

## VARIABILITÉ ET ÉVOLUTION GÉNÉTIQUE DES CARACTÈRES MESURÉS DANS LES STATIONS PUBLIQUES DE CONTRÔLE DE PERFORMANCES CHEZ LES PORCS DE RACE *PIÉTRAIN*

J.P. BIDANEL (1), A. DUCOS (2)

(1) I.N.R.A., Station de Génétique Quantitative et Appliquée - 78352 Jouy-en-Josas Cedex

(2) Institut Technique du Porc, Pôle Amélioration de l'Animal - BP 3, 35650 Le Rheu

Les paramètres génétiques des caractères mesurés en station publique de contrôle de performances en France ont été estimés chez des porcs de race *Piétrain* à l'aide d'une procédure du maximum de vraisemblance restreinte sans dérivation appliquée à un modèle animal multicaractère. Les caractères considérés sont le gain moyen quotidien (GMQ1), l'épaisseur moyenne de lard dorsal (ELD) et l'indice de consommation (IC) mesurés sur les candidats à la sélection, ainsi que le gain moyen quotidien (GMQ2), le rendement de carcasse (RDT), le pourcentage de muscle (PM) et l'indice de qualité de la viande (IQV) mesurés sur des apparentés abattus. Les paramètres génétiques obtenus ont ensuite été utilisés pour estimer les évolutions génétiques de ces sept caractères entre 1978 et 1993. L'analyse a porté sur un total de 4638 candidats et 1575 apparentés abattus. Les valeurs de l'héritabilité de GMQ1, ELD, IC, GMQ2, RDT, PM et IQV s'élèvent respectivement à 0,33; 0,65; 0,27; 0,38; 0,36; 0,89 et 0,19. La vitesse de croissance est corrélée de façon favorable à l'IC, mais défavorable à la composition de la carcasse. ELD et PM sont par ailleurs peu liés à l'IQV et favorablement corrélés à RDT. L'IQV présente un antagonisme génétique avec IC et RDT. Des évolutions génétiques favorables sont obtenues pour GMQ1 (+1,8 g/an), GMQ2 (+2,2g/an), ELD (-0,06 mm/an), IC (-0,006 point/an) et PM (+0,23 poin/an). RDT et IQV ont quant à eux peu évolué au cours des dix dernières années.

### **Genetic variability and genetic trend of traits measured in performance test stations in the *Piétrain* pig breed**

Genetic parameters of traits recorded in French test stations were estimated in the *Piétrain* breed using a derivative-free restricted maximum likelihood procedure applied to a multiple trait individual animal model. Seven traits were analysed: average daily gain (ADG1), average backfat thickness (ABT), feed conversion ratio (FCR) measured on candidates to selection, average daily gain (ADG2), dressing percentage (DP), estimated carcass lean content (ECLC) and meat quality index (MQI) measured on slaughtered relatives. The genetic parameter values were then used to estimate genetic trends between 1978 and 1993. The data consisted of 4638 candidates to selection and 1575 slaughtered relatives. The heritabilities of ADG1, ABT, FCR, ADG2, DP, ECLC and MQI were 0,33; 0,65; 0,27; 0,38; 0,36; 0,89 et 0,19, respectively. Growth rate was favourably correlated with FCR, but unfavourably related to carcass composition traits. ABT and ECLC were almost independant of MQI and favourably related to DP. A genetic antagonism was observed between MQI and FCR or DP. Favourable genetic trends were obtained for ADG1 (+1,8 g/year), ADG2 (+2,2g/year), ABT (-0,06 mm/year), FCR (-0,006 point/year) and ECLC (+0,23 point/year). DP and MQI have remained constant over the last ten years.

