

Méta-analyse et modélisation de l'ingestion volontaire chez le porc

Paulo ALBERTO LOVATTO (1,2), Daniel SAUVANT (1)

(1) UMR INRA-INAPG Physiologie de la Nutrition et Alimentation
16, rue Claude Bernard, 75231, Paris CEDEX 05 - France

(2) Université Fédérale de Santa Maria/CNPq, Departamento de Zootecnia
97119-900, Santa Maria-RS, Brésil

Méta-analyse et modélisation de l'ingestion volontaire chez le porc

Une étude bibliographique a été réalisée sur 54 publications qui rassemblent 704 traitements et 277 expériences. Cette étude a mis en évidence l'existence de facteurs de variation de l'ingestion volontaire mesurés sur l'animal et sur l'aliment. Dans l'ensemble des facteurs qui affectent l'ingestion, le poids vif a été le plus important. Parmi les autres facteurs observés sur l'animal, le GMQ et le dépôt protéique ont accru linéairement l'ingestion pendant la croissance. Il est de même pour le dépôt lipidique en finition. Une baisse de la teneur en matière azotée du régime a réduit le GMQ en croissance et en finition et a accru l'ingestion uniquement en finition. La teneur en lysine a influencé de façon curvilinéaire le GMQ et l'ingestion pendant la croissance et la finition. Aucun effet de l'énergie, de la méthionine plus la cystine, de la thréonine et du tryptophane n'a pu être observé. A partir de ces résultats, des modèles empiriques de prévision de l'ingestion volontaire ont été développés en intégrant les facteurs mesurés sur l'animal (PV et GMQ) et sur l'aliment. Les modèles développés permettent d'aboutir à des prédictions relativement précises de l'ingestion volontaire chez le porc en croissance.

Meta-analysis and modelling of ad libitum feed intake in the pig

A quantitative review was performed using 54 publications, 704 treatments and 277 experiments. Feed intake (FI) when a diet is offered ad libitum to the growing pig was affected by both animal and feed factors. Globally, amongst the factors which affected feed intake, liveweight was the most important. In addition, other animal factors, such as, ADG and protein gain increased FI linearly during the growing period. Lipid gain had the same effect on FI during the finishing period. A decrease in the crude protein content of the diet reduced the ADG in both the growing and finishing periods, and increased feed intake in the finishing period. The lysine content of the diet had a curvilinear influence on ADG and FI during both the growing and finishing periods. No effect of dietary energy, methionine and cystine, threonine and tryptophan was observed on FI. From these results, empirical models of ad libitum feed intake have been developed, which integrate, in the same regression equation, animal (LW and ADG) and dietary factors. The models developed allow a relatively precise prediction of ad libitum feed intake in the growing pig.

INTRODUCTION

L'ingestion représente un paramètre important de l'alimentation du porc comme des autres espèces domestiques. Cependant, elle n'a pas été considérée comme un thème de recherche prioritaire. En effet, les dernières revues qui y sont consacré sont assez anciennes (FOWLER, 1985; HENRY, 1985). Une des raisons réside vraisemblablement dans le fait que les pratiques les plus fréquentes consistaient à rationner les porcs en croissance pour éviter un engraissement excessif et une dégradation de l'indice de consommation. De ce fait, les principales recommandations se sont souvent contentées d'indiquer une allure générale de l'évolution de la quantité d'aliment ingérée en fonction de l'âge ou du poids vif (ARC, 1981 ; INRA, 1989 ; NRC, 1998). L'évolution de la population porcine vers des génotypes plus maigres amène à reconsidérer la problématique de l'ingestion qui peut apparaître comme un facteur limitant de l'expression du potentiel de croissance de l'animal. Ce travail a été entrepris pour faire une synthèse des données disponibles sur l'ingestion volontaire du porc en croissance, de manière à en dégager les causes de variation et à en déduire des équations prédictives empiriques utiles aux praticiens. En outre, ces travaux doivent aider à construire un modèle mécaniste de la croissance dans lequel la régulation de l'ingestion serait intégrée.

