

MODELE DE LA SELECTION DU LAPIN SUR LES CARACTERES DE CROISSANCE ET D'EFFICACITE ALIMENTAIRE

Selection's model in rabbits on growth traits and alimentary efficiency

**Modelo de la selección del conejo sobre los caracteres de crecimiento
y eficiencia alimentaria**

B. POUJARDIEU *

R. ROUVIER *

J. L. VRILLON *

R. DONAL **

De nombreux travaux ont été réalisés sur la relation génétique et phénotypique entre le poids au sevrage, la vitesse de croissance et la consommation journalière moyenne post-sevrage, l'indice de consommation, chez le jeune animal jusqu'à l'âge ou le poids d'abattage. Cela chez les espèces d'animaux zootechniques ou de laboratoire. SUTHERLAND *et al.* (1970) à la suite d'expériences de sélection chez la souris, sur une période d'âges constants, trouvent que les animaux qui sont génétiquement supérieurs pour la vitesse de croissance ont également tendance à être génétiquement plus efficaces pour l'utilisation de l'aliment, tout en consommant plus d'aliment. La sélection pour la croissance pondérale du jeune conduit en général à une augmentation corrélatrice de l'efficacité de l'utilisation alimentaire (diminution de l'indice de consommation). SUTHERLAND (1965) a montré que la corrélation entre ces deux caractères pouvait s'obtenir, mathématiquement, comme la corrélation entre un rapport et son dénominateur et dépendait alors de la corrélation entre les deux caractères (gain et consommation) et de leurs deux coefficients de variation.

Bien souvent, dans la sélection des animaux domestiques des espèces zootechniques, compte tenu de la difficulté pratique et du coût de mesure de la consommation d'aliment, on considère que la seule vitesse de croissance est suffisante, du fait de la réponse corrélée de l'indice de consommation.

Nous avons peu d'informations sur les résultats que l'on obtiendrait si l'on réalisait une sélection en considérant simultanément plusieurs caractères en rela-

* Laboratoire de Méthodologie Génétique, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Centre de Recherches de Tours, Auzevilly, B. P. 12, 31 320 Castanet Tolosan, France.

** Institut Technique de l'Aviculture et des Animaux de Basse-Cour, 28, rue de Rocher, 75008 Paris, France.

tion avec la croissance et l'efficacité alimentaire: par exemple, poids au sevrage, vitesse de croissance, consommation, poids de carcasse, et si possible composition anatomique ou composition corporelle des carcasses obtenues. Les méthodes théoriques et de calcul des index de sélection sur plusieurs caractères sont disponibles: voir, par exemple, BOYER (1958), ROUVIER (1969), MALLARD (1972). Il y a cependant encore peu d'évaluations expérimentales de celles-ci.

La sélection appliquée des souches «mâle-chair» de lapin nous a conduits à établir un index de sélection sur descendance portant sur quatre caractères en relation avec la croissance et l'efficacité alimentaire. Il nous a paru utile de présenter ici, à partir des premiers résultats, une évaluation de l'accord entre les résultats expérimentaux et la théorie dans la sélection par index sur plusieurs caractères. Enfin, il apparaît que le lapin, animal zootechnique reproducteur de viande, pourrait être aussi utilisé dans le cadre d'expérimentations de sélection sur une efficacité vraie de la transformation d'aliment pour produire l'os, le muscle et le gras, ou la matière sèche des carcasses.

MATERIEL ANIMAL

Nous avons utilisé les résultats des mêmes 1622 lapereaux que MATHERON *et al.* (1974), OUHAYOUN *et al.* (1974) dans leur communication à ce premier Congrès Mondial de Génétique Appliquée à l'Élevage. Ces 1622 lapereaux sont nés et élevés dans un système d'élevage en ambiance protégée, au Centre de Recherches I. N. R. A. de Toulouse, en trois séries de testage. Ils sont issus de 6 souches de pères accouplés avec des mères d'autres souches, de 70 pères et 239 portées. Ces lapereaux étaient élevés, après sevrage à 28 jours et jusqu'à 77 jours, en cages collectives, par groupes de 8, les lapereaux d'une même cage étant issus d'un même père, mais le plus souvent, de plusieurs portées. Nous avons considéré, de plus, les résultats de 567 lapereaux des deux sexes, contemporains des précédents, élevés en cages individuelles dans la même période de 28-77 jours. Ceux-ci sont issus de 23 pères (des mêmes 6 souches) et 86 mères. Les index de sélection étudiés ici ont été établis pour 106 reproducteurs mâles et 2501 descendants.

