

Paramètres génétiques de la composition chimique de deux dépôts adipeux (bardière et panne) et du muscle Long dorsal chez le porc.

Laurence Maignel (1)*, R. Guéblez (1), M. Bardinal (2), H. Garreau (2), J.P. Bidanel (2), P. Sellier (2)

(1) I.T.P., Pôle Amélioration de l'Animal - B.P. 3, 35651 Le Rheu Cedex

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

Paramètres génétiques de la composition chimique de deux dépôts adipeux (bardière et panne) et du muscle Long dorsal chez le porc.

Les paramètres génétiques des caractères de composition chimique de la bardière (Ba), de la panne (Pa) et du muscle Long dorsal (LD) ont été estimés chez des porcs Large White et Landrace Français contrôlés en station publique, avec une alimentation à volonté (régimes à base de blé, orge et tourteau de soja) et un abattage à environ 100 kg de poids vif. Les échantillons de gras de bardière (à la fois couche interne et couche externe) et de muscle LD ont été prélevés au niveau des 13^{ème} - 14^{ème} côtes. Des données ont été recueillies sur 948 à 959 animaux pour la composition de la bardière et les teneurs en lipides et en eau du muscle LD, 209 à 215 animaux pour la composition de la panne et 297 animaux pour la composition en acides gras des lipides totaux du muscle LD. Les performances de production de 2483 animaux contemporains ont été également prises en compte. Les paramètres génétiques ont été estimés à l'aide d'une procédure REML - modèle animal. Les héritabilités des caractères de composition des trois tissus étudiés sont moyennes à fortes : par exemple respectivement $0,26 \pm 0,10$; $0,65 \pm 0,14$ et $0,46 \pm 0,13$ pour la teneur en lipides totaux de Ba, Pa et LD, $0,44 \pm 0,11$ et $0,68 \pm 0,13$ pour l'indice de consistance de Ba et Pa, et $0,29 \pm 0,10$ pour le coefficient d'insaturation des lipides totaux de LD. Il existe une corrélation génétique de $0,54 \pm 0,04$ entre les indices de consistance de Ba et Pa. Les corrélations génétiques (r_A) entre le gain moyen quotidien (GMQ) et les caractères de composition des trois tissus sont faibles ou très faibles. Une tendance à une liaison génétique positive ($r_A = 0,20 \pm 0,10$) est cependant mise en évidence entre le GMQ et l'indice de consistance de Ba. Les corrélations phénotypiques et génétiques entre le taux de muscle de la carcasse et les caractères de composition des trois tissus sont nettement plus élevées, avec des valeurs absolues comprises généralement entre 0,3 et 0,6. Un taux de muscle plus élevé est génétiquement associé à une plus faible teneur en lipides des trois tissus (par exemple : $r_A = -0,66 \pm 0,14$ pour Ba, $r_A = -0,44 \pm 0,08$ pour LD) et à un plus fort coefficient d'insaturation de ces lipides ($r_A = 0,63 \pm 0,06$ pour Ba, $r_A = 0,50 \pm 0,07$ pour Pa, $r_A = 0,27 \pm 0,03$ pour LD). Les conséquences attendues de la sélection actuelle du porc en faveur du GMQ et du taux de muscle sont évaluées à travers les corrélations génétiques existant entre les caractères de composition des trois tissus étudiés et une mesure approchée de la vitesse de croissance du tissu maigre.

Genetic parameters of compositional traits of two fat depots (backfat and leaf fat) and *Longissimus dorsi* muscle in pigs.

Genetic parameters of chemical composition traits of backfat (BF), leaf fat (LF) and *Longissimus dorsi* muscle (LD) were estimated in centrally-tested Large White and French Landrace pigs. Pigs were fed ad libitum with barley, wheat and soja regimes and slaughtered at around 100 kg liveweight. Samples of BF (both inner and outer layers) and LD were removed from the carcass at the 13th -14th rib level. Data were recorded on 948-959 pigs for compositional traits of BF and lipid and water content of LD, 209-215 pigs for compositional traits of LF and 297 pigs for fatty acid composition of LD lipids. Records on performance traits of 2483 contemporary pigs were also taken into account. Genetic parameters were estimated by means of a REML-animal model procedure. Heritability estimates for compositional traits of BF, LF and LD range from medium to high : e.g. 0.26 ± 0.10 , 0.65 ± 0.14 and 0.46 ± 0.13 for the total lipid content of BF, LF and LD, respectively, 0.44 ± 0.11 and 0.68 ± 0.13 for the fat firmness index of BF and LF (ratio of the sum C16:0 + C18:0 over the sum C16:1 + C18:1 + C18:2), respectively, and 0.29 ± 0.10 for the coefficient of unsaturation of total lipids of LD (average number of double bonds in unsaturated fatty acids). A positive genetic correlation ($r_A = 0.54 \pm 0.04$) was found between the fat firmness indexes of BF and LF. The genetic correlations between average daily gain (ADG) and compositional traits of the three tissues are of small or very small magnitude. However, a trend toward a positive genetic correlation ($r_A = 0.20 \pm 0.10$) between ADG and the fat firmness index of BF is found. The phenotypic and genetic correlations of compositional traits of the three tissues with carcass lean percentage are much more pronounced, with absolute values generally ranging from 0.3 to 0.6. A higher carcass lean percentage is genetically associated with a lower lipid content of the three tissues (e.g., $r_A = -0.66 \pm 0.14$ and $r_A = -0.44 \pm 0.08$ for BF and LD, respectively) and with a higher coefficient of unsaturation of lipids ($r_A = 0.63 \pm 0.06$, $r_A = 0.50 \pm 0.07$ and $r_A = 0.27 \pm 0.03$ for BF, LF and LD, respectively). The expected correlated responses to the current selection for increasing both ADG and lean percentage are assessed through the estimated genetic correlations of the compositional traits of the three tissues studied with an approximate measurement of lean tissue growth rate.

