

Bases d'estimation des besoins énergétiques du porc en croissance

J. VAN MILGEN, J. NOBLET

*Institut National de la Recherche Agronomique,
Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles*

Bases d'estimation des besoins énergétiques du porc en croissance

Traditionnellement, l'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) pour les dépôts de protéines et de lipides est estimée par une approche factorielle à l'aide d'une équation de régression entre la quantité d'EM ingérée et les dépôts d'énergie sous forme de protéines (PD) et de lipides (LD). Cette méthode permet l'estimation des besoins en EM pour l'entretien (EMm) ainsi que les rendements d'utilisation de l'EM pour PD et LD (respectivement k_p et k_f). Elle est toutefois critiquée d'un point de vue statistique parce qu'il est plus facile de contrôler l'EM ingérée que de contrôler PD ou LD. Une méthode multivariée est proposée dans laquelle PD et LD sont interprétées en tant que résultat de la variation de l'EM ingérée. Les deux méthodes sont évaluées en utilisant des bilans énergétiques ($n=177$) de sept groupes de porcs en croissance de 20 à 107 kg poids vif (PV) et nourris à volonté. En raison de la faible corrélation entre PD et LD pour nos données, les résultats des deux méthodes sont comparables. L'EMm peut être exprimée en fonction du PV à la puissance 0,60 avec des différences significatives entre groupes de porcs (en moyenne $1,02 \text{ MJ/kg PV}^{0,60}$). EMm est également une fonction des masses musculaire et viscérale, la contribution des viscères (exprimé par $(\text{kg de tissu})^{0,70}$) à l'EMm étant trois fois plus élevée que la contribution du muscle. Les valeurs de k_p et k_f sont respectivement 0,62 et 0,83. Par ailleurs, l'approche multivariée montre qu'une proportion constante et indépendante du PV de l'énergie de production ($EM_p = EM - EM_m$) est utilisée pour PD chez les porcs de génotypes maigres tels que le Piétrain. Pour les autres groupes, la proportion de EM_p utilisée pour PD décroît linéairement avec le PV.

Bases for estimating the energy requirements for growing pigs

The utilisation of metabolisable energy (ME) by growing pigs is usually evaluated by a factorial approach in which the ME intake is regressed on the protein (PD) and lipid (LD) deposition rates. This method allows estimation of the maintenance requirement (ME_m) and the energetic efficiencies of protein and lipid deposition (k_p and k_f , respectively). Because it is much easier to control ME intake than to control PD or LD, the factorial approach has been criticised from a statistical point of view. An alternative, multivariate method is proposed in which PD and LD are seen as the result of variation in ME intake. The methods were evaluated using energy balances ($n=177$) of seven groups of ad libitum fed, growing pigs ranging in body weight (BW) between 20 and 107 kg. The differences between both methods were small due to the relatively small correlation between PD and LD. For each group of pigs, ME_m can be described as a function of BW raised to the power 0,60 (average $1,02 \text{ MJ}/(\text{kg BW})^{0,70}$). Across groups, ME_m can be expressed as function of muscle and visceral mass. Viscera (per $(\text{kg of tissue})^{0,70}$) contributed three times more to ME_m than did muscle. The efficiencies of PD and LD were 0,62 and 0,83 respectively. The multivariate approach requires a hypothesis concerning the utilisation of production energy (ME_p = ME - ME_m). For extremely lean genotypes such as Piétrain, a constant proportion of ME_p was used for PD irrespective of BW. For other groups, the proportion of ME_p used for PD declined linearly with increasing BW.

