

ASPECTS BIOMÉTRIQUES DE LA CROISSANCE PONDÉRALE DU PORCELET

II. — ÉTUDE GÉNÉTIQUE

C. LEGAULT, A. AUMAITRE

*Station centrale de Génétique animale,
Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas*

SOMMAIRE

Les effets du sexe, de l'année, du numéro et de la taille de la portée ayant été précédemment étudiés, le même matériel animal (512 portées issues de 25 verrats) a été utilisé pour préciser l'importance des facteurs d'origine génétique sur la croissance du porcelet.

L'analyse a montré que l'effet « portée » (génotype de la mère, effet maternel, taille de la portée et milieu commun) explique respectivement 43 et 33 p. 100 de la variance des poids à la naissance et à 60 jours alors que l'effet « verrot » n'explique que 0,7 et 0,1 p. 100 des variances correspondantes chez les mâles et 2 et 3,4 p. 100 des mêmes variances chez les femelles.

Les estimations de l'héritabilité sont, chez les femelles, comprises entre 2 et 14 p. 100 alors que chez les mâles les mêmes estimations sont dans leur ensemble moins élevées ; l'effet de la castration exposant davantage les mâles aux fluctuations du milieu, ou un phénomène d'hérédité liée au sexe peuvent expliquer en partie cette différence. Bien qu'assez fragmentaires, les corrélations génétiques établies pour les femelles semblent indiquer que les caractéristiques de la croissance au-delà de 21 jours sont déterminées par les mêmes gènes.

En conclusion, les résultats dans leur ensemble nous conduisent à penser que le génotype joue un rôle très faible dans le déterminisme de la croissance du porcelet aux premiers âges ; par conséquent, une sélection sur la croissance réalisée avant que l'animal n'ait largement dépassé le sevrage doit rester pratiquement inefficace.

I. — INTRODUCTION

La croissance pondérale du porcelet dans son premier âge, et dans les conditions habituelles d'élevage, dépend étroitement du milieu auquel est soumis l'ensemble de la portée, à tel point qu'il est difficile de dissocier l'individu de la portée.

L'importance de l'année de naissance, du numéro et de la taille de la portée ayant été discutée (AUMAITRE et *al.*, 1966), il reste cependant à déterminer celle des variations d'origine héréditaire dont dépendent le choix et l'efficacité de tout programme de sélection. Dans cet esprit, en utilisant le même matériel animal, et en nous aidant des résultats déjà acquis, nous nous proposons d'estimer ici les paramètres génétiques de 9 variables qui caractérisent de la croissance pondérale du porcelet.

II. — MATÉRIEL, ANIMAL ET MÉTHODES

2 043 mâles et 1 958 femelles appartenant respectivement à 512 et 510 portées et issus de 25 verrats ont été utilisés dans cette analyse. Ces animaux, de race *Large White*, faisaient partie de l'élevage du C. N. R. Z. au cours de la période 1954-61 et les conditions générales d'exploitation ont été décrites par ailleurs (AUMAITRE et *al.*, 1966). Les porcelets dont le père avait engendré moins de 7 portées ainsi que les animaux morts avant le sevrage n'ont pas été considérés. Les 9 variables suivantes ont été analysées :

Poids individuel à 0, 6, 21, 36 et 60 jours.

Vitesse de croissance entre 3-15, 18-30, 33-45 et 48-60 jours.

En raison de l'existence d'une interaction entre les effets de l'année de naissance et du numéro de portée et de l'indépendance de l'effet du sexe, mise en évidence au cours de la première étude, les variables ont été transformées, séparément pour chaque sexe, en écarts réduits à la moyenne des animaux nés la même année dans des portées de même numéro. A cet effet, 35 sous-classes ont été constituées (7 années \times 5 n° de portée ; $i = 1, 2 \dots 35$) ; puis, à l'intérieur de celles-ci les variables ont subi la transformation suivante :

$$X'_{ij} = A \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{s_i} + B$$

X_{ij} = j ième variable de la classe (i)

\bar{X}_i = moyenne de la classe (i).

s_i = écart-type correspondant

X'_{ij} = la transformée de X_{ij} .

