

G 9503

RELATIONS GÉNÉTIQUES ENTRE LE CONTRÔLE INDIVIDUEL EN STATION ET LE CONTRÔLE EN FERME CHEZ LE PORC

P. SELLIER (1), R. GUEBLEZ (2), D. LALOE (3), J.P. RUNAVOT (2), L. OLLIVIER (1)

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

(2) I.T.P. – Région Ouest – La Motte au Vicomte – B.P. 3 – 35650 LE RHEU

(3) U.P.R.A. porcine – 95bis, Boulevard Pereire – 75017 PARIS

Avec la collaboration de Michèle JOSEPH, C. FELGINES, Marie-Hélène LE TIRAN, P. FELIX, M. BOUYSSIÈRE, G. GODET, P. GOULLIEUX, G. PETIT et Y. FLEHO

INTRODUCTION

La sélection des caractères de croissance et de carcasse chez le porc est basée en France sur des contrôles de performances réalisés à la fois dans des stations publiques de sélection (contrôle individuel, contrôle de descendance) et dans les élevages de sélection eux-mêmes (contrôle en ferme). Au cours de ces dernières années, près de 6 000 verrats ont été soumis annuellement au contrôle individuel en station (CI), et environ 90 élevages ont participé de façon régulière au programme de contrôle en ferme (CF) mis en œuvre par l'Institut Technique du Porc, l'effectif d'animaux contrôlés annuellement étant de l'ordre de 47 000 (RUNAVOT, 1983 ; PETIT et GODET, 1984).

Les données recueillies en station de CI et en ferme sur des animaux Large White et Landrace Français ont été analysées afin d'estimer les corrélations génétiques entre les caractères mesurés dans les deux milieux de sélection. Il est en effet important de connaître le degré de liaison génétique entre des mesures du « même » caractère réalisées dans différents milieux (par exemple, gain moyen quotidien du contrôle individuel en station et âge à 100 kg du contrôle en ferme, pour le caractère vitesse de croissance). Une forte corrélation génétique entre des caractères similaires du contrôle en station et du contrôle en ferme indique que le même génotype est sélectionné dans l'un et l'autre milieu : dans la situation idéale, la corrélation génétique est égale à 1 (en valeur absolue). Au contraire, une faible corrélation génétique indique que des génotypes différents sont probablement sélectionnés dans les deux milieux ou, en d'autres termes, qu'une interaction génotype x milieu est présente. Le but de cette étude est d'évaluer l'importance du rôle joué par ces interactions génotype x milieu dans les relations génétiques entre le contrôle individuel en station et le contrôle en ferme.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Milieux de sélection et caractères mesurés

Dans les stations publiques de contrôle individuel, qui sont au nombre de 13, des bandes de 20 à 80 jeunes verrats de même race sont constituées. Pour une bande donnée, l'entrée en station se fait sur une période limitée à dix jours, à un poids de 22-28 kg et à un âge moyen de 70 jours. Les verrats sont élevés par loges de 4 mais alimentés individuellement selon un système de type semi-ad libitum (2 repas par jour). Le contrôle débute à 35 kg et prend fin à 90 kg. Les trois caractères CI étudiés sont :

- le gain moyen quotidien de 35 à 90 kg (GMQ),
- l'indice de consommation de 35 à 90 kg (IC),
- l'épaisseur moyenne de lard dorsal mesurée par ultra-sons au poids de 90 kg (LARD_{CI}).

Le contrôle en ferme, qui porte à la fois sur des mâles (pour 1/3) et des femelles (pour 2/3), est également conduit en bandes. La bande est définie comme un groupe d'au moins 15 animaux de même sexe, nés dans la même quinzaine et issus de plus de 3 pères différents. Les animaux sont élevés par loges de 10 à 15 et, dans 90 p. cent des troupeaux, sont alimentés à volonté (nourrisseurs automatiques). Le contrôle (pesée, mesure aux ultra-sons) a lieu le même jour pour tous les animaux de la bande (à l'exception de ceux pesant moins de 65 kg), à un âge de l'ordre de 145 à 160 jours et à un poids de 90-100 kg. Les deux caractères CF étudiés sont :

- l'âge à 100 kg (AGE),
- l'épaisseur moyenne de lard dorsal à 100 kg (LARD_{CF}).

Les équations utilisées pour l'ajustement de ces variables au poids constant de 100 kg sont données par PETIT et GODET (1984).

