

L'ÉPREUVE DE LA DESCENDANCE CHEZ LE PORC *LARGE WHITE* FRANÇAIS DE 1953 A 1966

II. — INDICES DE SÉLECTION

L. OLLIVIER

avec la collaboration technique de Monique BOITARD et N. GAUDIN

*Station de Génétique quantitative et appliquée,
Centre national de Recherches zootechniques, I.N.R.A.,
78-Jouy-en-Josas*

RÉSUMÉ

Les paramètres génétiques présentés dans l'article précédent sont ici utilisés pour établir des indices de sélection permettant un choix des verrats basé sur la valeur de l'individu, de sa descendance, de ses collatéraux ou sur une combinaison de ces trois sources d'information. Les pondérations économiques attribuées à chaque caractère sont calculées en fonction du prix du kg d'aliment, du coût moyen de la journée d'engraissement et, pour les mesures de carcasse, par régression linéaire multiple entre six mesures de carcasse d'une part et le prix de la carcasse basé sur le classement commercial d'autre part. Les résultats font apparaître le très faible gain de précision qu'apporte la sélection familiale relativement à la sélection individuelle pour l'amélioration de ces caractères, dans les conditions économiques considérées.

INTRODUCTION

Lorsqu'il s'agit d'améliorer simultanément plusieurs caractères, trois méthodes de sélection sont théoriquement possibles :

1° la sélection dite « en tandem » qui consiste, à chaque génération, à éliminer sur un seul critère;

2° la sélection par niveaux indépendants, basée sur des seuils d'élimination pour chaque caractère;

3° la sélection sur un indice qui est la combinaison linéaire des caractères

dont la corrélation avec la valeur génétique globale est maximum, cette corrélation étant une mesure de la *précision* de l'indice.

HAZEL et LUSH (1942) ont démontré la supériorité de cette dernière méthode, dans le cas de la sélection massale, sur les deux précédentes. Celles-ci sont d'autre part difficiles à mettre en œuvre si le nombre des caractères considérés est très élevé, comme c'est le cas dans l'espèce porcine.

L'objet de cet article est de montrer comment les paramètres génétiques obtenus en race *Large White* (OLLIVIER, 1970, a) peuvent être utilisés pour établir des indices de sélection permettant un choix des verrats basé sur la valeur de l'individu, de sa descendance, de ses collatéraux ou sur une combinaison de ces trois sources d'information et de comparer les précisions de ces indices, en fonction du nombre de collatéraux ou de descendants considérés.

MÉTHODE DE CALCUL DES INDICES DE SÉLECTION

La théorie des indices de sélection est bien connue. Rappelons qu'il s'agit de déterminer une combinaison linéaire I de mesures (ou phénotypes) dont la corrélation soit maximum avec la valeur génétique globale H, celle-ci étant elle-même une combinaison linéaire des valeurs génétiques des caractères que l'on se propose d'améliorer. Les premiers travaux dans ce domaine (SMITH, 1936) ont été appliqués aux animaux par HAZEL (1943). HENDERSON (1963) a rattaché les indices de sélection à la théorie plus générale de la régression linéaire multiple. ROUVIER (1969) a montré l'usage qui pouvait être fait de cette théorie dans des situations très variées et a, en outre, discuté le problème des coefficients de pondération à appliquer à chaque caractère pour obtenir la valeur génétique globale.

Le calcul d'un indice de sélection utilise l'information suivante :

- 1) la matrice **G** des covariances génétiques additives de dimensions $n \times n$, n étant le nombre de caractères à améliorer;
- 2) la matrice **P** des covariances phénotypiques de dimensions $m \times m$, m étant le nombre de variables phénotypiques prédictrices prises en considération;
- 3) la matrice **V** des covariances entre les valeurs génétiques additives et les valeurs phénotypiques, de dimensions $m \times n$;
- 4) le vecteur **a** des pondérations à effectuer à chaque caractère, de dimensions $n \times 1$.