METHODES STATISTIQUES

Estimation des paramètres génétiques

Nous considérerons ici 4 caractères mesurés sur ces lapereaux, auxquels sont attachées les variables aléatoires phénotypiques:

- .P vitesse de croissance journalière moyenne, dans une période de 41 jours, depuis la sevrage jusqu'à l'âge de 10 semaines.
- .P consommation journalière moyenne d'aliment granulé complet, distribué exclusivement comme nourriture, dans la même période d'âges.
- .P poids vif de l'animal, immédiatement avant l'abattage à 11 semaines.
- .P poids de la carcasse chaude.

Les variables aléatoires génétiques aditives correspondantes sont notées $.G$, $.G$, $.G$.

Une analyse hiérarchique de la variance et de la covariance a été faite suivant la hiérarchie: série et souche de père, pères intra série souche, mères intra père, lapereaux intra mère. Cela séparément sur les données des cages collectives et des cages individuelles. La quantité d'aliment consommé individuellement n'est évidemment connue que pour les lapereaux élevés en cages individuelles. Pour ceux élevés en cages collectives, seules les consommations moyennes de descendance de père ont pu être mesurées séparément pour chaque descendance. Dans l'estimation des paramètres génétiques, ceux obtenus à partir des 1622 lapereaux sont beaucoup plus précis que ceux obtenus à partir des 567 lapereaux. Nous avons estimé les composantes père des variances et covariances faisant intervenir la quantité d'aliment consommé de la façon suivante: nous avons exprimé les espérances de la somme des carrés centrés et coproduits centrés des moyennes de familles de père (cages collectives). Nous avons remplacé ces espérances par les valeurs calculées des sommes de carrés et coproduits centrés, les composantes intra famille de mère et mère intra père, des variances et covariances, respectivement par celles estimées à partir des données des cages individuelles. Les équations obtenues ont alors permis d'estimer les composantes père des variances et covariances faisant intervenir la consommation à partir des moyennes des 70 descendance. Le tableau 1 donne les paramètres génétiques et intra famille de mère ainsi estimés (1622 lapereaux).

TABLEAU 1

HÉRITABILITÉS-CORRÉLATIONS GÉNÉTIQUES PÈRE, MÈRE ET INTRA FAMILLE DE MÈRE

	${}_1P$	${}_2P$	${}_3P$	${}_4P$
${}_1P$ Gain moyen quotidien 29-70 jours ...	0,61	0,672 0,861 0,691	0,965 0,617 0,801	0,946 0,592 0,808
${}_2P$ Consommation moyenne quotidienne 29-70 jours.		0,59	0,453 0,933 0,670	0,424 0,992 0,701
${}_3P$ Poids vif à l'abattage ...			0,55	0,989 0,983 0,927
${}_4P$ Poids de carcasse chaude ...				0,61

Héritabilités dans la diagonale du tableau.

Pour chaque caractère:

1ère. ligne: Corrélations génétiques père.

2ème. ligne: Corrélations dues aux effets des mères.

3ème. ligne: Corrélations intra famille de mère.

Index de sélection

Ceux ci ont été calculés suivant la méthode classique: il s'agissait ici d'estimer une valeur génétique économique globale s'exprimant par H , en fonction des valeurs génétiques additives centrées:

$$H = 0,2448 {}_1G - 0,0360 {}_2G - 0,0053 {}_3G + 0,0081 {}_4G$$

Le coefficient de pondération économique de la vitesse de croissance est basé sur le prix de vente au gramme de l'animal vivant. Celui de la quantité d'aliment consommé sur le prix d'achat au gramme de l'aliment. Les coefficients du poids vif à l'abattage et du poids de carcasse tiennent compte d'une plus-value lorsque le poids de carcasse augmente, à poids vif constant:

$$0,0081 ({}_1G - 0,65 {}_3G) = 0,0081 {}_4G - 0,0053 {}_3G$$

0,65 est la régression de ${}_1G$ sur ${}_3G$.