2. Données utilisées

Plusieurs fichiers distincts, présentés en détail dans le tableau 1, ont servi à estimer les diverses variances et covariances génétiques à partir desquelles sont calculées les corrélations génétiques entre caractères CI et CF.

TABLEAU 1
DONNÉES UTILISÉES POUR L'ESTIMATION DES PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES

Paramètres estimés (1)	Données (2)
$\sigma^2_{A_I}$ (4 G _{II})	<ul style="list-style-type: none"> – 25 298 verrats CI (4 656 pères, 14 163 mères), années 1979-1983. – par race { LW : 15 650 verrats CI (3 102 pères, 8 955 mères) { LF : 9 648 verrats CI (1 554 pères, 5 208 mères)
$\sigma^2_{A_F}$ (4 G _{FF})	<ul style="list-style-type: none"> – 96 711 porcs CF (2 292 pères, 19 953 mères), 104 troupeaux, années 1981-1983. – par race { LW : 72 088 porcs CF (1 687 pères, 15 428 mères) { LF : 24 623 porcs CF (605 pères, 4 525 mères) – par sexe { 29 412 mâles CF (1 590 pères, 9 296 mères) { 67 299 femelles CF (2 260 pères, 19 167 mères)
COV _{A_IF} (2 D _I F)	<ul style="list-style-type: none"> – 18 325 porcs CF, issus de 302 pères CI (dont 93 p. cent environ sont des verrats de centres d'insémination artificielle). – par race { LW : 13 531 porcs CF, 186 pères CI { LF : 4 794 porcs CF, 116 pères CI – par sexe { 6 887 mâles CF, 237 pères CI { 11 438 femelles CF, 297 pères CI
COV _{A_IF} (4 G _I F)	<ul style="list-style-type: none"> – 1 117 pères avec : <ul style="list-style-type: none"> - 55 697 descendants CF - 5 743 fils CI (uniquement les 1/2 frères des descendants CF). – par race { LW : 781 pères, 40 224 descendants CF, 4 232 fils CI { LF : 336 pères, 15 473 descendants CF, 1 511 fils CI – par sexe { 834 pères, 18 127 fils CF, 3 849 fils CI { 1 105 pères, 37 570 filles CF, 5 675 fils CI

(1) Entre parenthèses, mode de calcul des paramètres (voir texte).

(2) CI : contrôle individuel en station, CF : contrôle en ferme.

LW : Large White, LF : Landrace Français.

Quatre types de matrices de variances-covariances ont été calculés :

- G_{II} : matrice de covariance entre 1/2 frères de père pour les caractères CI,
- G_{FF} : matrice de covariance entre 1/2 frères ou sœurs de père pour les caractères CF,
- D_{IF} : matrice de covariance entre pères mesurés pour les caractères CI et descendants mesurés pour les caractères CF,
- G_{IF} : matrice de covariance entre mâles mesurés pour les caractères CI et leurs 1/2 frères ou sœurs de père mesurés pour les caractères CF.

3. Méthodes d'estimation

Les données traitées sont, dans le fichier CI comme dans le fichier CF, les écarts aux moyennes de bande.

La corrélation génétique entre les caractères I et F a été calculée selon la relation usuelle (OLLIVIER, 1981) :

$$r_A = \text{cov}_{A_{IF}} / \sigma_{A_I} \sigma_{A_F}$$

où σ_{A_I} et σ_{A_F} sont les écarts-types génétiques des deux caractères et $\text{cov}_{A_{IF}}$ est la covariance génétique entre les deux caractères.

Les variances génétiques ($\sigma^2_{A_I}$ et $\sigma^2_{A_F}$) des caractères CI et CF correspondent aux termes diagonaux des matrices $4 G_{II}$ et $4 G_{FF}$ respectivement. Elles ont été estimées à partir de la composante « père » de la variance pour les caractères CF (analysés selon le modèle hiérarchique père/mère/individu) et à partir de la somme des composantes « élevage d'origine » et « père » pour les caractères CI (analysés selon le modèle hiérarchique élevage/père/mère/individu).

Les covariances génétiques (cov_A) entre caractères CI et CF ont été estimées de deux manières, d'une part à partir des covariances père-descendant ($2 D_{IF}$), d'autre part à partir des covariances entre 1/2 frères ou sœurs de père ($4 G_{IF}$).