En notation matricielle, le vecteur ($m \times 1$) des coefficients de l'indice est :

$$\mathbf{b} = \mathbf{P}^{-1} \mathbf{V} \mathbf{a}$$

l'écart-type de I est :

$$\sigma_I = \sqrt{\mathbf{b}' \mathbf{P} \mathbf{b}} \quad (1)$$

la corrélation entre l'indice I et la valeur génétique globale H est :

$$R_{IH} = \sqrt{\mathbf{b}' \mathbf{P} \mathbf{b} / \mathbf{a}' \mathbf{G} \mathbf{a}}$$

le vecteur ($n \times 1$) de la réponse par unité d'intensité de sélection est :

$$\Delta \mathbf{V} = \mathbf{V}' \mathbf{b} / \sigma_I$$

DÉFINITION DE LA VALEUR GÉNÉTIQUE GLOBALE

Définir une valeur génétique globale suppose le choix d'un certain nombre de caractères et de coefficients de pondération. Dans cette étude, les caractères sont choisis parmi ceux analysés dans la première partie de ce mémoire et des coefficients de pondération économiques ont été retenus.

Les valeurs économiques de la consommation d'aliment et de la durée d'en-

(1) \mathbf{b}' = transposée de \mathbf{b} .

graissement ont été obtenues en prenant un coût de l'aliment de 0,60 F par kilogramme et en supposant que les autres frais de l'engraissement, évalués à 25 p. 100 des frais d'alimentation, sont proportionnels à la durée d'engraissement. Le coût moyen d'un jour d'engraissement est alors de 0,40 F environ. L'importance économique des mesures de carcasse a été estimée, par régression multiple, sur un échantillon de 2 394 carcasses de porcs *Large White*, en provenance des porcheries de contrôle de la descendance du C.N.R.Z. et abattus entre 1966 et 1969.

La valeur de chaque carcasse a été établie en multipliant le poids par le classement commercial, celui-ci variant de 1 à 6 selon la grille de l'Institut technique du Porc, en raison inverse de la valeur commerciale. Celle-ci est basée principalement sur l'adiposité évaluée sur la carcasse fendue longitudinalement. Cette méthode a l'avantage d'éliminer les effets des fluctuations du marché. Dans un souci de simplification, les 6 mesures suivantes ont été retenues : poids du jambon, de la longe, de la bardière, de la panne et épaisseurs de lard au rein et au dos. Ces 6 mesures rendent compte de 69,7 p. 100 de la variance de la valeur commerciale définie ci-dessus, contre 70,2 p. 100 pour l'ensemble des mesures de carcasse. Pour obtenir la valeur en F de chacune des 6 mesures, les coefficients de régression partielle ont été multipliés par -0,30 F, valeur moyenne par kilogramme de carcasse d'un échelon du classement commercial sur la période considérée. Le vecteur a des pondérations économiques est alors le suivant :

- 0,40 F par jour d'engraissement;
- 0,60 F par kg d'aliment;
- +1,50 F par kg de jambon;
- +2,00 F par kg de longe;
- 8,00 F par kg de bardière;
- 7,00 F par kg de panne;
- 1,10 F par mm d'épaisseur de lard au rein;
- 1,10 F par mm d'épaisseur de lard au dos.

COVARIANCES PHÉNOTYPIQUES ET GÉNÉTIQUES

Les matrices G , P et V , définies ci-dessus, ont été obtenues à partir de combinaisons linéaires des 3 matrices de covariances établies dans la première partie de ce mémoire et symbolisées par A , B et C , qui correspondent respectivement aux composantes individuelle, maternelle et paternelle des variances et covariances. En fait, les moyennes des composantes des deux sexes ont été retenues et l'unique composante de variance négative a été considérée comme nulle.