## INTRODUCTION

Des estimations précises des paramètres génétiques des caractères sélectionnés sont indispensables pour évaluer correctement la valeur génétique des futurs reproducteurs. Les paramètres génétiques des caractères mesurés dans les stations publiques de contrôle de performances ont été estimés à plusieurs reprises pour les races *Large White* et *Landrace français* (OLLIVIER, 1969; MOLENAT, 1972; OLLIVIER *et al.*, 1981; SELLIER *et al.*, 1985; COLE *et al.*, 1988; DUCOS *et al.*, 1993). Par contre, aucune estimation n'était jusqu'à présent disponible dans le cas de la race *Piétrain*. L'objectif de cette étude est de pallier ce manque en réalisant une première estimation des paramètres génétiques des caractères mesurés en station pour les animaux de race *Piétrain*. Les valeurs obtenues sont ensuite utilisées pour estimer les évolutions génétiques des caractères étudiés au cours de la période 1978-1994.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Origine et structure des données

Les données analysées ont été collectées dans les stations de contrôle de performances entre 1969 et 1994. Elles proviennent de deux groupes d'animaux. Le premier groupe est représenté par les jeunes verrats candidats à la sélection. Le deuxième concerne les femelles et mâles castrés abattus à la fin du contrôle. Les animaux du second groupe sont, pour la plupart, apparentés à ceux du premier groupe.

Les jeunes verrats sont contrôlés entre 35 à 90 kg de poids vif. Jusqu'en 1988, ils étaient élevés dans des cases de quatre animaux et alimentés individuellement. Les quantités d'aliment distribuées étaient fonction de la consommation volontaire de chaque animal durant deux repas quotidiens de 20 minutes. Depuis 1988, ils sont élevés dans des cases de 12 animaux et alimentés à volonté. Les animaux sont pesés deux fois au début et à la fin de la période de contrôle. Les dates de mesures sont choisies de telle façon que les deux pesées du début et de la fin du contrôle encadrent 35 et 90 kg, respectivement. Cette pratique permet d'ajuster par intrapolation les caractères mesurés pour le poids initial et/ou final. L'épaisseur de lard dorsal est mesurée deux fois en fin de contrôle, au moment des pesées. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un appareil à ultra-sons, à quatre centimètres de part et d'autre de la colonne vertébrale, au niveau des reins, du dos et des épaules.

Les animaux du second groupe sont contrôlés de 35 à 100 kg de poids vif. Ils étaient élevés en cases de deux animaux jusqu'en 1988, puis en cases de 12 animaux après cette date. Les animaux sont nourris à volonté, mais la consommation individuelle n'est pas enregistrée. Une pesée unique est réalisée au début et à la fin de la période de contrôle. Les animaux sont abattus dans la semaine qui suit la dernière pesée. La carcasse de chaque animal est découpée selon une méthode standardisée: la découpe parisienne normalisée (OLLIVIER, 1970) jusqu'en 1988, la nouvelle découpe hollandaise (ANONYME, 1990) après cette date. Trois mesures de qualité de la viande sont prises sur le jambon le jour suivant l'abattage:

1. le pH ultime (pHu) du muscle *Adductor femoris*;
2. le pouvoir de rétention d'eau (PRE) estimé en mesurant le temps d'imbibition (en dizaines de secondes) d'une feuille

de papier buvard posée sur la surface fraîchement coupée du muscle *Biceps femoris* (jusqu'en 1988) ou *Gluteus superficialis* (depuis 1989);

3. la réflectance à 630 nm (REF) du muscle *Gluteus superficialis*, mesurée à l'aide d'un réflectomètre Manuflex de Vergé-Nicou puis, ces dernières années, d'un réflectomètre Rétroulux de Valin-David (échelle de 0 à 1000).