INTRODUCTION

Dans la plupart des systèmes d'énergie utilisés pour la nutrition du porc en croissance, une distinction est faite entre l'énergie métabolisable (EM) utilisée pour l'entretien et celle utilisée pour la croissance. La couverture des dépenses d'entretien (EMm), y compris la thermorégulation, est supposée prioritaire et l'énergie disponible restante est utilisée pour les dépôts protéique et lipidique. Le besoin pour l'entretien peut être exprimé comme une fonction simple du poids vif (PV) de l'animal (AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1981 ; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998) ou en fonction du poids vif (ou du poids protéique) et de l'intensité du dépôt de protéines (WHITTEMORE et al, 1976 ; BLACK et al, 1986) ou en fonction des poids de tissus maigres et de viscères (NOBLET et al, 1999). L'utilisation de l'EM disponible au-dessus de l'entretien (EMp) dépend de la répartition de l'énergie fixée entre les dépôts protéique et lipidique et des rendements d'utilisation de l'EM pour ces dépôts.

Traditionnellement, les rendements d'utilisation de l'EM pour les dépôts d'énergie sous forme de protéines (PD) et de lipides (LD) sont estimés par une approche factorielle à l'aide d'une équation de régression entre la quantité d'EM et les dépôts protéique (PD) et lipidique (LD) (KIELANOWSKI, 1965). Cette approche a été critiquée parce qu'il est beaucoup plus facile de contrôler l'EM ingérée que de contrôler PD ou LD (EMMANS, 1995). De plus, quand différents niveaux énergétiques sont imposés dans le schéma expérimental (pour des animaux de mêmes génotype et poids vif), il existe généralement une corrélation forte entre PD et LD. En conséquence, d'un point de vue statistique, l'approche factorielle est incorrecte. L'objectif de notre étude est de proposer une procédure alternative pour l'analyse statistique des données. Cette procédure sera basée sur la répartition de l'EMp entre PD et LD pour des animaux nourris à volontés. La prédiction de PD et LD en fonction du poids vif et du type de porc requiert de modéliser la quantité d'EM ingérée.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Schéma expérimental et mesures

Une description détaillée du schéma expérimental et des mesures a été donnée par NOBLET et al (1994 ; 1998). Brièvement, des porcs de sept groupes ont été utilisés: 8 mâles d'une lignée synthétique (SLm), 8 mâles de la race de Piétrain (PPm), 19 mâles de race Large White (LWm), 20 femelles de race Large White (LWf), 19 mâles castrés de race Large White (LWc), 12 mâles castrés de race chinoise Meishan (MSc) et 8 mâles castrés croisés Meishan x Large White (MLc). Les animaux ont été nourris quasi à volontés avec un régime à base de blé, d'orge, de maïs et de tourteau de soja contenant, par rapport à la matière sèche, 21 % de matières azotées, 1,00 % de lysine et 14,4 MJ EM/kg (les animaux des groupes SLm et PPm ont reçu un aliment à 22,4 % de matières azotées et 1,15 % de lysine). Les bilans énergétiques (calorimétrie indirecte), protéiques et lipidiques ont été mesurés environ toutes les 3 semaines entre 20 et 100 kg de poids vif. Au total, 177 bilans ont été réalisés.

Les animaux ont été pesés chaque semaine après une mise à jeun de 15 h. Les masses musculaire et viscérale (le tractus gastro-intestinal, le foie, le pancréas, le cœur, les poumons, la rate, les reins, et le tractus génital) ont été estimées selon la méthode décrite par NOBLET et al (1999).

1.2. La répartition de l'énergie

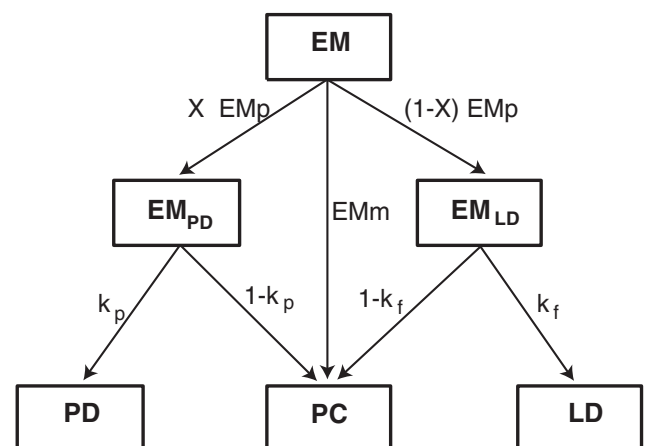
Le modèle traditionnel qui exprime la répartition de l'énergie peut être écrit comme:

