

AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ DE LA SÉLECTION SUR LE RENDEMENT CARCASSE DU LAPIN

Maupin M.^{1*}, Robert R.¹, Herry F.², Ruer T.³, Hurtaud J.¹

¹ HYPHARM, 3 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

² GROUPE GRIMAUD, 3 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

³ GRIMAUD FRÈRES, 3 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

*Auteur correspondant : mickael.maupin@hypharm.fr

Résumé - La lignée mâle AGP59 de HYPHARM est sélectionnée sur le Rendement Carcasse (RC) depuis 1987 avec abattage contrôlé de lapereaux issus de femelles primipares à 10 semaines d'âge. Cette méthode de sélection a permis un gain phénotypique significatif de 0,14 point de rendement par an depuis 2008, permettant d'atteindre un niveau de rendement carcasse à froid de 60,06% en moyenne sur la lignée pure en sélection en 2021. Différentes approches ont été testées pour amplifier l'augmentation du RC sur le lapin de chair par la sélection : par l'étude de l'amélioration de l'efficacité de la méthode actuelle à l'aide de l'outil de simulation stochastique MoBPS, et par l'utilisation d'un outil d'imagerie Computed Tomography (CT) pour estimer le RC sans sacrifier d'animaux candidats à la sélection. La méthode actuelle semble la plus efficace et la plus optimisée pour sélectionner le rendement de la carcasse entière du lapin.

Abstract - HYPHARM's male line AGP59 has been selected on carcass yield (RC) since 1987 with controlled slaughter of kits from primiparous females at 10 weeks of age. This selection method has allowed a significant phenotypic gain of 0.14 points of yield per year, making possible to reach a level of cold carcass yield of 60.06% on average on the pure line in selection in 2021. Different approaches were tested to amplify the increase in carcass yield on broiler rabbits through selection: by studying the efficiency improvement of the current method using the MoBPS stochastic simulation tool, and by using a Computed Tomography (CT) imaging tool to estimate the CR without sacrificing candidate animals for selection. The current method appears to be the most effective and optimized for selecting the yield of the whole rabbit carcass.

Introduction

Le rendement carcasse entre aujourd'hui dans les grilles de paiement des éleveurs pour les lapins vendus à l'abattoir. Ainsi, son amélioration est un critère de rentabilité important pour la filière.

Garreau *et al.* (2017) ont mis en évidence que la sélection du rendement à partir de données de découpe était un moyen d'amélioration de ce critère. Historiquement, les mesures de rendement utilisées pour la sélection sont obtenues par l'abattage de collatéraux de sélection pour obtenir des poids de carcasse d'animaux. Ces données individuelles apportent des informations aux candidats à la sélection afin d'identifier et de choisir les animaux génétiquement améliorateurs. Même si cette méthode contraint à abattre une partie des candidats à la sélection, elle a permis une progression significative du rendement carcasse du lapin de chair.

Des méthodes non invasives sur animaux vivants ont déjà été expérimentées pour évaluer les caractéristiques de la carcasse en lapin : par exemple le scanner pour le volume de muscle de la cuisse (Matics *et al.*, 2014) ou encore l'échographe pour le volume de râble (Lenoir *et al.*, 2015). Ces mesures permettent d'avoir des données directement sur les candidats à la sélection. Cependant, les volumes de pièces restent

modérément corrélés avec le rendement de la carcasse entière.

L'objectif de l'étude est d'explorer de nouvelles pistes afin d'accélérer le progrès génétique sur le rendement carcasse du lapin : d'une part, par l'optimisation de la méthode actuelle en étudiant le nombre de candidats abattus à l'aide de l'outil de simulation MoBPS, et d'autre part, en explorant une méthode non invasive d'évaluation du rendement de la carcasse entière avec un CT (Computed Tomography) comme méthode alternative.

1. Matériel et méthodes

1.1. Conduite des animaux

L'étude porte sur la lignée AGP59, une des lignées commerciales paternelles du sélectionneur français HYPHARM. Depuis 1987, la lignée est sélectionnée sur le Poids de fin d'engraissement à 70 jours d'âge (P70) et le Rendement Carcasse à 71 jours d'âge (RC). À partir de 2008, la résistance aux problèmes digestifs a été ajoutée aux objectifs de sélection, remplacée en 2018 par la résistance aux Troubles Infectieux (TI), selon la définition de Gunia *et al.* (2015).

