

# Analyse des relations entre croissance et ingestion à partir de cinétiques individuelles : implications dans la définition de profils animaux pour la modélisation

Ludovic BROSSARD (1), Jaap VAN MILGEN (1), Pierre-Yves LANNUZEL (2), Raphaël BERTINOTTI (3), Joël RIVEST (4)

(1) UMR SENAH, INRA, 35590 Saint-Gilles

(2) Pen Ar Lan France, route de Bovel, B.P.3., 35380 Maxent

(3) Pen Ar Lan Canada inc., 775, rue Ste Angélique Nord, Joliette, Québec, J6E 5S2

(4) Centre de Développement du Porc du Québec inc., 2795 boulevard Laurier, bureau 340, Sainte-Foy, Québec, G1V 4M7

Ludovic.Brossard@rennes.inra.fr

## Analyse des relations entre croissance et ingestion à partir de cinétiques individuelles : implications dans la définition de profils animaux pour la modélisation

Une méthode d'analyse est proposée pour caractériser les cinétiques individuelles de croissance et d'ingestion par cinq paramètres descriptifs, et étudier les interactions entre ces paramètres. Les données d'un test de performance (30 à 115 kg PV) sur 92 mâles castrés et 100 femelles P76 x (Yorkshire x Landrace) (station de Deschambault, Québec) ont été utilisées pour illustrer cette méthode. Durant le test, les quantités ingérées journalières ont été enregistrées individuellement par un système d'alimentation automatique et les porcs ont été pesés quatre fois. Un modèle de Gompertz a été utilisé pour décrire la croissance en fonction de l'âge et a été paramétré pour inclure un paramètre de forme ( $B_{\text{Gompertz}}$ ), le GMQ entre 65 j et 110 kg ( $\text{GMQ}_{65j-110kg}$ ) et le poids vif attendu à 65 j ( $\text{PV}_{65j}$ ). Les quantités ingérées ont été modélisées par une fonction allométrique paramétrée pour inclure un exposant ( $F_{\text{conso}}$ ) et l'ingestion attendue à 50 kg PV ( $Y_{50}$ ). Il existe de fortes corrélations entre  $B_{\text{Gompertz}}$  et  $F_{\text{conso}}$  ( $r = -0,63$ ;  $P < 0,01$ ), et entre le  $\text{GMQ}_{65j-110kg}$  et  $Y_{50}$  ( $R = 0,66$ ;  $P < 0,01$ ). Ceci suggère des similitudes entre les formes des courbes d'ingestion et de croissance. De plus, la relation entre le  $\text{PV}_{65j}$  et le  $\text{GMQ}_{65j-110kg}$  ( $R = 0,35$ ;  $P < 0,01$ ) indique que les différences de performances avant la phase de croissance sont amplifiées ensuite dans les phases de croissance et de finition. Les relations entre les cinq paramètres décrivant les profils individuels de croissance et d'ingestion sont importantes pour le développement de modèles stochastiques de la croissance du porc, modèles qui peuvent être utilisés pour prédire la réponse du troupeau, plutôt que celle d'un individu, à différentes stratégies d'élevage.

## Analysis of relationships between growth and feed intake profiles in growing pigs: consequences for describing the individual animal in growth modelling

An analysis method is described to summarize individual growth and feed intake profiles by five descriptive parameters, and to study the relationships between these parameters. A data set from a performance test (30-115 kg of BW) on 92 barrows and 100 gilts P76 x (Yorkshire x Landrace) (Deschambault research farm, Québec) was used to illustrate the method. Individual daily feed intake was recorded using an automated feeding system and pigs were weighed four times during the test. A Gompertz model was used to describe growth as a function of age and was parameterized to include a shape parameter ( $B_{\text{Gompertz}}$ ), ADG between 65 d of age and 110 kg BW ( $\text{ADG}_{65d-110kg}$ ) and the expected BW at 65 d ( $\text{BW}_{65d}$ ). Feed intake was modelled by an allometric function, which was parameterized to include an exponent ( $F_{\text{conso}}$ ) and the expected feed intake at 50 kg BW ( $Y_{50}$ ). There were strong correlations between  $B_{\text{Gompertz}}$  and  $F_{\text{conso}}$  ( $R = -0.63$ ;  $P < 0.01$ ), and between  $\text{ADG}_{65d-110kg}$  and  $Y_{50}$  ( $R = 0.66$ ;  $P < 0.01$ ), suggesting similarities in the shapes of the feed intake and growth curves. Moreover, the relation between  $\text{BW}_{65d}$  and  $\text{ADG}_{65d-110kg}$  ( $R = 0.35$ ;  $P < 0.01$ ) indicated that differences in performances up to the growing phase are further emphasized in the growing and finishing phases. The relationships between the five parameters describing individual growth and feed intake profiles are important for the development of stochastic models of pig growth, which can be used to predict the response of the herd, rather than the individual animal, to different farm strategies.

