

**DETERMINISME GENETIQUE DE LA PRECOCITE SEXUELLE,
DU TAUX D'OVULATION, ET DU NOMBRE D'EMBRYONS
CHEZ LA TRUIE PRIMIPARE :
HERITABILITE, EFFET D'HETEROSIS**

*C. LEGAULT **

*I.N.R.A. - Station de Génétique Quantitative et Appliquée
C.N.R.Z. - 78, Jouy-en-Josas
C.E.S.P. - 86, Rouillé*

1. INTRODUCTION

L'âge, le taux d'ovulation et éventuellement le nombre d'embryons conçus au premier oestrus sont pratiquement les premières mesures objectives possibles de l'aptitude à la reproduction de la jeune truie: Une puberté précoce réduit l'intervalle improductif qui sépare la fin de l'engraissement de la première saillie. Le taux d'ovulation est, de son côté, la première estimation du potentiel de prolificité, estimation dont la signification peut être considérablement améliorée, lorsque cela est possible, par le dénombrement des embryons vivants en début de gestation.

Le contrôle systématique de ces données sur un échantillon de la descendance femelle de verrats de race Large White a été entrepris en 1967 au Centre Expérimental de Sélection Porcine (C.E.S.P.) de Rouillé (Vienne) afin d'étudier les possibilités d'améliorer génétiquement l'aptitude à la reproduction des jeunes truies dans le cadre d'un centre d'insémination artificielle. Les données recueillies en 1967 et 1968 ont déjà fait l'objet d'une interprétation (LEGAULT 1969). Depuis 1969, l'étude s'est poursuivie par l'abattage des truies à la fin du premier mois de la gestation et par la mise en comparaison, à partir de 1971, d'animaux issus du croisement Large White x Landrace et de race pure Landrace et Large White.

Nous nous proposons donc de présenter ici les principaux résultats de l'analyse génétique de l'ensemble des données recueillies depuis 1967.

2. MATERIEL ANIMAL ET METHODES

L'étude concerne des jeunes truies réparties en six séries nées au mois d'Août des années 1966 à 1971 (tableau 1) ; toutes ces truies ont été achetées dans les élevages à un poids compris entre 20 et 24 kg et logées par groupes de 10 dans des bâtiments de semi plein-air ; après une période d'adaptation d'environ 10 jours ; elles étaient nourries ad-libitum au nourrisseur automatique avec un aliment de "croissance" (0,93 U.F. et 170 g de M.A.T./kg) jusqu'au poids vif moyen de 60 kg et un aliment de " finition " (0,88 U.F. et 150 g de M.A.T./kg) de ce poids à l'abattage.

La détection des chaleurs a eu lieu chaque matin à l'aide de verrats boute-en-train de race Corse dès qu'un animal de la loge avait atteint le poids de 80 kg et jusqu'à l'âge de 300 jours. Ce contrôle était précédé d'un examen visuel quotidien dès le poids de 70 kg. En 1967 et 1968, l'abattage avait lieu une fois par semaine entre J7 et J13 (J0 désignant le premier jour du premier oestrus) ; à partir de 1969 et à l'exception de 1971, année où les secondes chaleurs des truies étaient synchronisées (MARTINAT et al., 1972), les truies étaient abattues entre J27 et J30 après avoir été inséminées. En plus de celui des corps jaunes, le dénombrement des embryons vivants en début de gestation était alors possible. L'insémination était effectuée deux jours de suite (en J0 et J1) avec des doses comprenant 4 milliards de spermatozoïdes et provenant du même verroat. Tous les verrats utilisés étaient en service à la Station Expérimentale d'Insémination Artificielle (S.E.I.A.) de Rouillé ; ils appartenaient à la race Large White en 1969, à la race Landrace en 1970 et à la race de Piétrain ou du croisement Piétrain x Porc Blanc de l'ouest en 1972.

* Avec la collaboration technique de J. GRUAND, N. BOUTLER et D. TASTU.

