

Relations génétiques entre efficacité alimentaire et cinétiques de croissance et d'ingestion chez le porc Large White

Hélène GILBERT (1), Syrina AL AÏN (1), Pierre SELLIER (1), Hervé LAGANT (1), Yvon BILLON (2), Jean-Pierre BIDANEL (1), Philippe GUILLOUET (3), Jean NOBLET (4), Jaap VAN MILGEN (4), Ludovic BROSSARD (4)

(1) INRA, 1313 GABI, F-78350 Jouy-en-Josas

(2) INRA, UE967 GEPA, F-17700 Surgères

(3) INRA, UE88 UEICP, F-86480 Rouillé

(4) INRA, UMR1079 SENAH, F-35000 Rennes

helene.gilbert@jouy.inra.fr

Avec la collaboration technique de Aurélia Priet (2), Stéphane Moreau (2), Franck Guiraud (2), Philippe Gerbe (2), Philippe Epagnaud (2) et Jean Bailly (2).

Relations génétiques entre efficacité alimentaire et cinétiques de croissance et d'ingestion chez le porc Large White

La consommation moyenne journalière résiduelle (CMJR) est définie comme la différence entre consommation moyenne journalière (CMJ) observée et CMJ prédite d'après les besoins d'entretien et de production de l'animal. Une expérience de sélection divergente pour la CMJR en race Large White a été conduite à l'INRA pendant 5 générations. Les consommations moyennes journalières des mâles candidats à la sélection étaient enregistrées entre les poids vifs fixes de 35 et 95 kg à l'aide de distributeurs électroniques d'aliment. Les pesées hebdomadaires des animaux ont été traitées conjointement avec les consommations journalières pour déterminer les paramètres descriptifs des cinétiques individuelles de croissance et d'ingestion à l'aide, respectivement, d'une fonction de Gompertz et d'une fonction puissance. Les estimations d'héritabilités sont de 0,18-0,19 pour les descripteurs des formes des courbes de croissance et d'ingestion. Elles sont plus élevées (0,27 à 0,43) pour les paramètres liés à l'amplitude de l'ingestion (Y_{50} , consommation prédite à 50 kg) et de la croissance ($GMQ_{65j-110kg}$, PV_{65j} , $âge_{110kg}$). Les corrélations avec CMJR, CMJ et durée de consommation journalière montrent qu'une forte ingestion en début de contrôle, associée à une croissance précoce rapide, est liée à une CMJR plus élevée, c'est-à-dire à une moindre efficacité alimentaire. Aucune corrélation n'est observée relativement à la vitesse d'ingestion. Suite à la sélection divergente, les deux lignées diffèrent significativement à la génération 5 pour tous les descripteurs des cinétiques de croissance et d'ingestion. Le paramètre Y_{50} est héritable (0,41) et est bien corrélé génétiquement avec CMJR (0,61), ce qui pourrait en faire un prédicteur intéressant de l'efficacité alimentaire.

Genetic relationships between feed efficiency, growth and feed intake profiles in Large White pigs

Residual feed intake (RFI) is defined as the difference between the observed daily feed intake (DFI) and the "theoretical" DFI predicted from maintenance and production requirements. Divergent selection for RFI has been conducted for five generations in Large White male pigs recorded from 35 to 95 kg live weight in collective pens equipped with single-place electronic feeders. Males were weekly weighted. The DFI and body weights (BW) were jointly analysed to estimate parameters for each individual animal describing growth curve ($B_{Gompertz}$, $ADG_{65d-110kg}$, BW_{65d} and age_{110kg} ; using a Gompertz function of age) and feed intake profile (a_{intake} , b_{intake} and Y_{50} ; using a power function of BW). Heritability estimates were 0.18 to 0.19 for the shape parameters ($B_{Gompertz}$ and b_{intake}), and were higher (0.27 to 0.43) for the parameters directly related to the magnitude of feed intake (Y_{50} , predicted daily feed intake at 50 kg BW) and growth ($ADG_{65d-110kg}$, BW_{65d} , age_{110kg}). Correlations of these parameters with RFI, DFI and eating time per day showed that higher early feed intake and higher early growth rate were genetically related to higher RFI, indicating a lower feed efficiency. Correlations implying eating rate were close to zero. As Y_{50} displays an heritability of 0.41 and a fairly high genetic correlation with RFI (0.61), it could be an interesting predictor for RFI.