La lignée est divisée en 14 groupes de reproduction et conduite en générations chevauchantes. Tous les 42

jours, environ 140 femelles et 28 mâles sont mis à la reproduction. Au sevrage à 31 jours d'âge, environ 650 candidats à la sélection sont placés en cages collectives pour l'engraissement et sont nourris à volonté.

La population de collatéraux est constituée après la P70 à partir des lapereaux issus des lapines primipares (88 collatéraux abattus en moyenne par bande en 2021).

À 71 jours d'âge, les collatéraux sont repesés avant transport à l'abattoir. Après un ressuyage d'environ 2 heures à 4°C, les carcasses sont pesées à froid. Le RC est calculé par le rapport entre le poids de carcasse et le poids vif mesuré avant le transport.

1.2. Simulations stochastiques

Les simulations d'optimisation ont été réalisées avec le package R MoBPS (Pook *et al.*, 2020) qui est un outil de simulation stochastique. Les simulations sont basées sur des combinaisons entre simulations d'individus uniques et actions de sélection telles que le phénotypage, la sélection d'individus ou encore la reproduction entre individus. Les phénotypes sont simulés à partir de tirages issus d'une distribution Gaussienne. Au total, 8 cycles d'animaux consécutifs ont été simulés.

MoBPS étant un programme de simulation stochastique, le choix a été fait de répéter les différentes simulations 100 fois de manière à obtenir des estimations fiables des valeurs génétiques. Afin de limiter l'impact de la simulation des animaux fondateurs, le progrès génétique est estimé en calculant la différence entre les valeurs génétiques des animaux reproducteurs du noyau à la fin du 8^e et du 5^e cycle, puis ramené à un progrès génétique annuel.

Au total, 5 simulations différentes ont été réalisées en considérant 50, 80, 100, 120 et 150 individus abattus (issus des premières mises-bas).

Les caractéristiques de la lignée (effectifs, performances, paramètres génétiques, ...) ont ainsi été paramétrées en données d'entrée pour la simulation du cycle de sélection.

1.3. Mesures au CT

Au total 713 collatéraux de sélection de la lignée ont été pesés et passés au CT (Computed Tomography) à 71 jours d'âge entre 2019 et 2020. Un scan complet des animaux a été réalisé, à raison d'un lapin par scan, en position allongée (Figure 1).

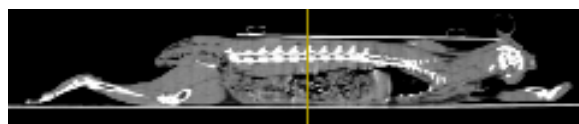


Figure 1 : Image d'une coupe longitudinale de lapin au CT pour estimation du RC

Les animaux scannés ont ensuite été abattus, puis les carcasses ont été ressuyées pendant 2 heures à 4°C et découpées afin de pouvoir estimer des corrélations entre les données évaluées par CT (poids vif, poids

carcasse, rendement scanner et volume des pièces, Figures 1 et 2) et les données de découpe (poids de carcasse, RC et poids des différentes pièces anatomiques).



Figure 2 : Image d'une coupe transversale de lapin au CT pour estimation du volume du Longissimus dorsi

Les images CT ont été analysées puis transformées en données exploitables à partir d'algorithmes développés sur le logiciel MATLAB (Hunt *et al.*, 2001).

1.4. Analyses génétiques et statistiques

Les paramètres génétiques ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance restreinte (REML) appliquée à un modèle animal. Les valeurs génétiques ont été calculées selon la méthode du BLUP en utilisant le même modèle animal. L'ensemble des résultats (paramètres et valeurs génétiques) sont calculés en une seule étape en utilisant le logiciel ASReml (Gilmour *et al.*, 2009).

Pour le RC, la bande d'élevage, la taille de portée au sevrage, le sexe et le rang de portée ont été retenus comme effets fixes dans le modèle. L'effet génétique additif et l'effet d'environnement commun de portée de l'animal ont été ajoutés comme effets aléatoires.

Le progrès génétique annuel est estimé par la régression des valeurs génétiques BLUP sur l'année de l'étude.

Les comparaisons multiples de moyennes ont été réalisées avec le logiciel R (R Core Team, 2014) par analyse de variance (ANOVA). Les coefficients de corrélation ont également été calculés avec le logiciel R (méthode de Pearson).