On a ainsi la matrice des covariances génétiques additives de dimensions 8×8 :

$$G = 4 C$$

Les matrices P et V dépendent des mesures prises en considération dans l'indice. Il est supposé que la durée d'engraissement, la consommation d'aliment et les deux épaisseurs de lard sont les seuls caractères mesurés sur le reproducteur

lui-même, et que les huit caractères définis ci-dessus sont mesurés soit sur ses descendants, soit sur ses frères de portée. La matrice \mathbf{P} peut être facilement établie en fonction des trois sources d'information dont on dispose, c'est-à-dire, le reproducteur lui-même, les moyennes de w frères de portée (le reproducteur lui-même étant exclu de cette moyenne) et les moyennes de wv descendants sachant que la covariance entre frères de portée est $\mathbf{B} + \mathbf{C}$, entre parent et descendant $0,5 \mathbf{G} = 2 \mathbf{C}$ et entre oncle et neveu $0,25 \mathbf{G} = \mathbf{C}$. Les matrices \mathbf{V} ne font intervenir que les covariances entre la valeur génétique du reproducteur, d'une part et, d'autre part, soit sa valeur phénotypique ($\mathbf{V} = 4 \mathbf{C}$), les moyennes de w frères ($\mathbf{V} = 2 \mathbf{C}$), ou les moyennes de wv descendants ($\mathbf{V} = 2 \mathbf{C}$). Le tableau 1 présente les valeurs de \mathbf{P} et \mathbf{V} pour chaque situation. La constitution de ces matrices et leur utilisation dans les calculs définis plus haut ont été réalisées sur l'ordinateur IBM 1620 du Département de Génétique animale, grâce à des programmes établis par LEFEBVRE *et al.* (1969).

RÉSULTATS

1. — *Sélection individuelle*

L'indice combinant la durée d'engraissement, la consommation et les deux épaisseurs de lard au rein et au dos, mesurées sur le verrat lui-même, a une corrélation de 0,821 avec la valeur génétique globale définie plus haut et permet, par génération, un progrès génétique moyen d'environ 14 F par unité d'intensité de sélection (dans les 2 sexes). Ces 14 F se décomposent en une économie de 4 F sur l'engraissement et une plus-value de 10 F sur la carcasse.

2. — *Sélection sur descendance*

Le tableau 2 donne les valeurs du coefficient de corrélation entre un indice combinant les moyennes des huit caractères définis plus haut et la valeur génétique globale, en fonction du nombre de descendants contrôlés. Pour être aussi précise que la sélection individuelle, la sélection sur descendance doit porter sur environ quatre groupes de quatre produits de même mère, ou six groupes de deux, ou dix produits de mères différentes. Il faut remarquer que pour une précision égale à la sélection individuelle, la sélection sur descendance accroît la réponse des critères d'engraissement et diminue celle des critères de carcasse.

3. — *Sélection combinée*

Si l'on combine les quatre mesures sur le verrat lui-même aux huit mesures sur des frères ou sœurs de portée abattus, la précision de la sélection, mesurée

TABLEAU I

Matrices servant au calcul des indices de sélection

 u = nombre de mères par père; v = nombre de descendants par mère; w = nombres de frères.

Méthode de sélection	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Individu	Descendants	Individu	Frères	Individu	Descendants	Individu	Frères	Descendants	
Matrice P	individu		$A + B + C$	$B + C$	$A + B + C$	$2 C$	$A + B + C$	$B + C$	$2 C$	
	frères		$B' + C'$	$A/w + B + C$			$B' + C'$	$A/w + B + C$	C	
	descendants		$A/uv + B/uv + C$				$2 C'$	C'	$A/uv + B/uv + C$	
	dimensions	4×4	8×8	12×12	12×12	12×12	20×20			
Matrice V	individu		$4 C$	$4 C$		$4 C$		$4 C$		
	frères			$2 C$				$2 C$		
	descendants		$2 C$			$2 C$		$2 C$		
	dimensions	4×8	8×8	12×8	12×8	12×8	20×8			

TABLEAU 2

Efficacité de la sélection sur descendance (R_{IH})
 u = nombre de mères; v = nombre de produits par mère.