A et B sont deux constantes arbitraires choisies de telle sorte que toutes les variables soient positives : A = 9 ; B = 50.

Les valeurs transformées des variables ont été soumises à une analyse de variance à deux facteurs de classification hiérarchiques qui sont :

le verrat père du porcelet
la portée dont il fait partie.

Nous avons utilisé la méthode d'estimation des composantes de la variance exposée par KEMPTHORNE (1954). L'héritabilité a été estimée comme étant égale à 4 fois la fraction de la variance due au verrat ; son écart-type a été calculé d'après la méthode de WOLF décrite par FALCONER (1963). Enfin, les coefficients de corrélation intra-portée, entre les 9 variables étudiées, ont été estimés d'après les covariances et les variances résiduelles. Les coefficients de corrélation génétiques ont été estimés à partir des composantes paternelles des covariances et variances.

III. — RÉSULTATS

a) Corrélations entre variables

L'ensemble des résultats est rapporté dans le tableau 1. Au-dessus de la diagonale figurent les coefficients de corrélation intra-portée. Ces valeurs qui ont déjà été dis-

Corrélations entre le poids et la vitesse de croissance

I. Au-dessus de la diagonale : corrélations phénotypiques (1) calculées intra verrat et portée, après correction des données pour l'année de naissance et le numéro de portée.
 II. Au-dessous de la diagonale : corrélations génétiques (2).

Variable	Sexe	Poids								Gain de poids journalier				
		naissance (1)	6 j. (2)	21 j. (3)	36 j. (4)	60 j. (5)	3-15 j. (6)	18-30 j. (7)	33-45 j. (8)	48-60 j. (9)				
(1) Poids N	M		0,75	0,58	0,50	0,40	0,41	0,27	0,26	0,22				
	F		0,70	0,49	0,42	0,34	0,33	0,21	0,22	0,17				
(2) Poids 6 j.	M			0,79	0,66	0,51	0,66	0,34	0,31	0,26				
	F			0,79	0,65	0,51	0,66	0,33	0,29	0,27				
(3) Poids 21 j.	M				0,85	0,62	0,89	0,53	0,33	0,30				
	F				0,85	0,64	0,89	0,52	0,34	0,33				
(4) Poids 36 j.	M					0,81	0,72	0,81	0,56	0,44				
	F					0,83	0,73	0,81	0,57	0,48				
(5) Poids 60 j.	M						1,00	0,66	0,78	0,82				
	F						1,00	0,67	0,79	0,82				
(6) Gain 3-15 j.	M								0,29	0,24				
	F								0,28	0,27				
(7) Gain 18-30 j.	M									0,43				
	F									0,44				
(8) Gain 33-45 j.	M										1,00			
	F										1,00			
(9) Gain 48-60 j.	M											0,89		
	F											0,63		

(1) Toutes ces corrélations significatives au seuil 4 p. 100 ont été déterminées sur un effectif de 2 043 mâles et 1 957 femelles.

(2) Ces corrélations n'ont été estimées que dans le cas où les composantes paternelles de la variance étaient significativement différentes de zéro.
 M : Mâle. F : Femelle.

cutées dans une première étude (AUMAITRE et *al.*, 1966) ont été rappelées ici, à titre indicatif, en regard des corrélations génétiques qui figurent au-dessous de la diagonale.

En raison de leur mode de détermination, seuls figurent les coefficients de corrélation génétique se rapportent à deux caractères pour lesquels l'effet du verrat est significatif.

b) *Héritabilité*

L'ensemble des résultats figure au tableau 2.