INTRODUCTION

La sélection pratiquée chez le porc a eu pour principale conséquence la réduction massive de l'adiposité des carcasses (SELLIER, 1983 ; DUCOS et al, 1995). Cette réduction a concerné en premier lieu les gras de dépôt mais aussi, de façon très vraisemblable, le gras intramusculaire : voir les réponses corrélatives à une sélection divergente sur l'épaisseur de lard dorsal rapportées par DAVEY et BERESKIN (1978) et SEIDEMAN et al (1989). Elle s'est accompagnée d'une modification de la composition en acides gras des lipides corporels si l'on en juge par les résultats des expériences de sélection dans lesquelles cet aspect a été étudié (WOOD et al, 1978 ; SCOTT et al, 1981).

Une étude réalisée sur des prélèvements de tissus adipeux et musculaire provenant d'environ 950 porcs contrôlés en station publique entre 1986 et 1988 avait fourni un volume de données suffisamment important pour permettre une première analyse génétique qui portait sur une partie seulement des caractères étudiés (BOUT et al, 1990a). Nous reprenons ici l'ensemble des données de cette étude pour estimer les paramètres génétiques des caractères de composition chimique des deux principaux dépôts adipeux (bardière et panne) et du muscle Long dorsal.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux

Les animaux utilisés sont des femelles et des mâles castrés Large White et Landrace Français provenant de quatre stations publiques de contrôle avec abattage : Le Deschaux (Jura), Mauron (Morbihan), Le Rheu (Ille-et-Vilaine) et Le Transloy (Pas-de-Calais). Ces animaux étaient élevés par loge de deux et nourris à volonté entre 35 et 100 kg avec un aliment à base de blé, d'orge et de tourteau de soja. Le tableau 1 présente la structure générale des données analysées : certains caractères (composition chimique de la panne, composition en acides gras des lipides du muscle Long dorsal) n'ont été mesurés que sur une partie des animaux.

1.2. Caractères étudiés

Les animaux étaient abattus aux environs de 100 kg de poids vif, et une demi-carcasse était soumise au protocole de contrôle en vigueur dans les stations publiques à l'époque du recueil des données (ANONYME, 1989). Les caractères de production suivants ont été analysés : gain moyen quotidien (GMQ), vitesse de croissance du tissu maigre (VCTM), taux de muscle estimé à partir des résultats de la découpe normalisée (%MUS), épaisseur moyenne de lard dorsal sur la carcasse, rendement de carcasse, indice de qualité de la viande (IQV). Le dépôt journalier de tissu maigre (VCTM) a été estimé, de façon approchée, à partir du gain journalier de poids vif entre 35 et 100 kg, du rendement de carcasse et du taux de muscle de la carcasse à 100 kg, selon la formule qu'a proposée OLLIVIER (1980) et qui repose sur l'hypothèse d'une quasi-constance entre 35 et 100 kg du rapport poids de muscle/poids vif.

Dans chaque bande de contrôle, une partie des animaux a fait l'objet de prélèvements d'échantillons de tissus destinés aux analyses chimiques. Le lendemain de l'abattage, il a été procédé, sur la demi-carcasse découpée, à un prélèvement de panne (gras périrénal) de 100 g environ et à une section transversale de l'ensemble longe-bardière, au niveau des 13-14èmes côtes, d'une épaisseur suffisante pour obtenir 100 g de bardière (couche interne et couche externe de gras dorsal sous-cutané) et 100 g de muscle Long dorsal. Ces prélèvements ont été stockés à -20°C dans l'attente des analyses chimiques suivantes.

1.2.1. Gras de bardière et de panne

- mesure de la teneur en lipides par la méthode réfractométrique d'ARNETH (1972) réalisée sur un broyat de 1 g environ de tissu adipeux. Le pourcentage de lipides a été déterminé à partir de la valeur de l'indice de réfraction de la fraction lipidique extraite par un solvant non volatil, le chloronaphtalène, après minéralisation douce de l'échantillon par un mélange d'acide perchlorique et d'acide phosphorique (1v/4v) ;
- mesure de la teneur en eau sur 10 g de broyat par pesée avant et après un étuvage de 2h à 105°C ;

Tableau 1 - Structure générale des fichiers de données analysés

Effectifs	Caractères de production	Composition de la bardière		Composition de la panne		Composition du muscle Long dorsal	
		eau et lipides	acides gras	eau et lipides	acides gras	eau et lipides	acides gras
Nombre d'animaux avec performances	2483	952	959	209	215	948	297
Nombre de pères	934	341	343	78	79	339	108
Nombre de portées	1784	736	744	121	124	738	203
Nombre de bandes de contrôle (1)	58	49	49	12	12	45	15
Nombre total d'animaux dans le fichier de généalogies	7653	3261	3282	703	716	3261	1096

(1) Certaines bandes de contrôle comportaient un faible nombre d'animaux contrôlés pour les caractères de composition, et quelques regroupements entre bandes "adjacentes" de la même station ont été effectués.

- calcul de la teneur en protéines stromatiques par différence entre les teneurs en matière sèche et en lipides ;
- après extraction des lipides par action combinée d'un broyeur (polytron) et d'un solvant, le chloroforme, puis méthylation des acides gras d'une fraction aliquote de 50 mg de lipides selon la méthode de CHRISTOPHERSON et GLASS (1969), détermination de la composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse. Cette dernière a été effectuée sur colonne capillaire à l'aide d'un appareil Delsi Di-700 muni d'un détecteur à ionisation de flamme et couplé à un intégrateur numérique permettant de quantifier le temps de rétention et la surface de chaque pic d'esters méthyliques d'acides gras.

