

# Effet de la quantité d'énergie ingérée et du potentiel de croissance sur la composition tissulaire du gain de poids des porcs en croissance

Nathalie QUINIOU, J.-Y. DOURMAD, J. NOBLET

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

Avec la collaboration technique de A. ROGER pour l'expérimentation sur animaux, M. ALIX, P. BODINIER et P. SUREL pour les observations à l'abattage, Sylviane DANIEL et Nadine MÉZIÈRE pour les analyses de laboratoire.

## Effet de la quantité d'énergie ingérée et du potentiel de croissance sur la composition tissulaire du gain de poids des porcs

Les effets d'une variation des apports énergétiques sur les performances de croissance, la composition corporelle à l'abattage et la composition tissulaire du gain de poids ont été étudiés chez 91 porcs entre 45 et 100 kg. Les animaux sont issus de trois types différents: des mâles castrés Large White (cLW), des mâles castrés et des mâles croisés Piétrain x Large White (respectivement cPPxLW et mPPxLW). Dans l'expérience 1, 20 porcs de chaque type sont répartis entre quatre niveaux énergétiques (70, 80, 90 et 100 % du niveau ad libitum) suivant un dispositif factoriel 3x4, et sont maintenus en cages à bilan. Dans l'expérience 2, 10 cLW, 12 cPPxLW et 9 mPPxLW sont élevés en loges individuelles et alimentés à volonté. Pour chaque type de porcs, cinq animaux supplémentaires sont abattus au début de l'expérience afin de pouvoir estimer les dépôts tissulaires (entre 45 et 100 kg) des porcs expérimentaux par la technique des abattages comparés. L'augmentation des apports énergétiques s'accompagne d'un accroissement linéaire de la vitesse de croissance (+31, +32 et +39 g/MJ supplémentaire d'énergie digestible (ED) ingérée respectivement chez les porcs cLW, cPPxLW et mPPxLW). La variation de dépôt de gras en fonction des apports d'ED est de type linéaire avec une pente de 10 g/MJ ED chez les trois types de porcs. Les résultats des expériences 1 et 2 mettent en évidence que l'augmentation du dépôt de maigre avec l'accroissement des apports d'ED est de type linéaire-plateau, la pente de la phase linéaire étant plus élevée chez les mPPxLW (+20 g/MJ ED) que chez les cPPxLW et chez les cLW (respectivement 16 et 14 g/MJ). Il en résulte un accroissement plus important de l'adiposité du gain de poids chez les cPPxLW et les cLW que chez les mPPxLW quand les apports d'énergie augmentent.

## Effect of energy intake and growth potential on tissular composition of body weight gain in finishing pig

The effect of energy intake on growth performance, body composition at slaughter and tissular composition of body weight gain was studied in 91 pigs between 45 and 100 kg. Animals originated from three different groups: Large White barrows (cLW), Piétrain x Large White crossbred barrows and boars (cPPxLW and mPPxLW, respectively). In the first experiment, 20 pigs per group were allocated to four energy levels (70, 80, 90 and 100 % of ad libitum intake) according to a 3x4 factorial design, and they were kept in metabolic crates. In the second experiment, 10 cLW, 12 cPPxLW and 9 mPPxLW were bred in individual cages and were given free access to feed. Within each group, five additional pigs were slaughtered at the beginning of the experiment in order to assess tissue depositions (between 45 and 100 kg) in experimental pigs according to the comparative slaughter technique. Increasing energy level was associated with linear increment of average daily gain (+31, +32 and +39 g per additional MJ of digestible energy (DE) intake in cLW, cPPxLW and mPPxLW, respectively). The daily rate of fat deposition increased linearly with DE intake, and the slope of the relationship was the same for the three groups (10 g/MJ). According to results obtained in both experiments, the relationship between daily lean gain and DE intake was linear-plateau and the slope of the linear phase was significantly affected by the group of pigs: respectively +14, +16 and +20 g/MJ DE in cLW, cPPxLW and mPPxLW. Consequently, when energy level increased, the fatness of body weight gain increased more quickly in cPPxLW and cLW than in mPPxLW.

## INTRODUCTION

Le principal objectif de l'élevage du porc est de produire du tissu maigre (i.e., de la viande), tout en limitant la quantité de gras déposée. Ce dernier tissu est en effet énergétiquement coûteux à produire pour une faible valeur commerciale. La composition finale de l'animal est le résultat du développement des différents compartiments tissulaires corporels. Or, les performances de croissance et la composition du gain de poids sont influencées à la fois par les caractéristiques intrinsèques des porcs (poids vif, génotype, sexe) et par les conditions de conduite alimentaire et d'élevage. A court terme, la maîtrise de la composition des porcs au poids commercial d'abattage peut être envisagée par une manipulation nutritionnelle de la croissance. Cependant, malgré l'influence majeure que la quantité d'énergie ingérée exerce sur la croissance, des incertitudes persistent quant aux conséquences des variations des apports selon le potentiel de croissance des animaux. La connaissance des lois de réponse des dépôts est indispensable afin d'établir des stratégies d'alimentation adaptées aux différents génotypes et au type sexuel des porcs.