1. MÉTHODES

Une base de données expérimentales a été constituée en vue de ce travail. Pour être sélectionné, un article devait préciser que les animaux étaient nourris *ad libitum* et considérés suivant une durée expérimentale suffisamment longue (au moins trois semaines). En outre, il devait considérer de façon prioritaire l'influence des facteurs de variation tels que le niveau et la nature des apports azotés ou la densité énergétique. Ces différents facteurs ont été codés dans la base de manière à pouvoir quantifier leurs effets. Un ensemble de 54 publications a ainsi été retenu : elles correspondent à 704 lots ou traitements et à 277 comparaisons ou expériences. Le nombre moyen d'animaux par lot a été de 16, le poids vif (PV) initial, le PV moyen et le PV final ont été respectivement (moyenne \pm écart-type) de $39,8 \pm 23,8$, $56,9 \pm 27,2$, $74,5 \pm 32,4$ kg. Les paramètres considérés ont été mesurés sur l'animal (poids vif, gain de poids, gain protéique, gain lipidique, rapport gains lipidique/protéique) et sur l'aliment (densité énergétique, teneurs en matière azotée, lysine, méthionine plus cystine, thréonine et tryptophane). Le critère expliqué privilégié a été la quantité de matière sèche ingérée (MSi), exprimée en kg/j et appelée aussi ingestion volontaire (IV). Pour préciser les variations des effets observés en fonction des grandes phases de la croissance, les données ont été codées de manière à pouvoir effectuer des analyses distinctes sur des animaux en croissance ($PV < 55$ kg) ou en finition ($PV > 55$ kg).

L'analyse statistique a été conduite selon les méthodes classiques de la méta-analyse. En particulier, l'interprétation a privilégié les relations entre les variables prises deux à deux. D'autre part, les modèles d'ajustement utilisés ont été appliqués à l'ensemble des données (modèles « globaux »), ou bien aux données considérées en intra-essai (modèles

« intra »). Dans le cas des modèles globaux, l'analyse statistique utilisée est la régression simple ou multiple. Pour les modèles intra, l'analyse de variance-covariance a été utilisée. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Minitab (MINITAB, 1996).

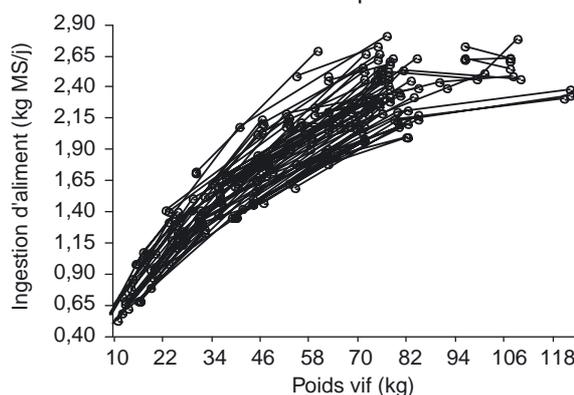
2. RÉSULTATS

2.1. Relations entre l'IV et les caractéristiques de l'animal

2.1.1. Le poids vif

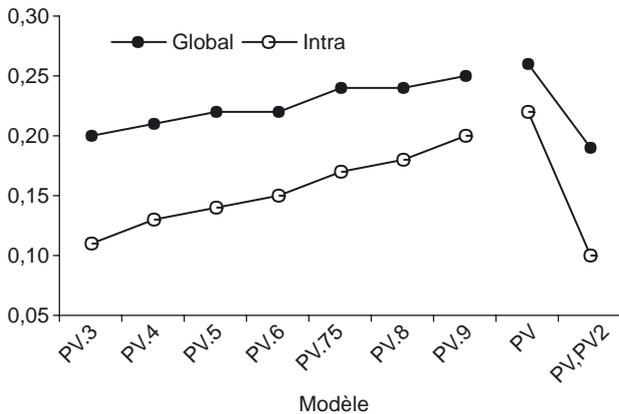
L'ingestion volontaire évolue de façon curvilinéaire en fonction du poids vif (figure 1). Cette évolution traduit un ralentissement marginal des quantités de MS ingérées avec l'accroissement du poids vif. Un plafonnement assez net apparaît au-delà de 80 kg environ, cependant les données disponibles sont beaucoup plus rares dans cette phase.