1.2.2. Muscle Long dorsal

- mesure de la teneur en lipides totaux par la méthode d'ARNETH (1972) sur 10 g de broyat ;
- mesure de la teneur en eau sur 5 g de broyat par pesée avant et après un étuvage de 24 h à 105°C ;
- calcul du pourcentage des autres composés du tissu musculaire (protéines essentiellement) par différence entre les pourcentages de matière sèche et de lipides ;
- détermination de la composition en acides gras des lipides totaux par chromatographie en phase gazeuse de leurs esters méthyliques (comme ci-dessus). Les lipides ont été extraits d'un broyat de 10 g de viande selon la méthode de MAXWELL et al (1980), l'extraction étant faite sur colonne sèche après une élution des composés lipidiques par un mélange de méthanol et de dichlorométhane (1v/9v) ; la préparation des esters méthyliques a été effectuée selon la méthode de PELICK et MAHADEVAN (1975), modifiée en remplaçant le benzène et l'éther éthylique préconisés par ces auteurs respectivement par de l'éther de pétrole et de l'hexane.

Les caractères étudiés pour rendre compte de la composition en acides gras sont les suivants :

- pourcentages des principaux acides gras constitutifs des lipides corporels, à savoir les acides gras saturés C14:0 (acide myristique), C16:0 (acide palmitique) et C18:0 (acide stéarique), les acides gras monoinsaturés C16:1 (acide palmitoléique) et C18:1 (acide oléique), les acides gras polyinsaturés C18:2 (acide linoléique), C18:3 (acide linoléique) et C20:4 (acide arachidonique) ;
- pourcentages des trois classes d'acides gras (saturés, monoinsaturés et polyinsaturés) ;
- rapport P/S (% polyinsaturés / % saturés) ;
- coefficient d'insaturation, défini comme le nombre moyen de doubles liaisons des acides gras insaturés ;
- indice de consistance (pour la bardière et la panne) : cet indice permet d'évaluer la fermeté d'un tissu adipeux à partir des pourcentages des principaux acides gras et est défini par le rapport $\% (C16:0 + C18:0) / \% (C16:1 + C18:1 + C18:2)$;
- indice d'iode : cet indice, qui équivaut à la quantité d'iode (en g) fixée par 100 g de gras, dépend du nombre de doubles liaisons et du poids moléculaire des acides gras. Il a été estimé de la façon suivante à partir des teneurs en acides gras (G. GANDEMER, INRA-LEIMA, Nantes, comm. pers.) : $(C16:1 \times 1,000) + (C17:1 \times 0,948) + (C18:1 \times 0,901) + (C20:1 \times 0,819) + (C18:2 \times 1,814) +$

$$(C18:3 \times 2,741) + (C20:2 \times 1,649) + (C20:3 \times 2,490) + (C20:4 \times 3,342).$$

1.3. Analyse statistique

Les héritabilités (h^2) et les corrélations génétiques (r_A) et phénotypiques (r_P) ont été estimées par la méthode du maximum de vraisemblance restreinte (REML) appliquée à un modèle animal multi-caractère, à l'aide du logiciel VCE ("variance component estimation") : voir DUCOS et al (1993). Le modèle statistique utilisé pour décrire les données de composition des trois tissus incluait les effets fixes race et bande-sexe, la covariable poids d'abattage et les effets aléatoires portée de naissance et valeur génétique additive de l'animal.

2 . RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Moyennes et écarts types des caractères

Les paramètres statistiques des variables étudiées sont rapportés dans le tableau 2. Les valeurs moyennes sont, dans l'ensemble, conformes aux valeurs trouvées antérieurement chez des porcs de type Large White ou Landrace, nourris avec des régimes à base d'orge et/ou de blé et abattus à 100 kg vif, tant pour la composition chimique comparée de la bardière et de la panne (PASCAL et al, 1975 ; GIRARD et al, 1988 ; SCHWÖRER et al, 1988 ; GANDEMER et al, 1992) que pour la composition en acides gras comparée des lipides de la bardière et du muscle Long dorsal (MALMFORS et al, 1978 ; BOUT et al, 1988 ; HONKAVAARA, 1989 ; HARTMANN et al, 1992). Le gras de panne contient plus de lipides mais moins d'eau et de conjonctif que le gras de bardière. Les lipides de la panne, comparés à ceux de la bardière, se caractérisent par une moindre teneur en acides gras insaturés (notamment en acides gras monoinsaturés), un indice de consistance plus fort et un indice d'iode plus faible. Il est connu en effet que les désaturases sont plus actives dans les tissus adipeux plus proches de la surface corporelle. Les lipides totaux du muscle Long dorsal présentent des teneurs en acides gras saturés et monoinsaturés voisines de ceux de la bardière, mais ils sont plus riches en acides gras polyinsaturés, du fait notamment d'une teneur en acide arachidonique (C20:4) d'environ 2 % (contre moins de 0,1 % pour la bardière). On note également que la variabilité de la composition en acides gras des lipides est beaucoup plus forte dans le muscle que dans les dépôts adipeux.