TABLEAU 2

Résultats de la décomposition de la variance du poids individuel et de la vitesse de croissance des porcelets

Variable	Sexe	Composantes de la variance (1)			h^2	$s(h^2)$
		Résiduelle	« Portée »	Paternelle		
Poids naissance	M	54,10	45,21**	0,68	2,72	4,76
	F	55,61	42,31**	2,07*	8,29	6,13
Poids 6 j.	M	54,60	44,66**	0,74	2,94	4,73
	F	57,41	42,03**	0,55	2,21	4,48
Poids 21 j.	M	56,25	43,75**	0,00	0,00	3,38
	F	58,50	40,84**	0,67	2,71	4,55
Poids 36 j.	M	55,30	43,50**	1,19	4,77	5,16
	F	53,93	43,70**	2,37**	9,48	6,52
Poids 60 j.	M	61,40	38,52**	0,09	0,39	3,69
	F	59,15	37,40**	3,45**	13,80	7,31
Gain moyen 3-15 j.	M	57,10	42,89**	0,00	0,00	2,77
	F	59,56	40,44**	0,00	0,00	3,34
Gain moyen 18-30 j.	M	54,45	42,46**	3,09**	12,39	7,16
	F	51,42	45,81**	2,77**	11,11	7,06
Gain moyen 33-45 j.	M	65,02	34,22**	0,75	3,01	4,48
	F	60,23	36,72**	3,04**	12,50	6,84
Gain moyen 48-60 j.	M	66,85	33,14**	0,17	0,69	3,10
	F	64,22	33,08**	2,70**	10,81	6,29

h^2 : coefficient d'héritabilité (en pourcentage).

$s(h^2)$: écart-type de h^2 .

M : mâles.

F : femelles.

(1) : composantes exprimées en pourcentage.

* : effet significatif au seuil de 5 p. 100.

** : effet significatif au seuil de 1 p. 100.

1° *Effet « portée ».*

Son importance, qui diminue légèrement entre la naissance et le sevrage, reste très grande quels que soient le sexe et l'âge des animaux : l'effet portée est responsable de 45,2 p. 100 de la variance du poids à la naissance et de 38,5 p. 100 de la variance du poids à 60 jours pour les mâles et de 43,2 p. 100 et 37,3 p. 100 des mêmes variances chez les femelles.

2° *Effet paternel et coefficients d'héritabilité.*

L'effet « verrat » et par suite les valeurs de l'héritabilité sont très faibles (tabl. 2). Les coefficients obtenus pour les femelles sont respectivement 8,3 p. 100 et 13,8 p. 100 pour les poids à la naissance et à 60 jours. Les valeurs obtenues pour les vitesses de croissance sont comparables aux précédentes. Chez les mâles, les résultats sont dans leur ensemble moins élevés que ceux obtenus pour les femelles. Étant donnée la valeur des écarts-types observés, la signification de ces coefficients reste cependant limitée.

IV. — DISCUSSION

Tout en essayant d'intégrer nos résultats dans un cadre aussi général que possible, nous envisagerons successivement, au cours de cette discussion l'effet portée, les variations entre individus d'une même portée, et les estimations d'héritabilité et de corrélations génétiques. Cependant, deux remarques s'imposent :

— Les animaux étudiés représentent un échantillon sélectionné puisque seuls, les survivants au sevrage ont été considérés, ce qui peut fausser les estimations des effets « portée » et « verrat » pour les variables du début de l'allaitement.

— Nous n'avons pas tenu compte de l'interaction mise en évidence pour la plupart des variables entre les effets de la taille de la portée d'une part et ceux de l'année et du numéro de portée d'autre part (AUMAÏTRE et *al.*, 1966).

1. *Effet portée et effet maternel*

La composante « portée » telle que nous l'avons déterminée ici, englobe en fait les effets de la taille de la portée et du milieu commun aux animaux de la même portée (saison, etc.), l'effet maternel, et du point de vue génétique :

— une fraction de la variance génétique additive d'origine maternelle (au plus égale à la composante paternelle) ;

— une fraction de la variance de dominance.

Un des facteurs déterminants de l'effet portée est l'influence de la taille de la portée. L'effet direct de la taille de la portée sur la croissance du porcelet représente respectivement 16 et 2 p. 100 des variations du poids à la naissance et au sevrage (AUMAÏTRE et *al.*, 1966). En soustrayant de l'effet portée total l'effet dû à la taille de la portée on obtient une estimation globale des effets du génotype de la mère, maternels (génétique et non génétique) et du milieu commun ; dans le cas présent cette estimation représente environ 20 et 35 p. 100 des variances respectives du poids à la naissance et à 60 jours. Retenons toutefois que ces dernières estimations restent approximatives.

