

Estimation, par utilisation de semence congelée, du progrès génétique réalisé en France entre 1977 et 1998 dans la race porcine Large White : résultats pour quelques caractères de production et de qualité des tissus gras et maigres

Thierry TRIBOUT (1), Jean-Claude CARITEZ (2), Jean GOGUÉ (3), Joseph GRUAND (4), Marcel BOUFFAUD (5), Yvon BILLON (2), Christophe PÉRY (3), Hugues GRIFFON (2), Sylvie BRENOT (2), Marie Hélène LE TIRAN (6), Francis BUSSIÈRES (7), Pascale LE ROY (1), Jean-Pierre BIDANEL (1)

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

(2) I.N.R.A., Unité Porcine – Le Magneraud, Saint-Pierre d'Amilly, 17700 Surgères

(3) I.N.R.A., Unité Porcine – Domaine de Galles, 18390 Osmoy

I.N.R.A., Stations Expérimentales de Sélection Porcine (4), et d'Insémination Artificielle (7), La Gouvannière, 86480 Rouillé

(5) I.N.R.A., Station Expérimentale de Testage Porc, 35629 Le Rheu

(6) I.T.P., Pôle Génétique et Qualité des produits, 35651 Le Rheu

Estimation, par utilisation de semence congelée, du progrès génétique réalisé en France entre 1977 et 1998 dans la race porcine Large White : résultats pour quelques caractères de production et de qualité des tissus gras et maigres

Une expérimentation destinée à estimer le progrès génétique réalisé entre 1977 et 1998 (ΔG) dans la race porcine Large White (LW) est en cours dans les unités expérimentales INRA. Des truies LW ont été saillies avec de la semence de verrats LW nés en 1977 (semence congelée) ou en 1998. Parmi les individus produits, environ 15 mâles et 80 femelles ont été accouplés dans chaque groupe expérimental afin de produire une seconde génération d'individus dont on a comparé les performances de croissance, carcasse et qualité des tissus. Les résultats, obtenus sur environ 2000 femelles et castrats, indiquent que la sélection pratiquée depuis 1977 a conduit à une forte diminution de l'adiposité de la carcasse ($\Delta G = -5,2 \pm 0,7$ mm pour l'épaisseur de lard dorsal à 20 semaines d'âge), à une amélioration très importante de la teneur en viande maigre de la carcasse ($\Delta G = 8,6 \pm 1,7$ points) et à une augmentation modérée du gain moyen quotidien en période d'engraissement ($\Delta G = 77 \pm 27$ g/j). Une diminution du pH ultime des muscles du jambon et de la longe a été observée, comprise entre $-0,10 \pm 0,06$ pour le muscle *Gluteus superficialis* et $-0,16 \pm 0,07$ pour le muscle *Semimembranosus*. La réflectance du muscle *Gluteus medius* semble avoir légèrement augmenté, mais la capacité de rétention d'eau du muscle *Gluteus superficialis* s'est significativement améliorée. La teneur en lipides intramusculaires du muscle *Longissimus dorsi* est restée stable au cours de la période considérée (2,45 %). Enfin, les teneurs en eau et en acides gras polyinsaturés de la bardière ont significativement augmenté ($\Delta G = 4,6 \pm 1,0$ % et $\Delta G = 2,6 \pm 0,8$ %, respectivement).

Estimation of realised genetic trends in French Large White pigs from 1977 to 1998 for production and meat and fat quality traits using frozen semen

An experimental design has been implemented in INRA's experimental herds in order to estimate realised genetic trends from 1977 to 1998 in the French Large White (LW) pig breed. LW sows were inseminated with stored frozen semen of 17 LW boars born in 1977 or with semen of 23 LW boars born in 1998, producing 30 litters for each group of sires. Within each experimental group, 15 males and 80 females were randomly chosen and mated to produce a second generation of animals that were fattened and slaughtered to compare their performances for growth, carcass and quality traits. The results, obtained on about 2000 females and castrates, showed that selection resulted in a highly significant decrease of all carcass adiposity indicators (e.g. -5.2 ± 0.7 mm in 21 years for average backfat thickness measured on 20-week-old animals) and in a strong increase of carcass lean content. The average daily gain during the commercial fattening period improved moderately (77 ± 27 g/d in 21 years). A negative trend was found for ultimate pH (uPH) measured on several ham and loin muscles (from -0.10 ± 0.06 for uPH of *Gluteus superficialis* muscle up to -0.16 ± 0.07 for uPH of *Semimembranosus* muscle in 21 years). Reflectance of *Gluteus medius* muscle tended to increase, but the water holding capacity of *Gluteus superficialis* muscle significantly improved. The water content and the proportion of polyunsaturated fatty acids of backfat tissue showed unfavourable trends. Finally, the intramuscular lipid content of *Longissimus dorsi* muscle remained unchanged (2.45%).

INTRODUCTION

Une expérimentation destinée à estimer les évolutions génétiques réalisées dans la population Large White collective française (LW) entre 1977 et 1998 pour un grand nombre de caractères est en cours. Elle est fondée sur l'utilisation de semence de verrats LW nés en 1977 conservée par congélation (SMITH, 1977), et comporte deux volets complémentaires. Le premier, conduit en élevage de sélection, portait sur les caractères de production et de qualité (BAZIN et al., 2003). Le second volet, mis en place dans les élevages expérimentaux porcins de l'INRA, a pour objectif d'étudier non seulement les caractères de production et de qualité, mais également de reproduction (TRIBOUT et al., 2001 ; TRIBOUT et al., 2003). Le présent article, portant sur les données de ce second volet, fait suite à ces trois premières communications. Il apporte de nouveaux résultats pour de nombreux caractères de croissance, de composition de la carcasse et de qualité des tissus.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental et caractères étudiés

1.1.1. Dispositif expérimental (figure 1)

Des femelles LW ont été inséminées en 1999 avec de la semence de verrats LW nés en 1977 ou en 1998, produisant, respectivement, des portées L77 et L98. Les animaux nés dans ces portées ont été répartis sur les élevages expérimentaux INRA du Magneraud (17700 Surgères) et de Bourges (18250 Avord).