Sept caractères sont considérés dans cette étude. Trois d'entre eux sont mesurés sur les jeunes verrats candidats à la sélection:

1. le gain moyen quotidien de 35 à 90 kg (GMQ1);
2. l'indice de consommation de 35 à 90 kg (IC);
3. l'épaisseur moyenne de lard dorsal mesurée aux ultrasons à 90 kg (ELD). Quatre caractères sont mesurés sur les collatéraux abattus:

1. le gain moyen quotidien de 35 à 100 kg (GMQ2);
2. le rendement de carcasse avec tête et pieds (RENDT);
3. le pourcentage de muscle estimé dans la carcasse (PM);
- 4) l'indice de qualité de la viande (IQV). PM a été estimé à partir des poids de six morceaux de découpe exprimés en proportion du poids de la demi-carcasse. Deux équations de prédiction ont été utilisées:

$$(1) \text{ PM1} = -3,539 + 0,751 (\% \text{ jambon}) + 1,216 (\% \text{ longe}) - 0,610 (\% \text{ bardière}) - 0,453 (\% \text{ panne}) + 0,328 (\% \text{ poitrine})$$

$$(2) \text{ PM2} = -42,035 + 1,282 (\% \text{ jambon}) + 1,818 (\% \text{ longe}) - 0,678 (\% \text{ bardière}) + 0,040 (\% \text{ panne}) + 0,701 (\% \text{ poitrine}) + 0,616 (\% \text{ épaule})$$

L'équation (1) a été utilisée jusqu'en 1988 et remplacée par l'équation (2) au moment du changement de découpe. Les deux équations sont très corrélées avec le taux de muscle vrai ( $R^2=0,911$  pour la première et  $0,930$  pour la seconde) et ont été considérées comme définissant le même caractère. L'IQV, établi comme un prédicteur du rendement technologique de la fabrication du jambon de Paris, a été calculé à partir de l'équation suivante (GUEBLEZ *et al.*, 1990) :

$$\text{IQV} = -35 + 8,329 \text{ pHu} + 0,127 \text{ PRE} - 0,0074 \text{ REF}$$

Les principales informations sur la structure des données, ainsi que la valeur moyenne et l'écart-type de chacune des variables étudiées figurent dans le tableau 1.

### 1.2. Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide d'un modèle animal individuel multi-caractères (BIDANEL *et al.*, 1990) prenant en compte les effets fixes de la bande de contrôle (sauf pour l'IQV), du sexe (pour les caractères mesurés sur les animaux abattus), les effets aléatoires de l'environnement commun aux animaux d'une même portée et de la valeur génétique additive de chaque animal, la régression linéaire sur le poids d'abattage (pour RENDT, PM et IQV) ou sur le poids à la mise en contrôle (pour GMQ2). Le nombre d'animaux de race *Piétrain* par série d'abattage étant très faible, les données d'IQV ont été précorrigeées pour l'effet de la série d'abattage estimé en considérant l'ensemble des animaux de race *Large White*, *Landrace Français* et *Piétrain*.

Les composantes de variance et de covariance ont été estimées à l'aide d'un programme de maximum de vraisemblance restreinte élaboré par GROENEVELD (1991). Les moyens informatiques disponibles ne permettant pas d'esti-

Tableau 1 - Structure, moyennes et écart-types des données analysées

Structure des données		
	Candidats	Apparentés
Nombre d'animaux contrôlés	4638	1575
Nombre total d'animaux	7545	3733
Nombre de pères	178	431
Nombre de mères	2205	1022
Nombre de bandes	302	114
Nombre de séries d'abattage	-	366
Nombre de portées	3014	1221
Statistiques élémentaires		
	Moyenne	Écart-type global
<b>Candidats</b>		
Gain moyen quotidien (g/j)	763	99
Épaisseur moyenne de lard dorsal (mm)	8,56	1,77
Indice de consommation (point)	2,61	0,31
<b>Apparentés</b>		
Gain moyen quotidien (g/j)	718	91
Rendement de carcasse (%)	81,0	2,1
Taux de muscle estimé dans la carcasse (%)	60,5	4,5
Indice de qualité de la viande (point)	8,7	2,8

mer les composantes de la variance pour les sept caractères simultanément, les calculs ont été effectués pour les caractères pris deux à deux, soit au total 21 analyses. La recherche du maximum de la fonction de vraisemblance a été réalisée à l'aide d'un algorithme de recherche directe ("Downhill Simplex"). Les erreurs standards des estimées des paramètres génétiques ont été calculées à partir d'une approximation par différences finies de la matrice des dérivées secondes de la fonction de vraisemblance.