L'objectif de notre étude est de caractériser les lois de réponse des dépôts tissulaires, et en particulier celles du tissu maigre et du gras, en fonction des apports d'énergie en interaction avec le potentiel de croissance des porcs.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

L'expérience 1 se déroule en trois répétitions successives portant sur l'étude de mâles castrés Large White (cLW, n=20), de mâles castrés issus d'un croisement Porc de Piétrain x Large White (cPPxLW, n=20) et de mâles issus de ce même croisement (mPPxLW, n=21). Pour chaque type de porcs, les animaux proviennent de cinq portées (5 ou 6 porcs/portée). Aux poids moyens respectivement de 37,7-41,7 et 35,5 kg pour les cLW, les cPPxLW et les mPPxLW, quatre porcs par portée sont placés en cages de digestibilité et répartis entre quatre niveaux d'apport énergétique qui représentent 70, 80, 90 et 100 % de l'ingéré à volonté (respectivement E1, E2, E3 et E4). Un porc mPPxLW supplémentaire est étudié au niveau E4. La température ambiante est de 23°C. L'expérience commence après une semaine d'adaptation aux conditions d'élevage et aux aliments expérimentaux. Parmi les porcs non utilisés pour l'expérience, cinq animaux par groupe (1/portée) sont abattus au début de l'expérience et disséqués afin d'estimer la composition tissulaire initiale des porcs expérimentaux.

Afin de faire varier l'apport journalier d'énergie sans modifier les apports de protéines (non limitants pour la croissance) et leur profil de composition en acides aminés, le régime de base est dilué avec des proportions croissantes d'amidon (tableau 1). L'apport journalier de lysine est raisonné pour un besoin de 22 g de lysine brute par kg de gain de Poids Vif (PV) (NOBLET et al, 1987), une vitesse de croissance de

1000 g et un indice de consommation (IC) minimal de 2,3 kg/kg de gain de PV pour les porcs cLW et cPPxLW et 2,0 pour les mPPxLW. Sur cette base, la teneur en protéines et en acides aminés des aliments alloués aux mPPxLW est supérieure à celle des aliments destinés aux cLW et aux cPPxLW. Le profil de la protéine idéale est utilisé pour déduire l'apport minimal des autres acides aminés relativement à l'apport de lysine (FULLER et al, 1989).

L'expérience 2 porte sur l'étude de 10 cLW, 12 cPPxLW et 9 mPPxLW. Les porcs sont maintenus en loges individuelles à 23 °C entre 45 et 100 kg et ils reçoivent le même aliment que les mPPxLW du niveau E4 de l'expérience 1.

### 1.2. Mesures

Les animaux sont pesés au début et à la fin de l'expérience après 16 heures de jeûne (exp. 1 et 2). La consommation d'aliment est enregistrée, par différence entre la ration allouée et les refus éventuels, tous les jours pour les porcs de l'expérience 1 ou toutes les semaines pour ceux de l'expérience 2. La teneur en matière sèche (MS) des aliments est mesurée chaque semaine sur des échantillons prélevés à chaque distribution d'aliment. Les échantillons hebdomadaires de chaque régime sont ensuite cumulés pour les analyses de laboratoire. Les teneurs en énergie digestible (ED) et en énergie métabolisable (EM) sont mesurées sur tous les porcs de l'expérience 1 à quatre reprises au cours de la période expérimentale (QUINIOU et al, 1995).

Les porcs témoins et expérimentaux (exp.1 et 2) sont pesés et abattus à l'issue d'un jeûne de 16 heures. Le sang, le tractus génital et le tube digestif plein et vide, les abats rouges (foie, coeur, poumons, reins, rate et épiploon), la carcasse avec tête, pieds et queue et l'ensemble TPQ (tête + pieds + queue) sont pesés. Des mesures linéaires (X4 et X5), DESMOULIN et al, 1988) sont réalisées à l'aide d'un appareil Fat-O-Meat'er (FOM, Uniporc) sur les porcs de 100 kg. Après 24 heures de ressuyage en chambre froide (+4 °C), les deux demi-carcasses sont pesées séparément, puis la demi-carcasse gauche est disséquée en quatre tissus: la peau, le gras externe (gras sous-cutané et panne), le maigre (muscle et gras intermusculaire) et les os. Les pieds et la tête ne sont pas disséqués.

### 1.3. Analyses de laboratoire

Sur les échantillons d'aliment, les teneurs en MS, matière minérale, azote, matière grasse, cellulose brute, NDF, ADF, ADF et énergie brute sont dosées suivant les techniques décrites par NOBLET et al (1987). Les teneurs en acides aminés sont analysées par le laboratoire UCAAB (Chierry, 02).

### 1.4. Calculs et analyses statistiques

La teneur en EN des aliments est calculée à partir de leur composition chimique et de leur teneur en ED à l'aide de la relation n°4 proposée par NOBLET et al (1994). Les composantes chimiques des aliments rapportées dans le tableau 1 sont exprimées sur la base d'une teneur en matière sèche de 88 %.

**Tableau 1** - Composition des régimes de base, taux d'incorporation d'amidon de maïs et teneur en énergie digestible (ED) dans les régimes expérimentaux.