Figure 1 - Ingestion d'aliment chez le porc en croissance en fonction du poids vif



Compte tenu de la tendance générale de cette relation, plusieurs types d'ajustement des données ont été testés, avec un modèle global ou intra expérience. Ainsi différentes valeurs de b , la puissance du poids vif considéré comme variable explicative ($MSi = a PV^b$), ont été étudiées. La précision de l'ajustement, estimé par l'écart type résiduel (etr), s'améliore à mesure que le terme de puissance du poids est diminué (figure 2). Quelle que soit la puissance du poids considérée la variation résiduelle des ajustements varie de façon curvilinéaire en fonction du poids vif avec des écarts au modèle positifs pour les valeurs de PV les plus faibles ainsi que pour les plus élevées. Il existe donc une composante curvilinéaire de la MSi qui n'est pas intégrée par les fonctions puissance du PV. Pour aller plus loin, un autre ajustement de type allométrique ($\ln MSi = \ln a + b \ln PV$) a été testé. Dans ce cas, il apparaît un coefficient allométrique moyen $b = 0,63 \pm 0,01$. L'étude des résidus confirme l'effet résiduel curvilinéaire évoqué et suggère d'utiliser un ajustement quadratique ($\ln MSi + a + b \ln PV + c (\ln PV)^2$). Dans ce cas, les coefficients b et c sont significativement différents de 0 ($b = 2,10 \pm 0,10$; $c = 0,20 \pm 0,01$). Ces résultats signifient que, dans le modèle $MSi = a PV^b$, le coefficient b n'est pas constant mais est fonction décroissante du poids vif. Il est ainsi égal à 0,81, 0,53, 0,37 et 0,26 pour les animaux pesant 25, 50, 75 et 100 kg respectivement. Comme ces types d'ajustements ne

Figure 2 - Précision de l'ajustement de l'ingestion volontaire en fonction de différents modèles du poids vif



supposent pas de limite supérieure à l'ingestion, ce qui peut être supposé pour l'adulte à l'entretien, un autre type de modèle, ayant une asymptote de la MSi en fonction du poids vif, a également été testé. Ainsi, une relation intra [Eq. 2], linéaire et assez précise, associe les inverses de la MSi et du PV.

$$1/MSi = 0,276 + 16,4 (1/PV) \quad (n=395, R^2=0,87, \text{etr}=0,119) \quad [\text{Eq. 1}]$$

$$1/MSi = 0,249 + 17,1 (1/PV) \quad (n=395, \text{nexp}=153, R^2=0,95, \text{etr}=0,092) \quad [\text{Eq. 2}]$$

Ces fonctions de type Michaelis supposent l'existence d'une asymptote égale à 3,62 et 4,02 kg MSi/j respectivement.

Un ajustement par une régression quadratique aboutit également à des niveaux de signification intéressants. Les équations de régression globale et intra de ces modèles sont :

$$MSi_{iv} \text{ (kg j}^{-1}\text{)} = 0,194 + 0,045 PV - 0,000214 PV^2 \quad (n=235, R^2=0,89, \text{etr}=0,194) \quad [\text{Eq. 3}]$$

$$MSi_{iv} \text{ (kg j}^{-1}\text{)} = 0,146 + 0,047 PV - 0,000227 PV^2 \quad (n=235, \text{nexp}=108; R^2=0,98, \text{etr}=0,103) \quad [\text{Eq. 4}]$$

La prise en compte de l'effet expérience [eq. 4] a permis une réduction de 47 % de l'etr par rapport à l'ajustement global [eq. 3]. La forte variabilité entre essais ($\text{etr} = 0,27 \text{ kg/j}$) ainsi mise en évidence sera étudiée en fonction de plusieurs facteurs ou variables explicatives. Cette variabilité entre essais est plus élevée lorsque que le PV est plus important. Les coefficients de régression sont très comparables entre les deux équations et le maximum est atteint pour des valeurs très proches du PV (103-105 kg). Un examen des variations résiduelles de ces deux équations en fonction du PV révèle que la pente $dMSi / dPV$ des essais réalisés sur les animaux les plus jeunes (<35 kg environ) est dans l'ensemble plus importante que celle indiquée par les équations [3] et [4]. Les variations résiduelles de l'IV sont étroitement et positivement corrélées entre les différents modèles ajustés.

