

G8104

LA SÉLECTION SUR LA PROLIFICITÉ CHEZ LE PORC : Résultats d'une expérience de sélection sur dix générations

L. OLLIVIER, G. BOLET

I.N.R.A. - Station de Génétique quantitative et appliquée, 78350 JOUY-EN-JOSAS ()*

L'amélioration des performances d'élevage du Porc par la sélection est généralement considérée comme une entreprise hasardeuse et une méthode plus sûre pour améliorer ces caractères consiste à utiliser la vigueur hybride qui résulte du croisement entre lignées ou entre races. Cependant, les possibilités de la sélection dans ce domaine n'ont jamais vraiment été étudiées expérimentalement d'une manière rigoureuse. C'est pour combler cette lacune que l'I.N.R.A. a entrepris en 1965 une expérience de sélection sur la taille de la portée à la naissance, qui peut être considérée comme la composante essentielle de la productivité numérique du cheptel femelle (voir LEGAULT, 1978). Les résultats obtenus après les cinq premières générations de cette expérience de sélection ont été précédemment publiés (OLLIVIER, 1973). Cet article présente les résultats obtenus sur dix générations entre 1965 et 1978.

I - PRINCIPE DE L'EXPÉRIENCE ET PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Les formules classiques de la génétique quantitative (voir OLLIVIER, 1981) permettent de prédire, en fonction de certains paramètres, la réponse théorique à une sélection sur un caractère exprimé plusieurs fois par l'individu, mais seulement dans un sexe, ce qui est le cas de la taille de la portée. Avec une intensité de sélection i_1 dans le choix des mères donnant les mâles de la génération suivante ("voie mère-fils"), i_2 dans le choix des mères donnant les femelles ("voie mère-fille"), pour un caractère d'héritabilité h^2 , de répétabilité t , d'écart-type σ et mesuré n fois, la réponse théorique est :

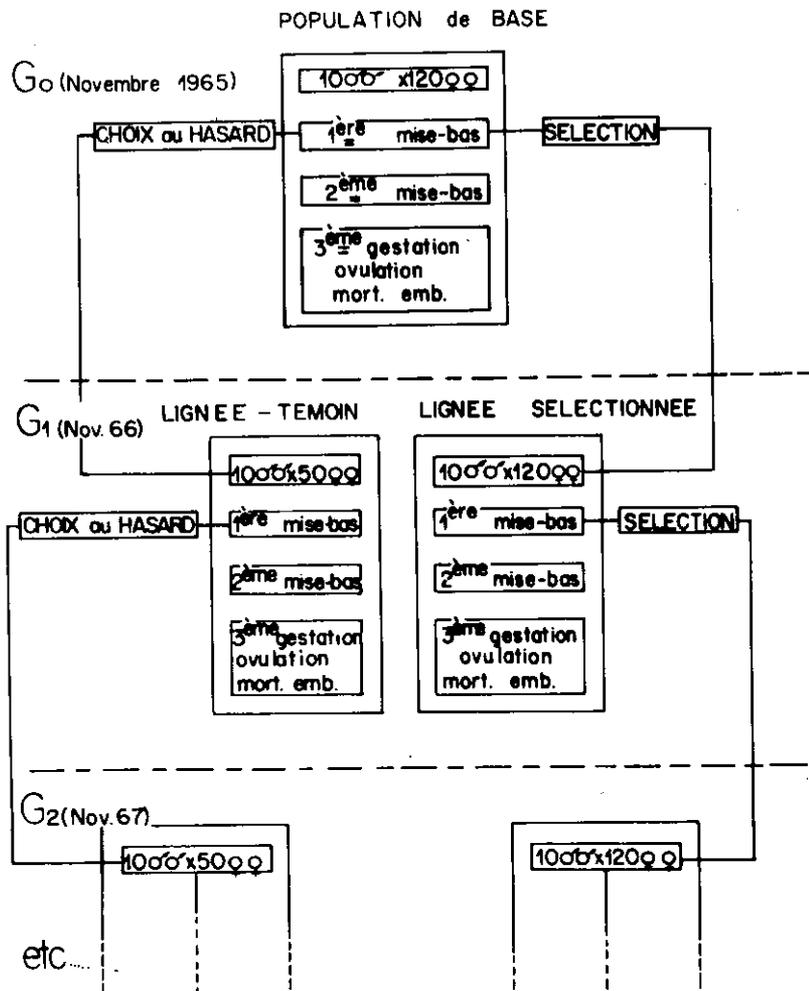
$$R = 0,25 (i_1 + i_2) h^2 \sqrt{n/[1 + (n-1)t]} \sigma \quad (1)$$