Parmi ces individus, environ 80 femelles et 15 verrats ont été conservés et accouplés dans chaque groupe expérimental, afin de produire une seconde génération d'individus, appelés individus G77 et G98 (issus respectivement de verrats de 1977 et de 1998).

Cette partie du protocole, ainsi que les premiers résultats de la comparaison des performances de reproduction ont été présentés par TRIBOUT et al. (2003).

Les performances pour l'ensemble des caractères étudiés dans cet article ont été mesurées sur les individus G77 et G98.

Les porcelets (mâles castrés et femelles) ont été sevrés à 28 jours d'âge. Au sevrage, 298 porcelets nés au Magneraud ont été transférés sur l'élevage expérimental INRA de Rouillé (86480, Rouillé), et 63 et 119 porcelets respectivement nés à Bourges et au Magneraud ont été transportés à la station INRA de testage des porcs du Rheu (35650 Le Rheu). Tous les autres porcelets ont été engraisés sur leur élevage de naissance. Les individus pris en compte dans l'étude étaient tous indemnes de l'allèle de la sensibilité à l'halothane.

1.1.2. Mesures réalisées sur l'ensemble des individus

Le même protocole a été appliqué sur les quatre sites d'engraissement. Les animaux ont été conduits en bandes (chaque bande contenant des femelles et des castrats G77 et

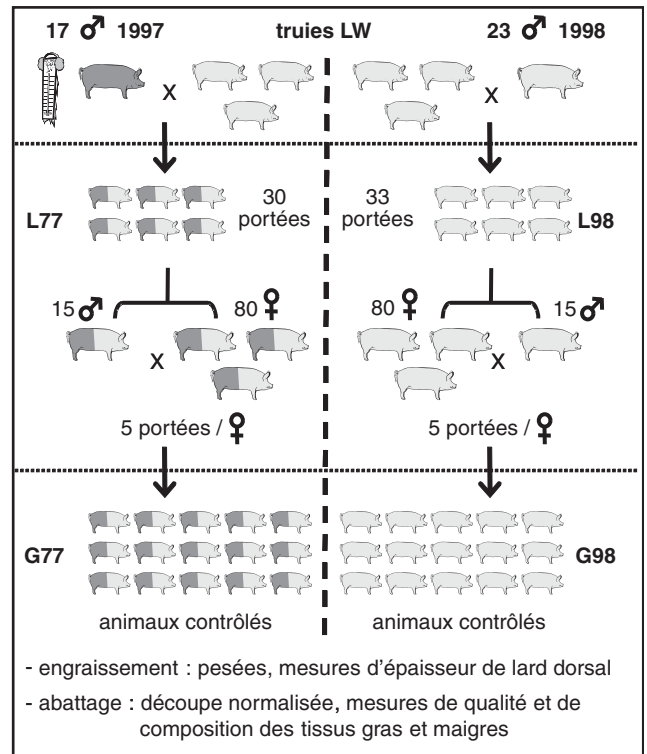


Figure 1 - Présentation du dispositif expérimental

G98), nourris *ad libitum* à partir de 10 semaines d'âge, et abattus à un poids vif de 106 kg en moyenne.

Les individus ont été pesés à 4, 10 et 20 semaines d'âge, ainsi que la veille de leur abattage (en moyenne à 23 semaines d'âge), et le gain moyen quotidien (GMQ) sur différentes périodes (voir tableau 2) a été calculé pour chaque animal.

L'épaisseur de lard dorsal a été mesurée par ultrasons à 20 semaines d'âge au niveau du rein, du dos et du cou, à 4 cm de chaque côté de la colonne vertébrale.

Les individus ont été abattus dans les abattoirs commerciaux de Montfort-sur-Meu (Cooperl-Hunaudaye, 35160 Montfort-sur-Meu – individus du Rheu), Celles-sur-Belle (Socopa, 79370 Celles-sur-Belle – individus du Magneraud et de Rouillé) et Orléans (45400 Fleury-les-Aubrais – individus de Bourges), à l'exception de 2 lots de 120 porcs engraisés à Bourges et à Rouillé, respectivement abattus dans les abattoirs expérimentaux de l'INRA de Jouy-en-Josas (78352 Jouy-en-Josas) et Saint-Gilles (35590 Saint-Gilles).

- le jour de l'abattage :

La carcasse a été pesée après éviscération, et le rendement de carcasse a été calculé comme le rapport du poids de carcasse sur le poids vif de l'animal.

- le lendemain de l'abattage :

Les épaisseurs de lard à la fente au niveau du rein, du dos et du cou et la longueur de la carcasse (longueur pubis-atlas) ont été enregistrées. Les épaisseurs de lard G1 et G2 et de longe M2 mesurées dans le cadre du classement commercial des carcasses ont été enregistrées et combinées pour calculer un estimateur de la teneur en viande maigre (TVM) de la carcasse (DAUMAS et al., 1998).

Une découpe normalisée de la demi-carcasse droite a été pratiquée, et les morceaux de découpe ont été pesés. Un second estimateur de la TVM a été calculé en combinant les poids de jambon, longe et bardière, comme décrit par METAYER et DAUMAS (1998).