2.1.2. Le gain de poids

Ramenés en % du PV, la MSi (MSi % PV) et le GMQ (GMQ % PV) présentent des allures linéaires décroissantes assez

comparables. Ceci indique que les courbes de PV et de MSi cumulée ne suivent pas un modèle de croissance de type logistique mais plutôt de type Gompertz ou Richards (LEBRETON et MILLIER, 1982). En conséquence, globalement ou en intra expérience, ces deux paramètres sont très liés :

$$MSi \% PV = 1,89 + 0,91 GMQ \% PV \quad (n=503, R^2=0,70, \text{etr}=0,48) \quad [\text{Eq. 5}]$$

$$MSi \% PV = 1,49 + 1,11 GMQ \% PV \quad (n=503, \text{nexp}=269, R^2=0,90, \text{etr}=0,41) \quad [\text{Eq. 6}]$$

Lorsque les variables MSi % PV et GMQ % PV sont corrigées (indice c) de leur relation avec le poids vif, elles sont positivement corrélées :

$$MSi \% PV_c = 1,45 GMQ \% PV_c \quad (n=503, R^2=0,12, \text{etr}=0,47) \quad [\text{Eq. 7}]$$

$$MSi \% PV_c = 1,55 GMQ \% PV_c \quad (n=503, \text{nexp}=269, R^2=0,64, \text{etr}=0,40) \quad [\text{Eq. 8}]$$

En conséquence, lorsqu'on se place à un PV donné, les variations de GMQ induisent des variations de MSi qui leur sont approximativement 1,5 fois égales.

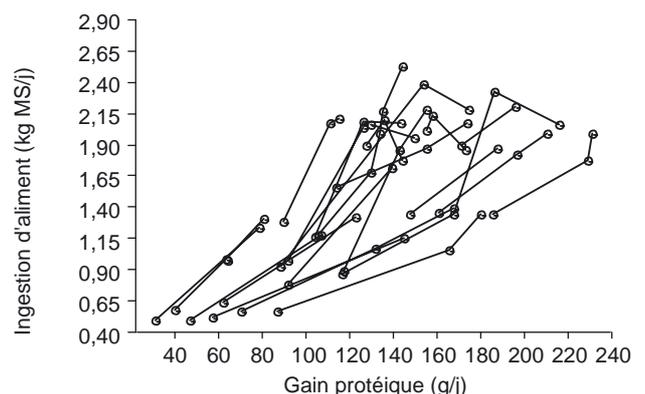
2.1.3. Le gain protéique

La relation intra-essai entre le gain protéique (GP, $g/j = 121 \pm 43$) et l'IV [eq. 9] présente une allure quadratique (figure 3). Cette relation indique que, au sein d'une même étude, lorsque le GP atteint les valeurs les plus élevées, les animaux présentent de plus fortes valeurs du rapport $dMSi / dGP$ (pente de la figure 3). L'analyse intra-essai de ces données aboutit à une relation linéaire qui n'est significative qu'en phase de croissance [eq. 10]. Dans cette période l'IV s'accroît de $110 \pm 10 \text{ g MSi/j}$ pour 10 g de gain protéique supplémentaire.

$$MSi_{iv} \text{ (kg j}^{-1}\text{)} = -0,230 + 0,245 GP - 0,000069 GP^2 \quad (n=84, R^2=0,42, \text{etr}=0,501) \quad [\text{Eq. 9}]$$

$$MSi_{iv-55} \text{ (kg j}^{-1}\text{)} = -0,0072 + 0,011 GP \quad (n=45, \text{nexp}=31; R^2=0,94, \text{etr}=0,168) \quad [\text{Eq. 10}]$$

Figure 3 - Ingestion d'aliment chez le porc en croissance en fonction du gain protéique



2.1.3. Le gain lipidique

Le gain lipidique a eu un effet linéaire significatif en intra-essai en période de finition [eq. 11]. D'après cette relation, un gain de 10 g de lipides corporels est associé à une augmentation de 57 g de l'ingestion volontaire. Cette relation est précise mais porte sur un faible nombre de résultats.

$$\text{MSi}_{\text{iv}+55} (\text{kg j}^{-1}) = 1,13 + 0,0057 \text{ GL} \quad (n=19, \text{ nexp}=11; R^2=0,99, \text{ etr}=0,008) \text{ [Eq. 11]}$$

Lorsque le niveau de MSi \% PV_c , corrigé de sa relation avec le poids vif, est relié au rapport des gains de lipides et de protéines (GL/P) la relation globale est significative :

$$\text{MSi \% PV}_c = -0,93 + 0,53 \text{ GL/P} \quad (n=61, R^2=0,29, \text{ etr}=0,59) \text{ [Eq. 12]}$$