$v \backslash u$	2	4	6	10	20
1	0,566	0,692	0,759	0,830	0,901
2	0,643	0,760	0,817	0,875	0,929
4	0,700	0,804	0,853	0,901	0,945
8	0,738	0,831	0,973	0,915	0,953

par le coefficient de corrélation défini ci-dessus, varie en fonction du nombre de frères abattus, comme l'indique le tableau 3. On voit que la précision de cette méthode n'est, au mieux, que de 106 p. 100 par rapport à la sélection individuelle. Par rapport à la sélection individuelle, la sélection combinée, comme la sélection sur descendance, améliore davantage l'économie de l'engraissement et moins la valeur de la carcasse.

TABLEAU 3

Efficacité de la sélection combinée sur l'individu et ses collatéraux
 w = nombre de frères.

w	1	2	3	4	8
R_{IH}	0,838	0,848	0,854	0,859	0,871

4. — Sélection associant l'individu et sa descendance

Le tableau 4 montre que le supplément de précision apporté par la descendance varie davantage en fonction de u (c'est-à-dire le nombre de mères) qu'en

TABLEAU 4

Efficacité de la sélection sur l'individu et sa descendance (R_{IH})
 Sélection individuelle seule : 0,821.

$v \backslash u$	2	4	6	10	20
1	0,853	0,872	0,886	0,906	0,933
2	0,864	0,886	0,901	0,921	0,947
4	0,873	0,897	0,912	0,932	0,956
8	0,880	0,904	0,920	0,939	0,962

fonction de v (c'est-à-dire le nombre de produits par mère), comme on pouvait le prévoir d'après le tableau 2.

5. — *Sélection associant l'individu, ses frères et ses descendants*

Quand on associe ces trois sources d'information, le nombre de combinaisons possibles devient vite très grand, puisque ce nombre dépend des valeurs de u , v et w . Nous nous sommes limités ici à trois valeurs de u , de v et de w pour constituer le tableau 5. On note encore le peu d'intérêt qu'il y a à augmenter w , le nombre de collatéraux abattus, et v le nombre de produits par mère. Par contre, l'augmentation de u , le nombre de mères, peut apporter un gain de précision appréciable.

TABEAU 5

Efficacité de la sélection sur l'individu, ses collatéraux et sa descendance (R_{IH})

w	u		2	6	20	Sélection combinée seule
	v					
1	1		0,863	0,892	0,935	0,838
	3		0,877	0,912	0,954	
	8		0,886	0,922	0,962	
3	1		0,874	0,900	0,939	0,854
	3		0,886	0,918	0,956	
	8		0,893	0,927	0,964	
8	1		0,889	0,912	0,948	0,871
	3		0,899	0,928	0,963	
	8		0,907	0,938	0,970	

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Chez le porc, comme dans toutes les espèces, la recherche de l'utilisation optimale, en vue de la sélection, d'une information toujours limitée en pratique suppose d'abord la comparaison des précisions de différents schémas de sélection. L'objet de cette étude était d'étendre cette comparaison au cas de la sélection sur plusieurs caractères, sans aborder la question de l'efficacité du schéma lui-même en fonction du « taux de contrôle » (testing ratio) défini par ROBERTSON (1957). L'ensemble de ces résultats fait ressortir nettement le peu d'intérêt des méthodes de sélection raffinées (comme la sélection familiale) dans les conditions que nous nous sommes fixées. On retrouve, dans le cas de la sélection sur plusieurs caractères, les résultats bien connus de la sélection sur un seul caractère : quand

un caractère est très héritable et, de plus, mesurable sur l'individu, la sélection familiale n'apporte aucun gain de précision et elle peut, de plus, ralentir le progrès génétique quand elle augmente l'intervalle de génération, comme l'ont montré DICKERSON et HAZEL, (1944).