Le même jour, plusieurs mesures de qualité de la viande ont été réalisées :

- pH ultime (pHu) des muscles *Adductor femoris* (AF), *Gluteus superficialis* (GS), *Longissimus dorsi* (LD), *Semimembranosus* (SM) et *Semispinalis capitis* (SC) ;
- réflectance (L*) des muscles GS et *Gluteus medius* (GM) à l'aide d'un chromamètre Minolta CR-300 ;
- temps nécessaire à un morceau de papier pH de un cm² de section posé sur une coupe fraîche du muscle GS pour être totalement imbibé (IMB_GS).

Un indice de qualité technologique de la viande (IQV) a ensuite été calculé pour chaque individu selon l'équation suivante :

$$IQV = -41 + 11,01 \text{ pHu}_{SM} + 0,105 \text{ IMB}_{GS} - 0,231 L^*_{GS}$$
 (ITP, 1993)

1.1.3. Mesures complémentaires

Plusieurs mesures complémentaires ont été réalisées sur les individus abattus à Jouy-en-Josas, Saint-Gilles et Montfort-sur-Meu (respectivement 117, 118 et 120 porcs).

$$INSAT = \frac{(\%C16:1 + \%C17:1 + \%C18:1 + \%C20:1) + 2 * (\%C18:2 + \%C20:2) + 3 * (\%C18:3 + \%C20:3) + 4 * \%C20:4}{\%C16:1 + \%C17:1 + \%C18:1 + \%C20:1 + \%C18:2 + \%C20:2 + \%C18:3 + \%C20:3 + \%C20:4}$$

et $CONSIST = \frac{\%C16:0 + \%C18:0}{\%C16:1 + \%C18:1 + \%C18:2}$

(ou, par exemple, %C18:2 est la teneur en acide gras C18:2 (acide linoléique) dans l'échantillon de bardière).

Quarante cinq minutes après l'abattage, le pH des muscles LD, SM et SC a été mesuré sur les carcasses (pH45), et des échantillons de muscles LD et SC ont été prélevés afin d'en déterminer le potentiel glycolytique (PG) (MONIN et SELLIER, 1985).

Le lendemain de l'abattage, les opérations suivantes ont été effectuées sur les carcasses :

- mesure de la réflectance du muscle LD (L*_LD) sur une section de la longe au niveau de la 7^{ème} côte ;
- décalque du contour des muscles de la longe (7^{ème} côte) pour mesurer la surface de la noix de côtelette ;
- prélèvement d'échantillons de muscle LD (6^{ème} et 7^{ème} côtes) pour déterminer les teneurs en lipides intramusculaires (LIM), en myoglobine, en matière sèche et en protéines, ainsi que les pertes d'exsudat et à la cuisson (HONICKEL, 1987) ;
- prélèvement d'un morceau de muscle SM pour déterminer le rendement Napole (NAVEAU et al., 1985) ;
- prélèvement d'un morceau de bardière à la jonction de la longe et du jambon, afin d'en déterminer la teneur en eau et la composition en acides gras (AG).

Les teneurs en AG ont ensuite été combinées pour calculer la part d'AG saturés, monoinsaturés, polyinsaturés, le coefficient d'insaturation (INSAT) et l'indice de consistance (CONSIST) du gras de bardière, où :

Tableau 1 - Effets fixes et covariables considérés dans les modèles d'analyse des différents caractères

caractère	effets fixes	covariables
- gain moyen quotidien - épaisseur de lard dorsal <i>in vivo</i> - potentiel glycolytique - composition du muscle LD - composition et qualité de la bardière	- groupe expérimental (G77, G98) - sexe (castrat, femelle) - bande d'engraissement intra-élevage	- poids au début de la période considérée (GMQ) - poids à 20 semaines d'âge (ép. lard dorsal) - poids vif (composition et qualité de la bardière)
- poids de morceaux de découpe - rendement, longueur et teneur en viande maigre de la carcasse - épaisseur de lard sur carcasse - épaisseur de longe - surface de la noix de côtelette	- groupe expérimental (G77, G98) - sexe (castrat, femelle) - bande d'engraissement intra-élevage - abattoir	- poids vif (tous les caractères)
- pH ultime - réflectance - temps d'imbibition du muscle GS - indice synthétique de qualité de la viande (IQV)	- groupe expérimental (G77, G98) - sexe (castrat, femelle) - bande d'engraissement intra-élevage - abattoir - lot d'abattage intra élevage	- poids vif, lorsque l'effet était significatif au seuil de 5 %
- pertes d'exsudat et à la cuisson du muscle LD - pH45 - rendement Napole	- groupe expérimental (G77, G98) - sexe (castrat, femelle) - lot d'abattage intra-élevage	

1.2. Analyse des données

1.2.1. Modèles d'analyses

Les données ont été analysées à l'aide d'un modèle animal en considérant 5 générations d'ancêtres pour les individus G77 et G98, afin de tenir compte des apparentements entre les animaux du dispositif expérimental.

Les effets fixes et covariables considérés dans les modèles d'analyse des caractères sont présentés dans le tableau 1.

Les modèles incluaient également les effets aléatoires de la résiduelle et de la valeur génétique additive de chaque animal, ainsi que celui d'environnement commun aux individus nés dans une même portée lorsqu'une variance non nulle était estimée pour cet effet.

1.2.2. Estimation des évolutions génétiques entre 1977 et 1998

Chaque caractère a été analysé individuellement.