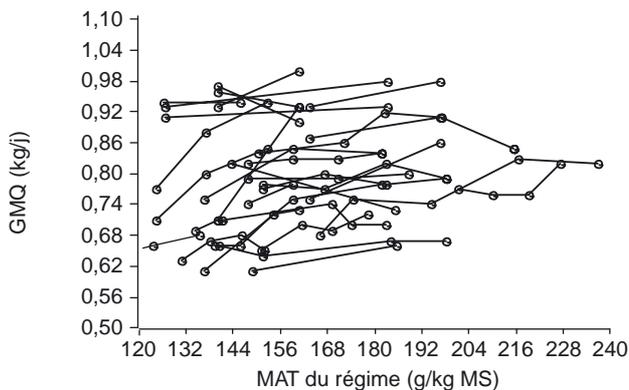
L'ingéré spontané est donc plus important pour les animaux présentant des valeurs GL/P plus élevées, il s'accroît d'environ 0,5 % PV par point d'accroissement de GL/P.

2.2. Influence des facteurs alimentaires protéiques

Dans cette partie les influences des facteurs alimentaires protéiques susceptibles d'être limitants ont été étudiées d'abord sur le GMQ, pour retrouver des lois générales connues, puis sur l'IV. Etant donné que les différences sont très importantes entre les essais, les relations statistiques ne sont calculées qu'en intra expérience.

2.2.1. La teneur en matières azotées du régime

Figure 4 - GMQ chez le porc en croissance en fonction de la teneur en MAT du régime



Lorsque le taux de MAT (179 ± 31 g/kg MS) de la ration diminue, il apparaît une baisse significative du GMQ (figure 4). Sur l'ensemble des données cet effet est linéaire [eq. 13]. Il le demeure dans la phase de croissance [eq. 14], par contre il est quadratique en finition avec une influence marquée lorsque la teneur en MAT est inférieure à 175 g/kg MS [eq. 15].

$$\text{GMQ}_{\text{iv}} (\text{kg j}^{-1}) = 0,64 + 0,001 \text{ MAT} \quad (n=93, \text{ nexp}=30; R^2=0,90, \text{ etr}=0,017) \text{ [Eq. 13]}$$

$$\text{GMQ}_{\text{iv}+55} (\text{kg j}^{-1}) = 0,52 + 0,0011 \text{ MAT} \quad (n=36, \text{ nexp}=11; R^2=0,94, \text{ etr}=0,024) \text{ [Eq. 14]}$$

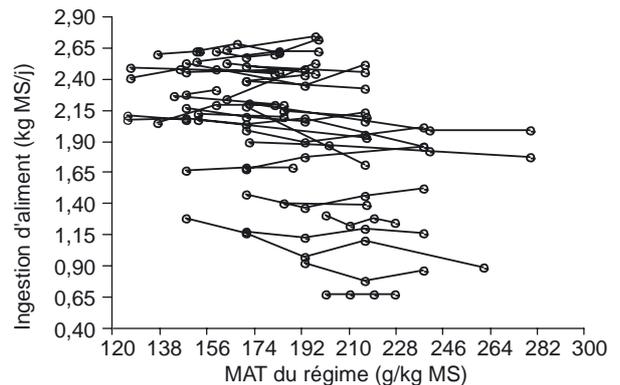
$$\text{GMQ}_{\text{iv}+55} (\text{kg j}^{-1}) = 0,18 + 0,007 \text{ MAT} - 0,00002 \text{ MAT}^2 \quad (n=57, \text{ nexp}=19; R^2=0,90, \text{ etr}=0,030) \text{ [Eq. 15]}$$

Sur l'ensemble des données (figure 5) il apparaît une relation négative significative entre la teneur en MAT du régime et l'ingestion volontaire [eq. 16]. En moyenne, l'IV s'accroît de 97 ± 31 g MSi/j pour une diminution de 100 g de MAT/kg MS d'aliment, ce qui indique une certaine compensation. Néanmoins, lorsque les données sont analysées par phase il n'apparaît d'effet significatif qu'en période de finition [eq. 17].

$$\text{MSi}_{\text{iv}} (\text{kg j}^{-1}) = 2,23 - 0,00097 \text{ MAT} \quad (n=105, \text{ nexp}=38; R^2=0,99, \text{ etr}=0,077) \text{ [Eq. 16]}$$

$$\text{MSi}_{\text{iv}+55} (\text{kg j}^{-1}) = 2,44 - 0,00079 \text{ MAT} \quad (n=72, \text{ nexp}=29; R^2=0,96, \text{ etr}=0,067) \text{ [Eq. 17]}$$

Figure 5 - Ingestion chez le porc en croissance en fonction de la teneur en MAT du régime



2.2.2. La teneur en lysine du régime

La figure 6 indique qu'au sein de la plupart des expérimentations considérées, le GMQ est altéré lorsque la concentration en lysine totale du régime ($9,7 \pm 2,7$ g/kg MSi) devient inférieure à un seuil que l'on peut situer vers 7,5-8 g/kg MS. Ces données ont été significativement ajustées par un modèle quadratique [eq. 18].