Pour calculer la matrice D_{IF} , les covariances entre la performance du père pour les caractères CI et la performance moyenne des descendants pour les caractères CF ont d'abord été estimées (sans faire intervenir de pondération pour le nombre variable de descendants contrôlés). Ces covariances ont été ensuite « corrigées » pour les effets de la sélection des pères : les 302 pères CI ayant eu des descendants CF, dont plus de 90 p. cent sont des verrats de centres d'insémination artificielle, constituent en effet un échantillon sélectionné (l'intensité de sélection correspond à environ 1,4 écart-type de l'indice de contrôle individuel) et il en résulte une réduction des variances et covariances phénotypiques pour les caractères CI dans cet échantillon de pères. La méthode de correction des covariances père-descendant pour le biais dû à la sélection des pères a été décrite par OLLIVIER et DERRIEN (1981).

La matrice G_{IF} a été calculée à partir des covariances entre les performances moyennes des descendants CI et CF du même père : le facteur de pondération retenu pour prendre en compte la variation des effectifs de descendants d'un père dans l'un ou l'autre milieu est celui utilisé par BONAÏTI (1982), d'après la méthode proposée par MALLARD *et al.*, (à paraître). Pour le calcul de G_{IF} , les fils contrôlés en CI qui étaient les propres frères des descendants CF du même père ont été exclus de l'échantillon.

L'estimation de ces diverses variances et covariances génétiques a d'abord fait l'objet d'une analyse globale (avec races et sexes regroupés), puis d'une analyse par race (avec sexes regroupés), et enfin d'une analyse par sexe des animaux CF (avec races regroupées).

Nous ne décrivons pas le mode de calcul des erreurs-standard (s_{r_A}) des corrélations génétiques, présenté en détail par OLLIVIER (1983) et basé sur l'approximation à une structure équilibrée des données (nombre constant de mères par père et de descendants par mère). Les covariances génétiques entre caractères CI et CF ayant été estimées de deux manières, comme

indiqué ci-dessus, deux estimations (a) et (b) de chaque corrélation génétique ont été obtenues : une estimation combinée (c) a également été calculée en pondérant (a) et (b) par l'inverse de leur variance d'échantillonnage et l'erreur-standard de (c) a été déterminée en supposant (a) et (b) indépendantes. Il est important de souligner que, du fait des diverses approximations intervenant dans leur calcul, les valeurs de s_{r_A} présentées ici sont des sous-estimations des erreurs-standard vraies des corrélations génétiques.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les valeurs des écarts-types phénotypiques et génétiques des cinq caractères étudiés sont données, à titre d'information, dans le tableau 2.

TABLEAU 2
VALEURS DES ÉCARTS-TYPES PHÉNOTYPIQUES (σ_p) ET GÉNÉTIQUES (σ_A)
DES CARACTÈRES CI ET CF

Type d'analyse		Caractères CI						Caractères CF			
		GMQ (g/j)		IC (kg/kg)		LARD _{CI} (mm)		AGE (j)		LARD _{CF} (mm)	
		σ_p	σ_A	σ_p	σ_A	σ_p	σ_A	σ_p	σ_A	σ_p	σ_A
Analyse générale		70,3	45,3	0,182	0,105	1,34	0,98	9,52	3,91	1,89	1,00
Analyse par race	LW	72,4	47,6	0,181	0,109	1,34	1,04	9,73	4,08	1,89	1,07
	LF	66,7	40,7	0,186	0,098	1,35	0,87	8,88	3,42	1,66	0,79
Analyse par sexe des porcs CF (★)	M							9,02	3,52	1,76	0,85
	F							9,73	4,10	1,94	1,08

(★) M : mâles, F : femelles.

1. Analyse générale

Les estimations des corrélations génétiques entre les caractères CI et CF sont rapportées dans le tableau 3.

Il y a un assez bon accord entre les estimations obtenues à partir des covariances père CI-descendant CF (méthode a) et les estimations obtenues à partir des covariances entre 1/2 frères-sœurs CI et CF (méthode b). Les seules discordances notables concernent les liaisons génétiques entre GMQ et LARD_{CF} et entre IC et LARD_{CF} : la méthode (b) indique une indépendance génétique entre les caractères alors que, d'après la méthode (a), une épaisseur de lard plus faible en CF est associée génétiquement à une vitesse de croissance plus forte et à une meilleure efficacité alimentaire en CI. D'une façon générale, les corrélations génétiques estimées par la méthode (a) sont plus marquées que celles estimées par la méthode (b), ces dernières étant plus fiables en termes de variance d'échantillonnage (notamment quand la variable GMQ est impliquée).