INTRODUCTION

L'amélioration de l'efficacité alimentaire du porc en croissance est un objectif majeur dans le contexte actuel de forte augmentation du prix de l'aliment du bétail et de renforcement de l'attention accordée à la réduction de l'impact des activités d'élevage sur l'environnement. L'efficacité alimentaire est sélectionnée classiquement à partir de l'indice de consommation, qui entraîne indifféremment l'augmentation de la vitesse de croissance et/ou du rapport muscle/gras de la carcasse. Pour mieux maîtriser les conséquences de la sélection pour l'efficacité alimentaire sur les caractères intéressant la production, le concept de consommation résiduelle a été proposé. Il permet d'exploiter la variabilité génétique de la consommation alimentaire « corrigée » pour les besoins prédits d'entretien et de production (Labroue et al., 1999).

Une expérience de sélection divergente chez le porc Large White a été conduite pendant 5 générations à l'INRA. Des enregistrements hebdomadaires du poids vif et des enregistrements journaliers de la consommation alimentaire ont ainsi été accumulés en association avec les estimations de consommation moyenne journalière résiduelle (CMJR) et du comportement alimentaire. Afin de comparer les cinétiques de croissance et d'ingestion des deux lignées divergentes, ce grand nombre de données individuelles impose de recourir à une méthode qui permette de les résumer en un nombre limité de paramètres pertinents (Brossard et al., 2006). Cette étude présente les estimations de paramètres génétiques qui ont été réalisées pour les critères descriptifs des cinétiques de croissance (à l'aide d'une fonction de Gompertz de l'âge de l'animal) et d'ingestion (à l'aide d'une fonction puissance du poids vif) à partir des enregistrements sur les lignées divergentes. Les corrélations génétiques avec la CMJR et des paramètres descriptifs du comportement alimentaire sont exposées.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Population

L'expérience de sélection divergente sur la CMJR a été conduite sur 5 générations entre 2000 et 2006 sur l'UE de GEPA (sites de Rouillé et Le Magneraud) à l'INRA. Les mâles candidats à la sélection étaient élevés en groupe de 12 porcs dans des loges munies d'un automate d'alimentation Acema 64. Les deux lignées divergentes (CMJR⁺ pour les animaux à CMJR élevée, CMJR⁻ pour les animaux à CMJR faible) ont été conduites de façon contemporaine, avec six verrats et 40 truies par lignée à chaque génération. Le dispositif général de l'expérience est décrit en détail par Gilbert et al. (2006). Les animaux retenus pour cette étude sont les mâles entiers candidats à la sélection, soit 920 mâles.

1.2. Caractères étudiés

1.2.1. CMJR et comportement alimentaire

Le critère de sélection CMJR a été calculé entre 35 et 95 kg de poids vif (PV). Il dépend de la consommation moyenne journalière (CMJ) et du gain moyen quotidien (GMQ) entre 35 et 95 kg de PV, et d'une estimée de la composition tissulaire du gain de

poids (épaisseur de lard dorsal mesurée aux ultra-sons à 95 kg PV ou ELD) selon la formule suivante :

$$CMJR = CMJ (g) - 1,06 GMQ (g) - 37 ELD (mm).$$

L'indice de sélection a été calculé intra-bande de contrôle (48 porcs par bande) pour chaque candidat à la sélection et il a été ensuite standardisé avec une moyenne de 100 points et un écart type de 20 points.

Le comportement alimentaire des animaux a été étudié à l'aide de caractères décrits par Labroue et al. (1994) et calculés pour la même période de contrôle : consommation moyenne journalière (CMJ), durée de consommation journalière (DCJ), vitesse d'ingestion (VI).