Si le taux de sélection est de 1/10 dans le choix des mâles ($i_1 = 1,755$), de 1/3 dans le choix des femelles ($i_2 = 1,091$), le critère de sélection étant la taille moyenne des 2 premières portées d'une truie ($n = 2$), et avec $h^2 = 0,10$, $t = 0,15$ et $\sigma = 2,7$, l'expression (1) donne $R = 0,25$ porcelet/portée. Il s'agit d'une réponse annuelle puisque les reproducteurs mâles et femelles de remplacement peuvent être retenus dans les premières portées et que l'intervalle de génération est ainsi de un an. On peut remarquer que cette amélioration annuelle représente, par rapport à la moyenne du caractère, un gain de 2,5 %, très comparable à la réponse annuelle espérée pour des caractères de production cependant beaucoup plus héritable. Cette contradiction apparente s'explique par le fait que la prolificité est un caractère dont la variabilité phénotypique est très importante, une situation qui est également mise à profit dans l'utilisation des truies "hyperprolifiques" (LEGAULT et GRUAND, 1976 ; SKJERVOLD, 1979).

Les modalités de sélection décrites ci-dessus ont été retenues pour l'expérience lancée en 1965 au domaine expérimental de l'I.N.R.A. situé à Avord (Cher). La figure 1 schématise le déroulement de cette expérience et donne les effectifs prévus dans les deux lignées. La population de base (G_0) provenait d'une dizaine d'élevages différents, pour la plupart inscrits au Livre Généalogique de la race **Large White**. Dans les deux lignées, le choix des mâles et des femelles de la nouvelle génération s'est fait intra-père et le plan d'accouplement a été établi à chaque génération de manière à minimiser la consanguinité. Les nombres de corps jaunes et d'embryons étaient comptés sur un échantillon d'animaux de chaque lignée au terme du premier mois de la troisième gestation, afin de mesurer les conséquences de la sélection pour ces deux composantes de la prolificité.

* Avec la collaboration de P. DANDO, C. FELGINES, Marie-Reine PERRETANT.

FIGURE 1
SCHEMA DU PROTOCOLE EXPERIMENTAL



II - RESULTATS

1 - Déroulement de l'expérience et performances moyennes de reproduction

TABLEAU 1
PARAMÈTRES MOYENS DE FERTILITÉ (G₁-G₁₀)

		LT	LS	LS - LT
1 ^{er} PORTÉE	Pourcentage de femelles impubères relativement aux femelles mises à la reproduction.	17,4	14,8	- 2,6 NS
	Pourcentage de femelles gestantes relativement aux femelles saillies.	78,0	78,2	+ 0,2 NS
2 ^e PORTÉE	Pourcentage de femelles non revenues en chaleur relativement aux femelles ayant sevré leur 1 ^{re} portée.	4,8	4,6	- 0,2 NS
	Pourcentage de femelles gestantes relativement aux femelles saillies.	86,5	85,6	- 0,9 NS

LT : Lignée-témoin

LS : Lignée sélectionnée

NS : non significatif

Les paramètres de fertilité (Tableau 1) font apparaître un taux anormalement élevé de femelles impubères dans les deux lignées, la fertilité pouvant cependant être considérée comme normale à partir de la première saillie, et comparable dans les deux lignées. Signalons que les retards de puberté ont été particulièrement importants dans les premières générations (à l'exception de la G₀ constituée de femelles nées hors de l'élevage expérimental). Cela explique les fluctuations importantes de l'âge à la première mise-bas et indirectement de la prolificité (Tableau 2). Une autre conséquence des retards de puberté a été la nécessité d'introduire en G₄ des femelles en provenance de l'extérieur (8 sur les 13 mises à la reproduction dans la lignée-témoin et 10 sur 71 dans la lignée sélectionnée).