Pour les mesures de vitesse de croissance, GMQ en CI et AGE en CF, l'estimation combinée de la corrélation génétique (c) est du signe attendu et statistiquement significative. La valeur trouvée ($-0,41 \pm 0,06$) est en accord avec la valeur de 0,45 rapportée par STANDAL (1977) pour la corrélation génétique entre le gain moyen quotidien de mâles contrôlés en station et le gain moyen quotidien depuis la naissance de femelles contrôlées en ferme. Cependant, les

autres estimations comparables de la littérature sont nettement plus basses et en général ne diffèrent pas significativement de zéro (FLOCK *et al.*, 1970 ; BAMPTON *et al.*, 1977 ; ROBERTS et CURRAN, 1981 ; GROENEVELD *et al.*, 1984).

TABLEAU 3
CORRÉLATIONS GÉNÉTIQUES ENTRE CARACTÈRES CI ET CARACTÈRES CF :
RÉSULTATS DE L'ANALYSE GÉNÉRALE (AVEC RACES ET SEXES REGROUPÉS)

Caractères CF			AGE	LARD _{CF}
Caractères CI	GMQ	(a) (★)	- 0,58 ± 0,12 (▲)	- 0,33 ± 0,10
		(b)	- 0,34 ± 0,07	- 0,01 ± 0,06
		(c)	- 0,41 ± 0,06	- 0,10 ± 0,05
	IC	(a)	0,43 ± 0,10	0,46 ± 0,09
		(b)	0,37 ± 0,08	0,09 ± 0,07
		(c)	0,39 ± 0,06	0,23 ± 0,05
	LARD _{CI}	(a)	- 0,04 ± 0,08	0,63 ± 0,07
		(b)	0,11 ± 0,07	0,46 ± 0,06
		(c)	0,05 ± 0,05	0,53 ± 0,05

(★) Méthode d'estimation :

(a) covariance entre père CI et descendant CF.

(b) covariance entre 1/2 frères ou sœurs de père CI et CF.

(c) combinaison de (a) et (b).

(▲) $r_A \pm s_{r_A}$

Pour les épaisseurs de lard dorsal, la corrélation génétique entre la mesure en station de CI et la mesure en ferme est un peu plus forte que pour la vitesse de croissance : l'estimation combinée (c) est égale à $0,53 \pm 0,05$. Cette valeur se situe à l'intérieur de la gamme des valeurs rapportées dans des études comparables à la nôtre : 0,40 à 0,65 (FLOCK *et al.*, 1970 ; STANDAL, 1977 ; BAMPTON *et al.*, 1977 ; ROBERTS et CURRAN, 1981). Une valeur plus faible ($r_A = 0,20 \pm 0,13$) a été cependant trouvée par GROENEVELD *et al.* (1984).

Les résultats de cette étude montrent une faible liaison génétique entre vitesse de croissance et épaisseur de lard dorsal : les corrélations génétiques entre AGE et LARD_{CI} d'une part, GMQ et LARD_{CF} d'autre part ne diffèrent pas significativement de zéro au seuil de 5 p. cent. Indiquons également que dans l'analyse génétique du présent fichier de contrôle en ferme (analyse dont les résultats seront rapportés en détail par ailleurs), une corrélation génétique significativement « favorable » ($0,20 \pm 0,04$) a été trouvée entre les variables AGE et LARD_{CF}. Par contre, l'estimation des corrélations génétiques dans les fichiers des stations de sélection françaises (CI, CD et « CI x CD ») indique qu'il existe une corrélation génétique légèrement positive (mais le plus souvent non significative) entre gain moyen quotidien et épaisseur de lard dorsal (OLLIVIER et DERRIEN, 1981 ; GUEBLEZ, 1982 ; TIBAU i FONT et OLLIVIER, 1984).