Des calculs intermédiaires de CMJR, CMJ, DCJ et VI ont été menés de façon similaire pour estimer les critères liés à la consommation pour 2 sous-périodes : entre 35 et 65 kg de PV, et entre 65 et 95 kg de PV.

1.2.2. Cinétiques de croissance et d'ingestion

Entre 70 jours d'âge et 100 kg de PV, les animaux étaient pesés chaque semaine. La consommation d'aliment était enregistrée chaque jour. Nous avons appliqué pour chaque porc une fonction de Gompertz pour analyser l'évolution du PV en fonction de l'âge. Une fonction classique de Gompertz comprend trois paramètres dont un paramètre de forme (B) et un paramètre correspondant à la valeur du PV à maturité. La période couverte par la présente étude ne permettant pas d'estimer le poids vif à maturité, il était plus pertinent de paramétrer cette fonction pour décrire la croissance entre 65 j d'âge et 110 kg de PV en appliquant la forme de la fonction de Gompertz décrite par Schnute (1981). En utilisant la procédure NLIN de SAS (version 8.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) appliquée à la fonction de Gompertz ci-dessous, nous avons pu définir pour chaque animal les 4 paramètres suivants : la précocité de la croissance entre 65 j d'âge et 110 kg de PV ($B_{Gompertz}$), le GMQ entre 65 j et 110 kg de PV ($GMQ_{65j-110kg}$), l'espérance du PV à 65 j d'âge (PV_{65j}) et l'âge attendu à 110 kg de PV (\hat{age}_{110kg}). Le modèle statistique n'a besoin que de 3 paramètres, le 4^{ème} paramètre pouvant être calculé à partir des 3 autres. Le paramètre $B_{Gompertz}$ est un indicateur de la forme de la courbe de croissance, une valeur élevée traduisant une croissance précoce. Le $GMQ_{65j-110kg}$ renseigne sur l'amplitude du gain de poids pendant la croissance et le PV_{65j} sur la performance initiale.

$$PV = 110 \left(\frac{110}{PV_{65j}} \right)^{\left(\frac{-\exp(-B_{Gompertz}(\hat{age}_{110kg}-65)) + \exp(-B_{Gompertz}(\hat{age}-65))}{\exp(-B_{Gompertz}(\hat{age}_{110kg}-65)) - 1} \right)}$$

$$\text{et } GMQ_{65j-110kg} = (110 - PV_{65j}) / (\hat{age}_{110kg} - 65).$$

A partir de la fonction de Gompertz obtenue et des données de consommation (en kg/j) en fonction de l'âge, nous avons calculé le PV en fonction de l'âge pour obtenir les couples de données quantité ingérée (QI)-PV à chaque jour de mesure. Les données ainsi transformées ont été analysées par animal avec la procédure NLIN de SAS en utilisant le modèle général $QI = a_{conso} \times PV^{b_{conso}}$. Le paramètre a_{conso} correspond à l'amplitude de la

courbe. Le paramètre b_{conso} renseigne sur la forme de la courbe. A une valeur de zéro pour b_{conso} correspond une consommation constante (indépendante du PV) alors qu'une valeur de 1 indique que la consommation est proportionnelle au PV. Entre ces deux valeurs, une valeur faible indique une consommation plus précoce (relativement au PV), c'est-à-dire une consommation qui s'accroît plus rapidement en début de croissance. Les paramètres a_{conso} et b_{conso} étant fonctionnellement liés, nous avons choisi d'utiliser un paramètre descriptif de l'ingestion plus indépendant de b_{conso} pour augmenter la puissance de l'analyse. Nous avons donc défini le paramètre $Y50 = a_{\text{conso}} \times 50^{b_{\text{conso}}}$ qui correspond à l'espérance de la quantité ingérée (en kg/j) par un animal de 50 kg de PV. Cette paramétrisation permet de décrire la consommation quotidienne par un paramètre de la consommation en milieu de croissance (Y50) et un paramètre décrivant l'allure de la courbe (b_{conso}).

