

# PRISE EN COMPTE DE LA VARIABILITÉ DE LA COMPOSITION CORPORELLE POUR LA PRÉVISION DU BESOIN ÉNERGÉTIQUE ET DE L'EFFICACITÉ ALIMENTAIRE CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

J. NOBLET, C. KAREGE, S. DUBOIS

Institut National de la Recherche Agronomique  
Station de Recherches Porcines - 35590 St Gilles

avec la collaboration de A. ROGÉ pour les mesures sur animaux vivants, M. ALIX, L. JAFFRENOU et P. SUREL pour les mesures sur les carcasses et Sylviane BARRE, Annick BLANCHARD et Nadine MÉZIÈRE pour les analyses de laboratoire.

De façon à analyser la relation entre la nature du gain de poids vif (PV) et l'efficacité alimentaire au cours de la croissance, les compositions tissulaire et chimique de porcs dont le PV varie de 20 à 100 kg et leurs performances de croissance au cours de cet intervalle de poids sont mesurées. Les 95 animaux de l'étude se répartissent en 7 groupes (G): 8 mâles d'une lignée synthétique (G1), 8 mâles Piétrain (G2), 19 mâles Large White (G3), 20 femelles Large White (G4), 19 mâles castrés Large White (G5), 9 mâles castrés Large White x Meishan (G6) et 12 mâles castrés Meishan (G7). Les données de composition corporelle sont analysées à l'aide d'équations d'allométrie qui permettent le calcul de la composition tissulaire et chimique du gain pondéral et des quantités de tissus ou de constituants chimiques déposées quotidiennement, au cours de la croissance. Le coefficient d'allométrie (CA) de l'ensemble Y par rapport à l'ensemble de référence X rend compte de la croissance relative de Y, par rapport à celle de X. Les résultats présentés concernent la totalité de la période allant de 22 à 95 kg de PV ou de 20 à 90 kg de poids vif vide (PVV).

Les résultats montrent que, à l'exception de G6 et G7, les teneurs en protéines et en matières minérales du PVV sont relativement constantes (CA # 1) entre 20 et 100 kg de PV (16,6% pour les protéines) et indépendantes du type de porc. A l'inverse, la teneur en eau du PVV diminue (CA < 1), alors que la teneur en lipides s'accroît (CA > 1), avec l'augmentation de PVV. Les valeurs de CA de l'eau et des lipides varient avec le type de porc. La composition chimique du gain de PVV délipidé est indépendante du type de porc. En relation avec les différences de CA entre types de porcs pour le poids de lipides, la teneur en énergie du gain de PVV s'accroît avec l'augmentation du PVV et varie de 10,2 (G1) à 22,1 (G2) MJ par kg de gain de PVV. Les gains quotidiens de protéines et de lipides varient respectivement de 50 g (G7) à 160 g (G1) et de 140 g (G1 et G2) à 280 g (G6). Les teneurs en muscles et en gras évoluent de façon parallèle aux teneurs en protéines et en lipides. Quant au coût énergétique du gain de PV (ICem), il varie de 27 (G1) à 51 (G7) MJ d'EM/kg; il s'accroît de façon linéaire avec la teneur en énergie du gain de PV et selon une allure hyperbolique avec la teneur en lipides ou en gras du porc. Les résultats constituent une base pour la modélisation du besoin en énergie du porc.

## Effect of body composition on energy requirements and feed efficiency in growing pigs

In order to analyse the relationship between the composition of body weight (BW) gain and feed efficiency over the growing period, tissular and chemical composition of pigs whose BW ranged from 20 to 100 kg and their growth performance over that BW interval were measured. Seven groups (G) or types of pigs were used: 8 males from a synthetic line (G1), 8 Piétrain males (G2), 19 Large White males (G3), 20 Large White females (G4), 19 Large White castrates (G5), 9 Meishan x Large White castrates (G6) and 12 Meishan castrates (G7). Body composition data were analysed according to allometric regression equations that allow calculation of composition of weight gain and daily rates of deposition of tissues or chemical constituents. The allometry coefficient (CA) of the Y compartment, in relation to the X reference compartment, corresponds to the relative growth of Y, in relation to the growth of X. Data presented in the paper concern the growth period from 22 to 95 kg BW or 20 to 90 kg empty BW (EBW).

If we except G6 and G7 pigs, data show that protein and ash contents of EBW were relatively constant (AC # 1) between 20 and 100 kg BW (16,6% for protein) and independent of type of pigs. On the other hand, EBW water content was reduced (CA < 1) and fat content was higher (CA > 1) when EBW was increased. The values of CA for water and fat differed between groups. The chemical composition of fat free EBW gain was about the same in all groups. In connection with differences in CA of fat between groups, energy content of EBW gain increased with EBW and ranged between 10,2 (G1) and 22,1 (G7) MJ per kg EBW gain. Daily depositions of protein and fat ranged from 50 g (G7) to 160 g (G1) and 140 g (G1 and G2) to 280 g (G6), respectively. Differences in muscles and adipose tissues contents between groups were similar to those observed for protein and fat, respectively. ME requirement for BW gain (ICem) ranged from 27 (G1) to 51 (G7) MJ per kg; it increased linearly with energy content of BW gain and according to an hyperbolic equation with fat or adipose tissues contents. Results represent a basis for modeling energy requirements of growing pigs.

## INTRODUCTION

Le besoin en énergie du porc en croissance correspond à la somme du besoin d'entretien et du besoin de croissance. La première composante du besoin dépend de caractéristiques liées à l'animal lui-même (poids vif, sexe, génotype, niveau hormonal, ...), de l'environnement (température ambiante, nature du sol, niveau d'alimentation, ...) et d'interactions entre l'animal et l'environnement (activité physique, état sanitaire, ...). Le besoin de croissance est directement lié aux quantités de protéines et de lipides déposées quotidiennement. En alimentation *ad libitum*, il résulte alors du potentiel génétique des animaux, le processus de sélection ayant eu pour résultat essentiel une réduction du dépôt quotidien de lipides et une augmentation du gain journalier de protéines. En alimentation restreinte, la notion de besoin n'a plus lieu d'être; il est alors préférable de raisonner en termes de réponse de l'animal aux apports d'énergie au-delà de la couverture des dépenses d'entretien. En fait, la réponse s'apprécie essentiellement par la capacité du porc à déposer des protéines et accroître sa masse musculaire, en liaison avec le niveau des apports d'énergie et son potentiel de croissance. Le dépôt de lipides résulte alors très schématiquement de la quantité d'énergie disponible lorsque les dépenses liées à l'entretien et au dépôt de protéines sont couvertes.

L'indice de consommation, exprimé en quantité d'énergie métabolisable (EM) par unité de gain de poids vif (PV), augmente linéairement avec la teneur en énergie du gain pondéral et diminue, selon une allure hyperbolique, avec l'élévation du niveau d'alimentation (HENRY et NOBLET, 1986). Or, le gain de PV au cours de la croissance est lié au dépôt de lipides et au dépôt de protéines, ce dernier étant associé à un gain concomitant d'eau et de matières minérales (environ 4 g/g). De plus, la teneur en énergie est environ 4 fois plus élevée pour le gain de dépôts adipeux que pour le gain de muscles (KAREGE, 1991). La teneur en énergie du gain de PV et, par suite, le coût énergétique de la croissance, dépendent donc très étroitement de la teneur en lipides ou en dépôts adipeux du gain pondéral.