2. Résultats et discussion

2.1. Résultats de la sélection

Tableau 1 : Paramètres génétiques du caractère Rendement Carcasse (RC) sur la population de sélection en 2021

	RC
Héritabilité	0,41
Corrélation génétique avec P70	-0,12
Corrélation génétique avec les TI	-0,32

P70 = Poids à 70 jours, TI = Troubles Infectieux

L'héritabilité du RC sur la lignée est estimée à fin 2021 à $h^2 = 0,41$ (Tableau 1). Le caractère RC fait partie des

caractères les plus hératables chez le lapin. L'héritabilité obtenue est conforme aux résultats de Larzul *et al.* ($h^2 = 0,55$; 2005) mais est plus élevée que celle estimée par Garreau *et al.* ($h^2 = 0,24$; 2008).

Tableau 2 : Évolution des résultats phénotypiques du Rendement Carcasse (RC) sur les collatéraux de sélection

	N	Moyenne	Ecart-type
RC 2008 (en %)	570	58,23	1,54
RC 2021 (en %)	790	60,06	1,61
Gain phénotypique annuel		+0,14/an	

Cette valeur est estimée à partir de données d'abattage mesurées sur collatéraux. La méthode s'avère efficace pour capter la part génétique du caractère RC. Cela a permis d'obtenir, sur la lignée pure, un gain génétique annuel significatif de +0,36 point de rendement par an (Tableau 3) et un progrès phénotypique de +1,83 points de rendement entre 2008 et 2021, soit +0,14 point de rendement en moyenne par année de sélection. Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude sur le progrès génétique réalisé par la sélection sur le rendement de carcasse du lapin, hormis l'étude de Garreau *et al.* (2017) réalisée sur la même lignée pure (+0,38 point de rendement par an).

Tableau 3 : Évolution des Valeurs Génétiques (VG) du Rendement Carcasse (RC) des candidats à la sélection (en unité de caractère)

	N	Moyenne
VG RC 2008	4090	0,06
VG RC 2021	4884	4,69
Gain génétique annuel		+0,36/an

La corrélation génétique légèrement négative avec le P70 (-0,12 ; Tableau 1) n'est pas un frein à l'augmentation du RC au vu des progrès obtenus, comme l'affirmaient également Gomez *et al.* (1998) et Garreau *et al.* (2008 et 2017) dans leurs publications.

2.2. Résultats des simulations génétiques avec MoBPS

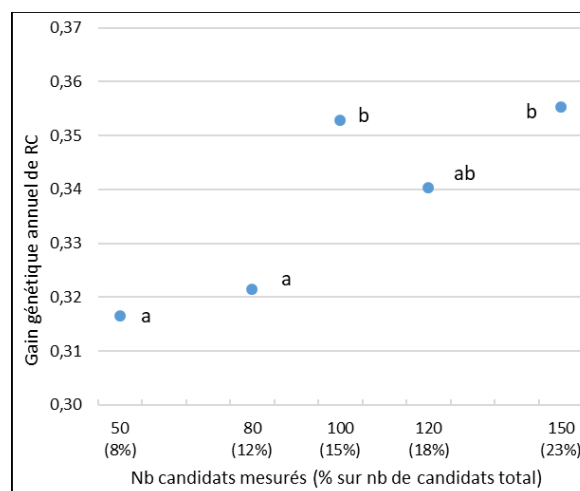
Différentes simulations ont été réalisées avec l'outil MoBPS pour améliorer l'efficacité de la sélection sur le RC : en optimisant le nombre de candidats à la sélection envoyés en mesure de RC, ou encore en optimisant les pondérations des index de chacun des critères dans l'objectif global de sélection. Seuls les résultats concernant l'optimisation du nombre de candidats découpés sont présentés ici.

La Figure 3 présente les moyennes des 100 simulations réalisées pour chacun des scénarios : 50, 80, 100, 120 et 150 candidats mesurés (respectivement 8%, 12%, 15%, 18% et 23% de candidats simulés).

Le progrès génétique réalisé en prélevant 50, 80 ou 120 candidats n'est significativement pas différent (respectivement +0,317 point de RC/an, +0,321/an et +0,340/an). Par ailleurs, le gain génétique ne diffère pas significativement en considérant 100, 120 ou 150

mesures par bande (respectivement +0,353 point de RC/an, +0,340/an et +0,355/an). Ainsi, afin d'optimiser le nombre de candidats à la sélection sacrifiés par rapport au nombre de candidats encore disponibles pour la sélection, il semble préférable de réaliser les mesures sur environ 15% des candidats (le scénario avec 100 collatéraux) pour maximiser le progrès génétique sur le RC.

Nous n'avons pas trouvé dans la littérature d'études permettant de comparer nos résultats. Quel que soit le scénario simulé ici, les progrès génétiques restent intéressants.