1.3. Analyses statistiques

La méthode REML utilisée avec un modèle animal individuel permet de prendre en compte l'ensemble de l'information généalogique des animaux contrôlés pour l'estimation des paramètres génétiques. Dans cette étude, la généalogie comprenait les animaux de l'expérimentation, soit 5 générations, plus au maximum 9 générations d'ancêtres. Les données ont été analysées à l'aide d'un modèle multicaractère avec le logiciel VCE4.5 (Neumaier et Groeneveld, 1998). Le seul effet aléatoire considéré est la valeur génétique de chaque animal. Les effets fixes retenus dans les analyses de tous les caractères (sauf la CMJR déjà corrigée pour l'effet bande) sont la bande de contrôle (25 niveaux), l'effectif de la loge (5 classes : $\leq 8, 9, 10, 11$, ou 12 animaux) et l'élevage d'origine (Le Magneraud ou Rouillé). Les estimées de valeurs génétiques ont été analysées à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS afin de tester la signification statistique des divergences entre les lignées.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Statistiques élémentaires

Les moyennes et écarts types phénotypiques des caractères estimés pour l'ensemble des générations et lignées sont donnés dans le tableau 1. Les valeurs moyennes sont légèrement en deçà des valeurs de la littérature pour des mâles entiers Large White alimentés à volonté en ce qui concerne la consommation d'aliment (1,97 kg/jour) et la vitesse de croissance (799 g/jour).

Brossard et al. (2006) donnent les estimations des paramètres des courbes de Gompertz (B_{Gompertz} , $GMQ_{65_110\text{kg}}$, PV_{65j} et Y50) pour des mâles castrés et des femelles P76 x (Large White x Landrace) contrôlés entre 31,1 et 113,0 kg de PV en moyenne. Les estimations de la présente étude sont en général plus faibles que celles de Brossard et al. (2006), allant de pair avec des consommations par jour notablement plus faibles. La part de la différence de résultats imputable aux différences de sexe, de génotype et de période de contrôle est difficilement identifiable dans cette analyse.

Tableau 1 - Caractères mesurés, moyennes et écarts types phénotypiques

| | Effectif | Moyenne | Ecart type |
|------------------------------------|----------|----------------------|----------------------|
| Consommation alimentaire | 859 | | |
| CMJR (points) | | 100 | 20 |
| CMJ (g) | | 1974 | 181 |
| DCJ (min) | | 65,2 | 11,7 |
| VI (g/min) | | 31,1 | 5,3 |
| Cinétique de croissance | 920 | | |
| $GMQ_{65j_110\text{kg}}$ (g/jour) | | 799 | 84 |
| PV_{65j} (kg) | | 23,6 | 3,8 |
| B_{Gompertz} (/jour) | | $9,45 \cdot 10^{-3}$ | $3,58 \cdot 10^{-3}$ |
| $age_{110\text{kg}}$ (jours) | | 175 | 14 |
| Cinétique d'ingestion | 923 | | |
| a_{conso} (/jour) | | 0,250 | 0,249 |
| b_{conso} | | 0,562 | 0,157 |
| Y50 (kg/jour) | | 1,744 | 0,179 |

2.2. Paramètres génétiques

2.2.1. Critères descriptifs des cinétiques de croissance et d'ingestion

Les héritabilités des paramètres descriptifs des cinétiques, rapportées dans le tableau 2, sont assez faibles pour les paramètres liés aux formes des courbes de cinétique (0,18 à 0,19) et pour a_{conso} (0,16), et plus élevées pour les paramètres directement liés aux niveaux d'ingestion (Y50) et de croissance ($GMQ_{65j_110\text{kg}}$, PV_{65j} , $age_{110\text{kg}}$). Ces dernières valeurs sont en accord avec les estimations d'héritabilités de la littérature pour le poulet de chair