L'objet du présent article est alors d'illustrer, à partir des données de consommation d'aliment, de croissance et de composition tissulaire et chimique du gain pondéral mesurées chez 7 types de porcs très différents, l'effet du potentiel de croissance et du niveau d'alimentation sur l'indice de consommation ou l'efficacité alimentaire (inverse de l'indice de consommation). L'objectif général du programme de travaux, dont une partie des résultats est résumée dans la présente publication, concerne l'acquisition de bases biologiques indispensables à la modélisation des besoins nutritionnels et des performances du porc en croissance. Les résultats concernant la détermination des dépenses d'entretien et des rendements d'utilisation de l'EM pour les dépôts de protéines et de lipides ont été rapportés antérieurement (NOBLET et al., 1991).

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

L'expérience est basée sur 95 porcs répartis en 7 groupes, selon leur type génétique et leur type sexuel: 8 mâles d'une lignée synthétique (LS; groupe 1) sélectionnée pour une adiposité faible, 8 mâles de la race de Piétrain (PP; groupe 2),

19 mâles (groupe 3), 20 femelles (groupe 4) et 19 mâles castrés (groupe 5) de race Large White (LW), 12 mâles castrés de race chinoise Meishan (MS; groupe 7) et 9 mâles castrés croisés MS x LW (groupe 6). Dans chaque groupe, l'essai est conduit sur 4 (génotype LW) ou 2 (autres génotypes) blocs de 4 à 6 frères ou sœurs de portée mis en expérience entre 15 et 20 kg de PV. De façon à mesurer l'évolution de la composition corporelle entre 15-20 kg et 90-110 kg de PV, les porcs d'une même portée sont abattus successivement à environ 15-20 (stade 1), 40, 60, 75-80 et 90-110 kg de PV et leur composition tissulaire et chimique est mesurée. Les animaux d'une même portée sont alimentés de façon identique, en fonction de leur PV, à un niveau aussi proche que possible du niveau à volonté. Toutes les 3 semaines, un bilan énergétique et azoté d'une semaine est réalisé en chambre respiratoire, les animaux étant généralement maintenus en couples (intra-bloc) jusqu'à 50 kg de PV et individuellement au-delà de ce poids. Les porcs du stade 1 n'ont généralement pas fait l'objet d'un bilan nutritionnel, ceux abattus à 90-110 kg ayant été mesurés de 4 à 6 fois sur l'ensemble de l'expérience. Compte tenu de leur faible vitesse de croissance, les porcs MS abattus à environ 100 kg ont été mesurés jusqu'à 9 fois. Les teneurs en EM de l'aliment sont déterminées au cours des mesures de bilan nutritionnel. Les porcs ont été maintenus individuellement et à environ 22°C pendant toute l'expérience: en cage de digestibilité lors des séjours en chambre respiratoire et sur un flat-deck permettant de contrôler le gaspillage d'aliment entre les périodes de bilan nutritionnel.

Les porcs reçoivent, à partir d'environ 25 kg de PV, un régime à base de blé, d'orge, de maïs et de tourteau de soja contenant, par rapport à la matière sèche, 21,0% de matières azotées, 1,00% de lysine et 14,7 MJ d'EM par kg. L'aliment apporté aux porcs LS et PP a une teneur plus élevée en matières azotées (22,5%) et en lysine (1,15%). Les apports de thréonine, d'acides aminés soufrés et de tryptophane représentent respectivement au moins 65, 65 et 20% de l'apport de lysine. L'aliment est présenté sous forme de granulés. Entre le début de l'expérience et le poids de 25 kg, les animaux reçoivent un aliment «porcelet» dont la teneur en protéines de la matière sèche est en moyenne de 23%.

### 1.2. Mesures

Les animaux sont pesés chaque semaine. Pour le calcul de la quantité hebdomadaire de matière sèche ingérée, il est tenu compte de la quantité d'aliment proposée et refusée, de sa teneur en matière sèche et de la matière sèche gaspillée sur l'ensemble de la semaine. La teneur en matière sèche de l'aliment est déterminée chaque semaine sur un échantillon prélevé selon la technique du repas fictif. Les échantillons hebdomadaires sont ensuite combinés par bloc pour les analyses de laboratoire ultérieures. Les mesures réalisées pour la détermination de la valeur nutritionnelle des aliments et l'établissement des bilans énergétiques et azotés sont comparables à celles décrites par NOBLET et al. (1989).

Les porcs sont pesés et abattus à l'issue d'un jeûne d'environ 16 heures. A l'abattage, les poids du sang, du tractus digestif plein et vide, du tractus génital, des abats rouges (foie, coeur, poumons, reins et rate), de la carcasse avec tête, pieds et queue et de l'ensemble tête + pieds + queue (TPQ) sont déterminés. A l'issue d'un ressuage d'au moins 24 heures, les deux demi-carcasses (sans TPQ) sont pesées séparément, l'une d'entre elles étant découpée selon la technique de

la découpe parisienne. Chaque compartiment de découpe est pesé puis disséqué en 5 tissus (gras externe (panne incluse), gras intermusculaire, muscles, os et peau) dont le poids est déterminé. Pour chaque tissu, on procède ensuite à un regroupement pour l'ensemble de la demi-carcasse. En définitive, 9 compartiments corporels sont constitués: sang (échantillon), abats rouges, abats blancs (tractus digestif et tractus génital), TPQ, gras externe, gras intermusculaire, muscles, peaux et os, les 5 derniers compartiments se rapportant à la demi-carcasse sans TPQ. Ces compartiments sont alors congelés, broyés, échantillonnés et lyophilisés pour les analyses ultérieures. Le compartiment intitulé «gras» dans la partie «résultats et discussion» correspond à la somme du gras externe et du gras intermusculaire. Un dixième compartiment est représenté par les poils dont le poids a été estimé par prélèvement et pesée de la quantité de poils sur une surface donnée; l'extrapolation à la surface totale de l'animal est réalisée à partir d'une estimation de la surface corporelle totale, calculée selon la formule de KELLEY et al. (1973).

### 1.3. Analyses de laboratoire

Sur les échantillons d'aliment, les teneurs en matières minérales, matières azotées, matières grasses, cellulose brute, NDF, ADF, ADL et énergie brute sont mesurées selon les méthodes habituelles (NOBLET et al., 1989). Sur les échantillons de fèces, seules les teneurs en matières minérales, matières azotées et énergie brute sont déterminées.

La teneur en matière sèche des échantillons de compartiments corporels est mesurée au moment du broyage par lyophilisation et passage à l'étuve. Sur les échantillons lyophilisés, les teneurs en matière sèche, matières minérales, azote, matières grasses (extrait à l'éther diéthylique) et énergie sont mesurées. Toutefois, la teneur en azote de l'échantillon de sang, prélevé sous héparine au moment de l'abattage, est analysé directement; les teneurs en matière sèche et matières minérales sont déterminées sur des prélèvements d'environ 5 g de sang préalablement lyophilisés; de même, la teneur en énergie est mesurée après lyophilisation d'environ 5 g de sang, dans un sac de polyéthylène.

### 1.4. Calculs et analyses statistiques

Le calcul des teneurs en énergie digestible (ED) et en EM des régimes est réalisé selon les méthodes habituelles; la valeur EM prend en compte les pertes d'énergie sous forme de méthane (NOBLET et al., 1989).

Sur chaque porc, on dispose de la quantité de matière sèche (MS) ingérée par semaine, de son PV et de son gain de PV au cours de la semaine. Il est alors possible de calculer, pour chaque «fin» de semaine d'expérience, la quantité de MS consommée et le gain pondéral de chaque porc, depuis le début de l'expérience. Des relations de type polynomial entre la quantité cumulée de MS ingérée ou le gain pondéral cumulé et la durée d'expérience (en jours) ont alors pu être calculées. Elles ont été déterminées par groupe de porcs, dans la mesure où tous les animaux d'un même groupe ont été alimentés de façon comparable. Elles permettent de calculer la quantité de MS ingérée, le gain de PV et, par suite, l'indice de consommation sur tout intervalle de temps, au cours de l'expérience.