## INTRODUCTION

La définition des besoins nutritionnels des porcs en croissance nécessite la connaissance à la fois de leur cinétique de croissance et de leur cinétique d'ingestion. Les tests de performances permettent d'obtenir conjointement ces cinétiques dans des conditions d'élevage optimales. Le grand nombre de données individuelles ainsi fournies nécessite cependant une analyse pour les résumer en un nombre limité de paramètres pertinents et en étudier les relations. Ces paramètres sont également utilisables dans les modèles de croissance qui décrivent les performances de l'animal que ce soit en terme de croissance ou d'ingestion, tel qu'InraPorc (Van Milgen et al., 2005).

Nous présentons ici une démarche d'analyse de cinétiques individuelles de poids vif (PV) et de quantités ingérées (QI), issues d'un test de performances sur des porcs de génotype P76 x (Yorkshire x Landrace). Cette étude semi-quantitative a pour but de décrire ces animaux par un panel de cinq paramètres pertinents caractérisant l'allure et le niveau de performance et de consommation. Les relations entre ces paramètres seront également analysées.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Dispositif et mesures

Les données utilisées dans cette étude sont issues d'un test de performances réalisé à la station d'évaluation des porcs de Deschambault (Québec) par le Centre de Développement du Porc du Québec (Rivest, 2004). Ce test s'est déroulé d'octobre 2003 à mars 2004 sur des porcs commerciaux issus de verrats terminaux Duroc ou P76 et de truies hybrides de type Yorkshire x Landrace ou Landrace x Yorkshire. Nous avons utilisé ici les données de 193 animaux (93 mâles castrés et 100 femelles) issus de verrats P76.

Entre 10 et 15 jours après la naissance, les animaux ont été introduits en une seule journée à la station de Deschambault. Après une période d'acclimatation (croissance jusqu'à environ 30 kg), les porcs ont été répartis en lots de douze individus de même sexe et de poids équivalents et transférés dans des parcs (1,06 m<sup>2</sup>/porc). Le poids moyen des porcs au début de la période de test était de 31,2 kg ± 3,9 kg pour un âge moyen de 66,9 ± 1,5 j.

Au cours de la période de test, les animaux ont reçu successivement et à volonté trois aliments à base de maïs, tourteau de soja et blé (Tableau 1). Les changements d'aliments ont été effectués le même jour pour tous les animaux, lorsque la moyenne des poids des porcs se rapprochait de 50 et 75 kg. Les aliments ont été formulés pour ne limiter ni la croissance ni le dépôt protéique.

La consommation alimentaire individuelle a été mesurée tout au long du test grâce à un système d'alimentation informatisé. Chaque parc était équipé d'une trémie sèche à 1 place de type Insentec et de 2 à 4 bols économiseurs d'eau. Cette trémie ne laisse accès qu'à un animal à la fois. Chaque porc portait à l'oreille un transpondeur permettant son identifica-

tion électronique. Ceci permet d'enregistrer, à l'aide d'un système électronique, les prises alimentaires à partir de la trémie actionnée par l'animal. La consommation de chaque porc, l'heure et la durée précises de toutes les visites à la trémie d'alimentation sont enregistrées. Les quantités d'aliment distribuées étaient ajustées régulièrement pour s'assurer d'une consommation à volonté et éviter le gaspillage.

Les animaux ont été pesés sans mise à jeun au début de la période de test ainsi qu'aux changements d'aliments, c'est-à-dire lorsque leur poids moyen atteignait 50 et 75 kg. Une quatrième et dernière pesée a été effectuée lorsque le poids moyen des porcs atteignait environ 108 kg pour 145 des 193 animaux (69 mâles castrés et 76 femelles), et autour de 125 kg pour les 48 porcs restants (24 mâles castrés et 24 femelles). Les animaux étaient ensuite abattus.

### 1.2. Analyse des données

Les mesures effectuées nous ont permis de disposer pour chaque animal d'une cinétique journalière d'ingestion entre 31 et 108 ou 125 kg, ainsi que de 4 données de poids vif réparties sur la période d'évaluation. À chacune de ces mesures était également associé l'âge de l'animal. Les données ont été traitées comme suit.