Moyennes significativement différentes symbolisées par des lettres différentes (a ≠ b, p-value < 0,05)

Figure 3 : Estimation du gain génétique annuel de Rendement Carcasse (RC) en fonction du nombre de candidats mesurés

Sur les résultats de la lignée en 2021, environ 16% des collatéraux ont été abattus pour la mesure du RC (790 mesures / 4884 candidats), ce qui est proche de l'optimum calculé dans cette étude.

2.3. Estimation du rendement carcasse par CT

L'objectif de cette partie était d'explorer une méthode non invasive d'évaluation du rendement de la carcasse entière, afin d'améliorer l'intensité de sélection par arrêt des abattages de candidats à la sélection. L'augmentation du rendement de la carcasse entière (tête, gigolettes, thorax, râble, cuisses, rognons et foie) est une demande spécifique du marché pour l'espèce lapin alors que dans certaines espèces l'amélioration du rendement peut se limiter à certaines pièces anatomiques (rendement filet en volailles par exemple).

Lors de cette étude, 713 lapins ont été passés au CT, puis abattus et découpés. Les corrélations phénotypiques du Tableau 4 montrent que le poids vif et le poids carcasse sont des caractères très bien évalués par CT (respectivement $r=0,98$ et $r=0,83$). En revanche, la corrélation se dégrade nettement pour le caractère RC ($r=0,48$). Le RC étant le rapport entre ces deux

composantes (le poids carcasse sur le poids vif), la méthode d'évaluation ne s'avère pas aussi précise.

Tableau 4 : Coefficients de corrélation phénotypique entre les données mesurées au CT et les données mesurées sur l'animal

	Poids vif animal	Poids carcasse animal	RC
Poids vif CT	0,98		
Poids carcasse CT		0,83	
Rendement CT			0,48

Les différents travaux menés sur des méthodes non invasives ont permis d'estimer des volumes de pièces anatomiques (Matics *et al.*, 2014 par exemple avec un CT en lapin) ou encore des caractéristiques de la viande (Zomeno *et al.*, 2014, par exemple avec un CT en porc). Nous n'avons pas trouvé de travaux mettant en évidence une estimation satisfaisante de la carcasse entière. En revanche, des travaux font état de l'amélioration du RC par l'intermédiaire de l'augmentation du volume ou du poids de morceaux anatomiques (Lenoir *et al.*, 2015, Szendro *et al.*, 1992). Dans notre étude, les corrélations entre les volumes de pièces évaluées par CT et le RC sont modérées (Tableau 5) : $r=0,56$ pour le volume du *Longissimus dorsi* et $r=0,58$ pour le muscle de la cuisse. Ces corrélations ne semblent pas suffisantes pour estimer efficacement le RC dans un objectif de sélection.

Tableau 5 : Coefficients de corrélation phénotypique entre des volumes de pièces anatomiques évaluées au CT et le RC

	RC
Volume du <i>Longissimus dorsi</i> CT	0,56
Volume du muscle de la cuisse CT	0,58

Ces résultats sont proches de ceux exposés par Lenoir *et al.* (2015) pour le *Longissimus dorsi* avec une corrélation phénotypique de 0,53 pour le caractère S2-3 (surface de muscle entre la 2^{ème} et la 3^{ème} vertèbre lombaire), ou ceux de Szendro *et al.* (1992) pour le muscle de la cuisse ($r=0,48$ à $0,52$). Le nombre et la diversité de pièces anatomiques constituant la carcasse entière en lapin explique en partie ces corrélations modérées. La variabilité des poids de foie en est un exemple. En effet, Lebas *et al.* (1972) ont mesuré des coefficients de variation de poids de foie de 18,7% pour des lapins de 11 semaines, ce qui représente 17 grammes, soit une variation de 0,60 point de rendement expliqué uniquement par le foie. À travers des chantiers de découpe, Robert *et al.* (2017) ont également mis en évidence des corrélations phénotypiques modérées voire faibles entre les différentes pièces de la carcasse et le RC ($r=0,37$ au maximum avec la cuisse).

Ainsi, la méthode CT testée n'a pas permis de mettre au point une mesure d'évaluation efficace du RC. Des

travaux sont à poursuivre pour affiner les algorithmes et gagner en précision sur la mesure. Le CT reste néanmoins un outil intéressant pour augmenter le rendement ou le volume d'une pièce anatomique, comme ont pu le faire notamment Nagy *et al.* (2015) en sélectionnant sur le volume de cuisse à partir de données estimées par scanner.