Les composantes de la variance ont tout d'abord été estimées en appliquant la méthode du REML au modèle animal décrit ci-dessus, à l'aide de la version 4.2.5 du logiciel VCE (NEUMAIER et GROENEVELD, 1998). Ces estimations ont ensuite été utilisées avec le même modèle pour résoudre les équations du modèle mixte à l'aide du logiciel PEST (GROENEVELD et al., 1990) afin de calculer le contraste entre les effets des groupes G98 et G77 (D_{98-77}) et son erreur standard (seD_{98-77}), et d'en tester la significativité. Enfin, l'évolution génétique entre 1977 et 1998 (ΔG) et son erreur standard ($se\Delta G$) ont été estimées de la manière suivante :

$$\Delta G = 2 * D_{98-77} \quad \text{et} \quad se\Delta G = 2 * seD_{98-77} \quad (\text{SMITH, 1977})$$

1.2.3. Significativité des évolutions génétiques estimées

Dans cet article, 58 caractères ont été considérés. Or, plus le nombre de tests statistiques effectués est élevé, plus il devient probable que des ΔG soient déclarés significatifs à tort. Il est

donc nécessaire de considérer un risque de première espèce pour chaque test d'hypothèse plus sévère que α (par exemple 5 %), afin de garantir que sur l'ensemble des tests réalisés, la probabilité qu'au moins un ΔG ait été déclaré significatif à tort soit effectivement α . Pour cette expérimentation, les risques élémentaires de type 1 correspondant à des risques globaux de 5 % et 10 % ont respectivement été estimés à 0,0022 et 0,0043 (MILLER, 1981).

2. RÉSULTATS

2.1. Vitesse de croissance

Les résultats présentés dans le tableau 2 montrent que la sélection réalisée dans la population LW a résulté en une augmentation de la vitesse de croissance d'environ un écart type phénotypique (σ_{ph}) ($\Delta G = 75 \pm 21$ g/j en 21 ans pour le GMQ sevrage-abattage). On constate également que l'évolution génétique estimée (EGE) est plus forte et plus significative sur une période allant jusqu'à l'abattage plutôt que jusqu'à 20 semaines d'âge, ce qui suggère que l'amélioration du GMQ a principalement eu lieu en fin d'engraissement.

2.2. Composition de la carcasse (tableaux 2 et 3)

Les EGE pour toutes les mesures d'épaisseur de lard dorsal et pour le poids des pièces grasses (bardière, panne, poitrine) montrent une diminution très forte de l'adiposité de la carcasse. Ainsi, l'épaisseur de lard moyenne mesurée à 20 semaines d'âge, la mesure G1 et le poids de bardière de la demi-carcasse ont, respectivement, diminué de 5,2 $\pm$ 0,7 mm, 10,0 $\pm$ 1,5 mm et 1,41 $\pm$ 0,29 kg en 21 ans.

Inversement, les individus G98 présentent des poids de morceaux maigres (jambon, longe, hampe) et une surface de noix de côtelette supérieurs à ceux des individus G77. En conséquence, les deux estimateurs de la TVM de la carcasse ont augmenté d'environ 2,5 σ_{ph} entre 1977 et 1998 ($p < 0,0001$).

Tableau 2 - Evolutions génétiques estimées entre 1977 et 1998 pour la vitesse de croissance et l'épaisseur de lard dorsal *in vivo*

Caractère	Effectifs ¹		perf. moy. ²	σ_{ph} ³	$\Delta G \pm se\Delta G$ ⁴	Pr > t pour H0: $\Delta G=0$ ⁵
	G77	G98				
Gain moyen quotidien (g/j)						
- du sevrage à 20 semaines d'âge	906	1091	699	85	59 $\pm$ 24	0,0123
- du sevrage à l'abattage	1200	1475	737	62	75 $\pm$ 21	0,0003
- de 10 à 20 semaines d'âge	988	1213	858	103	36 $\pm$ 24	0,1390
- de 10 semaines d'âge à l'abattage	1287	1610	883	85	77 $\pm$ 27	0,0043
Epaisseur de lard dorsal à 20 semaines d'âge (mm)						
- rein (moyenne droite-gauche)	988	1213	12,9	2,2	-5,9 $\pm$ 0,9	<0,0001
- dos (moyenne droite-gauche)	988	1213	10,7	1,9	-4,9 $\pm$ 0,7	<0,0001
- cou (moyenne droite-gauche)	988	1213	17,0	2,4	-4,7 $\pm$ 0,8	<0,0001
- moyenne des 6 mesures	988	1213	13,5	1,9	-5,2 $\pm$ 0,7	<0,0001

¹ nombre d'individus G77 et G98 contrôlés ; ² moyenne brute des performances ; ³ estimation REML de l'écart type phénotypique ; ⁴ évolution génétique estimée entre 1977 et 1998 et son erreur standard ; ⁵ probabilité associée à l'hypothèse nulle H0: « $\Delta G=0$ » pour le caractère élémentaire considéré.

Tableau 3 - Evolutions génétiques estimées entre 1977 et 1998 pour les caractères de composition de la carcasse