Tableau 2 - Paramètres génétiques¹ des critères de cinétique de croissance et d'ingestion

| | $GMQ_{65j_110\text{kg}}$ | PV_{65j} | B_{Gompertz} | $age_{110\text{kg}}$ | a_{conso} | b_{conso} | Y50 |
|---------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| $GMQ_{65j_110\text{kg}}$ | 0,43 | 0,02 | 0,36 | -0,96 | 0,18 | 0,12 | 0,75 |
| PV_{65j} | 0,05 | 0,27 | 0,17 | -0,31 | 0,13 | -0,19 | 0,07 |
| B_{Gompertz} | 0,21 | -0,12 | 0,18 | -0,11 | 0,73 | -0,66 | 0,69 |
| $age_{110\text{kg}}$ | -0,93 | -0,37 | -0,13 | 0,43 | -0,21 | -0,05 | -0,72 |
| a_{conso} | -0,02 | 0,02 | 0,43 | 0,03 | 0,16 | -0,84 | 0,58 |
| b_{conso} | 0,04 | -0,02 | -0,58 | -0,04 | -0,77 | 0,19 | -0,32 |
| Y50 | 0,55 | -0,03 | 0,34 | -0,48 | 0,47 | -0,43 | 0,41 |

¹Héritabilités dans la diagonale (erreurs standards des estimées : 0,03 à 0,05); corrélations génétiques au dessus de la diagonale (erreurs standards des estimées : 0,05 à 0,13); corrélations phénotypiques au dessous de la diagonale.

Tableau 3 - Corrélations génétiques et phénotypiques entre les paramètres de cinétique de croissance et d'ingestion et les critères de consommation alimentaire pour un contrôle entre 35 et 95 kg de PV

| | Corrélations génétiques ¹ | | | | Corrélations phénotypiques | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|
| | CMJR | CMJ | DCJ | VI | CMJR | CMJ | DCJ | VI |
| GMQ _{65j_110kg} | 0,23 | 0,77 | 0,33 | -0,04 | 0,15 | 0,64 | 0,22 | 0,08 |
| PV _{65j} | 0,21 | -0,02 | 0,12 | -0,11 | 0,00 | -0,09 | 0,06 | -0,12 |
| B _{Gompertz} | 0,27 | 0,57 | 0,23 | -0,02 | 0,17 | 0,34 | 0,04 | 0,13 |
| age _{110kg} | -0,34 | -0,73 | -0,34 | -0,03 | -0,12 | -0,54 | -0,22 | -0,03 |
| a _{conso} | 0,24 | 0,34 | 0,15 | 0,01 | 0,24 | 0,20 | 0,10 | -0,01 |
| b _{conso} | -0,15 | -0,04 | -0,03 | 0,02 | -0,24 | -0,18 | -0,09 | 0,01 |
| Y50 | 0,61 | 0,95 | 0,36 | 0,02 | 0,56 | 0,85 | 0,30 | 0,10 |

¹ Erreurs standards des estimées : 0,05 à 0,16

(Barbato, 1991 ; Mignon-Grasteau et al., 1999) ou le porc (Koivula et al., 2008), où les paramètres des courbes de Gompertz ont des héritabilités comprises entre 0,16 et 0,55.

La corrélation génétique est forte et négative ($-0,66 \pm 0,09$) entre les paramètres descriptifs de la forme des courbes d'ingestion (b_{conso}) et de croissance ($B_{Gompertz}$), indiquant qu'une forte croissance précoce est associée à une augmentation précoce de l'ingestion (Tableau 2). Les corrélations génétiques de ces paramètres avec les caractéristiques de croissance sont faibles à modérées (sauf entre GMQ_{65j_110kg} et B_{Gompertz}), alors qu'elles sont comprises entre 0,32 et 0,73 en valeur absolue avec la consommation à 50 kg de PV et a_{conso}.