Type de porcs (1)	cLW	cPPxLW	mPPxLW
<b>Composition centésimale du régime de base (E1)</b>			
Blé	15,5	16,5	12,0
Orge 2 rangs	16,5	19,52	16,7
Tourteau de soja 48	41,0	41,3	45,4
Maïs	15,5	16,5	12,0
L-Lysine	0,33	0,34	0,33
DL-Méthionine	0,22	0,22	0,25
Thréonine	0,18	0,17	0,20
Tryptophane	0,06	0,05	0,05
Carbonate de calcium	1,76	1,7	1,8
Phosphate bicalcique	2,15	2,3	2,0
C.O.V. (2)	1,4	0,7	1,4
Sel	0,7	0,7	0,7
Huile de colza	0,5	-	1,0
Son de blé	4,2	-	6,2
<b>Taux d'incorporation d'amidon de maïs selon le niveau énergétique, % (3)</b>			
E1	0	0	0
E2	12,6	13,1	11,2
E3	22,4	22,9	20,1
E4	30,5	30,7	27,4
<b>Composition chimique du régime de base (E1) (4)</b>			
Matière sèche	88	88	88
Matières minérales	8,2	7,4	7,9
Matières azotées totales	24,3	26,2	26,3
Matières grasses	2,2	1,9	2,9
Cellulose brute	5,0	3,6	4,5
NDF	15,4	13,7	13,8
ADF	6,1	4,8	5,7
ADL	0,5	0,6	0,6
Amidon	30,8	31,0	29,1
Lysine	1,45	1,68	1,65
Thréonine	1,02	1,14	1,15
Méthionine + Cystine	0,83	0,92	0,96
Tryptophane	0,35	0,40	0,36
<b>Teneur en ED des régimes selon le niveau énergétique, MJ/kg (4)</b>			
E1	13,51	13,85	13,60
E2	13,74	13,92	13,83
E3	13,90	14,06	14,04
E4	14,04	14,14	13,91

(1) Type de porcs: cLW: mâles castrés Large White, cPPxLW: mâles castrés croisés Porc de Piétrain x Large White, mPPxLW: mâles croisés Porc de Piétrain x Large White.

(2) Le C.O.V. utilisé pour les mâles castrés PPxLW est deux fois plus dilué que pour les autres types de porcs, d'où un taux d'incorporation double.

(3) Le régime de base est ajouté en complément jusqu'à 100.

(4) Teneur en matière sèche standardisée.

Le poids vif vide (PVV) est calculé comme la somme des poids du sang, du tube digestif et du tractus uro-génital (abats blancs), des abats rouges et de la carcasse mesurés juste après l'abattage. Le cinquième quartier (Q5) corres-

pond à la somme du sang et des abats blancs et rouges. Les données de composition tissulaire des porcs sont obtenues suivant deux modes différents. Le premier concerne les mesures réalisées sur les porcs abattus à 100 kg: la teneur

en muscle de la carcasse chaude est estimée à partir des mesures linéaires réalisées au FOM à l'aide des équations européennes standards (J.O. du 11 mai 1993). Le deuxième consiste à utiliser les résultats de dissection partielle de la demi-carcasse gauche: cette technique est utilisable quel que soit le poids de l'animal et elle permet par conséquent de mesurer la composition tissulaire des porcs témoins pour lesquels les équations de prévision CEE ne peuvent pas être appliquées. Le rapport PVV:PV et la composition tissulaire du poids vif vide des porcs témoins et des porcs expérimentaux issus d'un même type sont supposés identiques au début de l'expérience. La composition tissulaire du gain de poids vif vide est alors déterminée par différence entre les quantités de tissus mesurées à l'abattage et les quantités initiales estimées à partir des porcs témoins.

Les effets moyens sur les résultats du type de porcs (T) (exp. 1 et 2), du niveau énergétique (E), de la portée (B) et l'interaction entre le niveau énergétique et le type de porcs (ExT) (exp. 1) sont étudiés par analyse de variance (GLM, SAS 1990). La détermination des lois de réponse des différents critères mesurés à l'apport d'énergie est réalisée par analyse de covariance avec comme effet principal le type de porcs. Les résultats sont exprimés sur la base de l'ED ingérée afin de les comparer aux données de la bibliographie. Trois porcs présentant des mauvais aplombs ont dû être abattus avant 100 kg: il s'agit d'un cLW (E3), d'un cPPxLW (E1) et d'un mPPxLW (E1).

## 2. RÉSULTATS

L'analyse de variance effectuée sur les résultats de l'expérience 1 ne met pas en évidence d'interaction entre le niveau énergétique et le type de porcs; par conséquent les effets moyens du niveau énergétique et du type de porcs sont présentés séparément dans le tableau 3.

### 2.1. Performances de croissance

Dans l'expérience 1, la consommation d'aliment au niveau E4 (ad libitum) est identique chez les porcs cLW et cPPxLW (2720 g/j en moyenne), alors qu'elle est moindre chez les mPPxLW (2443 g/j). Exprimée en énergie digestible, les valeurs correspondantes sont respectivement de 33,4- 34,0 et 29,9 MJ/j. La vitesse de croissance des mPPxLW est supérieure à celle des cPPxLW et des cLW (respectivement 1022, 939 et 922 g/j). L'indice de consommation, exprimé en MJ d'ED par kg de gain de poids, est donc moins élevé chez les mPPxLW (29,3) que chez les cPPxLW et les cLW (36,3).