Nous avons appliqué pour chaque porc une fonction de Gompertz pour analyser le PV en fonction de l'âge à partir des 4 points de mesure disponibles. Une fonction classique de Gompertz décrivant le poids vif en fonction de l'âge comprend trois paramètres dont un paramètre de forme (B) et un paramètre correspondant à la valeur du PV à maturité. La période couverte par l'étude ne permettant pas d'estimer le poids vif (PV) à maturité, il était plus pertinent de paramétrer cette fonction pour décrire la croissance entre 65 j et 110 kg 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) avec la fonction de Gompertz ci-dessous comme modèle, nous avons pu définir par animal les trois paramètres suivants : la précocité de la croissance entre 65 j et 110 kg ( $B_{\text{Gompertz}}$ ), le GMQ entre 65 j et 110 kg ( $\text{GMQ}_{65j-110\text{kg}}$ ) et l'espérance du poids vif à 65 j ( $\text{PV}_{65j}$ ). Le paramètre  $B_{\text{Gompertz}}$  est un indicateur de la forme de la courbe de croissance, une valeur élevée traduisant une croissance précoce. Le  $\text{GMQ}_{65j-110\text{kg}}$  renseigne sur l'amplitude de la croissance et le  $\text{PV}_{65j}$  sur la performance initiale.

$$\text{PV} = 110 \left( \frac{110}{\text{PV}_{65j}} \right)^{\left( \frac{-\exp(-B_{\text{Gompertz}}(\hat{\text{age}}_2 - 65)) + \exp(-B_{\text{Gompertz}}(\hat{\text{age}} - 65))}{\exp(-B_{\text{Gompertz}}(\hat{\text{age}}_2 - 65)) - 1} \right)}$$

$$\text{où } \text{GMQ}_{65j-110\text{kg}} = (110 - \text{PV}_{65j}) / (\hat{\text{age}}_2 - 65).$$

À 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 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

**Tableau 1** - Composition et valeurs nutritives des régimes utilisés lors de l'évaluation

|  | Période d'évaluation |            |                |
|--|----------------------|------------|----------------|
|  | Début                | Croissance | Finition       |
| <b>Aliments</b>                          | 30 à 50 kg           | 50 à 75 kg | 75 à 108-125kg |
| <b>Composition (kg/t)</b>                |                      |            |                |
| Mais                                     | 517,42               | 595,19     | 625,90         |
| Tourteau de soja                         | 255,00               | 214,00     | 192,00         |
| Blé                                      | 150,00               | 150,00     | 150,00         |
| Graisse (animale-végétale)               | 38,00                | 5,00       | -              |
| Pierre à chaux fine                      | 13,20                | 12,80      | 11,80          |
| Phosphate (mono-di)-calcique (19,0/16,8) | 12,00                | 9,70       | 8,10           |
| Sulfate de cuivre 25 %                   | 0,25                 | 0,25       | 0,25           |
| Sel                                      | 4,50                 | 4,50       | 4,50           |
| L-lysine-HCl                             | 3,45                 | 3,20       | 2,60           |
| DL-méthionine                            | 1,25                 | 0,75       | 0,30           |
| L-thréonine                              | 0,90                 | 0,60       | 0,60           |
| L-tryptophane                            | 0,08                 | 0,06       | -              |
| Concentré d'oligo-éléments et vitamines  | 3,00                 | 3,00       | 3,00           |
| Chlorure de choline sec 60%              | 0,95                 | 0,95       | 0,95           |
| <b>Valeurs nutritives calculées</b>      |                      |            |                |
| MS (%)                                   | 88,16                | 87,59      | 87,42          |
| MAT (%)                                  | 19,06                | 17,68      | 16,80          |
| MG (%)                                   | 6,16                 | 3,09       | 2,67           |
| CB (%)                                   | 2,36                 | 2,39       | 2,39           |
| Cendres (%)                              | 5,71                 | 5,27       | 4,91           |
| Lysine totale (g/kg)                     | 12,30                | 11,10      | 10,00          |
| Lysine digestible (g/kg)                 | 11,18                | 10,07      | 9,02           |
| ED (MJ/kg)                               | 14,67                | 14,09      | 14,02          |
| EN (MJ/kg)                               | 10,59                | 10,16      | 10,17          |

$QI = a_{\text{conso}} \times PV^{\text{Fconso}}$ . Le paramètre  $a_{\text{conso}}$  correspond à l'amplitude de la courbe. Le paramètre  $F_{\text{conso}}$  renseigne lui sur la forme de la courbe. A une valeur de 0 pour  $F_{\text{conso}}$  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 précoce (relative au PV), c'est-à-dire une consommation qui s'accroît rapidement en début de croissance. Les paramètres  $a_{\text{conso}}$  et  $F_{\text{conso}}$  étant fonctionnellement liés, nous avons choisi d'utiliser un paramètre descriptif de l'ingestion plus indépendant de  $F_{\text{conso}}$  pour augmenter la puissance de l'analyse. Nous avons donc défini le paramètre  $Y50 = a_{\text{conso}} \times 50^{\text{Fconso}}$  qui correspond à l'espérance de la quantité ingérée (en kg/j) par un animal de 50 kg PV. Cette paramétrisation permet de décrire la consommation quotidienne par un paramètre de la consommation en milieu de croissance (Y50) et par un paramètre décrivant l'allure de la courbe ( $F_{\text{conso}}$ ).