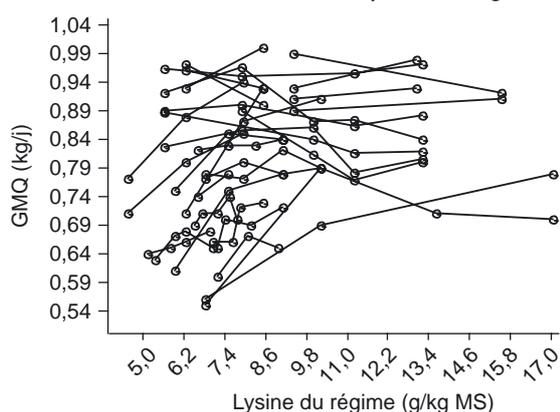
$$\text{GMQ}_{\text{iv}} (\text{kg j}^{-1}) = 0,72 + 0,022 \text{ LYS} - 0,0011 \text{ LYS}^2 \quad (n=98, \text{ nexp}=31; R^2=0,91, \text{ etr}=0,041) \text{ [Eq. 18]}$$

Les coefficients des équations ci-dessous traduisent une influence un peu plus marquée de la teneur en lysine sur le GMQ pour les animaux en phase de croissance [eq. 19] plutôt qu'en finition [eq. 20].

$$\text{GMQ}_{\text{iv}+55} (\text{kg j}^{-1}) = 0,32 + 0,068 \text{ LYS} - 0,0024 \text{ LYS}^2 \quad (n=36, \text{ nexp}=12; R^2=0,93, \text{ etr}=0,041) \text{ [Eq. 19]}$$

$$\text{GMQ}_{\text{iv}+55} (\text{kg j}^{-1}) = 0,62 + 0,049 \text{ LYS} - 0,0026 \text{ LYS}^2 \quad (n=62, \text{ nexp}=19; R^2=0,88, \text{ etr}=0,038) \text{ [Eq. 20]}$$

Figure 6 - GMQ chez le porc en croissance en fonction de la teneur en lysine du régime



Les valeurs maximales du GMQ sont atteintes pour des teneurs moyennes en lysine de 14,2 et 9,4 g/kg MSi pour les animaux en croissance et en finition, avec des maxima respectifs de 0,81 et 0,92 kg/j.

Les effets intra-essais sur l'IV sont de nature curvilinéaire (figure 7). L'influence de la teneur en lysine est plus marquée avec les animaux en phase de croissance, comme le montre les coefficients des deux équations suivantes :

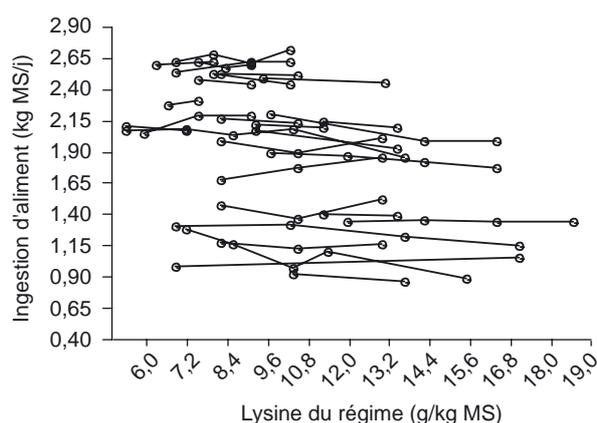
$$MSi_{iv-55} \text{ (kg j}^{-1}\text{)} = 1,08 + 0,07 \text{ LYS} - 0,0028 \text{ LYS}^2$$

(n=57, nexp=23; R²=0,94, etr=0,014) [Eq. 21]

$$MSi_{iv+55} \text{ (kg j}^{-1}\text{)} = 2,17 + 0,04 \text{ LYS} - 0,0024 \text{ LYS}^2$$

(n=63, nexp=27; R²=0,96, etr=0,074) [Eq. 22]

Figure 7 - Ingestion d'aliment chez le porc en croissance en fonction de la teneur en lysine du régime



D'après ces coefficients il y a un maximum de MSi qui est atteint pour une teneur moyenne en lysine de 12,5 g/kg MSi pour les animaux en croissance et de 8,3 g/kg MSi pour les animaux en finition. Les valeurs de maxima d'IV sont respectivement de 1,52 et 2,34 kg/j pour la croissance et la finition.