Un autre résultat à souligner concerne les corrélations génétiques entre l'indice de consommation en station de CI et les deux variables du contrôle en ferme : ces corrélations sont significatives et « favorables » puisque un meilleur indice de consommation en station est génétiquement associé à une épaisseur de lard dorsal et surtout un âge à 100 kg plus faibles en ferme. Il vaut d'être noté que la corrélation génétique entre IC et AGE ($0,39 \pm 0,06$) est comparable, au signe près bien entendu, aux corrélations génétiques entre IC et GMQ trouvées dans les analyses portant sur les stations de CD et sur les relations CI x CD (GUEBLEZ, 1982 ; TIBAU i FONT et OLLIVIER, 1984). La corrélation génétique entre IC et GMQ est toutefois beaucoup plus marquée ($- 0,70$ à $- 0,80$) dans les stations de CI, comme le montre l'étude de TIBAU i FONT et OLLIVIER (1984) et comme le confirme l'analyse génétique du fichier CI considéré ici. Cette variation de la corrélation génétique entre vitesse de croissance et efficacité alimentaire est vrai-

semblablement à attribuer aux différences de système d'alimentation entre les milieux de contrôle : on sait en effet que ces deux caractères sont moins liés génétiquement avec une alimentation à volonté (CD) qu'avec une alimentation semi-ad libitum (CI). En ce qui concerne la corrélation génétique entre les variables IC et $LARD_{CF}$, la valeur trouvée ici ($0,23 \pm 0,05$) est très proche de la valeur trouvée pour IC et $LARD_{CI}$ par TIBAU i FONT et OLLIVIER (1984).

2. Analyse par race

Les résultats de l'analyse par race des corrélations génétiques entre caractères CI et CF ne sont pas présentés ici en détail. Les estimations concernant le Landrace Français sont souvent très peu précises, du fait de la taille plus limitée des fichiers dans cette race (en particulier pour l'analyse de la covariance entre père CI et descendant CF). Rien n'indique qu'il y ait des différences notables entre les deux races étudiées : en particulier, les corrélations génétiques dérivées des covariances entre 1/2 frères-sœurs de père (méthode b) sont du même ordre de grandeur chez le Large White et le Landrace Français.

3. Analyse par sexe

Les résultats de l'analyse par sexe des animaux CF sont donnés dans le tableau 4. Les deux méthodes (a) et (b) d'estimation de la covariance génétique entre caractères CI et CF conduisent à des conclusions un peu différentes. Avec la méthode (a), les valeurs absolues des corrélations génétiques entre caractères « similaires » (GMQ et AGE, $LARD_{CI}$ et $LARD_{CF}$) ne diffèrent pas significativement de l'unité dans le cas de la relation mâle CI-mâle CF ; par contre, ces mêmes corrélations sont sensiblement plus faibles dans le cas de la relation mâle CI-femelle CF, ce qui tend à indiquer qu'il existe une interaction génotype x sexe. Les estimations obtenues par la méthode (b) ne confirment pas cette interaction génotype x sexe pour l'épaisseur de lard (la corrélation génétique entre $LARD_{CI}$ et $LARD_{CF}$ est même dans ce cas un peu plus forte pour la relation mâle-femelle que pour la relation mâle-mâle), mais la confirment partiellement pour la vitesse de croissance. En définitive, si l'on se base sur les estimations combinées (c) des corrélations génétiques, l'existence d'une interaction génotype x sexe est plausible pour les caractères de croissance : la corrélation génétique entre GMQ et AGE et entre IC et AGE est plus forte si l'on considère dans les deux milieux des apparentés de même sexe que si l'on considère des apparentés de sexe différent. Par contre, cette interaction génotype x sexe ne semble pas affecter

TABLEAU 4
VARIATIONS DES CORRÉLATIONS GÉNÉTIQUES ENTRE CARACTÈRES CI ET CARACTÈRES CF
SELON LE SEXE DES ANIMAUX CF

Caractères CF		AGE		$LARD_{CF}$		
Combinaison des sexes (1)		M x M	M x F	M x M	M x F	
Caractères CI (2)	GMQ	(a)	$-0,85 \pm 0,15$	$-0,46 \pm 0,11$	$-0,57 \pm 0,13$	$-0,27 \pm 0,10$
		(b)	$-0,45 \pm 0,10$	$-0,30 \pm 0,07$	$0,00 \pm 0,09$	$0,01 \pm 0,06$
		(c)	$-0,57 \pm 0,09$	$-0,35 \pm 0,06$	$-0,17 \pm 0,07$	$-0,07 \pm 0,05$
	IC	(a)	$0,75 \pm 0,13$	$0,32 \pm 0,10$	$0,70 \pm 0,12$	$0,42 \pm 0,09$
		(b)	$0,50 \pm 0,11$	$0,31 \pm 0,08$	$0,11 \pm 0,09$	$0,06 \pm 0,07$
		(c)	$0,61 \pm 0,09$	$0,31 \pm 0,06$	$0,34 \pm 0,07$	$0,19 \pm 0,05$
	$LARD_{CI}$	(a)	$0,08 \pm 0,10$	$-0,06 \pm 0,08$	$0,91 \pm 0,12$	$0,55 \pm 0,08$
		(b)	$-0,00 \pm 0,09$	$0,13 \pm 0,06$	$0,32 \pm 0,08$	$0,48 \pm 0,06$
		(c)	$0,04 \pm 0,07$	$0,05 \pm 0,05$	$0,53 \pm 0,07$	$0,51 \pm 0,05$

(1) M x M : mâle CI - mâle CF ; M x F : mâle CI - femelle CF.