TABEAU 2
AGE A LA 1^{re} MISE-BAS ET PROLIFICITÉ EN 1^{re} ET 2^e PORTÉES POUR L'ENSEMBLE DES 2 LIGNÉES

GÉNÉRATION	AGE A LA 1 ^{re} MISE-BAS (J)	TAILLE MOYENNE DE LA 1 ^{re} PORTÉE		TAILLE MOYENNE DE LA 2 ^e PORTÉE			
	$x \pm S_{\bar{x}}$	n _T	n _S	$x \pm S_{\bar{x}}$	n _T	n _S	$x \pm S_{\bar{x}}$
0	372 ± 6	79		8,71 ± 0,35	66		10,59 ± 0,39
1	451 ± 7	21	36	9,81 ± 0,36	24	47	11,49 ± 0,42
2	427 ± 4	19	59	10,33 ± 0,33	16	46	10,95 ± 0,38
3	451 ± 6	8	57	9,80 ± 0,30	5	39	10,43 ± 0,42
4	403 ± 7	9	67	9,13 ± 0,31	12	62	10,43 ± 0,38
5	433 ± 6	15	67	9,51 ± 0,27	13	69	10,12 ± 0,33
6	414 ± 5	15	33	8,33 ± 0,47	21	56	10,68 ± 0,34
7	403 ± 4	35	42	9,17 ± 0,34	26	42	10,32 ± 0,39
8	397 ± 4	25	53	9,05 ± 0,30	25	49	9,96 ± 0,33
9	401 ± 3	25	58	9,16 ± 0,27	23	47	10,00 ± 0,32
10	381 ± 3	21	63	9,75 ± 0,29	15	58	10,85 ± 0,32

n_T : nombre de mises-bas dans la lignée-témoin.

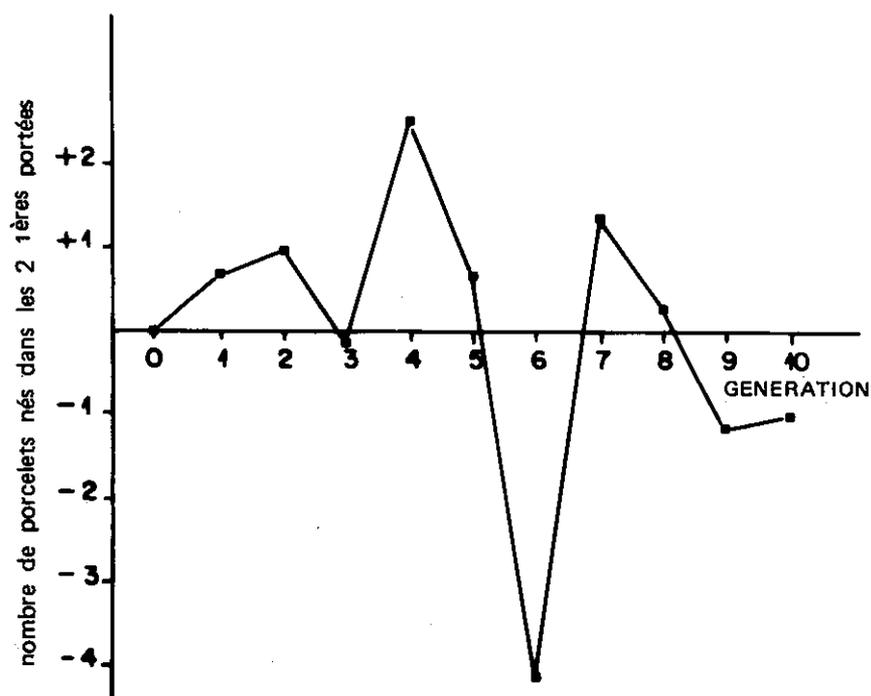
n_S : nombre de mises-bas dans la lignée sélectionnée.

$x \pm S_{\bar{x}}$: moyenne ± erreur standard.

2 - Réponses à la sélection

FIGURE 2

DIFFÉRENCE ENTRE LIGNÉE SÉLECTIONNÉE ET LIGNÉE-TÉMOIN
POUR LE NOMBRE TOTAL DE PORCELETS NÉS DANS LES DEUX PREMIÈRES PORTÉES.
ÉVOLUTION EN FONCTION DU NUMÉRO DE GÉNÉRATION.