H est la valeur génétique globale de chaque mâle dont on connaît la valeur phénotypique de la descendance. L'index de sélection sur descendance s'écrit:

$$I = 0,2448 \hat{{}_1G} - 0,0360 \hat{{}_2G} - 0,0053 \hat{{}_3G} + 0,0081 \hat{{}_4G}$$

Les $\hat{{}_1G}$, $\hat{{}_2G}$, $\hat{{}_3G}$, $\hat{{}_4G}$ étant les estimations des ${}_1G$, ${}_2G$, ${}_3G$, ${}_4G$

Ces estimations s'obtiennent par régression linéaire multiple sur les valeurs phénotypiques prédictrices qui sont les moyennes de famille de père pour les 4 caractères.

Soit g le vecteur colonne des valeurs génétiques additives centrées des 4 caractères, à prédire; \hat{g} l'estimation. p le vecteur colonne des 4 variables prédictrices centrées.

Posons les matrices:

$$\Sigma_{gg} = E(g'g) \quad \Sigma_{pp} = E(p'p) \quad \Sigma_{gp} = E(g'p)$$

L'index de sélection de chaque mâle sur descendance, s'écrit:

$$I = 'a \Sigma_{gp} \Sigma_{pp}^{-1} p$$

Le vecteur colonne a étant celui des coefficients de pondération économique.

L'espérance du progrès génétique sur chacun des caractères, à la suite de la sélection, s'écrit:

$$[1] \quad E(\Delta g) = i/\Gamma_I ' \Sigma_{gp} \Sigma_{pp}^{-1} \Sigma_{gp} a$$

i étant l'intensité de sélection, Γ_I l'écart type de l'index.

Nous donnons dans le tableau 2 pour chacune des six souches les valeurs moyennes de la descendance de tous les mâles (106) avant sélection; les écarts à ces moyennes (sélections différentielles) de la descendance de 38 p. 100 des pères sélectionnés ($i = 1$). Ces sélections différentielles réalisées (vecteur s) sont comparées à leurs espérances:

$$[2] \quad E(s) = i/\Gamma_I 'a \Sigma_{gp}$$

Enfin, nous donnerons le vecteur $E \Delta g$ calculé par [1].

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les héritabilités des caractères, estimées à partir des corrélations intra classe père, sont très élevées. Il est peu probable qu'il y ait un effet milieu commun aux descendants d'un même père, après le sevrage, ceux ci étant répartis dans 2 à 3

TABLEAU 2

SÉLECTIONS DIFFÉRENTIELLES RÉALISÉES DANS CHACUNE DES SOUCHES, MOYENNES, SÉLECTIONS DIFFÉRENTIELLES ET PROGRÈS GÉNÉTIQUES ATTENDUS

Caractères	SOUCHES										
	Unité	\bar{x}	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	\bar{s}	$E(\bar{s})$	$E(\Delta g)$
Gain moyen quotidien 29-70 jours... ..	g	35,45	1,56	2,11	1,38	0,92	1,26	0,92	1,36	1,44	1,10
Consommation moyen- ne quotidienne 29-70 jours	g	105,07	0,45	4,98	2,86	0,68	— 1,93	— 0,91	0,98	0,88	— 0,27
Poids vif à l'abattage...	g	2276	64	147	103	65	78	84	90	98	80
Poids de carcasse chaude	g	1442	55	94	77	49	62	55	65	70	57
Index	F		0,25	0,29	0,31	0,25	0,46	0,27	0,31	0,37	0,32

\bar{x} = Moyennes générales des descendants des mâles des 6 souches (250 lapereaux).

S_1, \dots, S_6 = Sélections différentielles intra souche sur les descendants de chaque souche: différence entre moyennes des descendants des pères sélectionnés et moyennes générales de chaque souche, pour des intensités de sélection, respectivement: $i_1 = 1,00$; $i_2 = 0,92$; $i_3 = 0,95$; $i_4 = 0,94$; $i_5 = 0,94$; $i_6 = 0,88$.

\bar{s} = Sélections différentielles moyennes réalisées, toutes souches regroupées.