Les évolutions génétiques ont été estimées en calculant la moyenne par année de naissance des valeurs génétiques estimées des animaux contrôlés. Ces moyennes n'ont été calculées qu'à partir de 1978, les effectifs des années antérieures étant trop faibles. Les valeurs génétiques ont été estimées pour les sept caractères simultanément à l'aide du logiciel PEST (GROENEVELD ET KOVAC, 1990). Les composantes de variance utilisées sont celles estimées dans cette étude. Outre les effets mentionnés ci-dessus, le modèle d'analyse incluait également un effet fixé du groupe de parents inconnus (WESTELL *et al.*, 1987). Vingt-deux groupes ont été définis en fonction de la date de naissance et de l'origine géographique des animaux. La taille du système des équations du modèle mixte s'élevait à 100352 équations. Différentes méthodes de résolution ont été utilisées simultanément de façon à minimiser les temps de calcul: itération sur les coefficients stockés en mémoire pour les effets fixés, itération sur les données par la méthode de Jacobi pour l'effet commun de la portée de naissance et par la méthode de Gauss-Seidel pour l'effet de la valeur génétique additive de l'animal. L'objectif principal de l'étude étant l'estimation du progrès génétique réalisé, le système d'équa-

tions a été considéré comme ayant convergé lorsque les moyennes annuelles de valeurs génétiques estimées n'évoluaient plus.

## 2. RÉSULTATS

Les héritabilités, les effets de milieu commun et les écart-types phénotypiques figurent dans le tableau 2. Six estimations des composantes de variance ont été calculées pour chaque caractère. Les variations entre estimations étant très faibles, seule la valeur moyenne est présentée. Les caractères de composition corporelle (ELD et surtout PM) présentent les héritabilités les plus fortes. A l'exception de l'IQV, les héritabilités des autres caractères sont assez similaires. Les effets de milieu commun ( $c^2$ ) sont significatifs pour l'ensemble des caractères sauf ELD et PM, les valeurs de  $c^2$  les plus élevées étant obtenues pour les caractères de croissance.

Les estimations de corrélations phénotypiques et génétiques sont présentées dans le tableau 3. Des corrélations génétiques élevées ont été obtenues entre les deux mesures de croissance (GMQ1 et GMQ2), ainsi qu'entre ELD et PM. La vitesse de croissance présente une liaison fortement favorable avec l'efficacité alimentaire (-0,57 et -0,65, respectivement, entre IC d'une part, GMQ1 et GMQ2 d'autre part). Elle est par contre corrélée de façon défavorable à ELD et à PM (respectivement, -0,22 et -0,23). Le rendement de carcasse est peu lié à la vitesse de croissance, présente des relations génétiques favorables avec ELD et surtout PM, mais est défavorablement corrélé à la qualité de la viande. L'IQV présente également un certain antagonisme génétique avec

l'IC, mais semble peu corrélé à la vitesse de croissance et à la composition de la carcasse.

Les évolutions génétiques des différents caractères étudiés sont représentées sur les figures 1a à 1f. Les niveaux génétiques moyens pour PM et IC augmentent tout au long de la période considérée (+0,23 point de muscle et -0.006 point d'IC par an en moyenne). Une évolution très favorable est également observée

pour ELD (-0,06 mm/an), mais avec, semble-t-il, un plafonnement au cours des trois dernières années. De même, le niveau génétique pour la vitesse de croissance a augmenté sensiblement entre 1978 et 1989 (+2,4 et +4,8 g/an, respectivement, pour GMQ1 et GMQ2), mais stagne depuis 1989. RDT et IQV ont quant à eux peu évolué, sauf sur la période 1978 - 1981 (-0.02 et -0,12 point/an, respectivement, pour RDT et IQV entre 1978 et 1981 contre -0.002 et 0.004 entre 1982 et 1993).