2.2.3. Autres facteurs alimentaires

Les autres facteurs alimentaires considérés (teneurs en énergie, en méthionine plus cystine, en thréonine et en tryptophane) n'ont pas eu d'influence sur l'IV.

2.4. Application pratique

Pour rendre les résultats précédents plus applicables, deux modèles, à employer successivement, ont été proposés. Ils intègrent les critères les plus faciles à mesurer et souvent disponibles. Le premier (MS_{ivpo}) est basé uniquement sur des facteurs mesurables sur l'animal, le poids vif et le gain de poids :

$$MS_{ivpo} \text{ (kg j}^{-1}\text{)} = -0,205 + 0,0345 \text{ PV} - 0,000153 \text{ PV}^2 + 0,967 \text{ GMQ}$$

(n=63, nexp=27; R²=0,96, etr=0,074) [Eq. 23]

L'inclusion du GMQ a permis d'améliorer sensiblement la précision de l'estimation par le PV seul (l'etr a été réduit de 80%). Par rapport à l'équation [4] le valeur du coefficient de régression est modifiée en raison de la relation statistique liant le GMQ et le PV. L'écart type résiduel de cette régression est relativement faible. Par contre, lorsque l'équation [23] est appliquée, l'écart type entre les essais reste élevé (0,22 kg/j). Afin d'améliorer la portée générale de l'approche, nous avons étudié les écarts entre les valeurs observées et l'équation [23]. L'écart type de ces écarts est de 0,18 kg/j, cette variabilité qui est largement due à des différences entre essais, est en fait significativement et linéairement liée aux teneurs en MAT et en lysine du régime. Le deuxième modèle intègre donc un accroissement de 2,5 et 32,8 g de l'IV par baisse respective de 1 g/kg MS de la MAT et de la lysine par rapport aux résultats fournis par l'équation [23].

2.5. Discussion

Cette analyse quantitative des données de la littérature confirme que le poids vif est le principal facteur de variation de l'ingestion du porc en croissance. Différents modèles simples d'ajustement ont été testés, ils permettent d'aboutir à une précision satisfaisante, en particulier en analyse intra-essai. Cependant, l'analyse de la structure des variations résiduelles des ajustements suggère d'utiliser des modèles plus compliqués, contenant plus de paramètres, pour mieux ajuster les données d'ingestion en fonction du poids vif. D'autre part, l'ensemble des données disponibles indique qu'il n'existe pas une valeur unique de la puissance du poids pour exprimer l'ingestion. Les variations résiduelles des différents ajustements statistiques calculées sont positivement corrélées, en particulier pour les modèles globaux. Ce résultat indique que les différents modèles évoqués présentent les mêmes limites de précision. Le GMQ, le gain protéique et le gain lipidique influencent également l'IV. Ces résultats traduisent une adaptation de l'ingestion à la demande métabolique (WHITTEMORE et al, 1995). Dans notre étude, les effets positifs du GMQ et du GP sur l'IV ont été plus marqués en croissance ; ceci rejoint les résultats cités par plusieurs auteurs (CAMPBELL et al, 1988 ; FERGUSON et GOUS, 1993 ; QUINIOU et al, 1996). En revanche, l'effet du GL s'exprime plus dans la finition, ce qui traduit vraisemblablement le besoin nettement plus important en énergie pour le gain lipidique (QUINIOU et al, 1996 ; TUITOEK et al, 1997).

La relation linéaire entre la teneur en MAT et le GMQ est un peu surprenante car des expériences avaient suggéré l'exis-

tence de relations non linéaires entre ces deux paramètres (YANG et al, 1997 ; KEMM et al, 1991). Une relation négative entre la teneur en MAT du régime et l'ingestion mise en évidence dans cette étude avait déjà été rapportée par plusieurs auteurs (BRADFORD et GOUS, 1991 ; FERGUSON et al, 1997 ; CHEN et al, 1999). Le rassemblement des données permet de constater que cette relation apparaît linéaire sur une large plage de valeurs de MAT. Il semblerait donc que l'animal soit capable de rechercher une certaine compensation à une teneur insuffisante en MAT par une ingestion plus élevée. Pour la lysine, il apparaît également une relation négative avec l'IV chez le porc en croissance comme cela a été observé par FRIESEN et al (1994).