Les figures 2, 3 et 4 montrent l'évolution de l'écart entre les deux lignées pour respectivement le critère de sélection, le taux d'ovulation et le nombre d'embryons à 30 jours de gestation. La seule évolution notable est celle du nombre de corps jaunes, pour lequel l'estimation de la réponse par génération est $b = 0,20 \pm 0,11$.

FIGURE 3

DIFFÉRENCE ENTRE LIGNÉE SÉLECTIONNÉE ET LIGNÉE-TÉMOIN POUR LE TAUX D'OVULATION EN 3^e PORTÉE. ÉVOLUTION EN FONCTION DU NUMÉRO DE GÉNÉRATION.

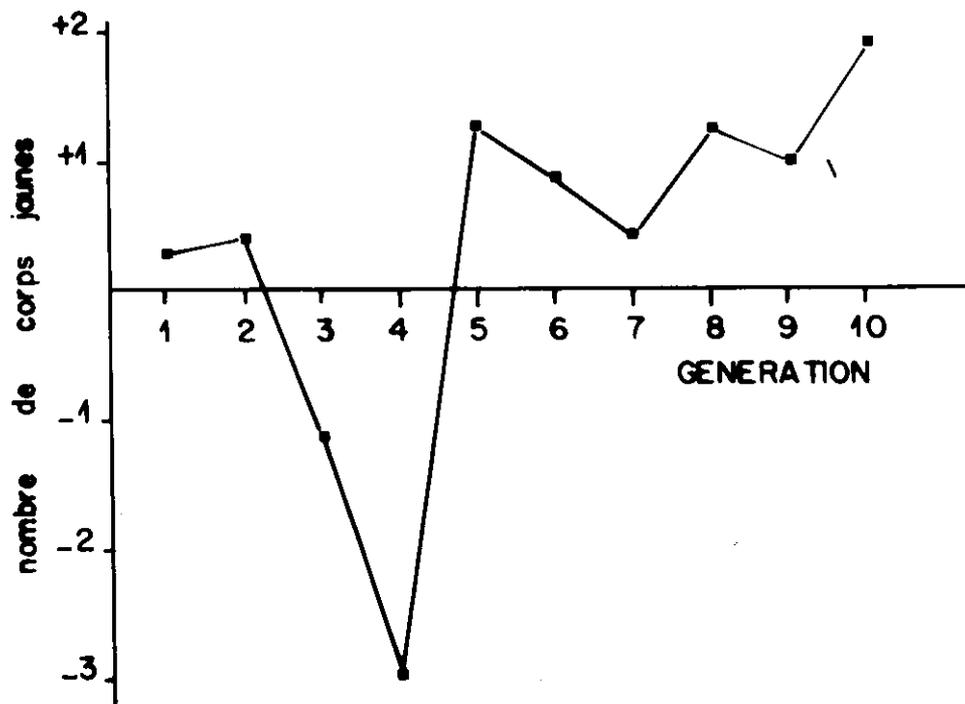
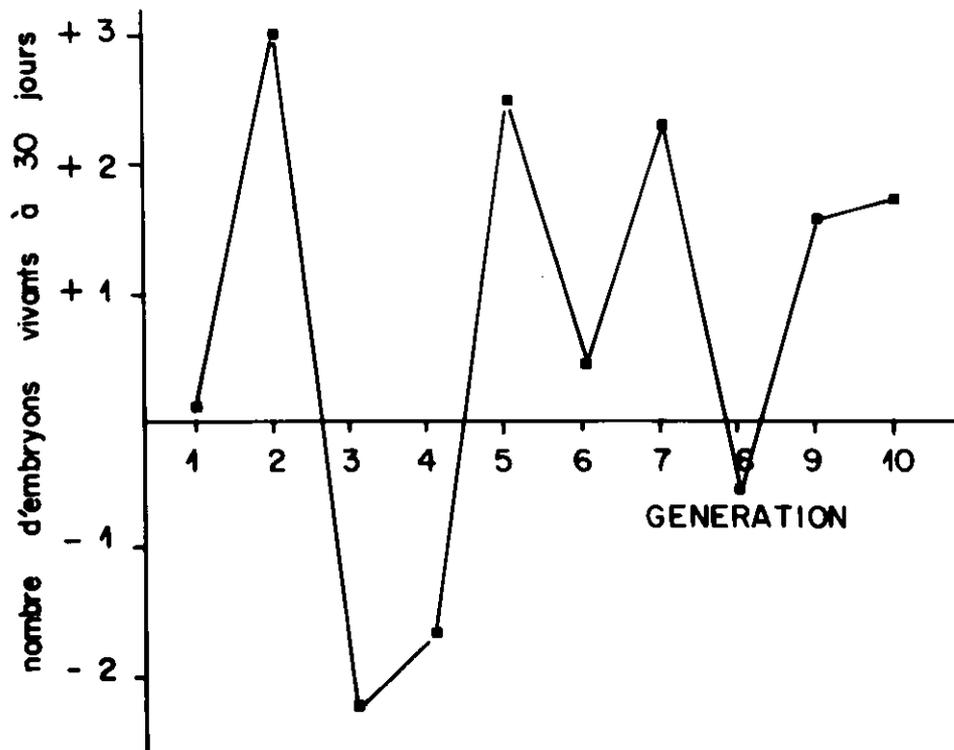