Afin de décrire la croissance relative des compartiments

corporels, des constituants chimiques ou de l'énergie, le modèle de HUXLEY (1932) ( $Y = a \times X^b$ ) a été utilisé; Y correspond au poids (ou la quantité d'énergie) de l'ensemble à étudier, X est l'ensemble de référence et b représente le coefficient d'allométrie ou croissance relative de l'ensemble Y, par rapport à la croissance de l'ensemble X. L'exposant b est généralement considéré comme une constante mais il peut également s'exprimer sous la forme plus générale « $b_1 + b_2 \times \text{Log } X$ ». En termes pratiques, le meilleur ajustement des données et le calcul des coefficients a, b1 et b2 sont alors obtenus à partir de la relation de type quadratique:

$$\text{Log } Y = \text{Log } a + b_1 \times \text{Log } X + b_2 \times (\text{Log } X)^2.$$

Une valeur de  $b_2$  négative signifie que le coefficient d'allométrie diminue avec l'augmentation de X, alors qu'une valeur positive indique un accroissement du coefficient d'allométrie avec l'augmentation de X. Ce modèle se réduit à l'équation:  $\text{Log } Y = \text{Log } a + b \times \text{Log } X$  lorsque le coefficient  $b_2$  n'est pas significativement différent de zéro. Ces relations ont été utilisées pour calculer, par dérivation, la composition du gain ( $dY/dX$ ) de l'ensemble Y, pour une variation donnée de l'ensemble X. Avec la relation de type quadratique,  $dY/dX$  est égal à:  $(b_1 + 2 \times b_2 \times \text{Log } X) \times Y/X$ .

Les résultats présentés dans cette publication concernent la totalité de l'animal. L'ensemble de référence (X) considéré est le poids vif vide (PVV) qui correspond à la somme des compartiments corporels (poils, sang, abats blancs, abats rouges et carcasse chaude) pesés à l'abattage. La différence entre le PV à l'abattage et PVV prend en compte les contenus du tractus digestif et de la vessie et l'eau abdominale. Pour quelques variables relatives à la carcasse, l'ensemble de référence est le poids de carcasse. Les calculs ont été réalisés sur les variables PV, poids des compartiments corporels et des constituants chimiques et quantité d'énergie à l'abattage. Les pertes d'eau corporelle au cours du ressuyage, de la découpe et de la dissection ont été prises en compte dans le calcul du poids de tissus corporels au moment de l'abattage: il a été supposé que les pertes d'eau de chaque tissu sont proportionnelles au poids d'eau qu'il contient au moment du broyage.

Les dépôts quotidiens dans les différents compartiments corporels sont calculés à partir du produit du gain de PVV (g/j) et des caractéristiques de composition tissulaire ou chimique du gain de PVV. Le gain de PVV est calculé à partir du gain de PV (estimé à partir des relations de type polynomial décrites ci-dessus) et du rapport gain de PV: gain de PVV. Les dépôts peuvent être ainsi déterminés tout au long de la croissance. En pratique dans cette publication, nous nous limiterons à l'ensemble de la durée expérimentale (22 à 95 kg de PV ou 20 à 90 kg de PVV) et aux deux périodes 20-55 et 55-90 kg de PVV.

L'ensemble des calculs a été réalisé à partir du logiciel SAS (1988).

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Effet du type sexuel ou du type génétique sur la composition corporelle du porc en croissance.

La composition corporelle des porcs des 7 groupes au début de l'expérience, appréciée à 20 kg de PVV (soit environ 22 kg

de PV), est rapportée dans le tableau 1. Les résultats mettent en évidence que les 6 premiers groupes se différencient peu, avec toutefois une tendance pour les mâles PP et LS à avoir une teneur en lipides et en tissus adipeux légèrement plus faible et une teneur en muscles supérieure. Pour ce qui concerne les mâles castrés MS, la teneur en protéines du PVV ne diffère pas de celle mesurée dans les autres groupes, mais leur taux de muscles est nettement inférieur (environ

30% contre environ 40%). Ce résultat est à relier à l'importance de la peau, qui est un tissu particulièrement riche en protéines par rapport au tissu musculaire (32 contre 18% du poids frais; KAREGE, 1991). La teneur en lipides et en énergie du PVV, particulièrement élevée chez les animaux MS dès ce stade de la croissance, est associée à la teneur en dépôts adipeux également la plus élevée (19 contre 12% du PVV).

**Tableau 1** - Composition tissulaire et chimique du poids vif vide à 20 kg de poids vif vide, chez 7 groupes de porcs(1)

Groupe Génotype (2) Sexe (2)	1 LS M	2 PP M	3 LW M	4 LW F	5 LW MC	6 MSxLW MC	7 MS MC
<b>Tissus corporels, % (3)</b>							
5ème quartier	19,3	16,6	21,8	20,9	20,9	22,1	20,4
Carcasse	80,9	83,3	78,4	79,3	79,3	77,9	79,7
Muscles	47,8	50,9	40,8	43,5	42,5	37,1	30,8
Gras	10,0	11,0	12,0	11,8	10,8	13,5	18,8
Peau	3,2	3,3	3,9	3,8	4,1	4,9	7,7
Os	10,0	8,5	9,9	9,4	10,1	10,0	8,8
<b>Constituants chimiques, %</b>							
Eau	71,4	70,9	69,5	69,1	70,4	68,3	63,6
Matières minérales	3,1	2,7	3,1	3,0	3,1	3,1	3,1
Protéines	15,9	16,1	16,3	16,6	16,7	15,9	15,8
Lipides	9,0	9,8	10,9	11,6	10,2	12,2	18,3
Énergie, MJ/kg	7,26	7,66	8,13	8,35	7,94	8,48	10,98
<b>Poids vif vide, % du poids vif</b>	94,2	93,8	93,4	94,7	93,4	90,5	90,8

(1) Données calculées à partir des relations d'allométrie entre le poids (en g) du tissu ou du constituant chimique (ou la quantité d'énergie, MJ) et le poids vif vide de l'animal (voir Matériel et Méthodes).

(2) Génotype: LS: lignée synthétique, PP: Piétrain, LW: Large White, MS: Meishan; Sexe: M: mâles, F: femelles, MC: mâles castrés.

(3) 5ème quartier = sang + abats rouges + abats blancs + poils; carcasse = poids vif vide - 5ème quartier; muscles, gras, os et peaux correspondent aux tissus disséqués de la carcasse sans la tête, les pieds et la queue, les données étant corrigés afin de prendre en compte les pertes d'eau au cours du ressuyage et de la dissection; le tissu intitulé «gras» correspond à la somme gras externe + gras intermusculaire.

Les résultats de croissance relative des constituants chimiques et des compartiments corporels sont rapportés dans le tableau 2. Ils mettent tout d'abord en évidence une diminution de l'importance du 5ème quartier (coefficient d'allométrie inférieur à 1) et une augmentation concomitante de la proportion de carcasse (coefficient d'allométrie supérieur à 1) dans le PVV, avec l'augmentation de ce dernier. Ces résultats sont conformes à ceux de WALSTRA (1980), TESS et al. (1986) et GU et al. (1992). Parmi les constituants de la carcasse, le compartiment TPQ a un développement précoce (coefficient d'allométrie variant de 0,75 à 0,80); il en est de même pour le tissu osseux (coefficient d'allométrie variant de 0,80 à 0,85). Le coefficient d'allométrie de la peau est relativement variable, une large part de la variabilité étant due aux valeurs élevées mesurées chez les mâles (LS et LW), chez lesquels la puberté provoque une accélération du développement de la peau (coefficient d'allométrie croissant; tableau 2). Les dépôts adipeux totaux de l'animal (intitulé gras) ont une croissance plus rapide que celle du PVV chez les 7 groupes de porcs; les coefficients d'allométrie les plus élevés (voisin de 1,5) sont obtenus dans les 3 groupes de mâles castrés. Le

coefficient d'allométrie des muscles par rapport au PVV varie de 1,08 dans les 3 groupes de mâles à moins de 0,90 chez les mâles castrés MS. De plus, le coefficient d'allométrie voisin de 1, sur l'ensemble de la période expérimentale, chez les femelles et les mâles castrés LW, devient inférieur à 1 en fin de croissance (coefficient d'allométrie décroissant; tableau 2). Les coefficients d'allométrie moyens de la présente étude sont voisins de ceux rapportés par WALSTRA (1980) et DAVIES (1983). Toutefois, ils diffèrent nettement des valeurs mesurées entre 50 et 130 kg de PV sur des animaux de 5 génotypes par des chercheurs de l'Université de Purdue (GU et al., 1992): respectivement 0,90 et 1,85 pour les muscles et le gras.