$$EM = EMm + 1/k_p PD + 1/k_f LD \quad (\text{modèle 1})$$

où EMm est le besoin énergétique à l'entretien et k_p et k_f sont les rendements d'utilisation de l'EM pour respectivement les dépôts d'énergie sous forme de protéines et de lipides. L'EMm peut être exprimé comme une fonction exponentielle du poids vif ou comme une fonction exponentielle des masses musculaires et viscérales. Dans le premier cas, $EMm = a_i PV^b$ où a_i est le besoin d'entretien pour l' $i^{\text{ème}}$ groupe d'animaux (kJ EM/(kg PV) b /j). Dans le deuxième cas, l'entretien est décrit par $EMm = a_M (\text{muscle})^b + a_V (\text{viscères})^b$ où a_M est le besoin énergétique des muscles (kJ EM)/(kg muscle) b /j, et a_V est le besoin énergétique des viscères (kJ ME)/(kg viscère) b /j. Ces derniers coefficients sont considérés comme non affectés par le groupe.

Un schéma général de l'utilisation de l'EM entre le dépôt de protéines (PD; kJ/j), le dépôt de lipides (LD; kJ/j) et la production de chaleur (PC; kJ/j) est représenté à la figure 1. Il est supposé que l'entretien soit prioritaire, l'énergie restante étant disponible pour PD et LD. La fraction de l'EM disponible au-dessus de l'entretien ($EMp = EM - EMm$) et destinée pour PD est représentée ici comme X. En conséquence, une fraction 1-X sera disponible pour LD. Les efficacités énergétiques pour la synthèse de PD (k_p) et LD (k_f) ont été considé-

Figure 1 - Répartition de l'énergie métabolisable



EM = énergie métabolisable, EMm = besoin pour l'entretien, EMp = énergie disponible au-dessus de l'entretien, X = fraction de l'EMp destinée à la synthèse des protéines, EM_{PD} = énergie destinée à la synthèse des protéines, EM_{LD} = énergie destinée à la synthèse des lipides, k_p = rendement de la synthèse des protéines, k_f = rendement de la synthèse des lipides, PD = énergie déposée sous forme de protéines, LD = énergie déposée sous forme de lipides, PC = production de chaleur

Tableau 1 - Utilisation de l'énergie métabolisable (EM; kJ/j) chez les porcs en croissance nourris à volonté en fonction de leur génotype ou type sexuel (1)

Groupe (2)	a kJ/kg ⁶⁰ /j	c	d /kg	k _p	k _f
SLm PPm LWm LWf LWc MLc MSc	1120 (30) 1000 (30) 1070 (30) 1100 (40) 940 (20)	modèle 1 (ETR = 2,4% de l'EM)		0,64 (0,03)	0,83 (0,02)
SLm PPm LWm LWf LWc MLc MSc	1070 (50) 950 (40) 1030 (40) 1040 (60) 920 (40)	0,49 (0,02) 0,34 (0,02)	0 0 -0,0018 (0,0002) -0,0032 (0,0002) -0,0041 (0,0002) -0,0014 (0,0003) -0,0027 (0,0004)	0,60 (0,04)	0,82 (0,04)