En résumé, les différentes étapes de cette analyse nous ont fourni cinq paramètres par animal : trois paramètres décrivant la cinétique de croissance ( $B_{\text{Gompertz}}$ ,  $GMQ_{65j-110kg}$ , et  $PV_{65j}$ ) et deux paramètres décrivant la cinétique d'ingestion ( $F_{\text{conso}}$  et  $Y50$ ). Les relations entre ces cinq paramètres ont été analysées statistiquement à l'aide des procédures CORR et GLM de SAS. L'effet sexe a été testé sur les données centrées. Ces analyses statistiques ont été effectuées sur les données de 192 animaux ; les données d'un des mâles castrés ont en effet été retirées car leurs valeurs étaient non cohérentes avec celles des autres animaux.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Performances zootechniques

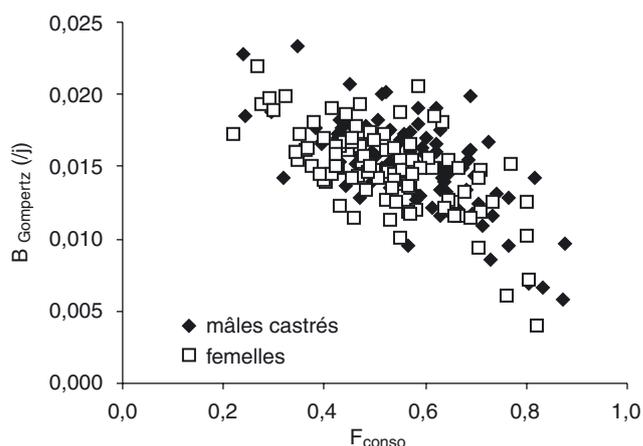
Les performances zootechniques des animaux au cours du test et le résumé des paramètres descriptifs des cinétiques de

croissance et d'ingestion sont présentés dans le tableau 2. Les données des deux groupes d'abattage ont été regroupées. En moyenne, le GMQ a été de 1,054 kg/j, la consommation journalière de 2,45 kg/j et l'indice de consommation de 2,35. Ces performances apparaissent comme très bonnes, indiquant que les conditions d'élevage réunies dans ce test ont permis aux animaux d'exprimer leur potentiel génétique.

## 2.2. Relations entre paramètres descriptifs des cinétiques de croissance et de consommation

Les corrélations entre les paramètres descriptifs des cinétiques sont présentées dans le tableau 3. Il existe une forte corrélation négative entre les paramètres de forme des cinétiques de croissance et d'ingestion,  $B_{\text{Gompertz}}$  et  $F_{\text{conso}}$  ( $r = -0,63$  ;  $P < 0,01$ ) (Figure 1). Ceci implique qu'un animal dont l'ingestion augmente rapidement au début de la période 65 j - 110 kg ( $F_{\text{conso}}$  faible) aura également sur cette période une croissance précoce, traduite par un  $B_{\text{Gompertz}}$  élevé.

La consommation à 50 kg PV ( $Y_{50}$ ) et le  $\text{GMQ}_{65\text{j}-110\text{kg}}$  sont fortement et positivement corrélés ( $r = 0,66$  ;  $P < 0,01$ ) (Figure 2). Un animal consommant plus à 50 kg aura un  $\text{GMQ}_{65\text{j}-110\text{kg}}$  plus important, une augmentation de 0,5 kg/j d'ingéré à 50 kg PV s'accompagnant ainsi d'un GMQ plus important de 0,17 kg/j. Une différence entre sexes apparaît ici puisque pour un même  $Y_{50}$ , le  $\text{GMQ}_{65\text{j}-110\text{kg}}$  d'un mâle castré sera plus élevé d'environ 0,05 kg/j par rapport à celui d'une femelle ( $P < 0,01$ ). La consommation à 50 kg PV est plus faiblement corrélée au  $B_{\text{Gompertz}}$  ( $r = 0,40$  ;  $P < 0,01$ ) (Figure 2). Une augmentation de la précocité de la croissance ( $B_{\text{Gompertz}}$  élevé) s'accompagnerait ainsi d'une consommation plus forte à 50 kg. Cette augmentation de  $Y_{50}$  en répon-