Les corrélations génétiques impliquant le PV_{65j} sont généralement faibles, sauf pour l'âge à 110 kg de PV ($-0,31 \pm 0,09$), ce qui semble indiquer une déconnexion entre le poids à 65j et les performances ultérieures de croissance et d'ingestion. Les corrélations génétiques entre GMQ_{65j_110kg}, âge_{110kg} et Y50 sont assez élevées et dans le sens attendu, avec une augmentation du GMQ allant de pair avec une diminution de l'âge à 110 kg de PV et une consommation à 50 kg de PV supérieure.

Les corrélations phénotypiques (tableau 2) sont généralement plus faibles et dans le sens des corrélations génétiques. Par rapport aux estimations de Brossard et al. (2006), les corrélations entre B_{Gompertz} et les caractères PV_{65j} et GMQ_{65j_110kg} sont plus élevées mais elles restent modérées. A l'inverse, les corrélations entre PV_{65j} et les paramètres GMQ_{65j_110kg} et Y50, ainsi qu'entre GMQ_{65j_110kg} et b_{conso} diminuent, voire deviennent nulles. Ainsi, la relation entre les précocités de la croissance et de l'ingestion est similaire dans les deux populations étudiées, une croissance plus précoce s'accompagnant d'une augmentation plus précoce de l'ingestion. La relation entre la consommation à 50 kg et les paramètres de précocité et le GMQ est également similaire : une ingestion élevée à 50 kg est liée à une croissance et une ingestion plus précoces, et entraîne un GMQ plus élevé. Par contre, dans la population sélectionnée pour la CMJR, le PV_{65j} indicateur de la croissance en post sevrage, ne semble pas influencer les performances en croissance-finition, à l'inverse des observations de Brossard et al. (2006).

2.2.2. Corrélations avec les paramètres de consommation alimentaire

Les corrélations génétiques (Tableau 3) entre la CMJR et les paramètres des cinétiques de croissance ou d'ingestion sont modérées (de -0,34 pour l'âge à 110kg de PV à 0,27 pour B_{Gompertz}), sauf pour Y50 (0,61). Les corrélations relatives à la durée de consommation journalière sont du même ordre de grandeur, alors qu'avec la consommation moyenne journalière, elles vont dans le même sens mais sont plus élevées, sauf pour le PV à 65 jours et b_{conso}. Les corrélations impliquant la vitesse d'ingestion ne sont pas significativement différentes de zéro.

Les corrélations génétiques, et de façon similaire les corrélations phénotypiques, vont dans le sens d'une CMJR plus élevée associée à un âge à 110 kg de PV plus faible, un PV à 65 jours accru, et une augmentation de consommation plus précoce.

Le tableau 4 présente les corrélations génétiques avec les paramètres de consommation estimés pour les périodes entre 35 et 65 kg de PV, et entre 65 et 95 kg de PV. Entre les deux périodes, les corrélations ont tendance à être plus fortes avec la CMJ estimée entre 35 et 65 kg de PV pour l'ensemble des paramètres descriptifs des cinétiques, à l'exception de PV_{65j} dont la corrélation reste très proche de zéro pour les deux périodes, et de b_{conso} dont la corrélation est nulle en première période et modérée en deuxième période. En revanche, les corrélations relatives à la durée de consommation journalière ont tendance à être plus élevées en deuxième période pour age_{110kg}, a_{conso} et Y50. Enfin, les corrélations de a_{conso} et b_{conso} avec la vitesse d'ingestion, modérées en valeur absolue, sont respectivement positive et négative pour la première période, et de signe inverse pour la deuxième période. Les autres corrélations restent globalement similaires entre les deux périodes, en particulier pour les efficacités alimentaires mesurées sur les deux périodes.

Une CMJ plus élevée en première période est donc plus liée aux paramètres décrivant les précocités de croissance et d'ingestion qu'une CMJ plus élevée en deuxième période. La consommation moyenne journalière en première période est par ailleurs très fortement corrélée génétiquement avec la prédiction de consommation à 50 kg (0,98).