Caractère	Effectifs ¹		perf. moy. ¹	σ_{ph} ¹	$\Delta G \pm es\Delta G$ ¹	Pr > f pour H0: $\Delta G=0$ ¹
	G77	G98				
Rendement de carcasse (%)	852	996	77,6	1,8	-0,7 $\pm$ 0,6	0,2647
Poids des morceaux de découpe						
- jambon (kg) (demi-carcasse)	506	559	9,67	0,50	0,56 $\pm$ 0,20	0,0053
- longe (kg) (demi-carcasse)	504	560	10,45	0,68	0,85 $\pm$ 0,30	0,0043
- épaule (kg) (demi-carcasse)	506	559	8,32	0,51	-0,17 $\pm$ 0,16	0,2730
- bardièrre (kg) (demi-carcasse)	504	559	3,04	0,60	-1,41 $\pm$ 0,29	<0,0001
- poitrine (kg) (demi-carcasse)	506	560	5,30	0,45	-0,26 $\pm$ 0,14	0,0560
- pieds (kg) (demi-carcasse)	482	549	0,97	0,071	0,051 $\pm$ 0,030	0,0841
- tête (kg)	320	403	4,72	0,34	0,19 $\pm$ 0,14	0,1753
- panne (kg)	116	120	0,96	0,27	-0,33 $\pm$ 0,14	0,0206
- hampe (kg)	116	120	0,31	0,034	0,035 $\pm$ 0,019	0,0622
Teneur en viande maigre « découpe » (%)	481	550	55,7	3,5	8,6 $\pm$ 1,7	<0,0001
Longueur pubis-atlas (mm)	579	673	992	27	-7 $\pm$ 11	0,5375
Mesures linéaires CGM (mm)						
- épaisseur de lard G1	857	1032	19,7	3,8	-10,0 $\pm$ 1,5	<0,0001
- épaisseur de lard G2	857	1032	17,0	3,5	-8,9 $\pm$ 1,3	<0,0001
- épaisseur de longe M2	857	1032	52,1	5,4	6,0 $\pm$ 2,1	0,0054
Teneur en viande maigre « CGM » (%)	857	1032	58,3	2,9	7,5 $\pm$ 1,2	<0,0001
Surface de la noix de côtelette (7 ^{ème} côte) (cm ²)	170	167	43,3	5,4	6,6 $\pm$ 2,1	0,0020
Epaisseurs de lard dorsal à la fente (mm)						
- rein	553	649	18,6	3,9	-7,9 $\pm$ 1,6	<0,0001
- dos	553	649	19,2	3,3	-7,3 $\pm$ 1,2	<0,0001
- cou	553	649	30,6	4,6	-7,0 $\pm$ 1,5	<0,0001
- moyenne rein-dos-cou	553	649	22,8	3,4	-7,4 $\pm$ 1,3	<0,0001

¹ voir le tableau 2 pour la signification des abréviations

Les résultats semblent indiquer une légère tendance à l'augmentation du poids de pieds ($p=0,08$) et de tête ($p=0,18$), ce qui suggère un développement squelettique plus important des individus G98. Ce résultat est cohérent avec l'amélioration de la vitesse de croissance, les individus avec un GMQ supérieur étant abattus plus jeunes et physiologiquement moins matures que les animaux de plus faible GMQ.

On constate enfin que la longueur et le rendement de carcasse sont identiques dans les deux groupes expérimentaux.

2.3. Qualité de la viande (tableau 4)

Les individus G98 présentent des pH45 légèrement plus faibles que ceux des individus G77 (différences non significatives). On constate également une diminution des pHu entre 1977 et 1998 comprise entre -0,10 $\pm$ 0,06 pour les muscles GS et LD et -0,16 $\pm$ 0,07 pour les muscles AF et SM. La plupart de ces évolutions sont significatives à un seuil élémentaire de 10%, mais pas à un seuil global.

L*_{GM} semble avoir légèrement augmenté au cours du temps ($p=0,04$), mais L*_{LD} et L*_{GS} n'ont pas évolué. La teneur en myoglobine du muscle LD, identique dans les deux

groupes expérimentaux, confirme la stabilité de la couleur de ce muscle.

Les résultats indiquent également une augmentation significative de la capacité de rétention d'eau du muscle GS (IMB_{GS}). Cette amélioration ne compense cependant pas la diminution du pHu_{DM} dans le calcul de l'IQV, qui montre donc une tendance défavorable (-0,6 σ_{ph} en 21 ans, $p=0,11$).

On constate une évolution défavorable du PG des muscles. Celle-ci est particulièrement marquée pour le muscle LD (de type métabolique glycolytique), dont le PG a augmenté d'un σ_{ph} en 21 ans, mais est beaucoup plus faible pour le muscle SC (de type métabolique oxydatif, dont le PG est plus bas et moins variable que celui du muscle LD).

L'analyse chimique du muscle LD montre également que les teneurs en matière sèche et en lipides intramusculaires de ce muscle sont restées stables, mais que sa teneur en protéines semble avoir diminué.

Les individus G98 présentent enfin de moins bons rendements de transformation que les individus G77. En effet, le

Tableau 4 - Evolutions génétiques estimées entre 1977 et 1998 pour les caractères de qualité technologique de la viande