Sur un plan pratique, il est intéressant d'étudier l'évolution de la composition tissulaire de la carcasse avec l'augmentation de son poids. Les résultats rapportés dans le tableau 2 indiquent que la teneur en muscles de la carcasse diminue avec l'augmentation du poids de muscles dans les groupes de femelles ou mâles castrés; elle s'accroît légèrement (coefficient d'allométrie de 1,02) chez les mâles entiers. Le coef-

**Tableau 2** - Coefficients d'allométrie (entre 20 et 95 kg de poids vif vide) de la croissance des tissus corporels, des constituants chimiques et du contenu en énergie du poids vif vide ou du poids de la carcasse en fonction du poids vif vide, du poids de la carcasse ou du poids vif vide délipidé, chez 7 groupes de porcs (1)

Groupe Génotype (2) Sexe (2)	1 LS M	2 PP M	3 LW M	4 LW F	5 LW MC	6 MSxLW MC	7 MS MC
<b>Tissus corporels (2) (/au poids vif vide)</b>							
5ème quartier	0,74	0,70	0,75	0,69	0,71	0,76	0,81(3)
Carcasse	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,04(3)
Muscles	1,07	1,07	1,08	1,04(3)	1,00(3)	0,94	0,88
Gras	1,25	1,27	1,29	1,42	1,58	1,54	1,46
Os	0,84	0,85	0,85	0,84	0,78	0,85	0,78
Peau	1,08(3)	0,92	1,05(3)	0,93	0,82	0,95	0,95
<b>Tissus corporels (/au poids de la carcasse)</b>							
Muscles	1,02	1,02	1,02	0,98(3)	0,95(3)	0,89	0,84
Gras	1,19	1,21	1,22	1,34	1,49	1,46	1,40
<b>Constituants chimiques (/au poids vif vide)</b>							
Eau	0,94	0,93	0,91	0,89	0,84	0,85	0,76
Matières minérales	0,99	0,97	0,99	1,00	0,99	1,02(3)	0,90
Protéines	1,06	1,04	1,01	0,99(3)	0,98	0,92(3)	0,88(3)
Lipides	1,29	1,34	1,36	1,43	1,62	1,59	1,55
<b>Constituants chimiques (/au poids vif vide délipidé)</b>							
Eau	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,97	0,96
Matières minérales	1,02	1,03	1,06	1,09	1,14	1,16	1,14
Protéines	1,10	1,09	1,08	1,08	1,12	1,06	1,11
<b>Énergie (/au poids vif vide)</b>							
	1,18	1,20	1,23	1,27	1,37	1,36	1,39

- (1) Le coefficient d'allométrie correspond à la valeur de «b» dans la relation de type:  $\text{Log } Y = a + b \times \text{Log } X$ , dans laquelle X représente le poids vif vide ou le poids de la carcasse ou le poids vif vide délipidé (en g) et Y, le poids (en g) du tissu ou du constituant chimique considéré (MJ pour l'énergie).
- (2) Voir Tableau 1 pour la signification des sigles.
- (3) Valeur de b dans le modèle de régression linéaire (voir 1); toutefois, la régression de type quadratique (voir matériel et méthodes) est significative ( $P < 0,05$ ).

coefficient d'allométrie du gras par rapport à la carcasse reste supérieur à 1 dans tous les groupes, avec des écarts entre groupes d'animaux relativement importants (1,2 à 1,5). De façon plus générale, l'augmentation du poids de carcasse chez des animaux nourris de façon libérale se traduit par un maintien de la teneur en muscles de la carcasse uniquement lorsque leur potentiel de croissance musculaire est élevé.

Pour ce qui concerne la composition chimique (tableau 2), on peut considérer, de façon schématique, que l'augmentation du poids des animaux entre 20 et 100 kg de PV entraîne une réduction de la teneur en eau, un accroissement de la teneur en lipides et, à l'exception des mâles castrés MS et MS x LW, une relative constance des teneurs en matières minérales et en protéines (coefficient d'allométrie voisin de 1). En d'autres termes, les teneurs en matières minérales + protéines, d'une part, et en lipides + eau, d'autre part, dans le PVV sont relativement constantes sur l'intervalle de poids considéré. La moyenne de nos résultats est conforme aux données de la bibliographie (KOTARBINSKA, 1969; SIEBRITS, 1984; SUSENBETH, 1984; TESS et al., 1986; SHIELDS et al., 1988; MOUGHAN et al., 1990). Ainsi, dans une revue des données de la bibliographie, KAREGE (1991) aboutit à des teneurs en protéines et en matières minérales du PVV prati-

quement constantes (respectivement 16,6% et 3,1%) chez le porc en croissance. La teneur en matières minérales + protéines est alors constante et voisine de 20% alors que la somme eau + lipides est également constante et égale à 80%.

Mais nos données mettent également en évidence des différences de croissance relative des constituants chimiques entre groupes d'animaux puisque, par exemple, le coefficient d'allométrie de la quantité d'eau par rapport au PVV varie de 0,94 chez les mâles LS à 0,74 chez les mâles castrés MS. À l'inverse, le coefficient d'allométrie du poids de lipides varie de 1,3 à plus de 1,6. Ces écarts entre types génétiques ou sexuels pour les lipides ou l'eau sont du même ordre, voire supérieurs, à ceux rapportés par SIEBRITS (1984) lors de la comparaison de lignées témoin et obèse ou par TESS et al. (1986), avec des lignées obtenues par sélection divergente sur l'adiposité. Pour ce qui concerne la teneur en protéines du PVV, les résultats de la présente expérience, tout comme ceux de TESS et al. (1984), montrent que la teneur en protéines du PVV n'est pas constante; dans notre expérience, elle s'accroît chez les mâles LS et PP et diminue chez les mâles castrés MS x LW et MS, avec l'augmentation du PV. Il faut toutefois remarquer que la faible valeur obtenue avec les deux derniers groupes d'animaux résulte d'un ralentisse-

ment du dépôt de protéines par unité de gain pondéral qui intervient en fin de croissance (coefficient d'allométrie décroissant; tableau 2). Par ailleurs, les écarts de coefficients d'allométrie des protéines entre types sexuels d'un même génotype sont faibles dans notre essai, alors que, sur un intervalle de PV plus important, WHITTEMORE et al. (1988) obtiennent des différences relativement importantes (0,96 à 0,85). Si l'on excepte les porcs MS et, dans une moindre mesure, les mâles PP, la teneur en matières minérales du PVV est relativement constante (coefficient d'allométrie voisin de 1) sur l'ensemble de la croissance.