**Tableau 2** - Estimations de l'héritabilité et de l'effet de milieu commun de la portée de naissance (c2) pour les caractères mesurés en station publique de contrôle de performances en race Piétrain.

	Héritabilité ± erreur standard	c2 ± erreur standard	Écart-type phénotypique
Gain moyen quotidien de 35 à 90 kg (g/j)	0,33±0,02	0,15±0,02	79,5
Épaisseur de lard dorsal à 90 kg (mm)	0,65±0,02	0,04±0,02	1,24
Indice de consommation de 35 à 90 kg (point)	0,27±0,02	0,12±0,02	0,201
Gain moyen quotidien de 35 à 100 kg (g/j)	0,38±0,04	0,11±0,04	77,2
Rendement de carcasse (%)	0,36±0,04	0,07±0,04	1,56
Taux de muscle dans la carcasse (%)	0,89±0,04	0,00 (1)	2,94
Indice de qualité de la viande (point)	0,19±0,04	0,10±0,04	2,30

(1) l'erreur standard n'a pu être calculée du fait de la valeur nulle du paramètre

**Tableau 3** - Estimations des corrélations génétiques (au-dessus de la diagonale) et phénotypiques (en-dessous de la diagonale) pour les caractères mesurés en station publique de contrôle de performances en race Piétrain.

Caractère (1,2)	GMQ1	ELD	IC	GMQ2	RDT	PM	IQV
GMQ1	-	0.37±0,03	-0.57±0,04	0.80±0,09	-0.03±0,12	-0.22±0,14	0.09±0,12
ELD	0,25±0,02	-	-0,04±0,04	0.27±0,11	-0.16±0,12	-0.79±0,09	0.01±0,12
IC	-0.64±0,02	0.02±0,02	-	-0.65±0,12	-0.14±0,13	-0.23±0,12	0.20±0,13
GMQ2	-	-	-	-	-0.02±0,08	-0.19±0,07	0.04±0,10
RDT	-	-	-	-0,19±0,04	-	0.48±0,09	-0.24±0,09
PM	-	-	-	-0,19±0,04	0,13±0,04	-	0.06±0,09
IQV	-	-	-	-0,13±0,04	0,05±0,04	0,00±0,04	-

(1) GMQ1, ELD, IC: respectivement, gain moyen quotidien, épaisseur de lard dorsal et indice de consommation mesurés sur les candidats à la sélection; GMQ2, RDT, PM, IQV: respectivement, gain moyen quotidien, rendement de carcasse, taux de muscle estimé dans la carcasse et indice de qualité de la viande des apparentés abattus.