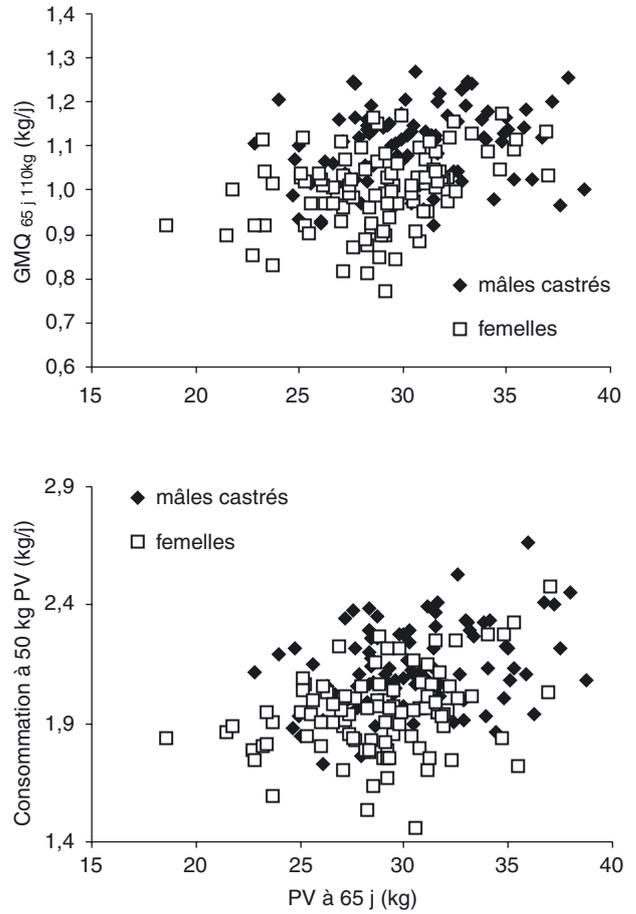
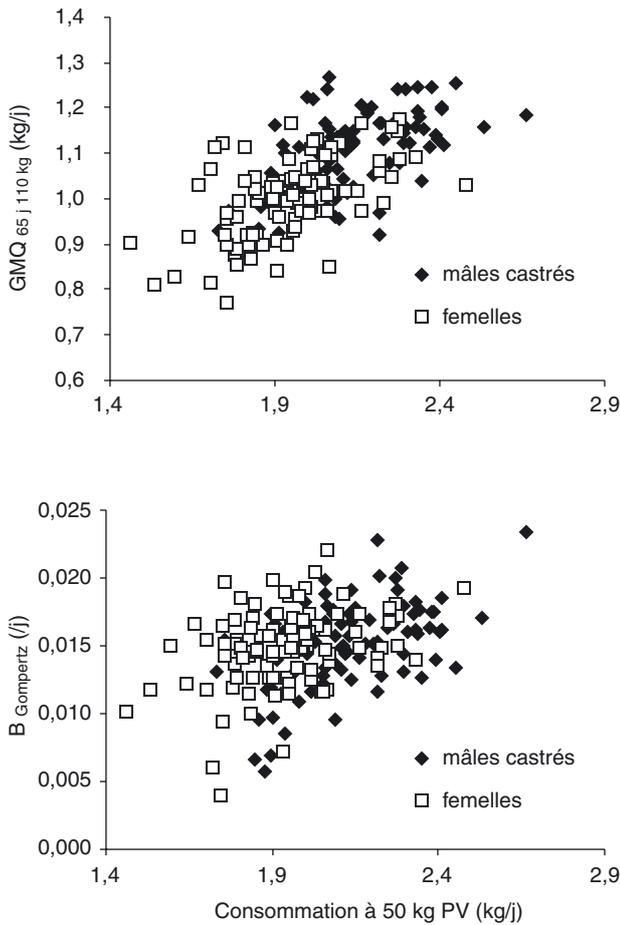
**Figure 1** - Relation entre la précocité de la consommation  $F_{\text{conso}}$  et la précocité de la croissance  $B_{\text{Gompertz}}$  ( $n = 192$ )

se à celle de la précocité de croissance est numériquement plus importante chez les mâles castrés que chez les femelles d'environ 40 % ( $P = 0,29$ ).