FIGURE 4

DIFFÉRENCE ENTRE LIGNÉE SÉLECTIONNÉE ET LIGNÉE-TÉMOIN POUR LE NOMBRE D'EMBRYONS VIVANTS À 30 JOURS DE GESTATION EN 3^e PORTÉE. ÉVOLUTION EN FONCTION DU NUMÉRO DE GÉNÉRATION.



3 - Paramètres génétiques

Le tableau 3 donne les estimations d'héritabilité obtenues à partir des régressions mère-fille intra-père pour le 2 premières portées séparément et pour leur somme. La régression négative obtenue pour la deuxième portée de la fille en fonction de la première portée de la mère et la faible valeur trouvée pour la relation inverse indiquent que la corrélation génétique entre les deux portées est vraisemblablement peu élevée.

TABLEAU 3
PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES ET PHÉNOTYPIQUES

N° DE PORTÉE		NOMBRE DE COUPLES	b ± s _b	h ² ± s _{h²}	σ
MÈRE	FILLE				
1	1	572	0,043 ± 0,052	0,09 ± 0,10	2,71
2	2	449	0,024 ± 0,060	0,05 ± 0,12	2,87
1 + 2	1 + 2	315	0,012 ± 0,077	0,02 ± 0,15	4,28
1	2	503	-0,052 ± 0,062	(*)	0,18
2	1	525	0,002 ± 0,051		

b : régression mère-fille.

h² : héritabilité (2 b).

σ : écart-type et corrélation (dernière ligne) phénotypiques.

(*) : corrélation génétique supposé nulle.

III - DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La réponse attendue après 10 générations de sélection, sur la base de l'équation (1), est de 5 porcelets sur l'ensemble des deux premières portées. Ce chiffre est à comparer à l'absence de réponse observée sur l'ensemble de l'expérience (figure 2), malgré une réponse positive (d'environ 0,15 porcelet/portée/ génération) sur les 5 premières générations (OLLIVIER, 1973). Plusieurs explications de ce désaccord peuvent être fournies, les unes liées au déroulement de l'expérience, les autres d'ordre génétique.

Le déroulement de l'expérience a été marqué essentiellement par l'impossibilité d'atteindre les effectifs qui avaient été prévus. En fait, si l'on compare le tableau 2 à la figure 1, il apparaît que l'effectif des femelles représente à peu près la moitié de l'effectif prévu. De là découlent les fluctuations importantes observées pour les moyennes de lignée et, par suite, pour la réponse à la sélection. Il faut noter tout particulièrement une infériorité marquée de la lignée sélectionnée par rapport à la lignée-témoin en G₆ (figure 2). Ce résultat "anormal" est difficilement explicable, si ce n'est par l'effet du hasard ou par une épidémie de rouget qui s'est manifestée dans cette génération et qui aurait affecté différemment les deux lignées.