2.2. Héritabilités des caractères

Les estimées d'héritabilité trouvées pour les caractères de production ne sont pas ici rapportées dans le détail : elles sont, dans leur grande majorité, très comparables aux valeurs récemment publiées pour les caractères mesurés sur les "collatéraux" dans les stations publiques françaises (DUCOS et al, 1993 ; LABROUE et al, 1996). On note toutefois que l'estimée de l'héritabilité du gain moyen quotidien ($h^2 = 0,62 \pm 0,05$) est supérieure de 0,10 à 0,20 aux valeurs trouvées antérieurement dans le même contexte de contrôle de performances (animaux nourris à volonté par

Tableau 2 - Paramètres statistiques des caractères étudiés (1)

Caractère	Bardière (2)		Panne (3)		Muscle Long dorsal (2)	
	m	s	m	s	m	s
Composition chimique du tissu						
lipides totaux, %	81,6	4,9	87,0	4,9	1,2	0,5
eau, %	9,3	2,2	8,2	2,7	74,5	0,9
autres composés, %	9,1	4,5	4,9	3,9	24,3	0,9
Composition en acides gras des lipides totaux						
C14 : 0, %	1,2	0,1	1,2	0,2	1,1	0,3
C16 : 0, %	25,3	1,23	26,3	1,4	24,9	2,0
C18 : 0, %	15,3	1,7	22,3	2,0	13,7	1,7
C16 : 1, %	1,8	0,5	1,9	0,4	3,2	0,8
C18 : 1, %	44,8	2,1	37,3	2,3	42,8	4,0
C18 : 2, %	8,6	1,0	8,3	1,8	9,1	3,3
C18 : 3, %	0,6	0,2	0,6	0,2	0,3	0,2
C20 : 4, %	<0,1	-	<0,1	-	2,1	1,5
acides gras saturés (S), %	42,4	2,3	50,5	2,5	40,4	3,1
acides gras monoinsaturés (M), %	47,8	2,1	39,9	2,4	47,0	4,3
acides gras polyinsaturés (P), %	9,8	1,3	9,5	2,0	12,6	5,0
Rapport P / S	0,23	0,04	0,19	0,04	0,32	0,14
Coefficient d'insaturation	1,18	0,02	1,21	0,04	1,29	0,13
Indice de consistance	0,74	0,07	1,04	0,11	-	-
Indice d'iode	61,5	2,8	54,1	3,7	-	-

(1) m : moyenne générale de l'échantillon ; s : écart type intra race, sexe et bande de contrôle.

(2) femelles et mâles castrés.

(3) femelles uniquement.

loge de 2) : voir OLLIVIER et al (1981) et DUCOS et al (1993). L'estimée d'héritabilité est de $0,65 \pm 0,04$ pour la vitesse de croissance du tissu maigre (VCTM), ce caractère étant génétiquement plus étroitement lié au gain quotidien de poids vif ($r_A = 0,93 \pm 0,02$) qu'au taux de muscle ($r_A = 0,51 \pm 0,04$) et au rendement de carcasse ($r_A = 0,22 \pm 0,07$). Les héritabilités précédemment publiées pour la vitesse de croissance du tissu maigre chez des porcs alimentés à volonté sont inférieures à la valeur trouvée ici et varient de 0,25 à 0,48 (MRODE et KENNEDY, 1993 ; CAMERON, 1994 ; CAMERON et CURRAN, 1994 ; NPPC, 1995).

Le tableau 3 donne les estimées d'héritabilité des caractères de composition chimique des trois tissus étudiés. D'une façon générale, les héritabilités de ces caractères sont moyennes à fortes. Pour les teneurs en lipides et en eau des dépôts adipeux, les héritabilités sont voisines respectivement de 0,25 et 0,60 dans le cas de la bardière et de 0,65 et 0,30 dans le cas de la panne. Pour la teneur en eau de la bardière, une valeur inférieure à la nôtre ($h^2 = 0,27$) a été trouvée par CAMERON (1990). Concernant le muscle Long dorsal, l'héritabilité de la teneur en eau (de l'ordre de 0,30) est plus faible que celle de la teneur en lipides, en accord avec CAMERON (1990) et LARZUL (1997). La valeur de $0,46 \pm 0,13$ trouvée ici pour l'héritabilité du taux de gras

intramusculaire est très proche de la valeur moyenne de 0,50 calculée par SELLIER (1998) à partir d'une vingtaine d'estimées de la littérature.

La composition en acides gras des deux dépôts adipeux est fortement héritable, avec des valeurs de h^2 généralement comprises entre 0,40 et 0,70 pour les différents critères. La précision des estimées d'héritabilité relatives à la panne est relativement faible (erreurs standards de 0,15 en moyenne), mais la composition en acides gras de ce dépôt adipeux se révèle, semble-t-il, plus héritable que celle de la bardière : ainsi, pour les critères synthétiques comme le rapport P/S, l'indice de consistance et l'indice d'iode, l'héritabilité est de l'ordre de 0,65 dans le cas de la panne alors qu'elle ne dépasse pas 0,45 dans le cas de la bardière. Cette forte héritabilité de la composition en acides gras des dépôts adipeux confirme les résultats antérieurs de SCHWÖRER et al (1988) et CAMERON (1990). L'étude de SCHWÖRER et al (1988) portait sur plusieurs sites de dépôt gras (couche interne et couche externe de la bardière, panne, poitrine) et les héritabilités trouvées pour les concentrations des principaux acides gras étaient globalement comparables entre sites. Les caractères étudiés par CAMERON (1990) incluaient une mesure pénétrométrique de la fermeté de la couche interne de la bardière : cette mesure a une héritabilité ($h^2 = 0,43$) identique à celle trouvée ici pour l'indice de consistance du

Tableau 3 - Héritabilités (\pm erreurs standards) des principaux caractères de composition chimique de la bardière, de la panne et du muscle Long dorsal.