Caractère	Effectifs ¹		perf. moy. ¹	σ_{ph} ¹	$\Delta G \pm es\Delta G$ ¹	Pr > f pour H0: $\Delta G=0$ ¹
	G77	G98				
pH 45 minutes <i>post mortem</i>						
- muscle <i>Longissimus dorsi</i> (pH ₄₅ LD)	116	119	6,53	0,17	-0,06 ± 0,07	0,4175
- muscle <i>Semimembranosus</i> (pH ₄₅ SM)	116	119	6,61	0,17	-0,08 ± 0,05	0,1131
- muscle <i>Semispinalis capitis</i> (pH ₄₅ SC)	116	119	6,61	0,13	-0,03 ± 0,05	0,4872
pH 24 heures <i>post mortem</i> (pH ultime)						
- muscle <i>Adductor femoris</i> (pH ₂₄ AD)	499	570	6,02	0,25	-0,16 ± 0,08	0,0529
- muscle <i>Gluteus superficialis</i> (pH ₂₄ GS)	499	570	5,74	0,19	-0,10 ± 0,06	0,0897
- muscle <i>Longissimus dorsi</i> (pH ₂₄ LD)	499	570	5,81	0,21	-0,11 ± 0,06	0,0624
- muscle <i>Semimembranosus</i> (pH ₂₄ SM)	489	550	5,81	0,21	-0,16 ± 0,07	0,0150
- muscle <i>Semispinalis capitis</i> (pH ₂₄ SC)	488	550	6,45	0,28	-0,12 ± 0,09	0,1681
Réflexance (L*)						
- muscle <i>Longissimus dorsi</i> (L_LD)	179	180	55,9	4,3	0,4 ± 1,5	0,7981
- muscle <i>Gluteus medius</i> (L_GM)	490	550	44,0	4,0	2,5 ± 1,2	0,0434
- muscle <i>Gluteus superficialis</i> (L_GS)	499	570	48,2	4,0	1,3 ± 1,3	0,3295
Indice bicolore = L_GS – L_GM	490	550	4,1	4,5	-0,9 ± 0,8	0,2205
Temps d'imbibition du muscle <i>Gluteus superficialis</i> (IMB_GS) (secondes)	496	567	116	52	37 ± 12	0,0016
Indice synthétique de qualité de viande (IQV) %	487	547	88,2	2,9	-1,6 ± 1,0	0,1074
Pertes d'exsudat du muscle <i>Longissimus dorsi</i> (%)	179	180	3,7	1,9	1,0 ± 0,8	0,1995
Pertes à la cuisson du muscle <i>Longissimus dorsi</i> (%)	116	120	25,5	2,4	1,9 ± 0,9	0,0364
Rendement technologique NAPOLE (%)	178	178	92,8	3,6	-3,2 ± 1,4	0,0273
Potentiel glycolytique (µmol/g de tissu frais)						
- muscle <i>Longissimus dorsi</i> (PG_LD)	177	179	55	16	17 ± 6	0,0049
- muscle <i>Semispinalis capitis</i> (PG_SC)	116	118	16,1	7,5	2,9 ± 3,0	0,3459
Composition du muscle <i>Longissimus dorsi</i>						
- matière sèche (%)	179	180	26,0	0,81	-0,07 ± 0,28	0,8168
- lipides intramusculaires (g / 100g de muscle)	179	179	2,45	0,84	0,19 ± 0,40	0,6323
- protéines (g / 100g de muscle)	179	180	21,72	0,67	-0,33 ± 0,18	0,0638
- myoglobine (µg / g de muscle)	179	179	738	165	-37 ± 61	0,5472

¹ voir le tableau 2 pour la signification des abréviations**Tableau 5** - Evolutions génétiques estimées entre 1977 et 1998 pour la teneur en eau et la composition en acides gras de la bardière

Caractère	Effectifs ¹		perf. moy. ¹	σ_{ph} ¹	$\Delta G \pm es\Delta G$ ¹	Pr > f pour H0: $\Delta G=0$ ¹
	G77	G98				
Teneur en eau de la bardière (%)	179	178	10,3	2,0	4,6 ± 1,0	<0,0001
Proportion d'acides gras saturés (%)	177	180	39,9	2,3	-2,3 ± 0,8	0,0041
Proportion d'acides gras insaturés (%)	177	180	60,1	2,3	2,3 ± 0,8	0,0041
Proportion d'acides gras monoinsaturés (%)	177	180	45,1	1,7	-0,0 ± 0,7	0,9471
Proportion d'acides gras polyinsaturés (%)	177	180	15,1	2,1	2,6 ± 0,8	0,0022
Coefficient d'insaturation	177	180	1,275	0,033	0,033 ± 0,013	0,0126
Indice de consistance	177	180	0,674	0,064	-0,065 ± 0,021	0,0028

¹ voir le tableau 2 pour la signification des abréviations

rendement Napole du muscle GS semble avoir diminué au cours du temps (-3,2 ± 1,4 % en 21 ans), et les pertes d'exsudat et à la cuisson du muscle LD tendent à avoir augmenté.

2.4. Composition du gras de bardière (tableau 5)

On constate que la teneur en eau du gras de bardière a très significativement augmenté entre 1977 et 1998 ($\Delta G=2,3 \pm 0,5 \sigma_{ph}$). La proportion d'acides gras saturés a diminué au profit des acides gras polyinsaturés (la propor-

tion d'acides gras monoinsaturés est restée identique), et l'indice de consistance du gras des individus G98 est significativement plus faible.

3. DISCUSSION

3.1. Généralités

L'utilisation de semence congelée est un moyen simple et efficace pour estimer les évolutions génétiques réalisées dans

une population animale. Cependant, cette méthode permet uniquement de comparer le niveau génétique de la population au début et à la fin de la période considérée, sans donner d'indication sur le «profil» de cette évolution.

Le dispositif d'amélioration génétique LW a cependant connu plusieurs changements majeurs entre 1977 et 1998 (inclusion successive de nouveaux caractères dans l'objectif de sélection, mise en place de l'évaluation génétique nationale BLUP-modèle animal à partir de 1994 ; TRIBOUT et al., 1998), et il est donc probable que les évolutions génétiques n'ont pas été linéaires pour la plupart des caractères. En effet, la sélection sur de nouveaux caractères a réduit la pression de sélection sur les caractères les plus «anciens» (croissance et TVM). Inversement, l'évolution moyenne sur 21 ans sous-estime l'efficacité du travail de sélection sur les caractères sélectionnés depuis moins longtemps (IQV). Nos résultats et ceux d'autres auteurs obtenus sur la population LW mais sur des périodes différentes ne sont donc pas directement comparables.

3.2. Vitesse de croissance

Les diverses études d'évaluation du progrès génétique réalisé sur la croissance en engraissement dans la population LW présentent des conclusions très diverses. Ainsi, OLLIVIER et al. (1991) ont conclu à une amélioration très forte du GMQ entre 1977 et 1987 ($12,8 \pm 3,1$ g/j par an) dans une précédente expérimentation à base de semence congelée, alors que DUCOS et BIDANEL (1993) ont estimé une augmentation très faible ($0,76$ g/j par an) entre 1977 et 1990 en utilisant la méthodologie du BLUP-modèle animal. L'évaluation génétique nationale (méthodologie du BLUP-modèle animal) conclut pour sa part à une augmentation annuelle du GMQ de 5 g/j entre 1993 et 1998 (ITP, 1999).