TABLEAU 1

REPARTITION DES EFFECTIFS DES TRUIES AU COURS DES 6 SERIES EXPERIMENTALES

CATEGORIE	ANNEES		1967		1968		1969		1970		1971		1972		TOTAL %	
	RACE (1)		LW	LW	LW	LW	LW	LW	LW	LW	LW x L	LW	LW x L	LW		LW x L
Animaux mis en contrôles (70 kg)			97	119	126	138	116	226	111	116	116	111	116	116	51	1100
Animaux éliminés en cours de contrôle			9	9	4	6	6	6	8	6	6	8	3	3	3	54
Animaux ayant terminés les contrôles			88	110	122	132	110	220	103	110	113	103	113	113	48	1046
Oestrus apparent avant 300 jours	Total		68	102	118	120	97	216	96	97	113	96	113	48	978	
	Pubères		-	-	102	93	-	-	73	-	104	73	104	36	408	
	Vides		-	-	16	27	-	-	23	-	9	23	9	12	87	
Impubères (fausses chaleurs)		13	0	1	2	1	2	1	2	3	0	3	0	0	22	
Absence d'oestrus		1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
Impubères		6	5	3	10	12	2	4	4	0	0	4	0	0	42	

(1) LW = Large White

LW x L = truies issues du croisement Large White x Landrace

L = Landrace Français

Sur un total de 1100 jeunes truies mises en contrôle, 54 ont été éliminées avant la fin de ce dernier : 13 d'entre elles étaient intersexuées ou présentaient des anomalies du tractus génital, les autres ont été éliminées pour des causes accidentelles ou sanitaires. Sur les 1046 animaux restants, 665 étaient de race Large White, 48 de race Landrace et 333 issus du croisement Large White X Landrace.

La présente étude se limite à l'analyse génétique de 4 variables : le poids, l'âge, le taux d'ovulation et le nombre d'embryons conçus au premier oestrus. A cet effet, les données recueillies sur les animaux de race pure ont d'abord été classées hiérarchiquement en fonction de l'"année-race", du verrat père de la jeune truie et de la mère de la truie afin de permettre d'estimer les composantes de la variance et de la covariance par la méthode classique (KEMPTHORNE, 1957). Pour les deux premières variables (poids et âge à la puberté), cette analyse a été réalisée sur un total de 649 animaux dont 601 de race Large White répartis en 6 séries et 48 de race Landrace contrôlés uniquement en 1972. Ces jeunes truies étaient filles de 65 verrats et de 233 mères. L'analyse du taux d'ovulation au premier oestrus n'a pu être effectuée que sur un échantillon de 474 jeunes truies filles de 55 verrats et issues de 188 portées, cette variable n'ayant pas été recueillie en 1971 et les truies vides à l'abattage ayant été exclues. Enfin la dernière variable (nombre d'embryons vivants) n'a été analysée que sur les seuls animaux de race pure abattus en 1969, 1970 et 1972, soit 304 truies filles de 36 verrats et issues de 121 portées.

Dans tous les cas, l'héritabilité a été estimée en quadruplant la composante paternelle intra-série de la variance; d'autre part, les corrélations entre variables ont été estimées à partir des composantes "résiduelles" de la variance et de la covariance.

La comparaison des animaux de race pure et des animaux issus de croisement et par suite l'estimation de l'effet d'"hétérosis" ont été effectuées en utilisant les données recueillies en 1971 et 1972 pour les deux premières variables et en utilisant les données de 1972 uniquement pour les deux dernières variables. L'effet d'hétérosis correspond à la supériorité (exprimée en pourcentage) des individus issus de croisement sur la moyenne des races pures parentales. Les moyennes correspondant aux trois types génétiques ont été estimées, pour l'âge et le poids à la puberté, par la méthode des moindres carrés qui permettait de tenir compte simultanément des effets "année" (2 niveaux) et "type génétique" (3 niveaux). Pour les deux dernières variables, les moyennes arithmétiques enregistrées en 1972 ont été utilisées.