Compte tenu des différences de conditions d'élevage, la consommation ad libitum de chacun des trois types de porcs est supérieure dans l'expérience 2 à celle mesurée dans l'expérience 1 (tableau 2): en effet, la consommation d'ED des porcs cLW, cPPxLW et mPPxLW est respectivement de 39,8-39,0 et 36,8 MJ/j. De même que dans l'expérience 1, la vitesse de croissance des mPPxLW est supérieure à celle des

**Tableau 2** - effet du type de porcs sur les performances de croissance mesurées entre 45 et 100 kg chez des porcs alimentés à volonté (expérience 2)

	Type de porcs (1)			ETR (2)	Statistiques (2)
	cLW	cPPxLW	mPPxLW		
<b>Nombre d'observations</b>	10	12	9		
<b>Performances de croissance</b>					
ED ingérée, MJ/j	39,8 <sup>a</sup>	39,0 <sup>a</sup>	36,8 <sup>b</sup>	2,1	T*
Vitesse de croissance, g/j	1012 <sup>a</sup>	1014 <sup>a</sup>	1096 <sup>b</sup>	70	T*
Indice de consommation					
MJ ED/kg de gain de poids	39,5 <sup>a</sup>	38,8 <sup>a</sup>	33,7 <sup>b</sup>	2,8	T***
MJ EN/kg de gain de poids	28,0 <sup>a</sup>	27,3 <sup>a</sup>	23,8 <sup>b</sup>	2,0	T***
<b>Composition corporelle à l'abattage</b>					
Poids vif vide, kg	96,1	96,8	97,4	2,0	
Poids vif vide/ poids vif, %	96,2	95,6	96,1	1,0	
Rendement, % du poids vif (3)	82,2 <sup>a</sup>	83,8 <sup>b</sup>	82,2 <sup>a</sup>	1,3	T*
Teneur en muscle CEE	52,6	54,2	55,7	3,0	
<b>Résultats de dissection partielle, % du poids vif vide</b>					
Cinquième quartier (4)	14,5 <sup>a</sup>	12,7 <sup>b</sup>	14,0 <sup>c</sup>	0,9	T***
Carcasse	85,5 <sup>a</sup>	87,3 <sup>b</sup>	86,0 <sup>c</sup>	0,9	T***
dont Tête + Pieds + Queue	7,4 <sup>a</sup>	6,9 <sup>b</sup>	7,1 <sup>a</sup>	0,4	T*
Maigre	50,5 <sup>a</sup>	54,7 <sup>b</sup>	55,5 <sup>b</sup>	1,8	T****
Gras externe	16,0 <sup>a</sup>	15,4 <sup>a</sup>	12,6 <sup>b</sup>	2,3	T**
Peau	3,0	2,8	3,0	0,3	T†
Os	7,7 <sup>a</sup>	6,9 <sup>b</sup>	7,2 <sup>ab</sup>	0,4	T***

(1) Voir tableau 1.

(2) Analyse de variance incluant l'effet du type de porcs (T). Signification statistique: \*\*\*: P < 0,001; \*\*: P < 0,01; \*: P < 0,05; †: P < 0,10, ETR: écart-type résiduel. Dans chaque ligne, les moyennes auxquelles sont attribuées des indices différents sont significativement différentes entre elles (P < 0,05).

(3) Le rendement correspond au rapport "poids de carcasse chaude avec tête et queue/poids vif".

(4) Le cinquième quartier est constitué du tube digestif, du tractus uro-génital, des organes et du sang.

deux lignées de mâles castrés (respectivement 1096 contre 1012 et 1014 g/j).

En condition de rationnement énergétique, l'accroissement des apports d'ED s'accompagne d'une augmentation linéaire de la vitesse de croissance entre les niveaux E1 et E4 (tableau 3). Le gain de poids s'accroît respectivement de

31, 32 et 39 g par MJ supplémentaire d'ED ingérée. En ce qui concerne l'indice de consommation, exprimé en MJ d'énergie ingérée par kg de gain, il diminue en moyenne de 36,7 à 33,9 entre les niveaux E1 et E4 ( $P < 0,10$ ) quand il est exprimé dans le système ED, alors qu'il est en moyenne de 24,5 pour les quatre niveaux énergétiques quand il est exprimé dans le système énergie nette (EN).

**Tableau 3** - Effet du type de porcs et de la quantité d'énergie ingérée sur les performances de croissance entre 45 et 100 kg de poids vif.