Caractère	Bardière	Panne	Muscle Long dorsal
Composition chimique du tissu			
lipides totaux, %	0,26 \pm 0,10	0,65 \pm 0,14	0,46 \pm 0,13
eau, %	0,59 \pm 0,11	0,32 \pm 0,13	0,31 \pm 0,12
autres composés, %	0,24 \pm 0,10	0,40 \pm 0,12	0,29 \pm 0,07
Composition en acides gras des lipides			
C16 : 0, %	0,60 \pm 0,11	0,65 \pm 0,14	0,52 \pm 0,27
C18 : 0, %	0,42 \pm 0,10	0,27 \pm 0,14	0,15 \pm 0,10
C16 : 1, %	0,72 \pm 0,10	0,66 \pm 0,14	0,16 \pm 0,14
C18 : 1, %	0,55 \pm 0,10	0,69 \pm 0,13	0,26 \pm 0,11
C18 : 2, %	0,47 \pm 0,10	0,81 \pm 0,11	0,35 \pm 0,12
C20 : 4, %	-	-	0,15 \pm 0,18
acides gras saturés (S), %	0,50 \pm 0,10	0,66 \pm 0,15	0,46 \pm 0,17
acides gras monoinsaturés (M), %	0,59 \pm 0,10	0,63 \pm 0,12	0,14 \pm 0,11
acides gras polyinsaturés (P), %	0,44 \pm 0,10	0,70 \pm 0,10	0,33 \pm 0,15
Rapport P / S	0,45 \pm 0,08	0,61 \pm 0,16	0,36 \pm 0,14
Coefficient d'insaturation	0,38 \pm 0,09	0,61 \pm 0,25	0,29 \pm 0,10
Indice de consistance	0,44 \pm 0,11	0,68 \pm 0,13	-
Indice d'iode	0,42 \pm 0,12	0,71 \pm 0,17	-

gras de bardière, et elle est génétiquement très liée à la fois à la teneur en eau ($r_A = -0,6$) et aux teneurs en acides gras saturés C16:0 et C18:0 ($r_A = 0,5-0,6$) et en C18:2 ($r_A = -0,85$).

L'héritabilité de la composition en acides gras des lipides intramusculaires apparaît moins élevée que celle des dépôts gras : les estimées de h^2 sont comprises entre 0,15 et 0,52 selon le critère considéré (par exemple, $h^2 = 0,36 \pm 0,14$ pour le rapport P/S). A notre connaissance, une seule étude (CAMERON et ENSER, 1991) a été publiée jusqu'à présent sur l'héritabilité de la composition en acides gras des lipides du muscle, et elle portait sur un échantillon de taille limitée. Cette étude montrait également une héritabilité moyenne à forte pour les pourcentages des divers acides gras (valeurs de h^2 comprises entre 0,24 et 0,73, avec une erreur standard moyenne de 0,17). Les deux études sont en accord pour indiquer que la teneur en C18:2 des lipides totaux du muscle Long dorsal a une héritabilité voisine de 0,30. Elles sont, par contre, moins concordantes pour les pourcentages de certains autres acides gras (C16:0 et C18:0 par exemple).

2.3. Corrélations entre les caractères de composition des tissus

2.3.1. Corrélations entre caractères au sein d'un même tissu

L'opposition entre les teneurs en lipides totaux et en eau est beaucoup plus marquée, phénotypiquement comme génétiquement, pour les dépôts adipeux (corrélations comprises entre -0,4 et -0,9) que pour le muscle Long dorsal (corrélations de -0,2 à -0,3). Il est toutefois à noter que CAMERON

(1990) et LARZUL (1997) ont trouvé une opposition plus marquée qu'ici (corrélation génétique proche de -0,7) entre les teneurs en eau et en lipides du muscle Long dorsal. Il existe une corrélation génétique positive entre teneur en lipides et indice de consistance pour la bardière ($r_A = 0,45 \pm 0,17$) comme pour la panne ($r_A = 0,46 \pm 0,12$). Concernant le muscle Long dorsal, la corrélation génétique négative entre la teneur en lipides totaux et le rapport acides gras polyinsaturés/acides gras saturés ($r_A = -0,39 \pm 0,20$) ou le coefficient d'insaturation ($r_A = -0,50 \pm 0,15$) est à relier au fait que, chez les animaux à forte teneur en lipides musculaires totaux, le rapport triglycérides/phospholipides est augmenté, comme l'ont montré les comparaisons de races de GANDEMER et al (1992) et LAZO et al (1994). Il est en effet bien établi que les deux fractions de lipides intramusculaires présentent des compositions en acides gras très différentes, les phospholipides étant beaucoup plus riches en acides gras polyinsaturés que les triglycérides (SHARMA et al, 1987 ; BOUT et GIRARD, 1988). Concernant l'importance relative des trois classes d'acides gras, on note que c'est l'opposition saturés-monoinsaturés qui prévaut dans les dépôts adipeux alors que, pour les lipides intramusculaires, les acides gras polyinsaturés s'opposent à l'ensemble saturés et monoinsaturés.

2.3.2. Corrélations entre les caractères homologues des différents tissus

Les corrélations "entre tissus" pour les principaux caractères de composition figurent au tableau 4. Des corrélations phénotypiques significativement positives existent entre les caractères homologues de la bardière et de la panne : elles sont voisines de 0,50 pour les critères ayant trait à la com-

Tableau 4 - Corrélations phénotypiques (r_p) et génétiques (r_A) entre les caractères homologues de la bardière (Ba), de la panne (Pa) et du muscle Long dorsal (LD).

Caractère	Ba x Pa		Ba x LD		Pa x LD	
	r_p (1)	r_A (2)	r_p	r_A	r_p	r_A
Teneur en lipides totaux	0,25**	0,14 ± 0,11	0,13**	0,74 ± 0,15	-0,11*	-0,48 ± 0,31
Teneur en eau	0,34**	0,33 ± 0,06	0,08	0,25 ± 0,18	-0,11*	-0,33 ± 0,16
Rapport P / S	0,43**	0,40 ± 0,03	0,09*	0,05 ± 0,42	0,19**	0,38 ± 0,29
Coefficient d'insaturation	0,48**	0,56 ± 0,05	0,13*	0,22 ± 0,28	0,08	0,08 ± 0,08
Indice de consistance	0,55**	0,54 ± 0,04	-	-	-	-

(1) * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$.