TABLEAU 2 : voir page suivante

III - RESULTATS

a. Résultats d'ensemble

Les effectifs correspondant aux différents types génétiques et destinations des animaux mis en contrôle de 1967 à 1972 sont rassemblés dans le tableau 1. Sur un total de 1046 jeunes truies soumises à l'ensemble des contrôles, 978 d'entre elles, soit 93,5 %, ont manifesté un oestrus accompagné d'ovulation avant l'âge de 300 jours alors que 22 autres animaux manifestaient un oestrus sans ovulation (fausse chaleur); enfin 4 animaux étaient abattus pubères sans avoir manifesté d'oestrus (chaleurs discrètes). D'autre part, 42 animaux (soit 4 %) étaient impubères à l'âge de 300 jours. Ces différentes catégories d'animaux se répartissent très inégalement suivant le type génétique : totalement absentes en race Landrace, les "fausses chaleurs" et les truies impubères à 300 jours représentent moins de 1 % des animaux issus de croisement; c'est donc presque uniquement en race Large White que nous avons observé des "fausses chaleurs" (3 %), des "chaleurs discrètes" (0,6 %) ainsi que des truies impubères à l'âge de 300 jours (6 %).

408 truies sur un total de 495 inséminées, soit 82,4 %, ont été abattues en état de gestation. Là encore, il faut opposer la proportion de 79,6 % enregistrée en race pure à celle de 92 % observée chez les truies issues de croisement. Une analyse plus complète de cet aspect et de son incidence économique est présentée par ailleurs (LEGAULT et al. 1973).

Au tableau 2 figurent les moyennes et écarts-types correspondant aux différentes séries d'animaux. Ce tableau fait apparaître d'importantes variations entre séries et entre types génétiques sur le plan de la précocité sexuelle : en race Large White, le poids moyen à la puberté se situe entre 104 et 119 kg alors qu'il est plus homogène chez les animaux issus de croisement (97 à 98 kg) et nettement plus faible en race Landrace (87 kg). L'âge moyen à la puberté varie également beaucoup avec l'année en race Large White (202 à 241 jours) et très peu chez les truies croisées (182 à 183 jours), pour occuper une position intermédiaire en race Landrace (195 jours).

TABLEAU 2

MOYENNES (\bar{X}) ET ECARTS-TYPES (s) PAR SERIE ET PAR TYPE GENETIQUE

ANNEE	RACE	PARAMETRES	POIDS A LA PUBERTE (kg)	AGE A LA PUBERTE (j)	NOMBRE DE CORPS JAUNES	NOMBRE D'EMBRYONS VIVANTS
1967	Large White	\bar{X}	119,1	241,3	13,32	-
		s	20,4	22,7	2,30	-
1968	Large White	\bar{X}	116,5	213,3	13,51	-
		s	19,4	29,3	2,48	-
1969	Large White	\bar{X}	104,2	202,3	13,74	9,07
		s	16,0	25,2	3,03	3,09
1970	Large White	\bar{X}	111,9	218,9	13,53	9,16
		s	19,6	36,3	2,47	3,00
1971	Large White	\bar{X}	113,5	213,1	-	-
		s	19,7	33,6	-	-
	LW X Landrace	\bar{X}	96,8	183,5	-	-
		s	13,9	23,4	-	-
	Large White	\bar{X}	108,5	208,3	13,93	9,15
		s	18,2	29,1	1,97	3,25
1972	LW X Landrace	\bar{X}	98,1	182,0	13,69	9,69
		s	17,1	21,4	2,09	2,94
	Landrace	\bar{X}	86,8	194,7	12,53	8,78
		s	15,5	28,1	2,34	3,02

Le taux d'ovulation varie relativement peu (13,3 à 13,9 corps jaunes suivant la série) mais est nettement inférieur en race Landrace (12,5 corps jaunes). Le nombre d'embryons vivants le plus important est observé chez les truies croisées (9,7) et le nombre le plus faible en race Landrace (8,8); il est remarquablement constant en race Large White (9,07 à 9,16)

TABLEAU 3 : voir page suivante

b. Composantes de la variance - Héritabilité

Les composantes de la variance pour les quatre variables considérées figurent au tableau 3. L'effet combiné de l'année et de la race est significatif ($P < 0,01$) sur le poids et l'âge à la puberté dont il explique respectivement 15,9 et 13,1 % de la variance. Alors qu'il est nul sur le taux d'ovulation et sur le nombre d'embryons vivants, l'effet "père" est significatif sur les trois premières variables dont il explique respectivement 9,9 %, ($P < 0,01$), 10,1 % ($P < 0,01$), et 5,7 % ($P < 0,05$) de la variance; par contre, il n'est pas significatif sur le nombre d'embryons. Enfin, l'effet "mère" ou "portée" n'est significatif ($P < 0,01$) que sur les deux variables représentatives de la précocité sexuelle dont il explique respectivement 22,6 et 20,0 % de la variance.