$E(\bar{s})$ = Sélections différentielles attendues (formule [2]).

$E(\Delta g)$ = Progrès génétique attendu, calculé par la formule [1], $i = 1$.

cages et les portées de mères différentes étant mélangées. Dans ces conditions d'élevage, la variation génétique apparaît donc comme particulièrement importante, par rapport à celle du milieu. La corrélation génétique entre le gain et la consommation ($r = 0,67$) est de l'ordre de grandeur de celles trouvées par différents auteurs (valeurs de 0,6 à 0,9) sur diverses espèces. Cette corrélation n'est, ici, pas très forte et elle indique la possibilité d'une sélection efficace pour diminuer la consommation, à gain de poids vif constant. Par contre la corrélation génétique entre le poids vif d'abattage et le poids de carcasse est très élevée ($r = 0,989$). L'écart type génétique du poids de carcasse à poids vif (et ici âge) constants, est de 20 g. Cela n'est pas négligeable puisqu'une augmentation de une unité de cet écart type résiduel s'accompagnerait d'un accroissement génétique du rendement à l'abattage (rapport poids de carcasse/poids vif) de près de 1 p. 100. Celui-ci passerait de 63,4 p. 100 (moyenne actuelle de la population étudiée) à 64,2 p. 100.

En ce qui concerne le progrès génétique attendu à la suite de la sélection sur la valeur de l'index I , le jugement sur descendance présente l'avantage de fournir, par définition, un échantillon de la descendance des reproducteurs mâles sélectionnés. Lorsque l'index de sélection est un index sur plusieurs caractères, il est alors intéressant de se fixer des sélections d'après l'index, à différents taux, et de calculer les sélections différentielles réalisées pour chacun des caractères. On peut, à partir de ces sélections différentielles, estimer un progrès génétique pour chaque caractère, avec une précision d'autant plus grande que la taille de famille de père est plus grande (plusieurs mères étant accouplées avec chaque père). La comparaison avec les progrès attendus données par la formule [1] permet une première vérification de la théorie. Cette méthode est utilisée par COCHEZ (communication personnelle) dans la sélection pratique des souches avicoles pour des index de sélection combinée.

Le tableau 3 indique que, pour une intensité de sélection voisine de 1, il y a, en moyenne pour l'ensemble des souches, peu de différences entre les sélections différentielles réalisées obtenues pour chaque caractère, et celles attendues par la théorie. Les différences pour chaque souche prise séparément sont plus importantes, du fait du plus petit nombre d'observations. Le progrès génétique attendu, estimé à partir de la formule [1], $t_a E(\Delta g)$ est, en termes économiques, de 0,32 F. par lapereau issu de reproducteurs eux-mêmes issus de la première génération de sélection. Pour un mâle ayant 300 descendants par an, cela fait une plus-value de 96 F. par mâle, ou de 46 F. s'il est accouplé avec des lapines non sélectionnées pour ce caractère. Ce progrès attendu mesuré en termes économiques, est donc important.

Les relations entre sélections différentielles pour chaque caractère et intensité de sélection devraient être étudiées, en faisant varier ces dernières sur les mêmes résultats disponibles. C'est en effet dans les extrémités des distributions que des écarts éventuels à la théorie risquent de se manifester. Enfin, à partir de paramètres génétiques suffisamment précis, il serait utile d'entreprendre une expérience de sélection sur plusieurs caractères pour mieux évaluer la théorie.

RESUME

A partir de 1622 lapereaux élevés en cages collectives et 567 lapereaux élevés en cages individuelles, on a estimé les paramètres génétiques (variances, covariances)

et phénotypiques, des 4 caractères: gain moyen quotidien entre 29 et 70 jours d'âge ($h^2 = 0,61$), quantité d'aliment consommé en moyenne par jour dans la même période ($h^2 = 0,59$), poids vif à l'abattage à l'âge constant de 11 semaines ($h^2 = 0,55$), poids de carcasse chaude ($h^2 = 0,61$). Les valeurs élevées des héritabilités peuvent s'expliquer par une variabilité génétique importante et par des conditions très bonnes (protection hygiénique) et homogène du milieu. Les corrélations génétiques trouvées, notamment entre croissance et consommation ou entre poids vif d'abattage et poids de carcasse, sont discutées.

