par le gain de poids sur la période de croissance. La CR a été estimée comme la résiduelle d'une régression linéaire multiple entre la consommation totale d'aliment sur le poids métabolique moyen (poids moyen entre le sevrage et la fin de croissance à la puissance 0,75) pour prendre en compte les besoins d'entretien, et sur le GMQ sur la période de croissance pour prendre en compte les besoins de croissance. Ce calcul a été réalisé par la procédure REG du logiciel SAS (version 9.1, 2003). Les effets de la lignée du lapereau et de celle de sa mère adoptive ont été analysés pour chacun des 6 caractères : Poids 32 jours, Poids 63 jours, GMQ, IC CR, CONS par un modèle linéaire simple à l'aide du logiciel SAS (version 9.1, 2003) (procédure GLM). Les effets testés dans chaque modèle ont été : la lignée de la mère adoptive (Lm), la lignée du lapereau (Llap), la famille génétique du lapereau, le type d'hébergement (H) (sauf pour le poids à 32 jours, non pertinent), la bande (B) et les interactions entre ces différents effets. Seuls les effets significatifs ont été retenus ($P < 0,05$). Quand l'effet lignée de la mère adoptive était significatif, l'interaction lignée du lapereau x lignée de la mère adoptive a été gardée systématiquement dans le modèle.

2. Résultats et discussion

Le modèle retenu est le suivant :

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + H_j + B_i * H_j + Llap_k + Lm_l + e_{ijklm}$$

Le niveau de signification des effets testés pour les différents caractères étudiés sont présentés dans le tableau 1, les effets « bande » et interaction « bande x type d'hébergement » étant systématiquement significatifs, n'y sont pas rapportés. L'interaction lignée d'origine x lignée de la mère adoptive n'est jamais significative.

Tableau 1 : Niveau de significativité des effets fixes pour les différents caractères.

Caractères	P		
	Lignée lapereau	Lignée mère adoptive	Type hébergement
Poids 32 jours	***	ns	/
Poids 63 jours	***	ns	***
GMQ	***	ns	***
IC	***	*	***
CR	***	ns	***
CONS	***	ns	***

GMQ : Gain Moyen Quotidien, IC : Indice de Consommation, CR : Consommation résiduelle, CONS : Consommation totale d'aliment.
ns = non significatif ; *, 0,05 < P, ** < 0,01, ***: P < 0,001.

La lignée du lapereau influence significativement ($P < 0,001$) l'ensemble des caractères, ainsi que le type d'hébergement ($P < 0,001$). Seul l'IC est influencé par la lignée de la mère adoptive ($P < 0,05$). Les estimations des moindres carrés pour les effets de la lignée du lapereau et du type d'hébergement sont présentées dans le tableau 2. Les animaux ConsR sont plus légers que les G0 à 32 jours (-82,9 g) et à 63 jours (-161 g). Ils ont également un GMQ plus faible (-2,36 g/jour), et un IC (-0,36), une CR (-548 g) ainsi qu'une CONS (-839 g) plus faibles, correspondant à une meilleure efficacité alimentaire. Ces résultats montrent que la sélection génétique sur la CR a été efficace. Une sélection de ce type a été réalisée sur le porc (Nguyen *et al.*, 2005). Elle a également montré que l'efficacité alimentaire était améliorée.

Concernant le type d'hébergement, les performances des lapins étaient similaires en cage individuelle et en cage de digestibilité pour l'ensemble des caractères. En revanche, en hébergement collectif les lapins étaient plus légers à 63 jours (-162 g environ) et

avaient un GMQ plus faible (-4,21 g/jour environ) que les animaux élevés individuellement. Ils présentaient également un IC, une CR et une CONS plus élevés (environ +0,45, +464 g et +205g respectivement). Ces résultats sont cohérents avec Coulmin *et al.* (1982) qui, en diminuant la densité d'animaux par cage, obtenaient des lapins plus lourds et une augmentation du GMQ. Cependant ils n'observaient pas de modification de l'IC.

Les effets mère et lapereau sont représentés sur la Figure 2. Quelle que soit la lignée du lapereau, les mères adoptives G0 ont un effet bénéfique sur l'IC comparé aux mères adoptives ConsR. En effet un lapereau adopté par une femelle ConsR a un IC dégradé (+0,06) par rapport à un lapereau adopté par une femelle G0. Or on considère que l'effet de la mère adoptive est composé de l'environnement permanent qu'elle offre à ses petits, de sa génétique et du microbiote qu'elle transmet, lui-même influencé par la génétique de la mère. Sous réserve de l'existence d'un microbiote différent chez les mères des 2 lignées et d'une transmission de celui-ci au petit, cet effet « lignée de la mère adoptive » pourrait être dû au microbiote du petit reçu de sa mère adoptive. Dans ce cas, ce seraient les mères non sélectionnées qui transmettraient un microbiote plus performant. Néanmoins on ne peut pas exclure à ce stade que cet effet soit dû partiellement à d'autres composantes des qualités maternelles : lait, comportement maternel, phéromones... (Combes *et al.*, 2013).