(1) Estimée par les modèles :

$$EM = EM_m + 1 / k_p PD + 1 / k_f LD \text{ (modèle 1)}$$

$$PD = k_p X (EM - EM_m) \text{ et } LD = k_f (1 - X) (EM - EM_m) \text{ (modèle 2)}$$

où EM_m (kJ/j) est le besoin d'entretien ($EM_m = a; PV^b; b = 0,60$), PV le poids vif (en kg), PD le dépôt protéique (kJ/j), LD le dépôt lipidique (kJ/j), X la fraction de l'EM au-dessus de l'entretien utilisée pour la synthèse protéique ($X = c_i + d_i (PV-20)$), et k_p et k_f les rendements d'utilisation de l'EM pour les dépôts d'énergie sous forme, respectivement, de protéines et de lipides

(2) SLm = mâles d'une lignée synthétique; PPm = mâles de la race de Piétrain; LWm = mâles de race Large White; LWf = femelles de race Large White; LWc = mâles castrés de race Large White; MLc = mâles castrés croisés Meishan x Large White; MSc = mâles castrés de race chinoise Meishan

rées comme constantes. En conséquence, le modèle peut être décrit par le système d'équations suivantes:

$$\begin{aligned} PD &= K_p X (EM - EM_m) \\ LD &= K_g (1 - X) (EM - EM_m) \end{aligned} \quad \text{(modèle 2)}$$

Comme précédemment, l' EM_m peut varier avec le poids vif ou les masses musculaire et viscérale. Il est également possible que la répartition de l' EM_p varie avec le poids vif et le génotype. Pour des raisons de simplicité, l' EM_p utilisé pour PD (X) peut être considéré comme une fonction linéaire du poids vif de l'animal avec des paramètres spécifiques à chaque groupe des porcs:

$$X_i = c_i + d_i (PV-20)$$

où c_i est la fraction de EM_p utilisée pour PD à 20 kg de PV (pour groupe i), et d_i correspond à la variation de X avec le poids vif (/kg PV ; pour groupe i).

1.3. Modélisation de l'ingestion

Le but principal de cette étude était l'utilisation de l'EM fournie au-dessus de l'entretien pour des animaux nourris à volonté. Cependant, non seulement l'utilisation de l'énergie, mais également la capacité d'ingestion peuvent changer avec le génotype, le sexe et le poids vif. Pour les besoins de la modélisation, il est important que cette dernière information soit disponible. La relation entre l'EM ingérée et le poids

vif peut être représentée par un modèle asymptotique de forme $EM = a_i (1 - \exp(-b_i PV))$, où a_i est l'EM ingérée à l'asymptote (MJ/j; pour PV infini) et b_i est le changement fractionnaire de l'EM ingérée dû à un changement de PV (/kg) pour l' $i^{\text{ième}}$ groupe d'animaux (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998). Parce que la gamme des poids vifs est assez faible et loin de l'asymptote, le modèle a été reparamétré comme suit :

$$EM = \frac{EM_{50i} (1 - [(EM_{100i}/EM_{50i}) - 1]^{(PV/50)})}{2 - EM_{100i}/EM_{50i}} \quad \text{(modèle 3)}$$

où EM_{50i} est l'EM ingérée à 50 kg de PV (MJ/j) et EM_{100i} est l'EM ingérée à $2 \times 50 = 100$ kg de PV (MJ/j) pour l' $i^{\text{ième}}$ groupe de porcs. On peut montrer que $a = EM_{50}/(2 - EM_{100}/EM_{50})$ et $b = -\ln(EM_{100}/EM_{50} - 1)/50$. Ce paramétrage a pour résultat des évaluations plus stables des paramètres EM_{50} et EM_{100} par rapport à a et b sans changer la forme fonctionnelle de l'équation (RATKOWSKY, 1989). Une transformation logarithmique de cette équation a été utilisée pour prendre en compte l'hétéroscédasticité de l'erreur.

1.4. Les analyses statistiques

Les modèles 1 et 3 ont été analysés comme des modèles non-linéaires de la procédure NLIN de SAS (1989). Le

modèle 2 consiste en deux équations non-linéaires (une pour PD et une pour LD); il a été analysé comme un modèle non-linéaire multi-variate. Les hypothèses ont été testées en utilisant le principe de la somme de carrés additionnels (RATKOWSKY, 1983).