Le  $\text{GMQ}_{65\text{j}-110\text{kg}}$  et  $Y_{50}$  sont positivement corrélés au  $\text{PV}_{65\text{j}}$  ( $r = 0,35$  et  $0,38$  respectivement ;  $P < 0,01$ ) (Figure 3). Ainsi, plus un animal est lourd à 65 j, plus il aurait un  $\text{GMQ}_{65\text{j}-110\text{kg}}$  et une consommation à 50 kg élevés. Les écarts de poids entre animaux à 65 j semblent s'accroître lors de la suite de la croissance. Cette relation entre  $\text{PV}_{65\text{j}}$  et  $\text{GMQ}_{65\text{j}-110\text{kg}}$  implique aussi que pour des âges différents à 110 kg PV (c'est-à-dire des performances différentes), il est possible de quantifier la contribution due à la croissance avant le 2<sup>ème</sup> âge (65 j) et celle due à la croissance entre 65 j et 110 kg. Ainsi, pour 1 kg d'écart de PV à 65 j, la différence de GMQ est de 0,01 kg/j pour la suite de la croissance. On retrouve

**Tableau 2** - Performances zootechniques et paramètres descriptifs des cinétiques ( $n = 192$ )

|   | Moyenne | Ecart-type | Minimum | Maximum |
|---|---------|------------|---------|---------|
| <b>Performance de croissance</b>              |         |            |         |         |
| Age initial (j)                               | 66,9    | 1,5        | 65,0    | 70,0    |
| Age final (j)                                 | 145,1   | 10,6       | 129,0   | 169,0   |
| Durée du test (j)                             | 78,2    | 10,8       | 64,0    | 100,0   |
| Poids initial (kg)                            | 31,1    | 3,9        | 21,0    | 42,0    |
| Poids final (kg)                              | 113,0   | 7,7        | 99,0    | 130,5   |
| GMQ (kg/j)                                    | 1,06    | 0,10       | 0,78    | 1,27    |
| <b>Performances de consommation</b>           |         |            |         |         |
| Consommation/jour (kg/j)                      | 2,45    | 0,27       | 1,75    | 3,30    |
| Indice de consommation                        | 2,35    | 0,16       | 1,93    | 2,82    |
| <b>Paramètres descriptifs des cinétiques</b>  |         |            |         |         |
| $B_{\text{Gompertz}}$ (/j)                    | 0,0150  | 0,0030     | 0,0040  | 0,0234  |
| $\text{GMQ}_{65\text{j}-110\text{kg}}$ (kg/j) | 1,051   | 0,101      | 0,772   | 1,270   |
| $\text{PV}_{65\text{j}}$ (kg)                 | 29,6    | 3,5        | 18,6    | 38,8    |
| $F_{\text{conso}}$                            | 0,545   | 0,133      | 0,218   | 0,878   |
| Consommation à 50 kg PV ( $Y_{50}$ ) (kg/j)   | 2,04    | 0,20       | 1,46    | 2,66    |



**Figure 2** - Relation entre la consommation à 50 kg PV, le GMQ<sub>65j-110kg</sub> et la précocité de la croissance B<sub>Gompertz</sub> (n = 192)

**Figure 3** - Relation entre le GMQ<sub>65j-110kg</sub>, la consommation à 50 kg PV et le poids vif à 65 j (n = 192)

**Tableau 3** - Corrélations de Pearson entre les paramètres d'analyse des cinétiques d'ingestion et de consommation (n = 192)

| Variables                       | B <sub>Gompertz</sub> (/j) | PV <sub>65j</sub> (kg) | GMQ <sub>65j-110kg</sub> (kg/j) | F <sub>conso</sub>       | Y <sub>50</sub> (kg/j)   |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| B <sub>Gompertz</sub> (/j)      | 1                          | 0,02<br>P = 0,80       | 0,09<br>P = 0,24                | <b>-0,63</b><br>P < 0,01 | <b>0,40</b><br>P < 0,01  |
| PV <sub>65j</sub> (kg)          |                            | 1                      | <b>0,35</b><br>P < 0,01         | -0,07<br>P = 0,34        | <b>0,38</b><br>P < 0,01  |
| GMQ <sub>65j-110kg</sub> (kg/j) |                            |                        | 1                               | <b>0,30</b><br>P < 0,01  | <b>0,66</b><br>P < 0,01  |
| F <sub>conso</sub>              |                            |                        |                                 | 1                        | <b>-0,21</b><br>P < 0,01 |
| Y <sub>50</sub> (kg/j)          |                            |                        |                                 |                          | 1                        |

ici un effet numérique du sexe puisque l'augmentation de GMQ<sub>65j-110kg</sub> en fonction de celle du PV<sub>65j</sub> est double pour les femelles par rapport à celle pour les mâles castrés (P = 0,15).