(2) Estimée ± erreur standard.

position en acides gras, et les corrélations génétiques sont du même ordre de grandeur. Les relations entre caractères homologues des dépôts adipeux et du muscle sont plus disparates et dépendent, semble-t-il, du dépôt adipeux considéré : de façon assez surprenante, les corrélations phénotypiques et génétiques sont de signe contraire pour les teneurs en lipides et en eau selon qu'on associe muscle et bardière ou muscle et panne. Des corrélations phénotypiques positives (0,2 à 0,5) "entre" muscle long dorsal et couche interne de la bardière ont été trouvées par CAMERON et ENSER (1991) pour les concentrations des principaux acides gras.

2.4. Corrélations entre les caractères de composition des tissus et les caractères de production

Les corrélations phénotypiques et génétiques entre trois caractères de production (GMQ, % muscle, VCTM) et quelques caractères de composition des dépôts adipeux et du muscle sont données dans le tableau 5.

D'une façon générale, les corrélations impliquant la vitesse de croissance sont faibles ou très faibles tant au niveau phénotypique (moins de 0,22 en valeur absolue) que génétique (moins de 0,37 en valeur absolue). Il apparaît cependant qu'un GMQ plus élevé tend à être associé génétiquement à une moindre insaturation des lipides de la bardière (r_A de l'ordre de -0,2). On peut mentionner qu'une relation de même type se manifeste quand la différence de GMQ est induite par le système d'alimentation (ad libitum ou restreint), d'après les résultats de AFFENTRANGER et al (1996). Quant à la quasi indépendance génétique entre le GMQ et le taux de lipides intramusculaires, elle a été également mise en évidence par BERGER et al (1994), DE VRIES et al (1994) et NPPC (1995). Notons toutefois qu'une tendance à une corrélation génétique légèrement positive entre les deux caractères a été trouvée, comme ici, par HOVENIER et al (1992) et dans des études antérieures passées en revue par SCHWÖRER et al (1990).

Les corrélations impliquant le taux de muscle de la carcasse sont beaucoup plus étroites et dans l'ensemble cohérentes pour les trois tissus étudiés. Une augmentation du taux de

muscle est génétiquement associée à une réduction de la teneur en lipides totaux des dépôts adipeux (notamment de la bardière : r_A proche de -0,7) et du muscle Long dorsal, à une augmentation de la teneur en eau des dépôts adipeux (r_A de l'ordre de 0,4) et à plus fort degré d'insaturation des lipides (notamment pour les deux dépôts adipeux : corrélations génétiques de l'ordre de 0,6 pour le rapport P/S et le coefficient d'insaturation).

Pour ce qui concerne les caractéristiques des dépôts adipeux, nos résultats confirment ceux des deux études réalisées antérieurement sur le sujet (SCHWÖRER et al, 1988 ; CAMERON, 1990), et ces relations génétiques "intra race" se retrouvent également quand on compare des populations (races, lignées ou croisements) différant nettement par leur composition corporelle : voir, par exemple, WOOD (1973), PASCAL et al (1975), WOOD et al (1978), SCOTT et al (1981), WARRISS et al (1990), GANDEMER et al (1992), GUÉBLEZ et al (1993b), AFFENTRANGER et al (1996) et SIMON et al (1996). Les mêmes relations générales entre adiposité de la carcasse et composition des dépôts adipeux sont d'ailleurs aussi trouvées quand on considère les effets d'autres facteurs comme le type sexuel, le poids d'abattage ou le traitement à la pST : voir la mise au point de LEBRET et al (1996). Tout facteur, génétique ou non génétique, contribuant à une réduction de l'adiposité des carcasses entraîne une modification corrélative des caractéristiques des dépôts adipeux, allant dans le sens d'un rapport lipides/eau plus faible, d'une plus forte insaturation des lipides et donc globalement d'une moindre qualité technologique du gras (risque de "gras mou", manquant de consistance et sensible à l'oxydation). Cette association de portée très générale provient du fait que, chez un porc plus maigre, les lipides déposés dans le tissu adipeux proviennent pour une part plus réduite des acides gras synthétisés de novo (faible degré d'insaturation) et pour une part plus importante des acides gras d'origine alimentaire (fort degré d'insaturation).

Concernant la corrélation génétique entre le taux de muscle de la carcasse et la teneur en gras du muscle Long dorsal, la valeur trouvée ici ($r_A = -0,44 \pm 0,08$) est proche de la valeur moyenne de la littérature (-0,34) citée dans la mise au point de SELLIER (1998). Cette opposition génétique "intra-race"

Tableau 5 - Corrélations phénotypiques (r_P) et génétiques (r_A) entre les caractères de production et les caractères de composition chimique de la bardièrre (Ba), de la panne (Pa) et du muscle Long dorsal (LD).

Caractère	Tissu	GMQ		% MUS		VCTM	
		r_P (1)	r_A (2)	r_P	r_A	r_P	r_A
Teneur en lipides totaux	Ba	0,01	0,02 ± 0,03	-0,50**	-0,66 ± 0,14	-0,17**	-0,31 ± 0,06
	Pa	0,00	0,01 ± 0,02	-0,26**	-0,23 ± 0,06	-0,11*	-0,07 ± 0,04
	LD	0,00	0,09 ± 0,10	-0,15**	-0,44 ± 0,08	-0,07	-0,19 ± 0,10
Teneur en eau	Ba	-0,02	-0,02 ± 0,03	0,39**	0,35 ± 0,05	0,18**	0,20 ± 0,05
	Pa	-0,03	-0,04 ± 0,02	0,37**	0,42 ± 0,07	0,03	0,05 ± 0,03
	LD	0,01	0,01 ± 0,09	0,13**	0,05 ± 0,09	0,06	0,00 ± 0,06
Rapport P / S	Ba	-0,09*	-0,27 ± 0,09	0,57**	0,64 ± 0,04	0,21**	0,31 ± 0,06
	Pa	-0,03	-0,04 ± 0,02	0,58**	0,65 ± 0,05	0,12*	0,16 ± 0,04
	LD	-0,13*	-0,37 ± 0,24	0,20**	0,26 ± 0,20	-0,07	-0,14 ± 0,38
Coefficient d'insaturation	Ba	-0,04	-0,15 ± 0,12	0,48**	0,63 ± 0,06	0,20**	0,33 ± 0,06
	Pa	-0,22**	-0,25 ± 0,04	0,44**	0,50 ± 0,07	0,18**	0,18 ± 0,09
	LD	-0,08	-0,14 ± 0,02	0,23**	0,27 ± 0,03	-0,02	0,03 ± 0,02
Indice de consistance	Ba	0,06	0,20 ± 0,10	-0,34**	-0,30 ± 0,03	-0,12*	-0,13 ± 0,05
	Pa	0,02	0,03 ± 0,02	-0,21**	-0,23 ± 0,06	-0,06	-0,02 ± 0,04