2. RÉSULTATS

Les résultats de l'analyse factorielle (modèle 1) et de l'analyse multivariante (modèle 2) sont donnés dans le tableau 1 (p.249). L'exposant du poids vif concernant le besoin en EMm n'est pas différent de 0,60 mais il diffère significativement de 0,75. L'EMm est le plus faible pour les MSc (940 kJ/(kg PV)^{0,60}/j) et le plus élevée pour les SLM (1120 kJ/(kg PV)^{0,60}/j). Au sein du génotype Large White, le sexe n'affecte pas l'EMm. Par ailleurs, les résultats indiquent que le rendement d'utilisation pour le dépôt protéique est plus faible que pour le dépôt de lipides (0,64 contre 0,83).

L'exposant "b" n'est pas non plus différent de 0,60 dans l'analyse multivariante (tableau 1). Il existe également des effets significatifs du groupe et du génotype sur les besoins d'entretien (kJ/(kg PV)^{0,60}/j). Par contre, il n'existe aucune différence significative entre les EMm pour les mâles, les femelles ou les mâles castrés de la race Large White.

La méthode présentée ci-dessus implique que l'entretien doit être estimé pour chaque type du porc. Alternativement, l'entretien peut être estimé en fonction des masses musculaire et viscérale. Cette méthode est moins précise que celle consistant à prendre en compte l'effet groupe (les écarts-types résiduels augmentent d'environ 4 %) mais son application est plus générale. Les modèles tant factoriel que multivariante montrent alors que la masse viscérale contribue environ 3 fois plus à l'EMm que le muscle : 1788 et 569 kJ/(kg de tissu)^{0,70}/j, respectivement pour l'approche factorielle et 1578 et 552 kJ/(kg de tissu)^{0,70}/j, respectivement pour l'approche multivariante. Les valeurs de k_p et k_f sont comparables à celles obtenues précédemment (0,63 et 0,83 pour le modèle 1 et 0,58 et 0,77 pour le modèle 2).

Une fonction linéaire a été utilisée pour décrire la répartition entre protéines et lipides de EMP en fonction de PV ($X = c_i + d_i(PV-20)$; tableau 1). Le modèle a été paramétré pour inclure une ordonnée à l'origine (c_i) dans la gamme des PV observés. On peut considérer une répartition identique à 20 kg de PV pour les groupes maigres (SLm, PPm, LWm, LWf, et LWc) et une pour les groupes obèses (MLc et MSc). À 20 kg de PV, 49 % de l'EMP est destinée à PD pour les groupes maigres contre 34 % pour les groupes obèses. Par ailleurs, il existe des différences entre groupes pour le changement de la répartition de l'EMP avec le poids vif (d_i). Les génotypes SLM et PPm utilisent une proportion constante de EMP pour PD quelque soit le poids vif ($d = 0$, donc $X = 49 \%$), ce qui suggère une allométrie linéaire entre PD et LD. Par contre, les trois groupes de la race Large White ainsi que les groupes obèses destinent une proportion de plus en plus faible de EMP pour PD avec l'augmentation du PV (tableau 1, p. 249). L'ingestion d'EM en fonction du poids vif est présentée dans le tableau 2. Elle est la plus élevée pour les MLc (30,7 MJ/j à 50 kg de PV et 42,5 MJ/j à 100 kg PV) et la plus faible pour les PPm (22,5 MJ/j à 50 kg PV et 29,3 MJ/j à 100 kg de PV).