Les retards de puberté mentionnés précédemment ont été l'obstacle majeur à l'augmentation des effectifs. Ces retards de puberté, pour lesquels aucune explication satisfaisante n'a pu être trouvée (MARTINAT et al., 1970), ont entraîné une réduction importante des intensités de sélection. Le tableau 4 donne les différentielles de sélection moyennes appliquées dans le choix des mâles et des femelles au cours de l'expérience, compte-tenu de la sélection involontaire effectuée dans la lignée-témoin. Ces différentielles correspondent à des taux de sélection sur les mères de 46 % dans le choix des mâles et de 86 % dans le choix des femelles, très éloignés des taux théoriques correspondants de 1/10 et 1/3. Notons que la sélection a été effectuée intra-famille de père ce qui contribue à réduire aussi les intensités de sélection par rapport à une sélection purement massale.

TABLEAU 4
DIFFÉRENTIELLES ET INTENSITÉS DE SÉLECTION MOYENNES PAR GÉNÉRATION

LIGNÉE	VOIE MÈRE-FILLE	VOIE MÈRE-FILS
Différentielle de sélection (nombre de porcelets nés dans les deux premières portées).		
LS	1,87	2,90
LT	0,75	- 0,78
LS - LT	1,12	3,68
Intensité de sélection (en écart-type).	0,262	0,860

Mais il faut par ailleurs examiner les conditions de validité de l'expression (1) et, surtout, les hypothèses génétiques sur lesquelles elle repose. L'efficacité d'une méthode de sélection dépend de la corrélation ρ entre le critère de sélection appliqué aux candidats et la valeur génétique de ces derniers. Dans l'expression (1) $\rho = h \sqrt{n/[1 + (n - 1)t]} = 0,42$. Mais cette expression ne s'applique en toute rigueur que si les tailles des portées successivement produites par une femelle sont l'expression d'un même caractère, ce qui implique en particulier que les corrélations génétiques entre les différentes portées soient de 1. Les paramètres génétiques du tableau 3 indiquent que cette hypothèse n'est pas vérifiée. En désignant par H la valeur génétique (d'écart-type σ_H) du caractère "somme des deux premières portées" ($P_1 + P_2$), la réponse théorique s'écrit :

$$R' = 0,25 (i_1 + i_2) \rho \sigma_H \quad (2)$$

où ρ est la corrélation entre H et la somme $P_1 + P_2$.

Les paramètres génétiques du tableau 3 (en supposant une corrélation génétique nulle entre P_1 et P_2) donnent $\rho = 0,24$ et $\sigma_H = 1,01$. La réponse espérée avec les intensités de sélection effectivement appliquées (tableau 4) est alors de 0,07 porcelet/portée (1), soit moins du tiers de la réponse théorique déduite de l'équation (1). On peut en outre remarquer que le meilleur critère de sélection, avec les paramètres du tableau 3, n'est pas $P_1 + P_2$ mais $P_1 + 0,45 P_2$ dont la corrélation avec H ($\rho = 0,25$) est légèrement supérieure à celle de $P_1 + P_2$.

Plusieurs expériences de sélection, similaires dans leur principe à la nôtre, ont été réalisées sur la Souris (voir la revue de ROUSSEAU, 1979). A titre d'exemple, dans l'expérience la plus récente (BAKKER et al., 1978), la taille de la portée a été augmentée de 8 à 14 en 29 générations, et cela malgré une absence totale de réponse sur les 8 premières générations. Chez le Porc, aucune expérience directement comparable à la nôtre n'a jusqu'à présent été réalisée. Signalons cependant une expérience de DAMON et WINTERS (1955) dans laquelle une amélioration de la taille de la portée a été obtenue, mais sans référence à une lignée-témoin. Plus récemment, une tentative d'amélioration indirecte de la prolificité du porc a été faite aux États-Unis (ZIMMERMAN et CUNNINGHAM, 1975 ; CUNNINGHAM et al., 1979) avec une sélection basée sur le taux d'ovulation. La réponse obtenue pour ce dernier caractère est importante, soit 0,4 ovule par génération, mais la réponse indirecte sur la taille de la portée a été nulle, en dépit d'une réponse positive obtenue sur les quatre premières générations. Les profils des réponses observées dans cette expérience s'apparentent donc à ceux de la nôtre, tant pour le taux d'ovulation que pour la taille de la portée, bien que le critère de sélection soit différent dans les deux expériences. Il semble que l'accroissement du taux d'ovulation qu'il est possible d'obtenir par sélection soit contrebalancé, du moins dans la première gestation, par une augmentation de la mortalité embryonnaire, résultat également observé par LEGAULT et al., (1981) sur les truies "hyperprolifiques".