(1) * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$.

(2) Estimée ± erreur standard.

entre les deux caractères est aujourd'hui bien établie, mais elle reste assez peu étroite. Si l'on considère la covariation "entre races" des deux caractères, on peut d'ailleurs remarquer que certaines races comme le Duroc ou le Piétrain échappent à la liaison génétique générale puisqu'il y a, dans ces cas particuliers, un "désaccord" entre taux de muscle et taux de lipides intramusculaires (BOUT et al, 1988, 1990b ; CAMERON et al, 1990 ; WARRISS et al, 1990 ; EDWARDS et al, 1992 ; GUÉBLEZ et al, 1993a).

À notre connaissance, les relations génétiques entre composition corporelle et composition en acides gras des lipides totaux du muscle n'ont fait l'objet, à ce jour, que d'une seule étude (CAMERON et ENSER, 1991). Cette étude, comme la nôtre, met en évidence une liaison génétique positive, mais peu intense (r_A de l'ordre de 0,3), entre le taux de muscle de la carcasse et le degré d'insaturation des lipides musculaires : cette corrélation s'opère vraisemblablement via la variation du taux de lipides intramusculaires, qui présente une liaison génétique négative avec l'un et l'autre caractère, et la variation corrélative de l'importance relative des triglycérides et des phospholipides dans les lipides totaux du muscle (voir plus haut). Selon CAMERON et ENSER (1991), il existe une corrélation phénotypique négative (de l'ordre de -0,25) entre les qualités sensorielles de la viande (flaveur, tendreté, jutosité) et le rapport acides gras polyinsaturés / acides gras monoinsaturés (P/M) des lipides totaux du muscle Long dorsal. Il serait intéressant de préciser les rôles respectifs joués par le taux de lipides intramusculaires et/ou par la composition en acides gras de ces lipides dans la genèse de la liaison génétique défavorable trouvée par ces mêmes auteurs

entre le taux de muscle de la carcasse et les qualités sensorielles de la viande (valeurs de r_A comprises entre -0,2 et -0,5 selon le critère sensoriel considéré).

Signalons enfin qu'il n'a pas été trouvé de relation vraiment notable entre les caractères de composition des tissus et le rendement de carcasse ou l'indice de qualité de la viande (IQV).

CONCLUSION

Le caractère synthétique VCTM nous semble intéressant à prendre en considération pour tirer les principales conclusions de cette étude puisque la sélection actuellement pratiquée chez le porc pour les performances de production (fort GMQ et fort taux de muscle) consiste en première approximation à augmenter la vitesse de croissance du tissu maigre, avec des variantes liées aux pondérations plus ou moins fortes accordées respectivement au GMQ et au taux de muscle dans l'objectif global de sélection. Au vu des paramètres génétiques estimés dans cette étude, on peut conclure qu'une sélection visant à accroître VCTM conduit corrélativement à un gras de bardièrre moins riche en lipides, plus riche en eau et en acides gras polyinsaturés (corrélations génétiques de l'ordre de ± 0,2 à 0,4) et à une teneur en lipides totaux plus faible dans le muscle Long dorsal (corrélation génétique de l'ordre de -0,2). La composition chimique du gras interne (ici la panne) serait moins affectée par une sélection de ce type que celle du gras sous-cutané (ici la bardièrre). Quant à la réponse corrélative attendue pour la com-

position en acides gras des lipides musculaires, notre étude suggère qu'elle devrait être peu importante, mais ce point particulier mérite des investigations complémentaires, d'autant que les résultats peuvent différer selon le muscle considéré.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié, pour la collecte des performances