Quelques nuances doivent cependant être apportées à ces conclusions. La précision de la sélection individuelle est, dans cette étude, probablement très surestimée pour plusieurs raisons. La première est le choix des pondérations économiques qui sont basées sur un classement commercial assez grossier et, de plus, d'une fidélité discutable. Ce classement étant principalement basé sur l'épaisseur du lard dorsal, l'importance économique de ce critère est prépondérante. Il eut été possible d'établir une autre valeur économique de la carcasse, à partir du poids et du prix des différents morceaux, comme l'ont fait HAMELIN (1969) et PEARSON *et al.* (1970). Les indices établis ici visent, en fait, à améliorer la rentabilité de l'engraissement dans les conditions économiques actuelles. Si l'industrie du porc était considérée dans son ensemble, jusqu'au stade de la vente au détail, par exemple, il est probable que des indices différents seraient obtenus et que la supériorité de la sélection familiale serait plus marquée. Il faudrait tenir compte, par ailleurs, de l'évolution prévisible des conditions économiques. Une telle prévision a été tentée par FEWSON *et al.* (1967). Selon eux, l'importance économique de la teneur en viande de la carcasse devrait, à l'avenir, croître aux dépens de celle des performances d'engraissement. Une deuxième raison favorisant la sélection individuelle est la surestimation de la part génétique de la variation, pour des raisons qui sont données dans le précédent article. Enfin, nous avons négligé, pour simplifier les calculs, l'imprécision résultant des mesures individuelles d'épaisseur de lard sur le vivant, surtout si elles sont faites à un poids inférieur au poids normal d'abattage de 100 kg. Une étude analogue à celle-ci (OLLIVIER, 1970 *b*) a, par exemple, montré que si le verrat est mesuré à 80 kg, la précision de la sélection individuelle est de 0,68 et donc très inférieure au chiffre trouvé plus haut. PEASE (1970), à partir de données recueillies en Grande-Bretagne, trouve d'ailleurs une précision de l'indice individuel encore inférieure au chiffre précédent.

Quant à la précision des calculs eux-mêmes, remarquons que le nombre de paramètres génétiques pris en considération dans cette étude est de 108, la partie supérieure de chaque matrice *A*, *B* et *C* ayant 36 éléments (matrices 8×8). L'influence des erreurs d'estimation des paramètres sur la précision des indices a été étudiée par HARRIS (1963) et, dans le cas du porc, par PEASE (1970). Ce dernier a abouti à la conclusion que les indices de sélection sont extrêmement « robustes » chez le porc où les corrélations sont, dans l'ensemble, favorables.

Il faut également remarquer que, parmi les caractères exclus de cette étude, figurent les critères de qualité de la viande. Leur importance économique semble, dans les conditions actuelles, minime, puisque, sur les carcasses ayant servi à établir les valeurs économiques, la note subjective de qualité de la viande était sans influence significative sur le classement commercial (corrélation de 0,06). Il peut cependant en être différemment dans une race à grand développement musculaire comme le *Piértrain* et, dans ce cas, la sélection combinée pourrait voir son intérêt accentué par rapport à la sélection individuelle, à moins que des

méthodes suffisamment précises n'existent pour estimer la qualité de la viande sur le porc vivant.

En conclusion, la sélection individuelle est, dans les conditions économiques françaises actuelles, la méthode à recommander pour améliorer la rentabilité de l'engraissement du porc, car elle est d'une précision équivalente à l'épreuve de descendance (avec les effectifs de descendants habituellement retenus) tout en étant beaucoup moins coûteuse. La sélection combinée (individu et des collatéraux qui sont abattus), d'un coût peu élevé et qui n'allonge pas l'intervalle de génération, pourrait se justifier dans certains cas. Cette dernière méthode reste la meilleure utilisation génétique qui puisse être faite des mesures sur carcasse qui sont indispensables pour vérifier les résultats de la sélection et pour pouvoir, éventuellement, en changer les modalités.