(2) Voir tableau 3 pour la définition de (a), (b) et (c).

l'épaisseur de lard dorsal. Un résultat inverse a été trouvé par ROBERTS et CURRAN (1981) dans une étude comparable à la nôtre : une interaction génotype x sexe a été mise en évidence pour l'épaisseur de lard dorsal mais pas pour la vitesse de croissance. Le rôle exact joué par l'interaction génotype x sexe dans les relations génétiques entre contrôle en station et contrôle en ferme reste donc à clarifier.

CONCLUSION

Cette étude sur les relations génétiques entre le contrôle individuel en station et en ferme est la première du genre réalisée en France. La principale conclusion qui peut en être tirée est plutôt encourageante. Les corrélations génétiques entre les caractères similaires des deux types de contrôle sont hautement significatives et se situent à un niveau qu'on peut qualifier de satisfaisant : elles sont de l'ordre de $-0,4$ entre le gain moyen quotidien du contrôle individuel et l'âge à 100 kg du contrôle en ferme et de l'ordre de $0,5$ entre les mesures d'épaisseur de lard dorsal. Ces valeurs sont en tout cas plus « favorables » que la plupart des valeurs trouvées dans les études comparables réalisées dans d'autres pays européens, notamment pour la vitesse de croissance. L'écart entre les valeurs trouvées et la valeur « théorique » de 1 (ou -1), qui traduit la présence d'interactions génotype x milieu, peut être expliqué par les différences importantes qui existent entre les deux milieux de sélection : sexe des animaux (mâles en CI, femelles pour les 2/3 en CF), période du contrôle (de 35 à 90 kg en CI, de la naissance à 100 kg en CF), système d'alimentation (semi-ad libitum en CI, ad libitum le plus souvent en CF), habitat (type de bâtiment, nombre d'animaux par loge, ...). Le rôle joué par chacune de ces sources potentielles d'interaction génotype x milieu n'est pas facile à évaluer. La différence de système d'alimentation intervient vraisemblablement pour une bonne part mais les résultats de l'analyse par sexe suggèrent qu'une interaction génotype x sexe est également impliquée pour les caractères de croissance.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont participé à la collecte des données analysées, dans le cadre du contrôle individuel en station et du contrôle en ferme.

BIBLIOGRAPHIE

- BAMPTON P.R., CURRAN M.K., KEMPSON R.E., 1977. *Anim. Prod.*, **25**, 83-94.
- BONAITI B., 1982. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **14**, 441-452.
- FLOCK D., von SCHUTZBAR W., LAUPRECHT E., 1970. *Z. Tierzücht. ZüchtBiol.*, **86**, 316-324.
- GROENEVELD E., BUSSE W., WERHAHN E., 1984. 35^{ème} Réunion annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie, La Haye, 6-9 août 1984, communication GP 1-3.
- GUEBLEZ R., 1982. Mémoire de stage, Station de Génétique quantitative et appliquée, INRA, Jouy-en-Josas.
- MALLARD J., MASSON J.P., DOUAIRE M., (soumis pour publication).
- OLLIVIER L., 1981. *Éléments de Génétique quantitative*, 152 pages, Masson éd., Paris.
- OLLIVIER L., 1983. *Génét. Sél. Évol.*, **15**, 99-118.
- OLLIVIER L., DERRIEN A., 1981. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **13**, 281-292.
- PETIT G., GODET G., 1984. *Performances et Sélection*, **84/02**, 1-5.
- ROBERTS D.J., CURRAN M.K., 1981. *Anim. Prod.*, **33**, 291-297.
- RUNAVOT J.P., 1983. *Techni Porc*, **6** (2), 7-11.
- STANDAL N., 1977. *Acta Agric. Scand.*, **27**, 138-144.
- TIBAU i FONT J., OLLIVIER L., 1984. *Bull. Tech. Départ. Génét. Anim. INRA*, **37**, 69 pages.