En conclusion, l'IC est fortement influencé par la génétique propre du lapereau ($\Delta = 0,36$, $P < 0,001$) et dans une moindre mesure par son environnement maternel ($\Delta = 0,06$, $P < 0,05$).

Tableau 2 : Moyennes des moindres carrés selon le type d'hébergement et la lignée du lapereau.

Caractères	Lignée lapereau		Type hébergement		
	G0	ConsR	collectif	digestibilité	individuel
Poids à 32 jours (g)	916 ± 6	833 ± 6			
Poids à 63 jours (g)	2624 ± 13	2463 ± 12	2436 ± 14 ^a	2596 ± 20 ^b	2599 ± 11 ^b
GMQ (g/jour)	51,76 ± 0,28	49,40 ± 0,26	47,77 ± 0,32 ^a	52,08 ± 0,46 ^b	51,88 ± 0,25 ^b
IC	3,02 ± 0,02	2,66 ± 0,02	3,14 ± 0,02 ^a	2,69 ± 0,03 ^b	2,69 ± 0,01 ^b
CR (g)	298 ± 18	-250 ± 17	333 ± 20 ^a	-117 ± 29 ^b	-144 ± 16 ^b
CONS (g)	5127 ± 23	4288 ± 21	4850 ± 26	4645 ± 38	4628 ± 21

GMQ : Gain Moyen Quotidien, IC : Indice de Consommation, CR : Consommation résiduelle, CONS : Consommation totale d'aliment. ^{a, b} les moyennes ayant des lettres différentes diffèrent significativement ($P < 0,05$).

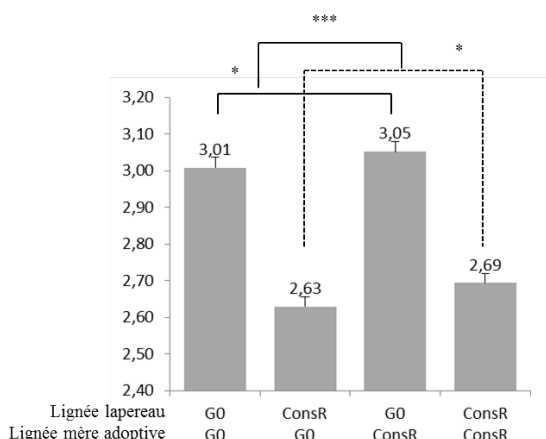


Figure 2: Effets de la lignée du lapereau et de la mère adoptive sur l'indice de consommation.

L'interaction n'est pas significative, mais les effets simples le sont.
*: $0,05 < P$; **: $0,01 < P$; ***: $P < 0,001$.

Conclusions

Nos résultats permettent de mettre en évidence que la sélection améliore l'efficacité alimentaire, quel que soit le critère d'appréciation. Par ailleurs, nous montrons un effet significatif de la lignée de la mère d'adoption sur l'efficacité alimentaire, quoique d'amplitude plus limitée que l'effet de la mère biologique. Ces premières analyses nous encouragent à étudier plus finement l'effet de la mère adoptive sur les performances des lapereaux. Afin de mieux estimer le rôle du microbiote dans la transmission mère-jeune, nous caractérisons actuellement celui-ci sur les animaux et les mères de ce dispositif.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des personnes du Pôle Expérimental Cunicole Toulousain PECTOUL et l'équipe Informatique et Automatisation de l'UMR GenPhySE.

Références

- COMBES S., GIDENNE T., BOUCHER S., FORTUN-LAMOTHE L., BOLET G., COUREAUD G., 2013. Lapereaux de la naissance au sevrage : quels outils pour des lapereaux plus robustes ? 15^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France.
- COULMIN J.P., FRANCK Y., MARTIN S., 1982. Incidence du nombre de lapins par cage d'engraissement sur les performances zootechniques. 3^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, DATE ?, Paris, France, N°24.
- 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. 14^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 22-23 novembre 2011, Le Mans, France.
- GIDENNE T. 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livest. Prod. Sci.* 81, 105-117.
- GIDENNE T., AUBERT C., DROUILHET L., GARREAU H., 2013. L'efficacité alimentaire en cuniculture : impacts technico-économiques et environnementaux. 15^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France.
- NGUYEN, H. N., 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.
- SPOR A., KOREN O., LEY R., 2011. Unravelling the effects of the environment and host genotype on the gut microbiome. *Nat Rev Microbiol.* (4):279-90.
- SAS.2008.SAS Inst.Inc.,Cary,NC,v9.2