Le coefficient d'allométrie de la quantité d'énergie par rapport au PVV est directement lié à celui de la quantité de lipides corporels, les valeurs les plus faibles (environ 1,2) étant obtenues dans les groupes 1 et 2 et les plus élevées (environ 1,4), dans les groupes 5, 6 et 7. Il est également intéressant de faire le rapprochement entre le coefficient d'allométrie de la quantité de protéines et celui obtenu pour la quantité de muscles, d'une part, et les coefficients d'allométrie des lipides et du gras, d'autre part.

Les coefficients d'allométrie des constituants chimiques, exprimés par rapport au PVV, prennent en compte les différences de poids de lipides entre groupes d'animaux. De façon à s'affranchir des différences d'adiposité entre animaux, il est donc intéressant d'analyser l'augmentation des quantités de constituants chimiques de l'animal, indépendamment de la masse de lipides ou, en d'autres termes, en fonction du PVV délipidé (tableau 2). Il apparaît alors que la masse corporelle délipidée n'a pas une composition chimique constante au cours de la croissance puisque sa teneur en eau diminue (coefficient d'allométrie inférieur à 1), alors que les teneurs en matières minérales et en protéines augmentent (coefficients d'allométrie supérieurs à 1) avec l'accroissement du PVV délipidé. En second lieu, les coefficients d'allométrie des poids d'eau, de matières minérales et de protéines, par rapport au PVV délipidé, sont très comparables pour les

7 groupes d'animaux de notre étude et, en moyenne, de, respectivement, 0,97, 1,09 et 1,09. Les écarts les plus importants sont obtenus pour les matières minérales et proviennent essentiellement du développement important de la musculature, par rapport à la masse osseuse, chez les mâles «hypermusclés» LS et PP. La faible influence du type génétique ou du type sexuel sur les coefficients d'allométrie des constituants chimiques du PVV délipidé par rapport au poids de ce dernier est également observée par KAREGE (1991), à partir de calculs effectués sur les données de KOTARBINSKA (1969), SIEBRITS (1984) et WHITTEMORE et al. (1987).

**En résumé,** l'évolution de la composition corporelle au cours de la croissance varie avec le type génétique ou le type sexuel. Des écarts existent dès le poids de 20 kg; mais ils concernent avant tout les mâles castrés MS; l'écart entre le groupe MS et les autres groupes continue d'ailleurs de s'amplifier entre 20 et 100 kg de PV. L'évolution de la composition chimique du PVV délipidé est par contre relativement indépendante du type génétique ou du type sexuel. De même, si l'on excepte les porcs MS et MS x LW, la teneur en protéines du PVV est comparable pour les 5 groupes d'animaux. Enfin, les résultats obtenus avec les mâles entiers indiquent que la croissance musculaire peut être maintenue, voire légèrement accélérée, par rapport à celle de la carcasse, chez des porcs sélectionnés pour une faible adiposité.

## 2.2. Effet du type sexuel ou du type génétique sur la composition du gain pondéral

Dans la mesure où la composition corporelle est relativement comparable dans les différents groupes d'animaux (sauf les mâles castrés MS) au début de l'expérience (tableau 1) et que les coefficients d'allométrie des compartiments corporels ou des constituants chimiques entre 20 et 100 kg varient avec le type d'animal (tableau 2), il est logique d'observer des différences importantes dans la nature du gain pondéral au cours de cette période (tableau 3).

**Tableau 3** - Composition tissulaire et chimique du gain de poids vif vide entre 20 et 90 kg de poids vif vide, chez 7 groupes de porcs(1)

Groupe Génotype (2) Sexe (2)	1 LS M	2 PP M	3 LW M	4 LW F	5 LW MC	6 MSxLW MC	7 MS MC
<b>Composition tissulaire, %</b>							
5ème quartier	11,2	8,9	12,8	10,8	11,5	13,5	12,1
Carcasse	88,8	91,6	87,2	89,4	88,6	86,6	88,0
Muscles	54,8	58,0	47,2	45,0	42,0	33,3	24,2
Gras	15,7	18,1	20,6	25,3	30,9	36,4	43,0
Os (2)	7,2	6,3	7,2	6,8	6,5	7,4	5,5
Peau(2)	3,7	2,8	4,4	3,3	2,9	4,5	7,0
<b>Composition chimique, %</b>							
Eau	63,8	61,6	58,5	55,3	51,0	50,1	39,2
Matières minérales	3,1	2,6	3,0	3,0	3,0	3,2	2,1
Protéines	17,7	17,4	16,7	15,9	16,0	13,1	11,1
Lipides	15,3	18,2	21,1	25,0	30,4	34,5	48,8
Énergie, MJ/kg	10,17	11,16	12,34	13,82	15,61	16,35	22,10
<b>Gain de PVV, % du gain de PV(2)</b>	93,0	95,1	96,4	96,5	95,5	93,0	96,2

(1) Calculée à partir des équations d'allométrie.

(2) Voir Tableau 1 pour la signification des sigles; PV: poids vif, PVV: poids vif vide.

Le gain de PVV représente environ 95% du gain de PV; les écarts entre groupes d'animaux s'expliquent par des différences de poids des contenus digestifs liées, d'une part, à des variations du niveau d'alimentation dans les jours précédant l'abattage et, d'autre part, aux conditions de mise à jeûn avant l'abattage. Toutefois, le dispositif expérimental ne permet pas d'isoler ces effets.

Le gain pondéral au niveau du 5ème quartier représente une proportion du gain de PVV peu variable (en moyenne, 11,5%) selon les groupes de porcs: les écarts entre valeurs extrêmes (mâles PP et mâles castrés MS x LW) sont uniquement liées à des différences de gain de poids du tube digestif vide, elles-mêmes associées aux écarts de niveau d'alimentation (tableau 4). Le gain de poids au niveau de la carcasse représente environ 88,5% du gain de PVV.

Le gain de poids au niveau des os et, dans une moindre mesure, au niveau de la peau, représente une proportion du gain de PVV peu variable selon le type d'animal. Les différences entre groupes se manifestent avant tout pour le gain de muscles et le gain de gras. Ainsi, le pourcentage de muscles dans le gain de PVV varie de 24 à 58% et celui de gras de 43 à 16% (tableau 3). Les écarts entre types sexuels, dans le génotype LW, sont conformes aux résultats de WALSTRA (1980) et DESMOULIN et al. (1983). Par ailleurs, la castration des mâles entraîne une augmentation de 9 points de la teneur en tissus adipeux totaux (30 vs 21%) et une réduction concomitante de 5 points (42 vs 47%) de la teneur en muscles dans le gain de PVV.

Parmi les constituants chimiques du gain de PVV, les matières minérales et les protéines apparaissent comme les cons-

tituants chimiques dont la teneur est la moins variable, notamment si l'on excepte les porcs MS et MS x LW. Ainsi, la teneur en protéines du gain de PVV est en moyenne de 16,7%, soit environ 16% du gain de PV. En d'autres termes, le gain de PV représente un bon indicateur de l'importance du dépôt de protéines: en moyenne 1 g de protéines pour 6 g de gain de PV. A l'inverse des matières minérales et des protéines, les teneurs en lipides, en eau et, par suite, en énergie du gain de PVV sont particulièrement dépendantes du type génétique ou du type sexuel. Ainsi, la castration des mâles LW entraîne un accroissement de 9 points de la teneur en lipides du gain de PVV (30 vs 21%), alors que les mâles LS intensivement sélectionnés ont 6 points de lipides de moins dans le gain de PVV que les mâles LW (15 vs 21%). De la même façon, la teneur en énergie du gain de PVV entre 20 et 90 kg de PVV est deux fois plus élevée chez les mâles castrés MS que chez les mâles LS ou PP.