Les estimations de l'héritabilité des 4 variables précitées sont respectivement : 0,44; 0,46; 0,23 et 0,12. (Tableau 3).

L'examen des corrélations du tableau 4 montre que l'âge et le poids à la puberté sont étroitement associés par une corrélation élevée ($r = 0,74$). Le poids à la puberté est associé au taux d'ovulation et au nombre d'embryons par des corrélations faibles mais positives alors que l'âge à la puberté est pratiquement indépendant de ces deux variables. Le nombre d'embryons est associé au taux d'ovulation par une corrélation positive significative ($r = 0,25$).

TABLEAU 4
CORRELATIONS INTRA-PORTEE ENTRE LES QUATRE VARIABLES

VARIABLES	AGE PUBERTE	NOMBRE CORPS JAUNES	NOMBRE EMBRYONS VIVANTS
Poids puberté	0,74 **	0,13	0,21 *
Age puberté		- 0,09	0,03
Nombre corps jaunes			0,25 **

c. Effet du croisement - Hétérosis

Les estimations de l'effet d'hétérosis figurent également au tableau 3. Pour les deux premières variables, les estimations obtenues en 1972 sont très voisines de celles qui ont été obtenues sur la base des données recueillies au cours des deux années consécutives : voisin de zéro pour le poids à la puberté, l'effet d'hétérosis est de l'ordre de 7 à 10 % et significatif ($P < 0,01$) pour l'âge à la puberté. Enfin, un effet d'hétérosis significatif ($P < 0,05$) est également observé pour le taux d'ovulation (3,5 %) et la taille de la portée après 30 jours de gestation (8 %).

IV - DISCUSSION ET CONCLUSION

Nous limiterons notre discussion aux résultats d'ordre génétique et à leurs incidences pratiques.

Ce sont nos estimations de l'héritabilité : élevée pour la précocité sexuelle (0,44 et 0,46), moyenne pour le taux d'ovulation (0,23) et faible pour le nombre d'embryons (0,12) qui appellent les premières remarques. REUTZEL et SUMPTION (1968) ont fourni des estimations de l'héritabilité des deux premières variables nette-

TABLEAU 3

PARAMETRES GENETIQUES : HERITABILITE (h^2) ET EFFET D'HETEROSIS (H)

VARIABLES	COMPOSANTES DE LA VARIANCE (%)				$h^2 = \frac{4Vp}{Vp + Vm + Vr}$	s (h^2)	HETEROSIS (%)	
	VAR	Vp	Vm	Vr			a	b
Poids à la puberté	15,94 **	9,21 **	22,58 **	52,27	0,44	0,10	0,47	- 2,11
Age à la puberté	13,12 **	10,09 **	19,99 **	56,81	0,46	0,11	9,69 **	7,29 **
Taux d'ovulation	0,52	5,69 *	8,45	85,34	0,23	0,10	3,48 *	-
Nombre d'embryons vivants	1,69	2,96	7,82	90,91	0,12	0,09	8,03 *	-

Composantes "Année - Race" : (VAR)

"père" : (Vp)

"mère" : (Vm)

"Résiduelle" : (Vr)

de la variance exprimée en % de la variance totale.

* Significatif ($P < 0,05$)** Hautement significatif ($P < 0,01$)

a. Estimation basée sur les données recueillies en 1972 uniquement.

b. Estimation basée sur les données recueillies en 1971 et 1972.

ment plus faibles que les nôtres à partir des composantes "paternelles" de la variance, mais plus élevées à partir des composantes "maternelles". Dans notre étude la composante "maternelle" est environ deux fois plus élevée que la composante "paternelle" de la variance, ce qui semble indiquer l'existence d'effets "maternels" (ou "portée") d'origine non génétique ou d'éventuels effets "de dominance" sur la précocité sexuelle. La faible héritabilité du nombre d'embryons est à rapprocher des nombreuses estimations concernant la taille de la portée à la naissance (LEGAULT, 1970), cependant, la valeur intermédiaire de ce paramètre pour le taux d'ovulation est un peu plus faible que celle que laissaient prévoir les études de FALCONER (1960) sur la souris et de NEWMAN (1963) sur le porc. Nous devons signaler également que théoriquement estimables dans le cadre de notre étude, les corrélations génétiques entre variables n'ont pas été reportées en raison de la grande imprécision attachée à leurs estimations.