	Type de porcs (1)			Niveau énergétique				ETR(2)	Statistiques(2)
	cLW	cPPxLW	mPPxLW	E1	E2	E3	E4		
<b>Performances de croissance</b>									
ED ingérée, MJ/j	28,91 <sup>a</sup>	29,91 <sup>b</sup>	25,69 <sup>c</sup>	23,59 <sup>a</sup>	27,02 <sup>b</sup>	29,69 <sup>c</sup>	32,39 <sup>d</sup>	1,00	T***, E***, B*
Vitesse de croissance, g/j	753 <sup>a</sup>	805 <sup>b</sup>	872 <sup>c</sup>	654 <sup>a</sup>	763 <sup>b</sup>	859 <sup>c</sup>	963 <sup>d</sup>	64	T***, E***
Indice de consommation									
MJ ED/kg de gain de poids	38,82 <sup>a</sup>	37,38 <sup>a</sup>	29,75 <sup>b</sup>	36,70 <sup>a</sup>	35,64 <sup>a</sup>	35,00 <sup>ab</sup>	33,94 <sup>b</sup>	2,68	T***, E†
MJ EN/kg de gain de poids	27,01 <sup>a</sup>	25,99 <sup>a</sup>	20,49 <sup>b</sup>	24,55	24,51	24,66	24,25	1,86	T***
<b>Composition corporelle à l'abattage</b>									
Poids vif vide, kg	94,5 <sup>a</sup>	97,3 <sup>b</sup>	95,0 <sup>a</sup>	95,2 <sup>ab</sup>	96,1 <sup>ac</sup>	94,6 <sup>b</sup>	96,5 <sup>c</sup>	1,7	T***, E*
Poids vif vide/ poids vif, %	95,2 <sup>a</sup>	96,2 <sup>b</sup>	95,1 <sup>a</sup>	94,9 <sup>a</sup>	95,5 <sup>b</sup>	95,8 <sup>b</sup>	95,9 <sup>b</sup>	0,7	T***, E***, B*, TxE*
Rendement, % du poids vif (3)	82,7 <sup>a</sup>	84,8 <sup>b</sup>	81,7 <sup>c</sup>	82,8	83,0	83,2	83,3	1,0	T***, B**
Teneur en muscle CEE	53,0 <sup>a</sup>	56,1 <sup>b</sup>	57,8 <sup>b</sup>	57,3 <sup>a</sup>	56,6 <sup>ab</sup>	54,7 <sup>bc</sup>	54,1 <sup>c</sup>	3,1	T***, E*
<b>Résultats de dissection partielle, % du poids vif vide</b>									
Cinquième quartier (3)	13,1 <sup>a</sup>	11,9 <sup>b</sup>	14,0 <sup>c</sup>	12,8	13,1	13,1	13,1	0,8	T***,
Carcasse	86,9 <sup>a</sup>	88,1 <sup>b</sup>	86,0 <sup>c</sup>	87,2	86,9	86,9	86,9	0,8	T***, B*
dont Tête + Pieds + Queue	8,1 <sup>a</sup>	7,0 <sup>b</sup>	7,6 <sup>c</sup>	7,8 <sup>a</sup>	7,6 <sup>b</sup>	7,6 <sup>b</sup>	7,2 <sup>c</sup>	0,3	T***, E***, B**
Maigre	52,3 <sup>a</sup>	56,5 <sup>b</sup>	58,4 <sup>c</sup>	57,4 <sup>a</sup>	55,5 <sup>b</sup>	55,1 <sup>b</sup>	54,9 <sup>b</sup>	1,6	T***, E***, B**
Gras externe	14,4 <sup>a</sup>	13,7 <sup>a</sup>	8,3 <sup>b</sup>	10,4 <sup>a</sup>	12,2 <sup>b</sup>	12,6 <sup>bc</sup>	13,6 <sup>c</sup>	1,8	T***, E***, B*
Peau	3,6 <sup>a</sup>	3,0 <sup>b</sup>	3,2 <sup>c</sup>	3,3	3,5	3,3	3,2	0,3	T***, TxE*
Os	7,8 <sup>a</sup>	7,2 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>	7,7 <sup>a</sup>	7,3 <sup>b</sup>	7,6 <sup>ab</sup>	7,3 <sup>b</sup>	0,4	T***, E*

(1) Voir tableau 1.

(2) Analyse de variance incluant l'effet du type de porcs (T), du niveau énergétique (E), de la portée (B) et les interactions. Pour chaque ligne et pour chacun des effets principaux, les moyennes indexées avec des lettres différentes sont significativement différentes entre elles ( $P < 0,05$ ). Voir tableau 2 pour la définition des seuils de signification et de ETR.

(3) Voir tableau 2.

## 2.2. Composition corporelle à 100 kg

Les caractéristiques d'abattage et de composition tissulaire sont rapportées dans les tableaux 2 et 3. En condition d'alimentation ad libitum, le poids vif vide à l'abattage est en moyenne de 96,8 kg chez les trois types de porcs. Le rendement de carcasse chaude est en moyenne de 82,2 % du PV chez les cLW et les mPPxLW contre 83,8 chez les cPPxLW ( $P < 0,05$ ) (tableau 2), et il n'est pas affecté par le niveau énergétique (83,0 % en moyenne pour les quatre niveaux énergétiques, tableau 3).

La teneur en muscle dans la carcasse chaude avec tête et queue estimée à l'aide des mesures FOM est logiquement plus élevée chez les mPPxLW que chez les cPPxLW et chez les cLW quel que soit le niveau d'apport énergétique (tableaux 2 et 3). Ainsi, en alimentation ad libitum, la teneur

en muscle est respectivement de 55,7- 54,2 et 52,6 % chez ces trois types de porcs. L'augmentation des apports d'ED s'accompagne d'une réduction de la teneur en muscle quel que soit le type de porcs: en moyenne elle diminue de 57,3 à 54,1 % entre les niveaux E1 et E4 (tableau 3).

Les résultats obtenus par dissection partielle mettent en évidence une teneur en maigre dans le poids vif vide plus élevée chez les mPPxLW (55,5 %) que chez les autres porcs (50,5 et 54,7 % du poids vif vide respectivement chez les cLW et les cPPxLW) ce qui est en accord avec les valeurs FOM (tableau 2). Exprimées en pourcentage du poids de la carcasse, les teneurs en maigre sont supérieures en moyenne de 15 % aux valeurs FOM du fait notamment de la non séparation du gras intermusculaire et du muscle lors de la dissection. De même que pour la teneur en muscle déterminée par le FOM, la teneur en maigre diminue significative-

ment avec l'augmentation des apports d'énergie: de 57,4 à 54,9 % du poids vif vide entre les niveaux E1 et E4 (tableau 3).

En ce qui concerne le gras externe, les teneurs mesurées chez les mâles castrés alimentés à volonté sont en moyenne de 15,7 % du poids vif vide, soit une valeur supérieure de 3,1 points à celle des mPPxLW (tableau 2). La contribution du gras externe au poids vif vide est significativement affectée par le niveau énergétique, puisque sa teneur augmente de 10,4 à 13,6 % du poids vif vide entre les niveaux E1 et E4 (tableau 3).