(2) Estimation ± erreur standard

### 3. DISCUSSION

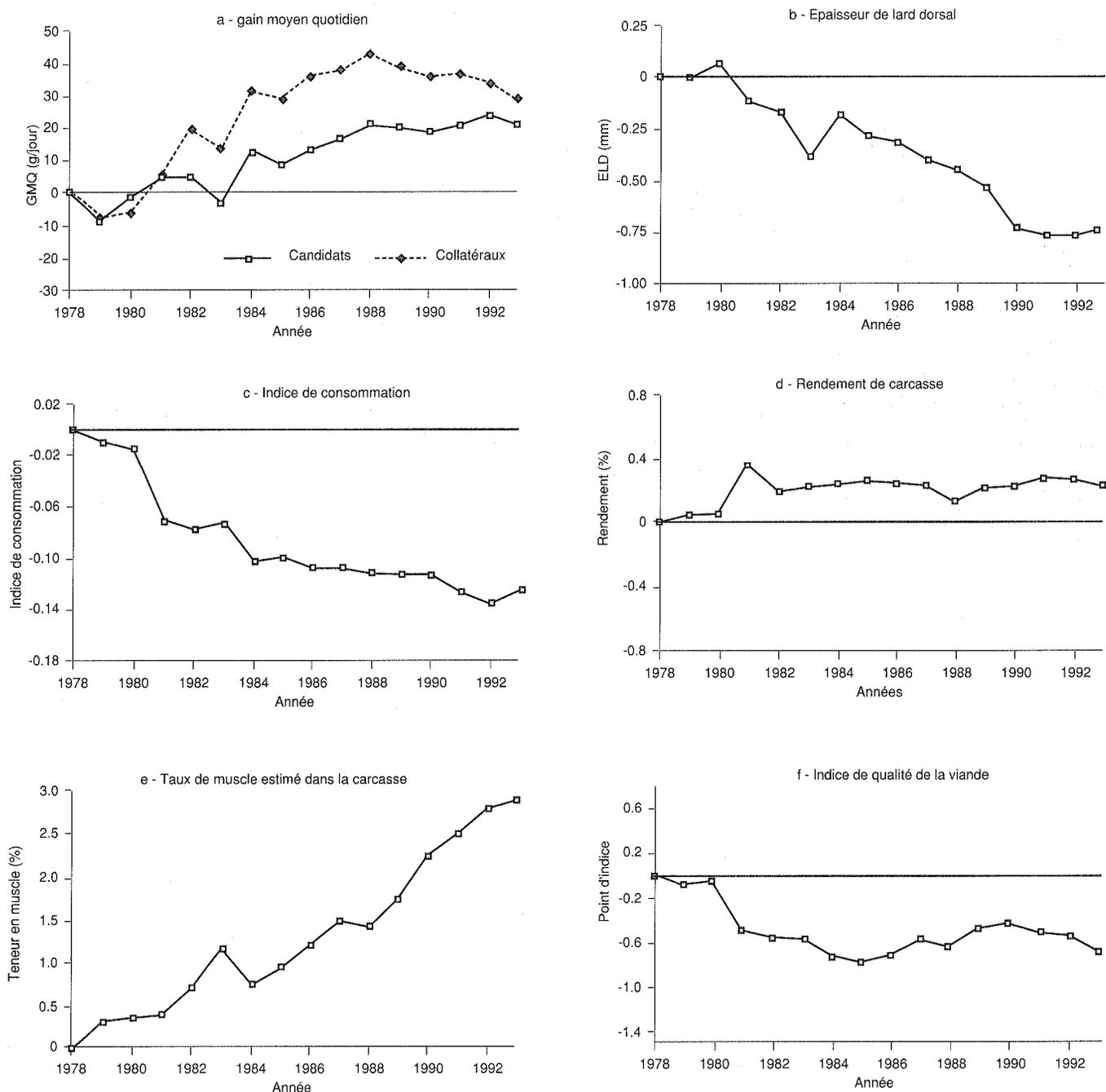
Les valeurs d'héritabilité sont assez comparables à celle obtenues par DUCOS *et al.* (1993) dans les races *Large White* (LW) et *Landrace Français* (LF) pour GMQ1, ELD, IC et RENDT. L'héritabilité du taux de muscle est par contre nettement supérieure aux valeurs obtenues en LW (0,60) et en LF (0,68). Inversement, GMQ2 et IQV sont moins héréditaires qu'en LF (respectivement 0,46 et 0,23) et surtout en LW (0,52 et 0,33). On peut également noter que les écart-types phénotypiques sont similaires à ceux obtenus en LW et en LF (DUCOS, 1994a), à l'exception d'ELD et de PM, pour lesquels le *Piétrain* présente une variabilité plus faible. Les valeurs