**En résumé**, le type génétique ou le type sexuel affectent de façon très importante la composition tissulaire ou chimique du gain pondéral au cours de la croissance, chez le porc. De plus, compte tenu des différences de coefficients d'allométrie entre types de porcs, les écarts de composition corporelle du gain pondéral s'accroissent progressivement avec l'augmentation du poids vif des animaux.

### 2.3. Composition du gain pondéral et performances de croissance.

Le mode de conduite de l'expérience ne permettait pas de mesurer strictement la consommation *ad libitum* d'aliment. Les résultats permettent toutefois de classer les 7 groupes de porcs selon leur niveau potentiel d'ingestion (tableau 4). Les

**Tableau 4** - Performances de croissance et nature du gain pondéral entre 20 et 90 kg de poids vif vide, chez 7 groupes de porcs(1)

Groupe Génotype (2) Sexe (2)	1 LS M	2 PP M	3 LW M	4 LW F	5 LW MC	6 MSxLW MC	7 MS MC
<b>Aliment ingéré</b>							
MS, g/j	1727	1600	1800	1832	1990	2174	1597
ED, MJ/j	26,9	24,5	27,6	28,5	30,5	33,3	24,6
EM, MJ/j	25,7	23,6	26,3	27,1	29,1	32,2	23,3
Azote, g/j	62	57	61	64	66	72	53
Niveau (x Entretien) (3)	2,04	2,12	2,23	2,22	2,31	2,63	2,16
<b>Gain de poids vif, g/j</b>	960	804	881	726	751	880	458
<b>Gain pondéral, g/j (4)</b>							
Poids vif vide	893	765	850	701	717	818	440
Eau	570	471	497	387	366	410	173
Matières minérales	28	20	25	21	22	26	9
Protéines	158	133	142	111	115	107	49
Lipides	137	139	179	175	218	282	215
Muscles	489	443	401	315	301	272	107
Gras	140	138	175	177	222	298	189
Énergie, MJ	9,1	8,5	10,5	9,7	11,2	13,4	9,7
<b>Indice de consommation (5)</b>							
ICms	1,80	1,99	2,04	2,52	2,62	2,47	3,48
ICem	26,8	29,4	29,9	37,4	38,3	36,6	50,9
<b>EM calcul, MJ/j (6)</b>	25,6	23,1	26,4	25,4	27,7	30,0	23,5

- (1) Voir Matériel et Méthodes pour le calcul de la quantité de matière sèche ingérée et de la vitesse de croissance.
- (2) Voir le tableau 1 pour la signification des sigles.
- (3) Niveau d'alimentation, en multiple du niveau alimentaire d'entretien (estimé à 1,1 x EM entretien x PV<sup>0,60</sup>; EM entretien selon NOBLET et al., 1991).
- (4) Calculé à partir du gain de poids vif journalier, du rapport gain de poids vif vide: gain de poids vif et de la composition du gain de poids vif vide (tableau 3).
- (5) ICms pour kg de matière sèche par kg de gain de poids vif; ICem pour MJ d'EM par kg de gain de poids vif.
- (6) EM calcul = 1,1 x EM entretien x PV<sup>0,60</sup> + Énergie fixée/k<sub>g</sub> (EM entretien selon NOBLET et al., 1991; k<sub>g</sub> ou rendement d'utilisation de l'EM pour la fixation d'énergie corporelle; calculé à partir des quantités de protéines et de lipides dans le gain et des valeurs de k<sub>p</sub> et k<sub>l</sub> estimées à respectivement 60 et 80%, selon NOBLET et al., 1991).



niveaux d'ingestion les plus faibles sont alors obtenus chez les mâles PP et les mâles castrés MS et les plus élevés chez les mâles castrés MS x LW; dans le génotype LW, les valeurs les plus élevées sont mesurées chez les mâles castrés. Compte tenu de ces variations de la consommation d'aliment et des différences de dépense énergétique d'entretien entre groupes d'animaux (NOBLET et al., 1991), le niveau d'ingestion, mesuré sur la période 20 - 95 kg de PVV, varie de 2,0 à 2,6 fois le niveau énergétique d'entretien (tableau 4). Les différences entre groupes, exprimées en quantité journalière d'aliment ou par rapport à la dépense d'entretien sont maintenues pendant toute la croissance (tableau 5). Ces différences de niveau de consommation entre types génétiques (animaux de type «maigre» vs animaux «conventionnels» ou «gras») ou sexuels sont en accord avec les données de la bibliographie.

Les différences de vitesse de croissance entre les 7 groupes d'animaux de notre étude sont conformes aux résultats habituellement observés; il faut toutefois noter la vitesse de croissance particulièrement élevée des mâles castrés MS x LW (880 g/j entre 20 et 90 kg de PVV) et, à l'inverse, la croissance lente des mâles castrés MS (458 g/j).

La combinaison des données de vitesse de croissance et de composition du gain de poids permet d'estimer les quantités de constituants chimiques ou de tissus déposées quotidiennement (tableau 4). Si l'on excepte les porcs MS, dont la vitesse de croissance et la composition du gain de poids sont relativement atypiques, nos résultats montrent que, entre 20 et 90 kg de PVV, les quantités de protéines et de lipides déposées quotidiennement varient respectivement, de 110 à 160 g et de 140 à 280 g. De plus, il faut noter qu'un faible dépôt

de lipides est généralement associé à un gain de protéines élevé. Dans le cas des animaux MS, la faible vitesse de croissance et l'adiposité particulièrement élevée résultent beaucoup plus d'un très faible dépôt quotidien de protéines (50 g/j) que d'un gain élevé de lipides (215 g/j). Comparativement au gain de protéines, le gain de muscles est également très variable (de 490 g/j chez les mâles LS à 100 g/j chez les mâles castrés MS). Quant aux variations du gain de gras entre groupes de porcs, elles sont strictement parallèles, et même équivalentes, à celles du gain de lipides.

Il existe de nombreuses estimations du gain quotidien de constituants chimiques ou de tissus chez le porc en croissance, celles-ci ayant évolué avec les progrès de la sélection, dans le sens d'un accroissement du gain de protéines et de muscles et d'une réduction du gain quotidien de lipides et de dépôts adipeux. On peut, à titre d'exemple, citer les données de RAO et McCracken (1992) qui obtiennent des gains quotidiens de protéines et de lipides entre 35 et 90 kg de PV, respectivement de 185 g et 145 g/j chez des mâles Landrace. CAMPBELL et TAVERNER (1988), également chez des mâles, observent des résultats similaires pour le dépôt de protéines (189 g/j) mais un gain de lipides nettement plus élevé (350 g/j), entre 45 et 90 kg de PV. Ces données peuvent être comparées aux résultats de la présente expérience obtenus chez les porcs LS entre 55 et 90 kg de PVV (tableau 5). De façon plus générale, ces chiffres sont à moduler en fonction de la plage de PV considérée et du mode de sélection. Ainsi, si l'on compare les résultats obtenus entre 55 et 90 kg de PVV à ceux de la période 22-55 kg de PVV, les différences entre les 2 périodes sont faibles, notamment pour les lipides, chez les porcs LS, PP ou les mâles LW et importantes chez les mâles castrés ou les femelles (tableau 5).