Tableau 2 - Ingestion d'énergie métabolisable chez le porc en croissance estimée par le modèle asymptotique (1)

Groupe (2)	ME50 MJ/j	ME100 MJ/j
SLm	25,3 (0,6)	35,3 (1,1)
PPm	22,5 (0,4)	29,3 (1,6)
LWm	25,7 (0,4)	34,7 (0,9)
LWf	25,4 (0,4)	36,2 (1,0)
LWc	26,8 (0,4)	39,6 (1,1)
MLc	30,7 (0,7)	42,5 (1,5)
MSc	23,2 (0,5)	27,4 (0,9)

$$(1) EM = \frac{EM50_i (1 - [(EM100_i/EM50_i) - 1]^{(PV/50)})}{2 - EM100_i/EM50_i}$$

où EM50 = l'EM ingérée à 50 kg de PV,
EM100 = l'EM ingérée à 100 kg de PV

(2) Voir le tableau 1 pour la signification des groupes

3. DISCUSSION

3.1. Comparaison entre l'approche multivariante et l'approche factorielle

Dans notre étude, les mêmes données ont été utilisées dans les approches factorielle et multivariante; les résultats obtenus peuvent donc être directement comparés. Bien que les différences soient faibles, les besoins d'entretien (kJ/(kg PV)^{0,60}/j) estimés par l'approche factorielle sont systématiquement plus élevés que ceux estimés par l'approche multivariante, (entre +2,0 et +5,6 % pour, respectivement, les MSc et les PPm). De la même façon, k_p est légèrement plus élevé (0,64 par l'approche factorielle contre 0,60 par l'approche multivariante non-linéaire; tableau 1). Quant aux valeurs de k_f , elles sont identiques (0,82) dans les deux méthodes. La faible différence dans les résultats obtenus par les deux méthodes est probablement due au fait que la corrélation entre PD et LD est faible pour nos données (0,107). La différence aurait probablement été plus importante si des niveaux d'alimentation différents avaient été utilisés (pour des porcs de même génotype et même poids vif).

3.2. L'entretien du porc en croissance

Il est évident que l'EMm varie avec le poids vif de l'animal. L'EMm est généralement exprimé en fonction de PV^{0,75} et résulte de la comparaison des dépenses d'entretien d'animaux adultes d'espèces différentes. C'est aussi le mode d'expression proposé dans les recommandations récentes du NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1998). Plusieurs études ont montré que ce mode d'expression n'est pas adapté pour des animaux en croissance et notamment pour les porcs; l'expression de l'EMm en fonction de PV^{0,60} paraît plus appropriée (NOBLET et al, 1999). Notre étude montre aussi que les viscères (probablement le tube digestif et le foie) jouent un rôle important dans les variations de EMm. Par conséquent, il est possible que des niveaux d'alimentation

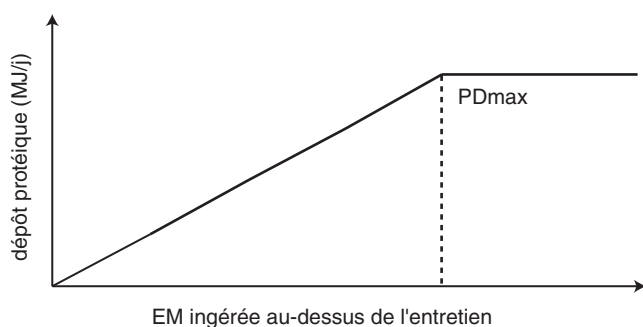
différents ou des régimes de compositions chimiques différentes (par exemple des régimes riches en fibres) affecteront EMm.