### 2.3. Dépôts tissulaires quotidiens

Les différences de vitesse de croissance mentionnées plus haut sur l'ensemble de l'expérience sont associées à des

effets du type de porcs et du niveau énergétique sur les dépôts quotidiens de tissus. En condition d'alimentation ad libitum, le gain quotidien de carcasse est identique chez les mâles et les mâles castrés PPxLW (914 g/j) mais il est inférieur chez les cLW (858 g/j). De même, le dépôt de maigre est plus important chez les mPPxLW et les cPPxLW (respectivement 592 et 559 g/j) que chez les cLW (508 g/j) (tableau 4). Aucun effet significatif du type de porcs n'est mis en évidence sur le dépôt de gras externe dans l'expérience 2; cependant les résultats de l'expérience 1 indiquent un gain quotidien plus faible chez les mPPxLW (soit en moyenne pour les quatre niveaux d'apport énergétique 78 contre 130 g/j chez les deux lignées de mâles castrés). Le gain de tous les tissus augmente avec l'apport d'énergie quel que soit le type de porcs. Les dépôts de maigre et de gras externe augmentent entre les niveaux E1 et E4 respectivement de 390 à 539 g/j et de 68 à 155 g/j (tableau 4).

**Tableau 4** - Effet de l'apport énergétique sur les quantités de carcasse, de maigre et de gras externe déposées quotidiennement par trois types de porcs entre 45 et 100 kg de poids vif (résultats des expériences 1 et 2).

	Expérience	NE (2)	Type de porcs (1)			ETR (3)	Statistiques (3)
			cLW	cPPxLW	mPPxLW		
<b>ED ingérée</b> (MJ/j)	1	E1	24,0	25,1	21,7	} 1,0	T**
	1	E2	28,0	28,8	24,3		E***
	1	E3	30,3	31,7	27,0		B*
	1	E4	33,4	34,0	29,8		
	2		39,8	39,0	36,8	2,1	T*
<b>Gain de carcasse</b> (g/j)	1	E1	519	607	603	} 49	T***
	1	E2	634	696	694		E***
	1	E3	689	786	800		
	1	E4	817	851	873		
	2		858	903	925	55	T*
<b>Maigre déposé</b> (g/j)	1	E1	327	418	445	} 45	T***
	1	E2	381	453	486		E***
	1	E3	416	486	561		
	1	E4	495	532	586		
	2		508	559	592	57	T*
<b>Gras externe déposé</b> (g/j)	1	E1	84	71	39	} 20	T***
	1	E2	124	122	62		E***
	1	E3	136	158	70		B*
	1	E4	165	179	126		
	2		194	192	172	39	

(1) Voir tableau 1.

(2) Niveau énergétique.

(3) Analyses de variance effectuées séparément pour les deux expériences: pour l'expérience 1, analyse incluant l'effet du type de porcs (T), du niveau énergétique (E), de la portée (B) et les interactions; pour l'expérience 2, analyse incluant l'effet du type de porcs (T). Voir tableau 2 pour la définition des seuils de signification et de ETR.

Les relations établies dans l'expérience 1 entre les dépôts quotidiens de tissus et la quantité d'ED ingérée sont de type linéaire (tableau 5), sauf pour le dépôt de maigre. En effet, la quantité de maigre déposé augmente linéairement avec

les apports d'énergie chez les cLW et les cPPxLW; par contre chez les mPPxLW, la comparaison des dépôts de maigre aux niveaux E3 et E4 semble indiquer l'existence d'un plateau. L'existence d'une capacité maximale à déposer du

maigre chez les mPPxLW est confirmée par les résultats obtenus dans l'expérience 2. Ces résultats suggèrent également l'existence d'une relation linéaire-plateau chez les deux lignées de mâles castrés (figure 1). En deçà de ce plateau, la pente de la relation linéaire entre le gain de maigre et l'ED ingérée est plus élevée chez les mPPxLW (20 g/MJ ED) que chez les cPPxLW (16 g/MJ) et les cLW (14 g/MJ); l'or-

donnée à l'origine de ces relations n'étant pas significativement différente de zéro (tableau 5). Le gain quotidien de gras externe augmente linéairement avec les apports d'ED et la pente de cette relation n'est pas différente d'un type de porcs à l'autre (10 g/MJ ED), par contre le type de porcs influence significativement l'ordonnée à l'origine de cette relation (tableau 5).

**Tableau 5** - Lois de réponse du gain de poids dans les différents dépôts tissulaires (Y, g/j) en fonction de la quantité d'énergie digestible ingérée (MJ/j) selon le type de porcs (expérience 1).

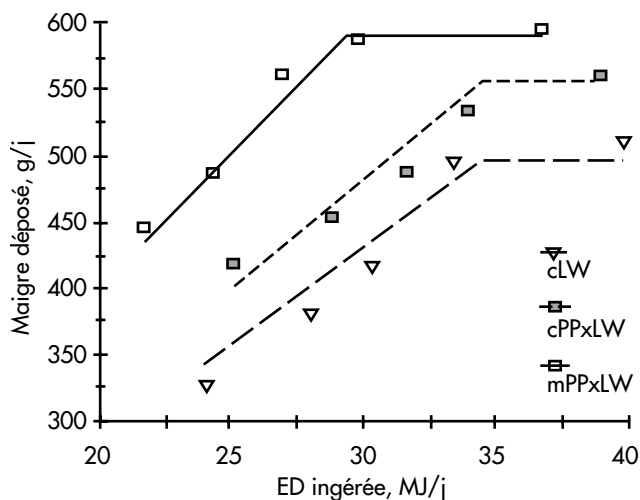
Y	Paramètres	Type de porcs (1)			ETR (2)	Statistiques (2)
		cLW	cPPxLW	mPPxLW		
Poids vif	a	-144	-144	-144	58	ns T***
	b	31	32	39		
Carcasse	a	-124	-124	-124	49	ns T***
	b	27	29	33		
Maigre (3)	b	14	16	20	50	T***
Gras externe	a	-160	-164	-178	18	T*** ns
	b	10	10	10		
Os	b	1,8	1,8	2,2	9	T***
Peau	b	0,9	0,8	1,0	5	T***

(1) Voir tableau 1.