Bien que la teneur en énergie du régime soit un facteur important de la régulation de l'ingestion (HENRY, 1985 ; KYRIAZAKIS et EMMANS, 1992), nos résultats n'ont pas montré cette influence. Cela est vraisemblablement dû au nombre trop réduit, dans la base, d'expériences dans lesquelles la densité énergétique a varié. D'autres facteurs de variation connus de l'IV n'ont pas été pris en compte dans cette étude. C'est par exemple le cas de l'influence de la

somatotropine porcine (pST) exogène sur le métabolisme tissulaire (NOBLET et al, 1992 ; SEVE et al, 1993).

Une méthode simple de prévision de l'ingestion par le porc en croissance-finition a pu être proposée. A un premier niveau, la prédiction s'appuie sur la connaissance des critères mesurés sur les animaux. A un second niveau, il est possible d'être plus précis en intégrant la connaissance des teneurs en protéines brutes ou en lysine des régimes considérés.

CONCLUSION

Chez le porc en croissance et nourri à volonté l'ingestion volontaire est influencée surtout par le poids vif. Cependant, d'autres facteurs mesurés sur l'animal (GMQ, GP et GL) et sur l'aliment (MAT et lysine) ont des effets significatifs sur l'IV.

L'ingestion volontaire calculée par régression multiple à partir des poids vifs (PV et PV²) et du GMQ permet d'aboutir à des prédictions relativement précises dans la zone considérée de poids vif. L'intégration des effets des teneurs en MAT et en lysine du régime permet de prédire la MSi lors de variations des apports de ces composants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARC. 1981. The nutrients requirements of pigs : technical review. Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, London, England.
- BRADFORD, M.M.V., GOUS, R.M. 1991. Anim. Prod. 52 : 323-330.
- CAMPBELL, R.G., TAVERNER, M.R., CURIC, D.M. 1988. Nutr. Res. Rev 47 : 497-503.
- CHEN, H.Y., LEWIS, A.J., MILLER, P.S., YEN, J.T. 1999. J. Anim. Sci. 77 : 3248-3252.
- FERGUSON, N.S., GOUS, M. 1993. Anim. Prod. 56 : 233-243.
- FERGUSON, N.S., GOUS, R.M., EMMANS, G.C. 1997. Anim. Sci. 64 : 513-522.
- FOWLER, V.R. 1985. Proc. Nutr. Soc. 44 : 347-353.
- FRIESEN, K.G., NELSEN, J.L., GOODBAND, R.D. et al. 1994. J. Anim. Sci. 72 : 1761-1770.
- HENRY, Y. 1985. Liv. Prod. Sci. 12 : 339-354.
- INRA. 1989. L'alimentation des animaux monogastriques. Ed. INRA, Paris. 282 p.
- KEMM, E.H., SIEBRITS, F.K., RAS, M.N., BADENHORST, H.A. 1991. S. Afr. J. Anim. Sci. 21 : 127-136.
- KYRIAZAKIS, I., EMMANS, G.C. 1992. Br. J. Nutr. 68 : 615-625.
- LEBRETON, J.D., MILIER, C. 1982. Modèles dynamiques et déterministes en biologie. Ed. Masson, Paris. 209 p.
- MINITAB, 1996. Version 12.2, Manuel de l'utilisateur.
- NOBLET, J., HERPIN, P., DUBOIS, S. 1992. J. Anim. Sci. 70, 2471-2484.
- NRC. 1998. 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- QUINIOU, N., DOURMAD, J.-Y., NOBLET, J. 1996. Anim. Sci. 63 : 277-288.
- SEVE, B., BALLEVRE, O., GANIER, P., NOBLET, J. et al. 1993. J. Nutr. 123, 529-540.
- TUITOEK, K., YOUNG, L.G., DE LANGE, C.F., KERR, B.J. 1997. J. Anim. Sci. 75 : 1575-1583.
- WHITTEMORE, C.T., KERR, J.C., CAMERON, N.D. 1995. Agr. Syst. 47 : 235-244.
- YANG, C.J., LEE, D.W., CHUNG, I.B., CHO, Y.M. et al. 1997. As. Aus. J. Anim. Sci. 10 : 54-63.

*Les références de la base de données sont disponibles avec les auteurs