BAZIN et al. (2003), dans le volet complémentaire de la présente étude, obtiennent une évolution beaucoup plus forte que la nôtre sur une période pourtant comparable (1977 à 2000) pour le GMQ des individus engraisés en station de contrôle ($9,1 \pm 2,2$ g/j par an), mais un résultat proche du nôtre pour les animaux engraisés en ferme ($3,3 \pm 1,2$ g/j par an).

3.3. Caractères de la carcasse

La très forte réponse à la sélection observée sur les caractères d'adiposité et de teneur en viande maigre de la carcasse est cohérente avec la forte héritabilité de ces caractères.

Les EGE pour l'épaisseur de lard moyenne à 20 semaines d'âge ($-0,25 \pm 0,03$ mm/an entre 1977 et 1998) sont très proches des évolutions estimées en première génération de ce dispositif ($-0,25 \pm 0,03$ mm/an ; TRIBOUT et al., 2001) et des résultats de BAZIN et al. (2003) ($-0,24 \pm 0,03$ mm/an entre 1977 et 2000) et TIXIER et SELLIER (1986) ($-0,26 \pm 0,02$ mm/an entre 1970 et 1981).

L'augmentation de la TVM ne semble pas avoir résulté en un allongement de la carcasse, contrairement à ce que laissait prévoir la corrélation génétique entre ces deux caractères ($rg=0,18$; STEWART et SCHINKEL, 1989).

3.4. Qualité de la viande et du gras

3.4.1. Qualité de la viande

La quantité de muscle contenue dans la carcasse est corrélée défavorablement avec la plupart des caractères de qualité de la viande (SELLIER, 1998). Compte tenu du très fort progrès réalisé sur la TVM, les tendances observées dans cette étude sont donc cohérentes avec cet antagonisme, sauf pour IMB_GS qui s'est significativement amélioré. Cette dernière évolution est d'autant plus étonnante que les pertes d'exsudat du muscle LD semblent avoir augmenté (évolution non significative). TRIBOUT et BIDANEL (1996) ont cependant rapporté des corrélations génétiques positives dans la population LW entre IMB_GS et le GMQ ($0,27 \pm 0,06$) et la TVM ($0,16 \pm 0,05$) qui pourraient expliquer cette amélioration.

Bien que très peu d'EGE soient significatives à un seuil global pour les indicateurs de qualité des muscles étudiés, la cohérence des EGE pour l'ensemble des caractères et le nombre élevé d'évolutions significatives à un seuil élémentaire suggèrent néanmoins une tendance générale défavorable pour la qualité technologique de la viande, malgré la contrainte visant à stabiliser l'IQV incluse dans l'objectif de sélection LW dès 1985 (TRIBOUT et al., 1998). Il est cependant probable que la dégradation aurait été plus forte en l'absence de cette contrainte.

Cette tendance confirme les résultats de OLLIVIER et al. (1991) et DUCOS et BIDANEL (1993), qui ont également rapporté une légère dégradation de l'IQV sur leurs périodes d'étude respectives (toutes avant 1990). Les résultats de l'évaluation génétique nationale BLUP-modèle animal indiquent cependant une stabilité de l'IQV entre 1993 et 1998 (ITP, 1999), ce qui laisse penser que la dégradation constatée ici pourrait être antérieure à 1993, et serait depuis maîtrisée. Ceci peut également suggérer que les évolutions génétiques de l'évaluation nationale pour l'IQV sont incorrectes, du fait par exemple de l'utilisation de paramètres génétiques inadéquats ou d'un trop faible nombre d'individus contrôlés en station (avec performance d'IQV) par rapport aux candidats en ferme.

Les EGE de la présente étude sont nettement moins défavorables que celles rapportées par BAZIN et al. (2003) entre 1977 et 2000 pour le pHu_SM ($\Delta G=-0,26 \pm 0,09$), L*_GS ($\Delta G=5,7 \pm 1,7$) ou l'IQV ($\Delta G=-4,6 \pm 1,3$). Le plus faible effectif d'individus contrôlés pour ces caractères et le choix des verrats nés en 1999-2000 dans l'étude de BAZIN et al. (2003) pourraient expliquer cette divergence de résultats.

En dépit de la corrélation génétique positive existant entre l'épaisseur de lard dorsal et la quantité de LIM ($rg=0,30$; SELLIER, 1998), ce dernier caractère semble être resté stable, à un niveau acceptable pour les consommateurs ($2,45$ g/100 g ; FERNANDEZ et al., 1999). L'amélioration du GMQ en engraissement, qui présente une corrélation très légèrement positive avec la teneur en LIM dans la population LW ($rg=+0,09 \pm 0,10$; Maignel et al., 1998) pourrait avoir compensé, au moins en partie, l'effet de la diminution d'adiposité de la carcasse.

3.4.2. Caractères de qualité du gras de bardière

Les évolutions de la composition du gras de bardière sont cohérentes avec les corrélations génétiques rapportées par MAIGNEL et al. (1998) entre la TVM de la carcasse d'une part et la teneur en eau et l'indice de consistance du gras de la bardière d'autre part (0,35 et -0,30, respectivement).

D'un point de vue technologique, nos résultats signifient que les individus actuels présentent des gras plus mous et plus sensibles à l'oxydation qu'il y a 20 ans. Même s'il est possible de contrôler le taux d'insaturation des lipides de la bardière au travers de l'aliment fourni en engraissement, et d'adapter dans une certaine mesure les processus de transformation à la qualité du gras, il semble néanmoins important de prendre en compte cette évolution dans les programmes d'amélioration génétique des populations. Ceci nécessite cependant de trouver un critère de mesure simple, rapide et peu onéreux pour ce caractère (DAVENEL et al., 1998).