(2) Analyse de covariance réalisée avec le modèle:  $Y = a + b \text{ ED ingérée}$ . Quand la valeur de «a» n'est pas significativement différente de zéro, le modèle de covariance analyse est  $Y = b \text{ ED ingérée}$ . L'effet du type de porcs (T) est étudié sur les valeurs de l'ordonnée à l'origine (a) et de la pente (b); si aucun effet n'est mis en évidence sur l'un ou l'autre de ces deux paramètres, alors des valeurs communes sont affectées aux trois types de porcs.

(3) Le dépôt de maigre des mPPxLW du niveau E4 («plateau») n'est pas pris en compte dans l'analyse de covariance.

**Figure 1** - Effet du type de porcs et de la quantité d'énergie digestible (ED) ingérée sur le dépôt de maigre (pour chaque type de porcs, la valeur obtenue au niveau le plus élevé d'ED ingérée est mesurée dans l'expérience 2)



### 3. DISCUSSION

Les conséquences sur la croissance de la variation des apports d'énergie ont été analysées ci-dessus dans le système ED afin de pouvoir comparer nos résultats avec ceux disponibles dans la bibliographie. Dans le système EN, les écarts entre les niveaux énergétiques s'accroissent légèrement compte tenu du mode de formulation des aliments et les niveaux extrêmes correspondent alors à 68 et 100 % du niveau ad libitum. Les lois de réponse des dépôts tissulaires en fonction de la quantité d'EN ingérée sont similaires à celles obtenues dans le système ED mais les paramètres des relations sont différents: ainsi la pente de la loi de réponse du dépôt de maigre est respectivement de 20, 22 et 29 g/MJ d'EN chez les cLW, les cPPxLW et les mPPxLW, et la pente de la relation entre le dépôt de gras et la quantité d'EN ingérée est de 12 g/MJ chez les trois types de porcs.

On constate que l'indice de consommation exprimé en MJ d'ED ingérée par kg de gain diminue légèrement entre les niveaux E1 et E4, alors qu'il reste constant lorsqu'il est

exprimé dans le système EN. L'absence d'effet du niveau énergétique sur cet indice de consommation témoigne de la compensation de la diminution de la part d'énergie utilisée pour couvrir les besoins d'entretien de l'animal par l'accroissement de la teneur en énergie du gain de poids lorsque le niveau énergétique s'accroît. En définitive, nos résultats confirment le fait que (1) l'indice de consommation varie peu avec l'intensité de rationnement, au moins jusqu'à 70 % du niveau ad libitum, et que (2) l'indice de consommation est fortement influencé par la nature du gain de poids, soit en d'autres termes par le type de porcs.

La consommation moyenne des porcs alimentés ad libitum entre 45 et 100 kg est plus élevée (+17 %) chez les animaux élevés en loges individuelles (exp. 2) que chez les porcs maintenus en cages de digestibilité (exp. 1). Une partie de cet écart peut être attribuée aux différences de niveaux d'activité entre ces deux modes de contention, et par conséquent aux différences de besoin énergétique associées. Cependant, en accord avec COLE et al (1967), nos résultats semblent indiquer un effet propre du mode de contention sur la consommation des porcs.

En condition d'alimentation restreinte, l'augmentation des apports d'énergie se traduit par une élévation linéaire de la vitesse de croissance différente selon le type de porcs considéré: l'augmentation de la vitesse de croissance chez les mPPxLW est supérieure à celle des mâles castrés PPxLW et LW et à celle mesurée sur le même intervalle de poids et sur des porcs performants par CAMPBELL et TAVERNER (1988) (36 g/MJ ED) et par BIKKER (1994) (34 g/MJ ED). En fait, l'accroissement de la vitesse de croissance avec les apports d'énergie résulte de l'augmentation du dépôt de tous les tissus, et principalement du dépôt de maigre. Notre étude montre que l'augmentation du dépôt de ce tissu avec l'accroissement des quantités d'ED ingérée est significativement différente d'un type de porcs à l'autre. Les augmentations du dépôt de maigre calculées à partir des données de DAVIES et al (1980) obtenues sur des mâles castrés LWxLandrace, de ELLIS et al (1983) obtenues chez des mâles LW et de SCHINCKEL (1994) obtenues sur des femelles hybrides, sont respectivement de 12, 10 et 14 g/MJ ED, soient des valeurs inférieures à celles obtenues chez les cLW, les cPPxLW et les mPPxLW de notre étude. En ce qui concerne le dépôt de gras externe, il semble beaucoup moins variable d'un type de porcs à l'autre, puisque la valeur moyenne de 10 g/MJ ED de notre étude est également retrouvée dans les travaux des auteurs indiqués ci-dessus.