**Tableau 5 - Performances de croissance et teneur en énergie et nature du gain de poids vif au cours de la croissance, chez 7 groupes de porcs (1)**

Groupe Génotype (2) Sexe (2)	1 LS M	2 PP M	3 LW M	4 LW F	5 LW MC	6 MSxLW MC	7 MS MC
<b>Entre 20 et 55 kg PVV</b>							
EM ingérée, MJ/j	22,0	20,7	22,9	22,9	23,9	27,6	21,6
Niveau (x Entretien) (1)	2,05	2,19	2,32	2,24	2,32	2,67	2,40
Gain poids vif, g/j	872	732	828	735	757	828	458
Gain protéines, g/j	141	119	132	116	116	107	59
Gain lipides, g/j	112	112	147	151	174	213	174
MJ EM/kg gain(3)	25,3	28,2	27,7	31,1	31,6	33,3	47,2
Énergie du gain, MJ/kg(3)	8,9	9,9	10,9	12,1	13,0	13,3	18,3
Muscles/gras du gain	3,72	3,44	2,48	2,26	1,86	1,16	0,69
<b>Entre 55 et 90 kg PVV</b>							
EM ingérée, MJ/j	31,3	28,0	31,9	33,3	34,8	39,2	25,8
Niveau (x Entretien)(1)	2,02	2,08	2,13	2,21	2,30	2,60	1,97
Gain poids vif, g/j	1097	908	970	740	761	958	458
Gain protéines, g/j	183	152	158	117	116	118	38
Gain lipides, g/j	171	176	223	205	268	368	257
MJ EM/kg gain (3)	28,6	30,8	32,9	45,0	45,7	40,9	56,2
Énergie du gain, MJ/kg (3)	10,0	11,4	12,9	14,6	16,9	17,1	24,3
Muscles:gras du gain	3,31	3,00	2,14	1,41	1,08	0,78	0,47

(1) Voir le tableau 4.

(2) Voir le tableau 1 pour la signification des sigles.

(3) Données se rapportant au gain de poids vif.



Dans le cas particulier des animaux LW, il apparaît que les mâles et les femelles ont un gain journalier de lipides équivalent alors que les mâles castrés et les femelles déposent la même quantité de protéines par jour. Par ailleurs, la castration des mâles se traduit par une diminution du gain de protéines (-20%) et un accroissement du gain de lipides (+22%). Des variations similaires sont notées lorsque l'on considère les gains de muscles et de gras.

Comme l'indiquent les tableaux 4 et 5, le coût énergétique de la croissance varie de 27 (mâles LS) à 51 (mâles castrés MS) MJ d'EM par kg de gain de PV sur l'intervalle de PVV 20-90 kg; de plus, les écarts relatifs sont plus importants en fin de croissance (55 à 90 kg de PVV) qu'en début de croissance (20 à 55 kg de PVV). Les écarts entre types sexuels dans le génotype LW sont conformes aux données de DESMOULIN et al. (1983).

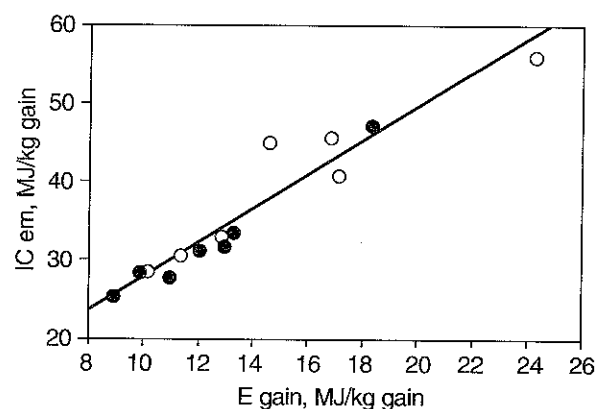
En fait, le coût énergétique de la croissance (MJ d'EM par kg de gain de PV ou ICem) varie avec la teneur en énergie du gain de poids et le niveau d'alimentation selon la formule suivante:

$$ICem = E \text{ gain} \times (1/k_g) \times NA/(NA - 1)$$

dans laquelle E gain correspond à la teneur en énergie du gain de PV,  $k_g$  représente le rendement d'utilisation de l'EM en énergie fixée et NA, le niveau d'alimentation, exprimé en multiple de la dépense énergétique d'entretien (HENRY et NOBLET, 1986). La valeur de  $k_g$  dépend de la composition du gain, puisque les rendements  $k_p$  et  $k_l$  pour le dépôt d'énergie sous forme de protéines et de lipides sont différents; pour les animaux de notre étude,  $k_g$  varie de 0,70 chez les mâles LS à 0,78 chez les mâles castrés MS (NOBLET et al., 1991; tableau 4). A partir de la formule précédente, on peut conclure qu'une réduction de ICem s'opère par une diminution de la teneur en énergie du gain de PV et/ou par une augmentation de NA; la variation de NA peut résulter elle-même d'une variation de la quantité d'aliment ingéré et/ou d'une modification de la dépense énergétique d'entretien. L'effet linéaire de E gain sur ICem est illustré dans la figure 1 pour les 7 groupes de notre étude; les effets de  $k_g$  et NA ne sont pas pris en compte. L'impact de NA sur ICem peut s'apprécier par la comparaison des mâles castrés LW et LW x MS: l'effet d'une teneur en énergie du gain élevée chez ces derniers est compensé par leur niveau d'alimentation particulièrement important.

La valeur de E gain n'est généralement pas accessible à partir de mesures réalisables sur l'animal (vivant ou mort). Par ailleurs, E gain (MJ/kg) est équivalent à:  $(a1 \times P + b1 \times L)/(a2 \times P + b2 \times L)$ , où P et L désignent respectivement les teneurs en protéines et en lipides du gain de PV (kg/kg), a1 et b1, les contenus en énergie des protéines et des lipides (MJ/kg) et a2 et b2, les gains de PV (kg/kg) associés aux dépôts de protéines et de lipides. A partir de l'ensemble des données de composition corporelle mesurées sur les 95 animaux de l'étude, nous avons établi par régression linéaire multiple que a1 et b1 sont estimés respectivement, à 23,0 et 39,9 MJ/kg, alors que a2 et b2 sont égaux respectivement à 5,45 et 0,84. En termes de gain de PVV, a2 et b2 sont égaux respectivement à 5,1 et 0,8. La formule précédente peut alors s'écrire sous la forme:  $E \text{ gain} = (23,0 \times P + 39,9 \times L)/(5,45 \times P + 0,84 \times L)$ . Dans un objectif de simplification, on peut admettre que P est constant pour un type de porc au cours de la croissance et varie peu entre types de porcs. Si l'on suppose que P est en

**Figure 1** - Influence de la teneur en énergie du gain de poids vif sur l'indice de consommation (EM/kg gain): données moyennes pour 7 groupes de porcs, sur la période 20-55 kg de PVV (●) et 55-90 kg de PVV (○).



moyenne égal à 0,16 (voir ci-dessus), la formule devient  $E \text{ gain} = (3,7 + 39,9 \times L)/(0,87 + 0,84 \times L)$ . Enfin, les données du tableau 3 indiquent que la teneur en lipides du gain est très comparable à la teneur en gras. Le terme L de la formule ci-dessus est alors équivalent au terme «gras», ce dernier critère étant d'accès «facile», tant sur l'animal vivant que sur l'animal abattu.

La définition de NA dans la formule de calcul de ICem repose sur la connaissance de la dépense énergétique d'entretien (EMm). Une valeur moyenne de 1 MJ d'EM par kg<sup>0,60</sup> et par jour est proposée par NOBLET et al. (1991) pour les 7 groupes de porcs de l'étude. Toutefois, les mêmes auteurs indiquent que EMe n'est pas constant dans les 7 groupes étudiés: les valeurs les plus faibles chez les porcs MS et PP et la plus élevée chez les animaux LS. Par ailleurs, la valeur de EMe, ainsi déterminée en chambres respiratoires, s'applique à des porcs élevés à la thermoneutralité et ayant un niveau d'activité physique faible. Or, EMe varie avec le niveau d'activité physique des animaux et l'importance de leurs dépenses de thermorégulation (NOBLET et al., 1993).