La nature de l'effet maternel sur le poids du porcelet varie avec l'âge auquel il est considéré. A la naissance, il résulte uniquement des effets du milieu utérin. LUSH *et al.* (1934) et BAKER *et al.* (1943) lui attribuent 20 à 30 p. 100 de la variance du poids à la naissance, ce que confirment nos propres résultats. Au sevrage, il dépend davantage de la production laitière de la mère, comme l'ont démontré les études de DONALD (1939) sur le Porc et de YOUNG *et al.* (1965) sur Souris. D'autre part, différentes études (DONALD, 1937 ; LODGE et McDONALD, 1959 ; AUMAITRE et SALMON-LEGAGNEUR, 1961) ont montré que 20 à 60 p. 100 de la variance du poids de la portée au sevrage dépend de la production laitière de la mère. L'influence de l'effet maternel sur les vitesses de croissance est du même ordre comme le montrent aussi les études de BAKER *et al.* (1943), BLUNN *et al.* (1953) et YOUNG *et al.* (1965) et le confirment nos résultats.

2. Variations individuelles entre animaux d'une même portée

Ces causes de variation sont très importantes puisque nos résultats leur attribuent 54 p. 100 de la variance du poids à la naissance et 59 p. 100 de la variance du poids à 60 jours, en accord avec ceux de LUSH *et al.* (1934), BYWATERS (1937), BAKER *et al.* (1943) ; elles peuvent être dues principalement aux différences d'ordre nutritionnel qui apparaissent déjà au cours de la vie utérine (WALDORF *et al.*, 1955) et qui s'accroissent après la naissance avec le choix des tétines les plus productrices par les porcelets les plus vigoureux (MCBRIDE *et al.*, 1965). De même, certains effets du milieu (froid, privation de nourriture) peuvent être diversement ressentis suivant les individus.

Mais il est vraisemblable que ces variations reflètent encore davantage l'aptitude du porcelet à consommer et à bien utiliser des quantités importantes d'aliment (lait ou aliment complémentaire). Il reste néanmoins à trouver l'origine et à maîtriser les facteurs de variation de l'appétit, dont le rôle a été maintes fois souligné (AUMAITRE et SALMON-LEGAGNEUR, 1961).

3. Corrélations génétiques entre variables

Les corrélations intra-portée entre les 9 variables reportées dans le tableau 1, indiquent, d'une manière globale, l'existence de liaisons significatives entre poids et vitesses de croissance des porcelets aux différents âges. Cependant, la nature génique de ces liaisons ne peut être décelée qu'à l'examen des corrélations génétiques correspondantes. Ces dernières ne sont malheureusement que fragmentaires en raison des restrictions liées à leur détermination mentionnées plus haut. Seules, les corrélations établies pour les femelles indiquent que les caractéristiques de la croissance au-delà de 21 jours sont déterminées par les mêmes gènes (corrélations voisines de 1). Ces mêmes corrélations semblent montrer par ailleurs que le poids à la naissance est peu lié génétiquement à la croissance ultérieure.

4. Variations d'origine héréditaire

Les valeurs obtenues pour l'héritabilité sont faibles et comprises entre 0 et 14 p. 100 ; ce résultat est en accord avec ceux de LUSH *et al.* (1934), BAKER *et al.* (1943), CRAIG *et al.* (1956) en ce qui concerne le poids à la naissance ; de BYWATERS

(1937) et BAKER et *al.* (1943) pour le poids à 56 jours ; de BAKER et *al.* (1943) et BLUNN et *al.* (1953) pour la vitesse de croissance. Les valeurs trouvées pour les mâles castrés sont dans leur ensemble inférieures à celles trouvées pour les femelles, ce qui est probablement imputable à l'effet de la castration qui peut les sensibiliser davantage aux fluctuations du milieu. Une autre hypothèse peut être invoquée lorsque l'effet « verrat » est plus élevé chez les femelles, et lorsque l'effet « portée » (qui englobe une fraction de la variance génétique additive maternelle) est plus élevé chez les mâles ; en effet, ce fait s'explique en admettant qu'une certaine proportion des gènes responsables de ces caractères sont situés sur les chromosomes sexuels (BEILHARZ 1962).