(1) En sélection massale. Une sélection intra-famille de père ($n = 8$) réduit cette réponse d'environ 29 % (voir FALCONER, 1960).

Si l'expérience dont nous venons de présenter les résultats s'est révélée décevante quant à l'objectif principal qui lui était assigné, quelques enseignements peuvent quand même en être tirés, le principal étant sans doute la nécessité de réaliser une sélection assez intense pour avoir des chances, avec les effectifs limités dont on dispose, de mettre en évidence une réponse significative. Deux modifications susceptibles d'accroître l'intensité de sélection ont donc été apportées à cette expérience à l'issue de la 10^e génération : passage d'une sélection intra-famille à une sélection purement massale des femelles et ouverture de la lignée à des femelles issues de mères à haute prolificité extérieures à la lignée. Les conséquences de cette dernière modification se sont déjà fait sentir comme le montrent les résultats publiés dans ces Journées par LEGAULT *et al.*, (1981). Pour le sélectionneur individuel, l'expérience qui a été réalisée a peut-être le mérite principal de montrer clairement le risque inhérent à une sélection sur la prolificité, surtout si elle se fait aux dépens de la sélection sur les caractères de production, pour lesquels la réponse est beaucoup moins aléatoire.

BIBLIOGRAPHIE

- BAKKER H., WALLINGA J.H., POLITIEK R.D., (1978) - Reproduction and body weight of mice after long-term selection for large litter size. *J. Anim. Sci.*, **46**, 1572-1580.
- CUNNINGHAM P.J., ENGLAND M.E., YOUNG L.D., ZIMMERMAN D.R., (1979) - Selection for ovulation rate in swine : correlated response in litter size and weight. *J. Anim. Sci.*, **48**, 509-516.
- DAMON R.A., WINTERS L.M., (1955) - Selection for factors of performance in the swine herds of the Hormel Foundation. *J. Anim. Sci.*, **14**, 94-104.
- FALCONER D.S., (1960) - Introduction to Quantitative Genetics, OLIVER and BOYD ed., LONDON.
- LEGAULT C., (1978) - Analyse des composantes de la productivité numérique des truies. *Ann. Zootech.*, **27**, 457-470.
- LEGAULT C., GRUAND J., (1976) - Amélioration de la prolificité des truies par la création d'une lignée "hyperproliférique" et l'usage de l'insémination artificielle : principe et résultats expérimentaux préliminaires. *Journées Rech. Porcine en France* **8**, 201-206, I.T.P. Ed. Paris.
- LEGAULT C., GRUAND J., BOLET G., (1981) - Résultats de l'utilisation en race pure et en croisement d'une lignée dite "hyperproliférique". *Journées Rech. Porcine en France* **13**, I.T.P. Ed. Paris (sous presse).
- MARTINAT F., LEGAULT C., OLLIVIER L., du MESNIL du BUISSON F., SIGNORET J.P., (1970) - Étude des retards de puberté chez la truie. *Journées Rech. Porcine en France* **2**, 47-54, I.T.P. Ed. Paris.
- OLLIVIER L., (1973) - Five generations of selection for increasing litter size in swine. *Genetics*, **74**, suppl. 2 part 2, 202-203.
- OLLIVIER L., (1981) - Éléments de Génétique Quantitative, MASSON Éd. Paris.
- ROUSSEAU F., (1979) - Analyse bibliographique des résultats de travaux et expériences de sélection sur la taille de portée chez les espèces polytoques. D.E.A. de Sciences et techniques en production animales, INRA-ENSA TOULOUSE, doc. photocopié 90 p.
- SKJERVOLD H., (1979) - What about the genetic improvement of litter size ? *Acta. Agric. Scand.*, suppl. **21**, 176-184.
- ZIMMERMAN D.R., CUNNINGHAM P.J. (1975) - Selection for ovulation rate in swine : population, procedures and ovulation response. *J. Anim. Sci.*, **40**, 61-74.