Reçu pour publication en juin 1971.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier R. ROUVIER (I.N.R.A. Toulouse) d'avoir bien voulu lire le manuscrit et proposer d'utiles modifications.

SUMMARY

PROGENY-TEST IN FRENCH LARGE WHITE PIG FROM 1953 TO 1966

II. — SELECTION INDICES

On the basis of genetic parameters given in the first part of this paper selection indices have been established for performance-testing, progeny-testing, sib-testing or for a combination of these three methods and the efficiencies of those indices have been compared. The characters considered are : food eaten, time on test, weights of ham, loin, backfat, and leaf fat, backfat thickness at the last rib and at the last lumbar vertebra. Economic weights have been estimated for the last six characters by a multiple regression which explains 70 % of the variation in carcass value, this being based on the french system of commercial grading. Fattening costs have been estimated as 25 per cent of feeding cost and proportional to time on test. It appears that, under the present french market conditions, little is to be gained in precision, relative to performance-testing (for food eaten, time on test and backfat measurements), by progeny-or sib-testing, unless the number of animals tested becomes very high.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DICKERSON G. E., HAZEL L. N., 1944. Effectiveness of selection on progeny performance as a supplement to earlier culling in livestock. *J. Agric. Res.*, **69**, 459-476.
- FEWSON D., BÖCKENHOFF E., BISCHOFF T., 1967. Die wirtschaftliche Bedeutung verschiedener Leistungsmerkmale beim Schwein und ihre Auswirkung auf die Zuchtarbeit. *Züchtungskunde*, **39**, 324-331.
- HAMELIN M., 1969. Estimation de la valeur économique de différents caractères de carcasse considérés en sélection porcine. *Institut technique du Porc*, Paris, 25 p. (ronéoté).
- HARRIS D. L., 1963. Influence of errors of parameter estimation upon index selection. In HANSON W.D., ROBINSON H.F., *Statistical Genetics and Plant breeding*, 491-500. *Nat. Acad. Sci. Nat. Res., Council Publ.* (982).
- HAZEL L. N., 1943. The genetic basis for constructing selection indices. *Genetics*, **28**, 476-490.
- HAZEL L. N., LUSH J. L., 1942. The efficiency of three methods of selection. *J. Hered.*, **33**, 393-399.

- HENDERSON C. R., 1963. Selection index and expected genetic advance. In HANSON W. D., ROBINSON H. F., *Statistical Genetics and Plant Breeding*, 141-163. *Nat. Acad. Sci. Nat. Res. Council Publ.* (982).
- LEFEBVRE J., BOITARD M., WIMITZKY M., 1969. STAPB. Programmes de calculs statistiques multidimensionnels. 1^{re} partie. *Dép. Génét. anim.*, 98 p. (ronéoté).
- OLLIVIER L., 1970 a. L'épreuve de la descendance chez le porc *Large White* français de 1953 à 1966. 1) Analyse de la variation. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **2**, 311-324.
- OLLIVIER L., 1970 b. L'utilisation des indices de sélection dans l'amélioration du Porc. In *Journées de la Recherche porcine en France*, 217-221. Institut technique du Porc, Paris.
- PEARSON A. M., HAYENGA M. L., HEIFNER R. G., BRATZLER L. J., MERKEL R. A., 1970. Influence of various traits upon live and carcass value for hogs. *J. Anim. Sci.*, **31**, 318-322.
- PEASE A., 1970. Efficacité comparée de différentes méthodes de sélection chez le porc. In *Journées de la Recherche Porcine en France*, 223-226. Institut technique du Porc, Paris.
- ROBERTSON A., 1957. Optimum group size in progeny testing and family selection. *Biometrics*, **13**, 442-450.
- ROUVIER R., 1969. Contribution à l'étude des index de sélection sur plusieurs caractères. Thèse de doctorat 3^e cycle, 92 p. Faculté des Sciences de Paris.
- SMITH H. F., 1936. A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, **7**, 240-250.
-