Nos résultats nous permettent aussi de souligner que l'héritabilité des poids à 6 et 21 jours et de la vitesse de croissance pour la période 3-15 jours est très faible dans les deux sexes, ce qui signifie que jusqu'à la « crise », la croissance des porcelets dépend presque exclusivement du milieu ou d'effets non additifs des gènes. Par contre, l'héritabilité de la vitesse de croissance au cours de la période 18-30 jours est relativement plus importante ($h^2 = 0,12$) dans les deux sexes. Ceci conduit à penser qu'il y aurait une prédisposition héréditaire à plus ou moins bien réagir à la crise de croissance du jeune âge.

Les valeurs de l'héritabilité concernant les femelles nous permettent de penser que l'action du génotype sur la croissance, pratiquement inexistante à la naissance, s'accroît progressivement au cours du développement de l'animal, alors que l'effet portée diminue. Cette tendance est d'ailleurs confirmée par les résultats de plusieurs auteurs parmi lesquels nous citerons BLUNN et *al.* (1953), SMITH (1965) qui attribuent à la vitesse de croissance en cours d'engraissement une héritabilité de 30 à 40 p. 100. Il a été démontré également que les poids et la croissance aux premiers âges ne donnent qu'une information médiocre sur les performances postérieures au sevrage (BLUNN et *al.*, 1954, CRAIG et *al.*, 1956). Par contre, les résultats de HAZEL et *al.* (1943) et BLUNN et *al.* (1953) suggèrent que la croissance au cours de la période 56-112 jours constitue un critère de sélection valable.

Nos résultats démontrent que le génotype joue un rôle très modeste dans la détermination de la croissance du porcelet aux premiers âges ; il est donc recommandé aux éleveurs de choisir les reproducteurs parmi les animaux qui ont largement dépassé le sevrage et si possible atteint l'âge de 4 mois. Cependant il est bien des cas, où, pour des raisons purement pratiques, l'éleveur doit choisir ses reproducteurs dans la portée au sevrage, possibilité qu'il n'est pas en droit de négliger. En effet, à titre indicatif, nos résultats nous permettent de prévoir un progrès génétique annuel voisin de 100 g sur le poids au sevrage, à partir d'une sélection individuelle qui s'exercerait uniquement chez les femelles dans un troupeau dont le taux de réforme annuel est de 30 p. 100 ; les portées dans lesquelles aurait lieu cette sélection pourraient être issues des truies les plus prolifiques.

On peut donc déduire de tout ceci, compte tenu des limites génétiques et du perfectionnement constant des techniques d'alimentation, que la sélection basée sur le poids individuel à la naissance, ou même au sevrage, reste peu efficace. Au contraire, du strict point de vue économique, il paraît souhaitable de faire produire aux truies un nombre plus élevé de porcelets, même au prix d'une légère diminution du poids individuel de ces derniers. Il convient de souligner, par contre, toute l'importance du milieu extérieur et également du milieu maternel pendant l'allaitement pour l'obtention de performances d'élevage satisfaisantes. Cette constatation conduit

à accorder la plus grande attention aux techniques d'élevage, et particulièrement à celles qui, comme le sevrage précoce, permettent aux porcelets de s'affranchir plus rapidement des contingences maternelles.

Reçu pour publication en septembre 1966.

SUMMARY

BIOMETRICAL ASPECTS OF THE GROWTH OF SUCKLING PIGLETS.

II. A GENETIC STUDY

The weights at 0, 6, 21, 36, and 60 days and the growth rate over 4 periods (3 to 15, 18 to 30, 33 to 45 and 48 to 60 days) were studied on 4,001 *Large-White* piglets from 512 litters sired by 25 boars. The piglets were kept under constant environmental conditions and the animals which died before weaning or were used for any other experiment were not considered. The data were expressed as deviations from the mean of all animals born the same year in litters of same parity. The two sexes were dealt with separately.