d'héritabilité obtenues sont supérieures aux moyennes de la littérature (DUCOS, 1994b) pour PM et ELD (0,55 et 0,49, respectivement), comparables pour GMQ (0,33) et plus faibles pour IC (0,31). Les seules estimations pour les caractères mesurés en station de contrôle de performances disponibles en race *Piétrain* (HANSET et VAN SNICK, 1972; KINTABA *et al.*, 1981; SCHIRVEL et HANSET, 1988) sont assez variables, mais comparables en moyenne aux estimations de cette étude pour GMQ et ELD. Par contre, les valeurs obtenues pour IC sont en général plus fortes que la présente estimation. Les effets de milieu commun de la portée de naissance sont, à l'exception de PM, assez similaires aux valeurs rapportées par DUCOS *et al.* (1993) pour les races LW et LF.

L'antagonisme génétique entre la vitesse de croissance et les caractères de composition de la carcasse (PM et ELD) est assez marqué, avec des estimations qui vont de 0,19 à 0,37 en valeur absolue. Ces valeurs sont assez proches de celles obtenues en race LW, mais supérieures à celles observées en race LF (DUCOS *et al.*, 1993), aux moyennes de la littérature (DUCOS, 1994b) ou aux valeurs récemment obtenues chez le

*Piértrain* en Belgique (SCHIRVEL et HANSET, 1988). Des estimations belges plus anciennes (HANSET et VAN SNICK, 1972; KINTABA *et al.*, 1981) vont par contre dans le sens d'un antagonisme assez marqué entre ces caractères. Cet antagonisme a également été retrouvé dans l'estimation de la liaison génétique entre l'âge et l'épaisseur de lard à 100 kg à partir de données en ferme (LABROUJE *et al.*, 1993).

**Figure 1** - Évolution génétique estimée des caractères mesurés dans les stations publiques de contrôle de performances entre 1978 et 1993 dans la race *Piértrain*. (la hauteur de l'axe représente un écart-type phénotypique du caractère)



La liaison favorable entre GMQ et IC est intermédiaire entre celles obtenues par DUCOS *et al.* (1993) en LW (-0,49) et en LF (-0,76). Elle est très similaire à la moyenne des estimations obtenues chez le *Piértrain* en Belgique (-0,60 - SCHIRVEL et HANSET, 1988), mais est inférieure à la la moyenne de la bibliographie (-0,71 - DUCOS, 1994b).

Le rendement de carcasse est pratiquement indépendant de la vitesse de croissance, mais apparaît favorablement lié à la composition de la carcasse et à l'efficacité alimentaire. Ces résultats sont assez différents de ceux observés en race LW, où RDT semble peu lié à la composition de la carcasse, et en race LF, où une liaison défavorable avec la vitesse de

croissance a été obtenue par DUCOS *et al.* (1993). L'antagonisme entre RDT et la qualité de la viande se retrouve également en LW, mais pas en LF (DUCOS *et al.*, 1993). La quasi-indépendance génétique entre l'IQV et la vitesse de croissance et la liaison défavorable entre l'IQV et l'IC sont en accord avec les résultats obtenus dans les races LW et LF (DUCOS *et al.*, 1993). Les corrélations génétiques très faibles entre la qualité de la viande et la composition de la carcasse sont en accord avec les résultats obtenus chez le *Piétrain* à partir des données de contrôle en ferme (LABROUE *et al.*, 1993), mais ne concorde pas avec les résultats obtenus dans les races LW et LF (DUCOS *et al.*, 1993), pour lesquelles un certain antagonisme génétique semble exister.