De façon à rendre compte de l'écart de besoin d'entretien des mêmes animaux lorsqu'ils sont maintenus en chambre respiratoire ou sur le flat-deck (voir matériel et méthodes), un calcul factoriel du besoin en EM des porcs qui prend en compte leurs performances, a été réalisé. Le mode de calcul est détaillé dans le tableau 4. Les résultats montrent que, pour 4 des 7 groupes, une majoration de 10% de la valeur de EMe mesurée en chambre respiratoire rend équivalents le besoin théorique en EM et l'apport réel d'EM dans l'expérience. Pour les 3 autres groupes, la majoration nécessaire de EMe est de l'ordre de 25%. On peut alors supposer que les dépenses énergétiques supplémentaires lorsque les animaux sont maintenus en dehors des chambres respiratoires sont plus élevées pour ces 3 groupes de porcs. La valeur vraie de NA est alors d'autant inférieure à la valeur théorique que EMe est accru par des conditions d'environnement suboptimales ou un niveau d'activité physique supérieur; dans ce cas, ICem sera accru. En définitive, la prédiction de ICem à partir de NA nécessite une estimation précise de EMe.

**En résumé**, l'approche relativement simplificatrice développée ci-dessus a le mérite de mettre en évidence que ICem (ou plus simplement l'indice de consommation) est un critère synthétique intégrant les effets de nombreux facteurs: la composition du gain de poids (elle-même dépendante du type

génétique, du type sexuel, de la conduite alimentaire, de la composition de l'aliment, ...), la quantité d'aliment consommée, des facteurs liés à l'animal (type génétique ou sexuel, activité physique, ...) ou les facteurs d'environnement (température, nature du sol, ...). On peut toutefois admettre que, dans la plupart des conditions de la pratique, ICem est avant tout dépendant de la composition du gain de poids; la formule ci-dessus montre alors que ICem varie avec la teneur en dépôts adipeux ou en lipides de l'animal, selon une courbe d'allure hyperbolique. La réduction de ICem, exprimée par rapport à la variation de la teneur en lipides ou en gras du porc est alors d'autant plus importante que la teneur en gras de l'animal est faible. Toutefois, la réduction de ICem passe également par un maintien, voire une augmentation, de l'appétit des animaux et par un contrôle des facteurs permettant de minimiser la dépense énergétique d'entretien. Enfin, comme l'ont montré HENRY et DOURMAD (1993) à partir de nos données expérimentales, la connaissance du dépôt de lipides, pour un type de porc particulier, constitue un élément déterminant dans l'élaboration de stratégies d'alimentation (composition de l'aliment, ...) permettant une bonne adéquation des apports protéiques en fonction de l'apport énergétique, au cours de la croissance.

## CONCLUSIONS

Les résultats de notre étude ont permis de décrire l'évolution de la composition corporelle de 7 groupes de porcs dont les performances sont particulièrement divergentes. Quelques lois de réponse ont été dégagées. Toutefois, ces résultats

constituent avant tout une base de données dont l'exploitation sera affinée, notamment dans le sens d'une mise en relation des critères de composition chimique et de ceux relatifs à la composition tissulaire. Cette démarche est un préalable à l'approche, par la modélisation, des besoins et des performances du porc en croissance.

L'étude a également mis en évidence que l'indice de consommation chez le porc en croissance est sous la dépendance de nombreux facteurs de variation. Sa maîtrise repose notamment sur une estimation précise de la composition corporelle et de la dépense énergétique d'entretien. Pour ce qui concerne ce dernier aspect, des inconnues demeurent; en particulier, les effets de l'environnement (caractérisation de la température critique) et de l'activité physique sont peu connus, notamment chez des animaux en groupe, et l'influence de l'état sanitaire est ignorée. L'appétit représente également une composante importante de l'indice de consommation, notamment dans un contexte d'alimentation de plus en plus libérale: des travaux importants sont actuellement conduits dans ce sens (LABROUE et al., 1993). Nos données montrent enfin que la vitesse de croissance chez le porc est essentiellement dépendante de son aptitude à déposer des protéines. De nombreuses inconnues sur ce point demeurent. À notre avis, les plus importantes concernent, d'une part, la définition précise de ses besoins protéiques et, d'autre part, l'influence de l'apport énergétique (ou «rationnement») sur le gain de protéines ou de muscles, en relation avec le type d'animal (génotype, sexe, âge, ...). Ce dernier aspect a une importance particulière à la fin de la croissance, dans un objectif de maîtrise de la composition corporelle, à partir de l'alimentation.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., 1988. *J. Anim. Sci.*, 66, 676-686.
- DAVIES A.S., 1983. *J. Agric. Sci. Camb.*, 100, 681-687.
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., BONNEAU M., FROUIN A., 1983. *Journées Rech. Porcine en France*, 15, 177-192.
- GU Y., SCHINCKEL A.P., MARTIN T.G., 1992. *J. Anim. Sci.*, 70, 1719-1729.
- HENRY Y., NOBLET J., 1986. In: J.M. Pérez, P. Mornet et A. Rérat (Éditeurs), *Le Porc et son Élevage: Bases scientifiques et techniques*, Maloine S.A., Paris, pp. 233-260.
- HENRY Y., DOURMAD J.-Y., 1993. In: M.W.A. Verstegen, L.A. den Hartog, G.J.M. van Kempen and J.H.M. Metz (Editors), *Nitrogen flow in pig production and environmental consequences*, Pudoc, Wageningen, pp. 137-150.
- HUXLEY J.S., 1932. *Problems of relative growth*. Methuen, London, 276 p.
- KAREGE C., 1991. Influence de l'âge et du sexe sur l'utilisation de l'énergie et la composition corporelle chez le porc en croissance. Thèse Doctorat Université Montpellier II.
- KELLEY K.W., CURTIS S.E., MARZAN G.T., KARARA H.M., ANDERSON C.R., 1973. *J. Anim. Sci.*, 36, 927-930.
- KOTARBINSKA M., 1969. *Badania nad przemiana energii u rosnących swin*. Instytut Zootechniki, Wydawnictwa Wlasne, n° 238, 68 p., Wrocław.
- LABROUE F., GUEBLEZ R., MEUNIER-SALAUN M.C., SELLIER P., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 69-77.
- MOUGHAN P.J., SMITH W.C., STEVENS E.V., 1990. *N. Z. J. Agric. Res.*, 33, 77-84.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, métabolisable et nette des aliments pour le porc, INRA Ed., Paris, 106 p.
- NOBLET J., KAREGE C., DUBOIS S., 1991. In: C. Wenk and M. Boessinger (Editors), *Energy Metabolism of Farm Animals*, ETH, Zurich, pp. 107-110.
- NOBLET J., SHI X.S., DUBOIS S., 1993. *Livest. Prod. Sci.*, 34, 127-136.
- RAO R.S., MCCRACKEN K.J., 1992. *Anim. Prod.*, 54, 83-93.
- SAS, 1988. *SAS User's Guide: Statistics*. SAS Inst., Inc., Cary, NC, 1028 p.
- SHIELDS R.G., MAHAN D.C., GRAHAM P.L., 1983. *J. Anim. Sci.*, 57, 43-54.
- SIEBRITS F.K., 1984. Some aspects of chemical and physical development of lean and obese pigs during growth. Thesis University of Pretoria.
- SUSENBETH A., 1984. Calculation of body composition from water content determined by D2O. Dissertation University of Hohenheim.
- TESS M.W., DICKERSON G.E., NIENABER J.A., FERRELL C.L., 1986. *J. Anim. Sci.*, 62, 968-979.
- WALSTRA, P., 1980. Growth and carcass composition from birth to maturity in relation to feeding level and sex in Dutch Landrace pigs. Thesis Landbouwhogeschool Wageningen.
- WHITTEMORE C.T., TULLIS J.B., EMMANS G.C., 1988. *Anim. Prod.*, 46, 437-445.