Outre l'effet sur les pentes, le type de porcs influence également le type de la loi de réponse du dépôt de maigre aux apports d'ED. Ainsi, celui-ci augmente jusqu'à une valeur maximale qui est atteinte à un niveau énergétique plus faible chez les mPPxLW que chez les cPPxLW et les cLW. Ces résultats indiquent donc, contrairement à ce qui pouvait être déduit des travaux de CAMPBELL et TAVERNER (1988), que le dépôt de maigre des porcs performants n'augmente pas nécessairement jusqu'à des quantités très élevées correspondant à des apports énergétiques importants, mais qu'un maximum peut être atteint pour des apports énergétiques moyens ou faibles. Selon la loi de réponse exprimée

par les types de porcs (linéaire ou linéaire-plateau), il en résulte une évolution et une intensité différentes du dépôt de gras, ces différences devant être prises en compte pour établir des stratégies de rationnement. En effet, à partir des résultats de notre étude, si l'objectif de production est de minimiser le dépôt de gras en maximisant le dépôt de maigre alors les mPPxLW doivent être rationnés, ce qui est moins évident pour les deux lignées de mâles castrés. Par contre, si l'objectif de production est d'obtenir une teneur en muscle minimale d'environ 55 ou 56 % du poids de carcasse et une vitesse de croissance élevée, soit l'objectif le plus courant actuellement, alors, dans le cas particulier de notre étude, les mPPxLW peuvent être alimentés à volonté alors que les cLW et les cPPxLW doivent être rationnés.

Du niveau E1 au niveau E4, l'accroissement du dépôt de gras externe est plus rapide (+128 %) que l'augmentation du dépôt de maigre (+38 %), ce qui contribue à une adiposité croissante du gain de PV, et par conséquent de l'adiposité corporelle à l'abattage. Dans la mesure où le dépôt de gras augmente avec les apports d'ED suivant une relation du type  $a + b \times ED$  ( $a < 0$ ) et que le dépôt de maigre augmente suivant une relation de type  $b \times ED$  tant que le maximum n'est pas atteint, le rapport gras/maigre dans le gain de poids n'est pas constant. En effet, il augmente de 0,09 à 0,12 entre les niveaux E1 et E3 chez les mPPxLW, et de respectivement 0,26 à 0,50 et 0,17 à 0,34 chez les cLW et les cPPxLW entre les niveaux E1 et E4. Ces résultats sont en accord avec ceux de GÜTTE et al (1978), de DAVIES et al (1980) et de BIKKER (1994). Par ailleurs, nos résultats montrent logiquement que l'augmentation de l'adiposité du gain de poids quand les apports d'ED sont accrus est d'autant plus importante que la pente de la réponse du dépôt de maigre est faible, où en d'autres termes que la capacité des porcs à utiliser l'énergie ingérée pour le dépôt de maigre est faible.

## CONCLUSION

Quel que soit le type de porcs étudié, l'augmentation des apports d'énergie s'accompagne d'un accroissement des dépôts de tous les tissus et par conséquent de la vitesse de croissance. Cependant, l'augmentation du dépôt de gras est plus rapide que l'augmentation du dépôt de maigre. Il en résulte que l'adiposité du gain de poids s'accroît quand les apports d'énergie augmentent, même si ceux-ci restent limitants pour le dépôt de maigre. Il s'agit donc d'établir un compromis entre les apports permettant l'obtention d'une vitesse de croissance élevée et d'une adiposité limitée de la carcasse à l'abattage. Par ailleurs, dans un objectif de modélisation de la croissance du porc, il apparaît indispensable de caractériser les types de porcs afin de raisonner les apports d'énergie non seulement en fonction des objectifs technico-économiques de production mais également en fonction des caractéristiques intrinsèques des porcs.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse cofinancée par l'I.N.R.A. et l'UCAAB.



**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- BIKKER P., 1994. Protein and lipid accretion in body components of growing pigs: effects of body weight and nutrient intake. Thesis Wageningen, pp 203. Pays-Bas.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., 1988. *J. Anim. Sci.* 66, 676-686.
- COLE D.J.A., DUCKWORTH J.E., HOLMES W., 1967. *Anim. Prod.* 9, 141-148.
- DAVIES A.S., PEARSON G. CARR J.R., 1980. *J. Anim. Sci. (Camb.)* 95, 251-259.
- DESMOULIN B., ÉCOLAN P., BONNEAU M., 1988. *INRA Prod. Anim.* 1 (1), 59-64.
- ELLIS M., SMITH W.C., HENDERSON R., WHITTEMORE C.T., LAIRD R., 1983. *Anim. Prod.* 36, 407-413.
- FULLER M.F., MCWILLIAM R., WANG T.C., GILES L.R., 1989. *Br. J. Nutr.* 62, 255-267.
- GÜTTE J.O., HEUNISCH E., HEINE T. 1978. *Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde.* 41, 99-108.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. *J. Anim. Sci.* 65, 717-726.
- NOBLET J., SHI X.S., FORTUNE H., DUBOIS S., LE CHEVESTRIER Y., CORNIAUX C., SAUVANT D., HENRY Y., 1994. *Journées Rech. Porcine en France* 26, 235-250.
- QUINIQU N., NOBLET J., van MILGEN J., DOURMAD J.-Y., 1995. *Anim. Sci.* 61, 113-143.
- SAS, 1990. *SAS User's Guide: Statistics.* SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- SCHINCKEL A.P., 1994. Nutrient requirements of modern pig genotypes. In: *Recent advances in Animal Nutrition*, Ed: Garnsworthy P.C. et Cole D.J.A. pp 133-169.
- WHITTEMORE C.T., 1986. *J. Anim. Sci.* 63, 615-621.