Conclusions

Différentes nouvelles méthodes ont été testées pour améliorer l'efficacité de la sélection sur le rendement de la carcasse entière. Les résultats de simulation ont montré que la méthode actuelle était déjà optimisée. L'étude de données scanner n'a pas permis de mettre en évidence un critère de mesure simple, précis et répétable pour estimer le RC. La méthode historique avec abattage de 15% de collatéraux semble pour le moment la plus adaptée et a fait ses preuves au vu des progrès génétiques et phénotypiques observés sur la lignée pure de la voie mâle. Pour continuer de progresser génétiquement sur le rendement carcasse du lapin de chair, il pourrait être intéressant d'étudier l'apport de rendement par la voie femelle.

Remerciements

Les auteurs remercient l'équipe de sélection de HYPHARM pour le suivi des animaux et la collecte des données, ainsi que les équipes de Grimaud Frères ayant participé aux chantiers scanner.

Références

- Garreau, H., Eady, S.J., Hurtaud, J., Legarra, A., 2008. Genetic parameters of production traits and resistance to digestive disorders in a commercial rabbit population. In: Proc. 9th World Rabbit Congress. Verona, Italy. p 103-107.
- Garreau, H., Maupin, M., Hurtaud, J., Gunia, M., 2017. Analyse génétique et sélection d'une lignée commerciale paternelle. 17^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. p. 163-166. Le Mans 2017.
- Gilmour, A.R., Gogel, B.J., Cullis, B.R., Thompson, R., 2009. ASReml user guide release 3.0. VSN Int. Ltd.
- Gómez, E.A., Baselga, M., Rafel, O., Ramon, J., 1998. Comparison of carcass characteristics in five strains of meat rabbit selected on different traits. Livest. Prod. Sci. 55, 53-64.
- Gunia, M., David, I., Hurtaud, J., Maupin, M., Gilbert, H., Garreau, H., 2015. Resistance to infectious diseases is a heritable trait in rabbits. Journal of Animal Science.
- Hunt, B.R., Lipsman, R.L., Rosenberg, J.M., Coombes, K.R., Osborn, J.E., Stuck, G.J., 2001. A guide to MATLAB. Cambridge University Press, 2001.
- Larzul, C., Gondret, F., Combes, S., Rochambeau, H. de, 2005. Divergent selection on 63-day body weight in the rabbit: response on growth, carcass and muscle traits. Genet. Sel. Evol. 37: 105-122.
- Lebas, F., Laplace, J.P., Cousin, M.C., Germain, C., Chapel, J., 1972. Mensurations viscérales chez le lapin. Annales de zootechnie, 1972, 21 (1), p. 37-47. hal-00887149.
- Lenoir, G., Morien, F., 2015. Intérêt de l'évaluation par échographie des caractéristiques de carcasse pour la sélection du lapin de chair. 16^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. p. 177-180. Le Mans 2015.
- Matics, Z., Szendro, Z., Nagy, I., Gerencser, Z., Donko, T., 2014. Usage of Computed Tomography in the selection of two Hungarian rabbit breeds. Farm Animal IMaging. P. 31-34. Copenhagen 2014.

- Nagy, I., Donko, T., Czako, B., Radnai, I., Nemeth, T., Matics, Z., Gerencser, Z., Szendro, Z., 2015. Relations entre des critères mesurés par tomographie et les caractéristiques des carcasses chez le lapin. 16^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, p. 181-184. Le Mans 2015.
- Pook, T., Schlather, M., Simianer, H, 2020. MoBPS - Modular Breeding Program Simulator. G3. 2020;10:1915.
- R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Robert, R., Thiébot, C., Garreau, H., 2017. Etude comparative du poids et de la proportion de la peau et des pièces de découpe de deux lignées mâles de souche Hyla. 17^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. p. 83-86. Le Mans 2017.
- Szendro, Z.S., Horn, P., Köver, G.Y., Berenyi, E., Radnai, I., Biro-Nemeth, E., 1992. In vivo measurement of carcass traits or meat type rabbit by X-ray computerized tomography. J. Appl. Rabbit Res. 15 : 799-809.
- Zomeno, C., Gispert, M., Brun, A., Carabus, A., Font-i-Furnols, M., 2014. Prediction of carcass protein and fat chemical content using Computed Tomography in live pigs and pig carcasses. Farm Animal IMaging. P. 44-47. Copenhagen 2014.