3.3. Répartition de l'énergie entre les dépôts de protéines et de lipides

Dans beaucoup de modèles qui ont pour but de prédire la croissance des porcs, on suppose que PD est limité par le potentiel génétique de croissance (PDmax) ou, si la quantité d'énergie ingérée est insuffisante, par une relation entre PD et LD. Pour un PV donné, PD varie avec l'EM ingérée selon une relation du type linéaire - plateau où le plateau correspond à PDmax (figure 2). Cette approche a été utilisée par BLACK et al (1986), DE GREEF (1992) et QUINIOU et al. (1995). Les PD mesurés dans nos essais s'appliquent à une situation où les animaux ont été nourris à volonté. Pour certains animaux, PD a pu être limité par PDmax alors que pour d'autres (probablement les plus jeunes et les plus maigres), PD a été limité par la capacité d'ingestion. En conséquence, pour le premier groupe, il était possible de restreindre la consommation d'aliment sans affecter PD jusqu'à un niveau où la prise alimentaire commence à limiter PD. L'acceptation de ce concept a des conséquences pour l'interprétation de X. Ainsi, pour des animaux dont PD est limité par leur capacité d'ingestion, X est la fraction *maximale* de l'EMp utilisée pour le dépôt protéique. Par contre, X représente la fraction *minimale* de l'EMp utilisée pour PD chez les animaux dont PD est déterminé par PDmax. En l'absence de restrictions alimentaires dans nos essais, il n'est toutefois pas possible de déterminer les contributions de la capacité d'ingestion ou de PDmax comme facteurs limitants de PD. Néanmoins, on peut penser que, pour des génotypes maigres, PDmax n'est pas limitant avant 60 kg de poids vif.

Différentes relations ont été proposées pour la répartition du dépôt d'énergie en dessous de PDmax. Dans un des premiers modèles décrivant la croissance chez des porcs, WHITTEMORE et FAWCETT (1976) ont suggéré une relation constante entre PD et LD lorsque l'énergie ingérée limite la croissance. BLACK et al (1986) ont proposé une fonction exponentielle pour exprimer la pente de la régression entre l'azote déposé (en dessous PDmax) et l'EM ingérée en fonction de PV. Si on suppose que la protéine idéale contient 16 % d'azote et 23,7 MJ/kg, et que k_p est égal à 0,60, la relation proposée par BLACK et al (1986) peut être réécrite

Figure 2 - Relation entre l'énergie ingérée et le dépôt protéique



comme $X = 0,247 X_s (0,7 \exp (-0,0192 PV) + 0,65)$, où X_s dépend du génotype et du type sexuel des animaux. Une comparaison de cette équation avec celle développée dans notre étude (tableau 1, p. 249) indique que, pour des animaux non-obèses, le modèle de BLACK et al (1986) attribue beaucoup moins d'énergie pour le dépôt protéique et que la différence est la plus grande chez les animaux jeunes. De plus, puisque PDmax a pu limiter PD pour certains animaux de notre étude, X serait encore plus élevé si la consommation d'aliment avait été restreinte.

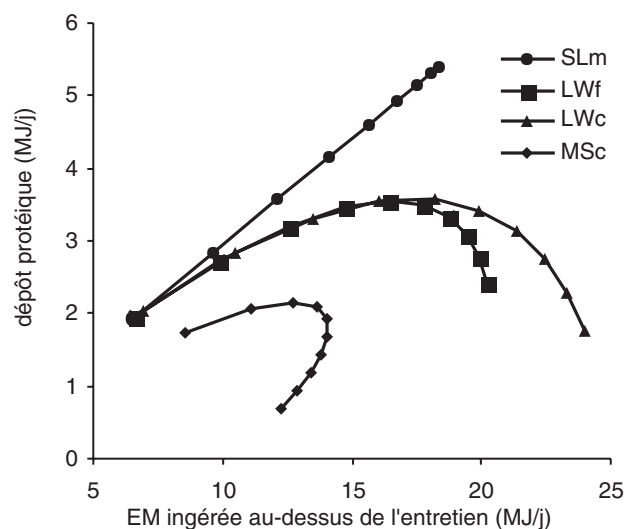
3.4. Les profils de croissance pour le dépôt de protéines