Il existe une faible corrélation entre F<sub>conso</sub> et Y<sub>50</sub> (r = -0,21 ; P < 0,01). Ceci indique qu'une consommation plus forte à 50 kg n'est que partiellement liée à un F<sub>conso</sub> plus faible et donc une consommation plus précoce. Cette relation est légèrement plus forte par sexe avec un coefficient de corrélacion

de r = -0,36 (P < 0,01) pour chaque sexe, mais avec un décalage dans les valeurs. Pour le même F<sub>conso</sub> et donc la même forme de courbe d'ingestion, la consommation à 50 kg PV est supérieure de 0,220 kg/j chez les mâles castrés par rapport aux femelles. La précocité de la consommation F<sub>conso</sub> est également faiblement corrélée avec le GMQ<sub>65j-110kg</sub> (R = 0,30 ; P < 0,01). Une consommation précoce (Fconso faible) ne participerait donc que partiellement à un GMQ<sub>65j-110kg</sub> élevé. Il n'y a pas de relation significative entre la précocité de la croissance B<sub>Gompertz</sub> et le

$GMQ_{65j-110kg}$  ( $P = 0,24$ ). Les animaux pourraient donc réaliser les mêmes performances de croissance entre 65 j et 110 kg que leur croissance soit précoce ou tardive sur cette période. De même, les allures de consommation ( $F_{conso}$ ) ou de croissance ( $B_{Gompertz}$ ) ne sont pas significativement reliées au  $PV_{65j}$ . Ceci implique qu'un  $PV_{65j}$  élevé (croissance précoce avant 65 j) ne garantit pas une croissance ou une consommation précoce après 65 j.

### 3. DISCUSSION

A partir de données de test de performances, la démarche d'analyse présentée ici permet de caractériser chaque animal par un ensemble de cinq paramètres décrivant la croissance (précocité, gain entre 65 j et 110 kg, et poids vif à 65 j) et l'ingestion (consommation à 50 kg de PV et précocité) entre 65 j et 110 kg, soit la phase de croissance-finition. Dans les modèles de croissance du porc, la description d'un animal ou d'un génotype comporte généralement des paramètres de croissance tels que le  $B_{Gompertz}$  et les potentiels de dépôt protéique et lipidique, les paramètres de l'ingestion étant ensuite déduits (Knap, 1996 ; Pomar et al., 2003). La combinaison de paramètres proposée dans notre étude permet une description d'un animal ou d'un génotype non seulement en termes de croissance mais aussi d'ingestion. Les paramètres choisis présentent en outre une signification biologique (ou technico-économique), ce qui facilite la compréhension et l'interprétation des variations et des relations observées. A partir des données utilisées ici, nous avons ainsi pu dégager différentes relations, notamment entre ingestion et croissance. Par exemple, une croissance précoce apparaît liée à une consommation précoce, de même qu'un  $GMQ_{65j-110kg}$  élevé est lié à une consommation élevée à 50 kg de PV. Nous avons également observé que les performances de croissance avant 65 j, résultant des phases de naissance, 1<sup>er</sup> âge et 2<sup>ème</sup> âge, et caractérisées par le  $PV_{65j}$ , influencent le  $GMQ_{65j-110kg}$  et la consommation à 50 kg de PV, mais déterminent très peu la précocité de la croissance ou de l'ingestion ( $B_{Gompertz}$  et  $F_{conso}$ ), c'est-à-dire la forme des courbes de croissance et d'ingestion en pleine croissance (entre 65 j et 110 kg). La nature des relations entre ces paramètres induit certaines contraintes dans la définition de profils de performances. En effet, au sein d'un génotype, la définition du profil de l'animal moyen représentatif du génotype, ou d'un animal à performances plus faibles ou plus élevées, par la combinaison de valeurs de chacun des cinq paramètres doit être cohérente avec les relations dégagées. Par exemple, un animal du génotype considéré dans notre étude ne peut avoir un  $GMQ_{65j-110kg}$  élevé et une consommation à 50 kg PV faible.

Notre analyse présente cependant certaines limites quant à l'interprétation des résultats. Nous avons en effet établi une relation entre le PV et l'âge à partir de quatre données de poids par animal, puis utilisé cette relation pour transformer la relation entre QI et âge en une relation entre QI et PV. Le jeu de données sur les PV étant très incomplet par rapport à celui des QI, ceci implique un certain biais dans la structure des corrélations entre paramètres. Ce biais pourrait être réduit en utilisant des cinétiques comportant des données de poids et d'ingestion aux mêmes âges (par exemple des ciné-

tiques hebdomadaires). De plus, les corrélations observées et les relations entre paramètres qu'elles impliquent ne sont à considérer que pour le génotype étudié ici et dans ces conditions d'élevage. Elles sont à confirmer ou moduler par l'analyse de jeux de données recueillies par sexe, pour d'autres génotypes ou d'autres situations alimentaires (alimentation en groupe vs. individuelle).