CONCLUSIONS

Cette expérimentation a permis d'étudier dans la population LW les conséquences de 20 ans de sélection sur de nom-

breux caractères, pour la plupart desquels aucune information n'était disponible par ailleurs.

Ces résultats montrent que le travail de sélection réalisé entre 1977 et 1998 a conduit à une amélioration modérée de la vitesse de croissance et à une augmentation très forte de la TVM de la carcasse. Une tendance à la dégradation de la plupart des critères de qualité technologique de la viande a également été observée, mais il n'a pas été possible de déterminer si cette dégradation est ancienne et maintenant stabilisée, ou si elle continue. Cette tendance est modérée mais ne doit cependant pas être négligée, et il sera nécessaire de mieux contrôler ces caractères à l'avenir.

Cette étude a enfin permis de révéler une évolution défavorable de la qualité de la bardière, suggérant l'opportunité de prendre en compte ce caractère dans le dispositif d'amélioration génétique collectif.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche pour son soutien financier, les agents des Unités Expérimentales et des abattoirs INRA, ainsi que le personnel des abattoirs ayant participé à cette expérimentation.

Avec la participation de :

M. ALIX (8), J. BAILLY (2), E. BAYLE (2), J.M. BASTARD (9), J. BOULAY (9), J. CHARGELEGUE (4), S. CREPEL (5), J.P. DESTOUCHE (5), P. EPAGNAUD (2), M. GENISSEL (5), F. GUIRAUD (4), L. GRESSIN (3), M. LAPOUMEROULIE (3), C. LEBOURHIS (2), S. MOREAU (4), C. MOUROT (8), J. MOUROT (8), L. UDIN (5), Y. UDIN (5),
(8) I.N.R.A., Unité Mixte de Recherche Veau et Porc, 35590 Saint-Gilles
(9) I.N.R.A., abattoir expérimental du CRJ, 78352 Jouy-en-Josas

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAZIN C., TIGER E., TRIBOUT T., BOUFFAUD M., MADIGAND G., BOULARD J., DESCHODT G., FLEHO J.Y., GUEBLEZ R., MAIGNEL L., BIDANEL J.P., 2003. J. Rech. Porcine, 35, 277-284.
- DAUMAS G., CAUSEUR D., DHORNE T., SCHOLLHAMMER E., 1998. J. Rech. Porcine en France, 30, 1-6.
- DAVENEL A., RIAUBLANC A., POMMERET P., MARCHAL P., GANDEMÉR G., 1998. J. Rech. Porcine en France, 30, 29-35.
- DUCOS A., BIDANEL J.P., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 59-63.
- FERNANDEZ X., MONIN G., TALMANT A., MOUROT J., LEBRET B., 1999. Meat Science, 53, 67-72.
- GROENEVELD E., KOVAC M., WANG T., 1990. Proceedings of the 4th World Congress on Genetic Applied to Livestock Production, Edinburgh, 488-491.
- HONICKEL K.O., 1987. In « Evaluation and control of meat quality in pigs », Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands, 129-142.
- INSTITUT TECHNIQUE DU PORC, 1993. Le nouvel IQV. Document interne, 2p.
- INSTITUT TECHNIQUE DU PORC, 1999. Le Porc par les Chiffres, 47p.
- MAIGNEL L., GUEBLEZ R., BARDINAL M., GARREAU H., BIDANEL J.P., SELLIER P., 1998. J. Rech. Porcine en France, 30, 73-80.
- METAYER A., DAUMAS G., 1998. J. Rech. Porcine en France, 30, 7-11.
- MILLER R.G. Jr., 1981. Simultaneous Statistical Inference, eds Springer-Verlag, New York Heidelberg Berlin, 299p.
- MONIN G., SELLIER P., 1985. Meat Science, 13, 49-63.
- NAVEAU J., POMMERET P., LECHAUX P., 1985. Techniporc, 8(6), 7-13.
- NEUMAIER A., GROENEVELD E., 1998. Genet. Sel. Evol., 30, 3-26.
- OLLIVIER L., LAGANT H., GRUAND J., MOLENAT M., 1991. J. Rech. Porcine en France, 23, 389-394.
- SELLIER P., 1998. Genetics of Meat and Carcass Traits, in CAB International, The Genetics of the Pig, eds M.F. Rothschild and A. Ruvinsky, 463-510.
- SMITH C., 1977. Z. Tierzüchtg. Züchtgsbiol. 94, 119-127.
- STEWART T.S., SCHINKEL A.P., 1989. Genetic parameters for swine growth and carcass traits, in Young L.D. (ed.) Genetics of Swine. USDA-ARS, Clay Center, Nebraska, 77-79.
- TIXIER M., SELLIER P., 1986. Génét. Sél. Evol., 18, 185-212.
- TRIBOUT T., BIDANEL J.P., 1999. In proceedings of 49th EAAP, Zurich.
- TRIBOUT T., BIDANEL J.P., GARREAU H., FLEHO J.Y., GUEBLEZ R., LE TIRAN M.H., LIGONESCHE B., LORENT P., DUCOS A., 1998. J. Rech. Porcine en France, 30, 95-100.
- TRIBOUT T., CARITEZ J.C., GOGUE J., GRUAND J., BILLON Y., BOUFFAUD M., LAGANT H., LE DIVIDICH J., THOMAS F., QUESNEL F., GUEBLEZ R., BIDANEL J.P., 2003. J. Rech. Porcine, 35, 285-292.
- TRIBOUT T., LAGANT H., CARITEZ J.C., GOGUE J., GRUAND J., GUEBLEZ R., LABROUE F., BIDANEL J.P., 2001. J. Rech. Porcine en France, 33, 119-125.