Les deux croisements réciproques entre les deux races considérées n'étant pas disponibles, nous n'avons pu estimer en toute rigueur l'effet d'hétérosis tel que le définissait SELLIER (1969). Toutefois, les valeurs que nous avons obtenues à partir d'un croisement effectué dans un seul sens sont très proches de celles qui se dégagent des revues bibliographiques de SELLIER (1969) et PROVOST (1972).

En définitive, les conclusions de cette analyse sont les suivantes :

- Nous supposons que la corrélation génétique entre le taux d'ovulation et le nombre d'embryons est du même ordre de grandeur que la corrélation phénotypique ($r = 0,25$); dans ces conditions, le taux d'ovulation est trop peu héritable pour faire l'objet d'une sélection en vue d'améliorer indirectement la taille de la portée : il aurait fallu pour cela que le produit de la racine carrée de l'héritabilité de la première variable par la corrélation soit supérieur à la racine carrée de l'héritabilité de la seconde variable, condition qui n'est pas respectée.
- La précocité sexuelle est suffisamment influencée par l'effet additif des gènes pour faire l'objet d'une sélection efficace. En outre, pour les caractères moins hératables, l'insémination artificielle peut être d'un recours précieux mais coûteux. Nous avons eu précisément l'occasion d'aborder la discussion de ces différents modèles de sélection dans le cadre de la séance consacrée à l'insémination artificielle.
- Bien connus au niveau de la prolificité, l'effet du croisement est particulièrement spectaculaire sur l'âge au premier oestrus qui se trouve réduit d'environ 1 mois chez les truies croisées par rapport à leurs contemporaines de race pure Large White.

Remerciements

Je tiens à remercier M.M. du MESNIL du BUISSON et OLLIVIER de leurs nombreux conseils et suggestions ainsi que le personnel de la S.E.I.A. de sa précieuse collaboration technique.

Références bibliographiques

- FALCONER D.S., 1960 - The genetics of litter size in mice. J. Cell. Comp. Physiol., 56, suppl., 153-167.
- KEMPTHORNE O., 1957 - *An Introduction to Genetics Statistics*. John Wiley and sons Inc, New York.
- LEGAULT C., 1969 - Aspects génétiques de l'aptitude à la reproduction des jeunes truies. Journées Rech. Porc. en France, 13-17
- LEGAULT C., 1970 - Paramètres génétiques des performances d'élevage des truies de race Large White. Journées Rech. Porc. en France, 233-240.
- LEGAULT C., 1973 - Influence du croisement sur le taux de conception de la truie. Incidence économique. Journées de Rech. Porc. en France.
- MARTINAT F., SIGNORET J.P., du MESNIL du BUISSON F., MAULEON P., 1972. Synchronisation des chaleurs des truies nullipares . . . Journées Rech. Porc. en France, 25 - 30 et 31 - 36.
- NEWMAN J.A., 1963 - Ovulation rate in the Lacombe breed of Pigs. Canad. J. Anim. Sci., 43, 285 - 289.

- PROVOST J.P., 1972 - Effet d'hétérosis sur l'aptitude à la reproduction, les performances d'engraissement et de carcasse de jeunes truies issues du croisement Landrace X Large White. Mémoire fin d'études, E.N.I.T.A., Bordeaux. 80 p.
- SELLIER P., 1969 - Les croisements chez le Porc. Journées Rech. Porc. en France, 25 - 31.
- REUTZEL L.E., SUMPTION L.J., 1968 - Genetic and phenotypic relationships involving age at puberty and growth rate of gilts. J. anim. Sci., 27, 27 - 30.