Le rapprochement des modèles de répartition de l'EM ingérée (tableau 1, p. 249) et de description de la capacité d'ingestion en fonction du PV (tableau 2) permet la construction d'un profil de dépôt protéique en fonction de EMp et du poids vif pour chaque groupe de porcs; l'illustration de cette démarche est rapportée à la figure 3 pour 4 des 7 groupes. Ce graphique illustre l'effet du PV et du génotype sur l'utilisation de l'EM ingérée au-dessus de l'entretien. De façon générale, il est clair qu'avec l'augmentation du PV, non seulement la capacité d'ingestion augmente, mais également les besoins énergétiques d'entretien. De plus, la figure 3 montre que pour tous les groupes, à l'exception de MSc, EMp s'accroît avec l'augmentation du poids vif, ce qui signifie que la capacité d'ingestion des porcs augmente plus vite que leurs dépenses d'entretien. En conséquence, avec l'augmentation du PV, plus d'énergie sera disponible pour la croissance. Néanmoins, la capacité d'ingestion d'énergie au-dessus de l'entretien approche une limite (seuil de l'EMp) au poids vif d'environ 100 kg.

Avec l'augmentation du PV, de plus en plus d'énergie fournie au-dessus de l'entretien sera destinée aux dépôts lipidiques pour tous les groupes, à l'exception toutefois des

Figure 3 - Profils de croissance entre 20 et 110 kg de poids vif

Le point le plus à gauche représente l'animal au poids de 20 kg, et les points suivants aux poids vifs de 30, 40, ..., et 110 kg



porcs des génotypes maigres (SLm et Ppm). La limitation du niveau d'ingestion d'énergie au-dessus de l'entretien ainsi que le changement dans la répartition de l'énergie déposée ont pour conséquence une diminution de PD.

Théoriquement, les animaux matures déposent ni protéines ni lipides, et consomment en fonction de leurs besoins d'entretien. En conséquence, les profils de PD représentés dans la figure 3 p. 251 devraient rejoindre

l'origine au PV de maturité. Les génotypes maigres tels que SLm et Ppm utilisent la même fraction d'EMp pour PD quel que soit leur poids vif (dans la gamme de nos observations). Par conséquent, leurs profils de croissance protéique seront linéaires. Quant aux autres groupes, ils utiliseront de plus en plus d'énergie pour LD lorsque le poids vif s'accroît ; il en résulte des profils de dépôt de protéines curvi-linéaires.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, 1981. The nutrient requirements of pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, England, 307 p.
- BLACK J.L., CAMPBELL R.G., WILLIAMS I.H., JAMES K.J., DAVIES G.T., 1986. Res. Develop. Agric., 3, 121-145.
- DE GREEF K.H., 1992. Prediction of production. Nutrition induced tissue partitioning in growing pigs. Department of Animal Nutrition, Wageningen Agricultural University, 117 p.
- EMMANS G.C., 1995. In : "Modelling growth in the pig". 47-58. Wageningen Pers, Wageningen, 238 p.
- KIELANOWSKI, J., 1965. In : "Proceedings of the 3rd Symposium on Energy Metabolism". 13-20 Academic Press, London.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998. Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press, Washington, DC, 189 p.
- NOBLET J., KAREGE C., DUBOIS S., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 267-276.
- NOBLET J., KAREGE, C., DUBOIS, S., VAN MILGEN, J., 1999. J. Anim. Sci. (sous presse).
- QUINIOU N., NOBLET J., VAN MILGEN J., DOURMAD J.Y., 1995. Anim. Sci., 61, 133-143.
- RATKOWSKY D.A., 1983. Nonlinear regression modeling. A unified practical approach. Marcel Dekker, Inc., New York, 270 p.
- RATKOWSKY D.A., 1989. Handbook of nonlinear regression models. Marcel Dekker, Inc., New York, 241 p.
- SAS INSTITUTE INC., 1989. SAS/STAT User's Guide. Version 6. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1686 p.
- WHITTEMORE C.T., FAWCETT R.H., 1976. Anim. Prod., 22, 87-96.