Tableau 4 - Corrélations génétiques¹ entre paramètres de cinétique de croissance et d'ingestion et critères de consommation alimentaire mesurés entre 35 et 65 kg de PV, et entre 65 et 95 kg de PV

| | 35 à 65 kg PV | | | | 65 à 95 kg PV | | | |
|--------------------------|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| | CMJR | CMJ | DCJ | VI | CMJR | CMJ | DCJ | VI |
| GMQ _{65j_110kg} | 0,20 | 0,83 | 0,26 | -0,04 | 0,20 | 0,75 | 0,31 | 0,03 |
| PV _{65j} | 0,20 | -0,05 | 0,05 | -0,05 | 0,31 | 0,03 | 0,13 | -0,09 |
| B _{Gompertz} | 0,24 | 0,44 | 0,10 | 0,01 | 0,22 | 0,26 | 0,19 | -0,10 |
| age _{110kg} | -0,27 | -0,82 | -0,24 | -0,01 | -0,31 | -0,71 | -0,36 | 0,02 |
| a _{conso} | 0,30 | 0,29 | -0,03 | 0,14 | 0,32 | 0,17 | 0,18 | -0,12 |
| b _{conso} | -0,16 | -0,03 | 0,15 | -0,12 | -0,19 | 0,24 | -0,05 | 0,20 |
| Y50 | 0,62 | 0,98 | 0,20 | 0,07 | 0,65 | 0,82 | 0,37 | -0,03 |

¹ Erreurs standards des estimées : 0,05 à 0,13

Le paramètre Y50 semble donc être un indicateur pertinent de la consommation sur toute la période de contrôle, et sa corrélation élevée avec la CMJR en fait un prédicteur potentiellement intéressant de l'efficacité alimentaire.

Les corrélations génétiques trouvées chez le poulet de chair (N'Dri et al., 2006) entre la consommation moyenne journalière résiduelle et les paramètres des courbes de Gompertz sont élevées pour la vitesse de croissance initiale (0,51), et plus modérées pour la vitesse de maturation et l'âge à l'inflexion de la courbe (0,19 et 0,16 respectivement). Cela correspond aux ordres de grandeur présentés dans notre étude pour ce type de paramètres. Chez le porc Yorkshire finlandais (Koivula et al., 2008), les corrélations génétiques entre paramètres des courbes de Gompertz et indice de consommation sont proches, en valeur absolue, de celles estimées avec le GMQ. Les résultats présentés ici sur la base de la CMJR comme indicateur de l'efficacité alimentaire vont dans le même sens.

2.3. Effet de la sélection

Les différences de moyennes entre lignées à la génération 5 pour les valeurs génétiques moyennes des paramètres descriptifs des cinétiques de croissance et d'ingestion sont données dans le tableau 5. Tous les paramètres ont divergé de façon très significative après 5 générations de sélection ($P < 0,001$). Cependant, la divergence de GMQ et d'âge à 110 kg est significative seulement depuis la génération 4, alors que les autres paramètres ont divergé de façon significative depuis la première génération de sélection, et ceci de façon régulière au cours des générations.

Ces divergences sont associées à une divergence de 2,2 écarts types génétiques entre les lignées pour le critère de sélection CMJR (Gilbert et al., 2009). Les réponses corrélatives à la sélection correspondent essentiellement à des cinétiques de croissance et d'ingestion plus précoces, associées à des poids vifs plus élevés dès le début du contrôle pour les animaux présentant des CMJR plus élevées et par conséquent moins efficaces. Les différences

Tableau 5 - Estimées de la divergence entre lignées (CMJR⁺ - CMJR)¹ à la génération 5

| | (CMJR ⁺ - CMJR) ¹ |
|--------------------------|---|
| GMQ _{65j_110kg} | 0,61 *** |
| PV _{65j} | 1,02 *** |
| B _{Gompertz} | 1,41 *** |
| age _{110kg} | -0,82 *** |
| a _{conso} | 1,26 *** |
| b _{conso} | -1,28 *** |
| Y50 | 1,53 *** |

¹ Exprimées en unité d'écart type génétique du caractère ; ***: $P < 0,001$.

de GMQ et d'âge à 110kg sont de moindre ampleur et vont dans le sens d'une moindre vitesse de croissance pour les animaux plus efficaces.