The analysis of the data has shown that the « litter » effect (including dam's genotype, maternal effect, litter size and common environment) explains 43 per cent and 33 per cent respectively of the weight variances at birth and 60 days, while the « boar » effect explains only 0,7 and 0,1 per cent of these variances in males and 2 and 3,4 per cent in females. In females, the heritabilities of weight at birth and weight at weaning are 8,3 per cent \pm 6,1 and 13,8 per cent \pm 7,3 respectively. The heritabilities of growth rate are similar. In males, all the estimates of heritability are lower: this can be due either to castration or to an hereditary phenomenon linked with sex.

Our results lead us to the conclusion that individual genotype plays a very small part in the growth rate determination of the suckling piglet. Consequently, a selection on growth rate before the piglet has been weaned will be rather inefficient.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUMAITRE A., LEGAULT C., SALMON LEGAGNEUR E., 1966. Aspects biométriques de la croissance pondérale du porcelet. 1. Influence du sexe, de l'année, du numéro et de la taille de la portée. *Ann. Zootech.* 15, 313-341.
- AUMAITRE A., SALMON LEGAGNEUR E., 1961. Influence de l'alimentation complémentaire sur la croissance du porcelet avant le sevrage. *Ann. Zootech.*, 10, 127-140.
- BAKER M. L., HAZEL L. N., REINMILLER C. F., 1943. The relative importance of heredity and environment in the growth of pigs at different ages. *J. anim. Sci.*, 2, 3-13.
- BELHARZ R. G., 1962. On the possibility that sex chromosomes have greater effect than autosomes on inheritance. *J. Genet.*, 58, 441-449.
- BLUNN C. T., BAKER G. N., HANSON L. E., 1953. Heritability of gain in different growth periods in swine. *J. anim. Sci.*, 12, 39-50.
- BLUNN C. T., WARWICK E. J., WILLEY, 1954. Interrelationships of swine weights at three ages. *J. anim. Sci.*, 13, 383-388.
- BYWATERS J. H., 1937. The hereditary and environmental portions of the variance in weaning weights of Poland Chitna pigs. *Genetics*, 22, 457-458.
- CRAIG J. V., NORTON H. W., TERRILL S. W., 1956. A genetic study of weight at five ages in Hampshire swine. *J. anim. Sci.*, 15, 242-256.
- DONALD H. P., 1937. The milk consumption and growth of suckling pigs. *Emp. J. exper. Agric.*, 5, 349-368.
- DONALD H. P., 1939. The relative importance of sow and litter during the growth of suckling pigs. A comparison of fostered with normally reared pigs. *Emp. J. exper. Agric.*, 7, 32-41.
- FALCONER D. S., 1963. *Methodology in mammalian genetics: quantitative inheritance*. W. J. Burdette Ed., Holden day, Inc., San Francisco.

- HAZEL L. N., BAKER M. L., REINMILLER C. F., 1943. Genetics and environmental correlations between the growth rates of pigs at different ages. *J. anim. Sci.*, **2**, 118-128.
- KEMPTHORNE O., 1954. *An introduction to genetics statistics*. John Wiley and Sons, Inc.
- LODGE G. A., McDONALD I., 1959. The relative influence of birth weight, milk consumption, and supplementary food consumption upon the growth rate of suckling piglets. *Animal. Prod.*, **8**, 139-144.
- LUSH J. L., HETZER H. O., CULBERTSON C. C., 1934. Factors affecting birth weight of swine. *Genetics*, **19**, 329-343.
- MCBRIDE G., JAMES J. W., WYETH G. S., 1965. Social behaviour of domestic animals. VII. Variation in weaning weight in pigs. *Animal. Prod.*, **7**, 67-74.
- SMITH C., ROSS G. J. S., 1965. Genetic parameters of british landrace bacon pigs. *Animal. Prod.*, **7**, 231-301.
- WALDORF D. P., FOOTE W. C., SELF H. L., CHAPMAN A. B., CASIDA L. E., 1955. Factors affecting fetal pig weight late in gestation. *J. anim. Sci.*, **16**, 976-985.
- YOUNG W. W., LEGATE J. E., FARTHING B. R., 1965. Prenatal and postnatal influences on growth, prolificacy and maternal performance in mice. *Genetics*, **52**, 553-561.
-