Un modèle est donné, pour évaluer l'efficacité d'une sélection par index sur plusieurs caractères dans un cas de sélection sur descendance: à partir d'une sélection sur la valeur de l'index, on détermine les sélections différentielles réalisées sur chaque caractère et on compare avec les sélections différentielles attendues. Pour une intensité de sélection modérée ($i = 1$), l'accord avec la théorie est raisonnablement bon. On donne aussi le progrès génétique attendu sur chaque caractère d'après la théorie des index de sélection.

SUMMARY

From a total of 1622 rabbits reared collectively in cages and 567 rabbits reared in individual cages, we have estimated genetic (variances, covariances) and phenotypic parameters of 4 characters: average daily gain between 29 and 70 days of age ($h^2 = 0,61$), average feed intake per day during the same period ($h^2 = 0,55$), hot carcass weight ($h^2 = 0,61$). High heritability values can be explained by the presence of important genetic variability and by very good (hygienic protection) and homogenous environmental conditions. The observed genetic correlations, notably between growth and intake or between live and slaughter weight, are discussed.

A model is given to evaluate the efficacy of a multiple character index selection based on progeny performance: starting from a selection on index value, we determine the realized selections differentials for each character and we compare with expected selections differentials. For a moderate selection intensity ($i = 1$) the agreement with theory is reasonably good. We also give the expected genetic progress in each character based on the theory of index selection.

RESUMEN

Partiendo de 1.622 gazapos criados en jaulas colectivas y 567 gazapos criados en jaulas individuales, se han estimado los parámetros genéticos (varianzas, covarianzas) y fenotípicos de los 4 caracteres siguientes: ganancia media diaria entre 29 y 70 días de edad ($h^2 = 0,61$), cantidad media de alimento consumido diariamente en el mismo período ($h^2 = 0,59$), peso vivo al sacrificio a edad constante de 11 semanas ($h^2 = 0,55$) y peso de la canal caliente ($h^2 = 0,61$). Los elevados valores de las heredabilidades se pueden explicar por una variabilidad genética importante y por condiciones muy buenas (protección higiénica) y homogéneas del medio. Las correlaciones genéticas halladas, principalmente entre crecimiento y consumo o entre peso vivo al sacrificio y peso de canal, son discutidas.

Se da un modelo para valorar la eficacia de una selección por índice basado en varios caracteres, en un caso de selección sobre la descendencia: partiendo de una selección sobre el valor del índice, se determinan las selecciones diferenciales

realizadas en cada carácter y los resultados hallados se comparan con los de las selecciones diferenciales esperadas. Para una intensidad de selección moderada ($i = 1$), la concordancia con la teoría es razonablemente buena. Se da también el progreso genético esperado para cada carácter según la teoría de los índices de selección.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOYER, J. P. (1958): Théorie et calcul des index de sélection. *Ann. Zootech.*, 3, 193-242.
- MALLARD, J. (1972): *La théorie et le calcul des index de sélection avec restrictions: synthèse critique.*
- MATHERON, G.; POUJARDIEU, B.; LEFORT, G.: Un modèle d'estimation des paramètres génétiques en présence d'effets génétiques directs et maternels chez le lapin. Premier Congrès Mondial de Génétique Appliquée à l'Élevage. Madrid, 7-11 Octobre 1974.
- OUHAYOUN, J.; ROUVIER, R.; POUJARDIEU, B.: Relations génétiques entre les performances de croissance pondérale et le métabolisme du tissu musculaire du lapin. Premier Congrès Mondial de Génétique Appliquée à l'Élevage. Madrid, 7-11 Octobre 1974.
- ROUVIER, R. (1969): Contribution à l'étude des index de sélection sur plusieurs caractères. Thèse Fac. Sci. Paris.
- SUTHERLAND, T. M. (1965): The correlation between feed efficiency and rate of gain, a ratio and its denominator. *Biometrics*, 21, 739.
- SUTHERLAND, T. M.; BIONDINI, P. E.; HAVERLAND, L. H.; PETTUS, D.; OWEN, W. B. (1970): Selection for rate of gain, appetite and efficiency of feed utilization in mice. *J. Anim. Sci.*, 31, 1049-1057.