CONCLUSION

L'estimation des paramètres génétiques des caractéristiques décrivant les cinétiques de croissance et d'ingestion a permis de montrer qu'elles sont héréditaires. Les corrélations entre ces paramètres et les caractéristiques de consommation et d'efficacité alimentaire (consommation moyenne journalière résiduelle, consommation moyenne journalière et durée de consommation journalière) montrent qu'une plus grande précocité de l'ingestion et de la croissance est associée à une CMJR élevée, c'est-à-dire à une moindre efficacité alimentaire. En revanche, les corrélations impliquant la vitesse d'ingestion sont très proches de zéro. De ce fait, les divergences obtenues entre les lignées suite à la sélection sur la CMJR sont très significatives pour l'ensemble des paramètres rendant compte des cinétiques de croissance et d'ingestion. En particulier, le paramètre Y50, qui représente la consommation journalière prédite à 50 kg de poids vif, se révèle héréditaire et génétiquement corrélé avec la CMJR. Ce paramètre pourrait donc être un prédicteur intéressant de l'efficacité alimentaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barbato G.F., 1991. Genetic architecture of growth curve parameters in chickens. *Theor. Appl. Genet.*, 83, 24-32.
- Brossard L., Van Milgen J., Lannuzel P.Y., Bertinotti R., Rivest J., 2006. Analyse des relations entre croissance et ingestion à partir de cinétiques individuelles : implications dans la définition de profils animaux pour la modélisation. *Journées Rech. Porcine*, 38, 217-223.
- Gilbert H., Bidanel J.P., Gruand J., Caritez J.C., Billon Y., Guillouet P., Noblet J., Sellier P., 2006. Sélection divergente pour la consommation alimentaire résiduelle chez le porc en croissance : paramètres génétiques et réponses à la sélection. *Journées Rech. Porcine*, 38, 111-118.
- Gilbert H., Al Ain S., Bidanel J.P., Lagant H., Billon Y., Guillouet P., Noblet J., Sellier P., 2009. Sélection divergente sur la consommation alimentaire résiduelle du porc en croissance : effets corrélatifs sur le comportement alimentaire. *Journées Rech. Porcine*, 41, 31-32.
- Koivula M., Sevon-Aimonen M.L., Strandén I., Matilainen K., Serenius T., Stalder K.J., Mäntysaari E.A., 2008. Genetic (co)variances and breeding value estimation of Gompertz growth curve parameters in Finnish Yorkshire boars, gilts and barrows. *J. Anim. Breed. Genet.*, 125, 168-175.
- Labroue F., Guéblez R., Meunier-Salaün M.C., Sellier P., 1993. Alimentation électronique dans les stations publiques de contrôle de performances : paramètres descriptifs du comportement alimentaire. *Journées Rech. Porcine*, 25, 69-76.
- Labroue F., Maignel L., Sellier P., Noblet J., 1999. Consommation résiduelle chez le porc en croissance alimenté à volonté : méthode de calcul et variabilité génétique. *Journées Rech. Porcine*, 31, 167-174.
- Mignon-Grasteau S., Beaumont C., Le Bihan-Duval E., Poivey J.P., de Rochambeau H., Ricard F.H., 1999. Genetic parameters of growth curve parameters in male and female chickens. *British Poultry Science*, 40, 44-51.
- N'Dri A.L., Mignon-Grasteau S., Sellier N., Tixier-Boichard M., Beaumont C., 2006. Genetic relationships between feed conversion ratio, growth curve and body composition in slow-growing chickens. *Brit. Poult. Sci.*, 47, 273-280.
- Neumaier K., Groeneveld E., 1998. Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models, *Genet. Sel. Evol.*, 30, 3-26.
- Schnute J., 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38, 1128-1140.