Ces remarques prises en compte, l'approche développée ici présente quoiqu'il en soit un grand intérêt pour définir des profils animaux utilisables ensuite en modélisation, notamment pour la prédiction des besoins nutritionnels. En effet, un modèle tel qu'InraPorc utilise les paramètres descriptifs proposés ici pour caractériser un profil animal, reconstruire ses courbes de croissance et d'ingestion et en déduire ses besoins nutritionnels dans des conditions d'alimentation choisies. L'analyse du jeu de données réalisée ici n'est représentative que d'un génotype et de plus dans des conditions assurant des performances nettement supérieures à celles observées dans les élevages. L'analyse de cinétiques de croissance et d'ingestion pour différents génotypes et/ou différentes situations d'élevage (animaux en groupe à alimentation commune ou individuelle, etc.) permettrait la connaissance des valeurs des paramètres descriptifs, de leurs relations et donc la caractérisation de profils animaux cohérents dans ces différents cas. Utilisés dans InraPorc, ces profils permettraient l'étude de l'impact de chaque situation sur les besoins. Ce type d'analyse de données individuelles est également intéressant pour la prise en compte de la variabilité individuelle et de son effet sur les besoins au sein d'une population. La moyenne des performances du groupe est le plus souvent utilisée pour le caractériser et définir ses besoins, alors que la réponse aux conditions d'élevage et de nutrition d'un individu moyen « représentatif » de la population est différente de celle de la population (Pomar et al., 2003 ; Wellock et al., 2004). La variabilité individuelle intragroupe doit donc être prise en compte, notamment dans l'estimation des besoins (Leclercq et Beaumont, 2000 ; Pomar et al., 2003). La caractérisation par cinq paramètres de chaque individu d'un groupe très large d'animaux fournit la possibilité de déterminer au sein de ce groupe la distribution des valeurs de ces paramètres. Leur nombre limité permet de définir plus facilement les relations entre leurs variabilités, comme a pu le montrer l'analyse des corrélations exposée plus haut. Ces relations connues, l'effet de la variabilité individuelle sur les performances globales, ainsi que sur les besoins, peut être étudié en respectant la cohérence entre paramètres et donc sans risquer d'induire de variabilité supplémentaire et non réaliste.

### CONCLUSION

La démarche d'analyse que nous utilisons permet de décrire des cinétiques individuelles d'ingestion et de croissance par un panel de cinq paramètres pertinents et à signification biologique facilement interprétable. Les relations mises ici en évidence entre ces paramètres, notamment entre les précocités de la croissance et de la consommation après 65 j, ou encore entre la consommation à 50 kg PV et le GMQ entre 65 j et 110 kg PV, demandent à être confirmées et modulées

sur d'autres génotypes ou dans d'autres situations alimentaires. La connaissance de ces interactions entre ingestion et consommation est en effet importante pour l'obtention de combinaisons cohérentes de paramètres. Les profils ainsi obtenus sont utilisables pour calibrer un modèle tel

qu'InraPorc et définir les besoins des animaux décrits. L'utilisation de données individuelles et des relations de corrélations est également applicable dans l'étude des conséquences de la variabilité individuelle sur l'estimation des besoins.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Knap P.W., 1996. Stochastic simulation of growth in pigs: protein turnover-dependant relations between body composition and maintenance requirements. *Anim. Sci.*, 63, 549-561.
- Leclercq B., Beaumont C., 2000. Etude par simulation de la réponse des troupeaux de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines. *INRA Prod. Animales*, 13, 47-59.
- Pomar C., Kyriazakis I., Emmans G.C., Knap P.W., 2003. Modeling stochasticity: dealing with populations rather than individual pigs. *J. Anim. Sci.*, 81 (E. Suppl. 2), E178-E186.
- Rivest J., 2004. Epreuve 16. Performances des animaux en station. Rapport final. Evaluation des verrats terminaux : Duroc et P76. Centre de développement du porc du Québec, inc., Sainte Foy, 44 p.
- Schnute J., 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38, 1128-1140.
- Van Milgen J., Noblet J., Valancogne A., Dubois S., Dourmad J.Y., 2005. InraPorc : un modèle pour analyser les performances et évaluer les stratégies alimentaires chez le porc en croissance. *Journées Rech. Porcine*, 37, 291-298.
- Wellock I.J., Emmans G.C., Kyriazakis I., 2004. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. *J. Anim. Sci.*, 82, 2442-2450.