Les évolutions génétiques estimées permettent de juger *a posteriori* l'efficacité du programme national de sélection au cours des 15 dernières années. Dans l'ensemble, les principaux caractères de l'objectif de sélection (vitesse de croissance, efficacité alimentaire, composition de la carcasse) ont été améliorés de façon assez nette au cours de la période considérée, et cela sans dégradation depuis une dizaine d'années des autres caractères de l'objectif, à savoir le rendement de carcasse et l'IQV. Si l'on estime l'incidence économique des évolutions génétiques réalisées à partir des paramètres utilisés dans le cadre du programme français d'évaluation des produits terminaux, soit 0,171 FF pour 1 g de GMQ, -100,33 FF pour un point d'IC, 8,24 FF pour un point de pourcentage de rendement de carcasse, 9,90 FF pour un point de pourcentage de muscle et 4,48 FF pour un point d'indice de qualité de la viande (ANONYME, 1992), on aboutit à une augmentation annuelle de 2,28 FF de la valeur de la carcasse et à une diminution annuelle de 0,94 FF du coût de

la période d'engraissement. L'augmentation de la valeur de la carcasse est intermédiaire entre les valeurs obtenues par DUCOS et BIDANEL (1993) pour les races LW et LF (respectivement, 2,43 et 1,90 FF). La réduction du coût d'engraissement est proche de celle estimée en LW (0,96 FF), mais inférieure à la valeur obtenue en LF (1,42 FF).

## CONCLUSION

Cette première estimation des paramètres génétiques des caractères mesurés dans les stations publiques de contrôle de performances dans la race *Piétrain* confirme l'existence de différences de valeurs des paramètres génétiques entre races. Ces estimations permettront d'améliorer la qualité de l'évaluation génétique des animaux de race *Piétrain* contrôlés en station. Ils devraient donc remplacer dès que possible les valeurs utilisées actuellement (le moyenne des valeurs obtenues en LW et LF) dans le cadre du programme "BLUP-modèle animal" d'évaluation génétique des futurs reproducteurs.

## Remerciements

Nous remercions Marie-Hélène LE TIRAN et l'ensemble du personnel des stations publiques de contrôle de performances pour la collecte et la gestion des données qui ont servi de base à cette étude, ainsi que E. GROENEVELD, D. BOICHARD et S. NUGIER pour la mise à disposition des programmes d'évaluation génétique et d'estimation des composantes de la variance.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1990. *Techni-Porc*, 13(5), 44-45.
- ANONYME, 1992. *Techni-Porc*, 15(2), 19-33.
- BIDANEL J.P., DUCROCQ V., OLLIVIER L., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 1-10.
- COLE G., LE HENAFF G., SELLIER P., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 249-254.
- DUCOS A., 1994a. Thèse, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 177p.
- DUCOS A., 1994b. *Techni-Porc*, 17(3), 35-67.
- DUCOS A., BIDANEL J.P., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 59-64.
- DUCOS A., BIDANEL J.P., BOICHARD D., DUCROCQ V., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 43-50.
- GROENEVELD E., KOVAC M., 1990. *J. Dairy Sci.*, 73, 513-531.
- GROENEVELD E., 1991. In: 42nd Annual Meeting of the EAAP, Berlin, Germany, September 1991, Commission on animal genetics.
- GUEBLEZ R., LE MAITRE C., JACQUET B., ZERT P., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 89-96.
- HANSET R., VAN SNICK G., 1972. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 4, 451-467.
- KINTABA K.N., HANSET R., LEROY P., MICHAUX C., 1981. *Ann. Méd. Vét.*, 125, 123-142.
- LABROUE F., DUCOS A., BIDANEL J.P., GUEBLEZ R., 1973. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 51-58.
- MOLENAT M., 1972. *Journées Rech. Porcine en France*, 4, 93-98.
- OLLIVIER L., 1969. *Journées Rech. Porcine en France*, 1, 7-12.
- OLLIVIER L., 1970. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 2, 311-324.
- OLLIVIER L., DERRIEN A., MOLENAT M., 1981. *Journées Rech. Porcine en France*, 13, 293-298.
- SCHIRVEL C., HANSET R., 1988. *Ann. Méd. Vét.*, 132, 401-414.
- SELLIER P., GUEBLEZ R., LALOÉ D., RUNAVOT J.P., OLLIVIER L., 1985. *Journées Rech. Porcine en France*, 17, 87-94.