zootecniques, la réalisation des analyses de laboratoire et la mise en forme de l'ensemble de ces données, de la collaboration de Josiane BOUT, J.P. RUNAVOT, J.P. GIRARD, Dominique SALORT, Geneviève LE HÉNAFF, Sylvie NUGIER, D. BRAULT, M. BOUFFAUD, Y. HOUIX, C. PERROCHEAU et M. RENAULT. Les auteurs du présent article tiennent à les remercier toutes et tous pour la contribution qu'ils ont apportée à un titre ou à un autre et qui a permis la réalisation de cette analyse finale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFFENTRANGER P., GERWIG C., SEEWER G.J.F., SCHWORER D., KUNZI N., 1996. *Livest. Prod. Sci.*, 45, 187-196.
- ANONYME, 1989. *Techni-Porc*, 12(2), 35-49.
- ARNETH M., 1972. *Fleischwirtschaft*, 52, 1455-1458.
- BERGER P.J., CHRISTIAN L.L., LOUIS C.F., MICKELSON J.R., 1994. *Research Investment Report 1994*, NPPC, pp 51-63.
- BOUT J., GIRARD J.P., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 271-278.
- BOUT J., GIRARD J.P., SELLIER P., RUNAVOT J.P., SALORT D., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 279-284.
- BOUT J., GIRARD J.P., SELLIER P., RUNAVOT J.P., 1990a. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 17-22.
- BOUT J., GIRARD J.P., SELLIER P., RUNAVOT J.P., 1990b. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 29-34.
- CAMERON N.D., 1990. *Livest. Prod. Sci.*, 26, 119-135.
- CAMERON N.D., 1994. *Anim. Prod.*, 59, 251-262.
- CAMERON N.D., CURRAN M. K., 1994. *Anim. Prod.*, 59, 263-269.
- CAMERON N.D., ENSER M.B., 1991. *Meat Sci.*, 29, 295-307.
- CAMERON N.D., WARRISS P.D., PORTER S.J., ENSER M.B., 1990. *Meat Sci.*, 27, 227-247.
- CHRISTOPHERSON S.W., GLASS R.L., 1969. *J. Dairy Sci.*, 52, 1289-1290.
- DAVEY R.J., BERESKIN B., 1978. *J. Anim. Sci.*, 46, 992-1000.
- DE VRIES A.G., VAN DER WAL P.G., LONG T., EIKELBOOM G., MERKS J.W.M., 1994. *Livest. Prod. Sci.*, 40, 277-289.
- DUCOS A., BIDANEL J.P., BOICHARD D., DUCROCQ V., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 43-50.
- DUCOS A., GARREAU H., BIDANEL J.P., LE TIRAN M.H., BRETON T., FLEHO J.Y., RUNAVOT J.P., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 135-142.
- EDWARDS S.A., WOOD J.D., MONCRIEFF C.B., PORTER S.J., 1992. *Anim. Prod.*, 54, 289-297.
- GANDEMER G., VIAU M., CARITEZ J.C., LEGAULT C., 1992. *Meat Sci.*, 32, 105-121.
- GIRARD J.P., BOUT J., SALORT D., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 257-270.
- GUÉBLEZ R., SELLIER P., FERNANDEZ X., RUNAVOT J.P., 1993a. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 5-12.
- GUÉBLEZ R., SELLIER P., RUNAVOT J.P., 1993b. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 23-28.
- HARTMANN S., OTTEN W., KRATZMAIR M., BERRER E., EICHINGER H.M., 1992. In : *Proc. 38th ICOMST*, Clermont-Ferrand, vol. 2, 77-80.
- HONKAVAARA M., 1989. *Fleischwirtschaft*, 69, 1429-1432.
- HOVENIER R., KANIS E., VAN ASSELDONK Th., WESTERINK N.C., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 32, 309-321.
- LABROUE F., SELLIER P., GUÉBLEZ R., MEUNIER-SALAÛN M.C., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 23-30.
- LARZUL C., 1997. *Thèse de doctorat INA-PG*, 138p.
- LAZO A., GANDEMER G., VIAU M., RAMPON V., GRUAND J., LE JOSSEC P., CHEVILLON P., 1994. *Journées Rech. Porcine en France*, 26, 175-182.
- LEBRET B., LEFAUCHEUR L., MOUROT J., BONNEAU M., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 144-156.
- MALMFORS B., LUNDSTROM K., HANSSON I., 1978. *Swedish J. Agric. Res.*, 8, 25-38.
- MAXWELL R.J., MARMER W.N., ZUBILLAGA M.P., DALICKAS G.A., 1980. *J. Assoc. Anal. Chem.*, 63, 600-603.
- MRODE R.A., KENNEDY B.W., 1993. *Anim. Prod.*, 56, 225-232.
- NPPC, 1995. *Genetic evaluation / Terminal line program results*, Des Moines, Iowa, USA, 312p.
- OLLIVIER L., 1980. *Livest. Prod. Sci.*, 7, 57-66.
- OLLIVIER L., DERRIEN A., MOLÉNAT M., 1981. *Journées Rech. Porcine en France*, 13, 293-298.
- PASCAL G., MACAIRE J.P., DESMOULIN B., BONNEAU M., 1975. *Journées Rech. Porcine en France*, 7, 203-214.
- PELICK N., MAHADEVAN V., 1975. In : Perkins E.G. (ed.), *Analysis of lipids and lipoproteins*, 24, Amer. Oil Chem. Soc., Champaign, Illinois, USA.
- SCHWÖRER D., MOREL P., PRABUCKI A., REBSAMEN A., 1988. In : *Proc. 24th ICOMST*, Brisbane, part B, 598-600.
- SCHWÖRER D., MOREL P., PRABUCKI A., REBSAMEN A., 1990. In : *Proc. 4th WCGALP*, Edinburgh, vol. 15, 545-548.
- SCOTT R.A., CORNELIUS S.G., MERSMANN H.J., 1981. *J. Anim. Sci.*, 53, 977-981.
- SEIDEMAN S.C., CROUSE J.D., MERSMANN H.J., 1989. *J. Anim. Sci.*, 67, 2950-2955.
- SELLIER P., 1983. *Revue Franç. Corps Gras*, 30, 103-111.
- SELLIER P., 1998. *Genetics of meat and carcass traits*. In: M.F. Rothschild, A. Ruvinsky (eds), *The genetics of pigs*, CAB International, 463-510.
- SHARMA N., GANDEMER G., GOUTEFONGEA R., 1987. *Meat Sci.*, 19, 121-128.
- SIMON M.N., SÉGOVIANO V., DURAND L., LIARDOU M.H., JUIN H., GANDEMER G., LEGAULT C., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 123-130.
- WARRISS P.D., BROWN S.N., FRANKLIN J.G., KESTIN S.C., 1990. *Meat Sci.*, 28, 21-29.
- WOOD J.D., 1973. *Anim. Prod.*, 17, 281-285.
- WOOD J.D., ENSER M.B., MACFIE H.J.H., SMITH W.C., CHADWICK J.P., ELLIS M., LAIRD R., 1978. *Meat Sci.*, 2, 289-300.