

Article original

Performances de croissance et composition corporelle du porc lourd italien entre 80 et 160 kg de poids vif

A Prandini ¹, M Morlacchini ², M Moschini ¹,
A Piva ³, L Fiorentini ¹, G Piva ¹

¹ Istituto di Scienze degli Alimenti e della Nutrizione, Facoltà di Agraria,
Università Cattolica del Sacro Cuore, 29100 Piacenza;

² Centro Ricerche per la Zootecnia e l'Ambiente, Santo Bonico, 29100 Piacenza;

³ Istituto di Zootecnia e Alimentazione Animale, Facoltà di Medicina Veterinaria,
40064 Bologna, Italie

(Reçu le 11 avril 1994 ; accepté le 22 mars 1995)

Résumé — L'objectif de ce travail a été de déterminer la croissance des tissus musculaire, adipeux et osseux de la carcasse de porcs lourds croisés Duroc x (Large White x Landrace). Trente-six animaux (18 mâles castrés (MC) et 18 femelles (F)) sont élevés dans des loges individuelles de 80 à 160 kg de poids vif (PV), et nourris à raison de 8 % du PV^{0,75} avec un aliment à 137,8 g de matières azotées, 8,2 g de lysine et 3,2 Mcal d'énergie digestible par kg d'aliment frais. Au début de l'essai, après 56 et 139 jours (respectivement vers 80, 120 et 160 kg de PV), 12 animaux (six MC et six F) sont abattus selon la technique de l'abattage comparé. Chaque fraction d'une demi-carcasse est pesée séparément et analysée pour déterminer les contenus en eau, protéines, matières grasses, matières minérales et énergie brute (EB). Les teneurs en acides aminés (lysine, méthionine, cystine et thréonine) sont déterminées dans le corps entier. Les résultats obtenus avec un même plan de rationnement alimentaire ont permis de mettre en évidence des différences entre les sexes pour les performances des animaux abattus après 56 jours pour le gain de PV (F : 766 g/jour ; MC : 706 g/jour ; $p < 0,03$) et l'indice de consommation (F : 3,36 ; MC : 3,65 ; $p < 0,02$). Il en est de même après 139 jours pour le PV (F : 170,8 kg ; MC : 161,0 kg ; $p < 0,01$) et la consommation d'aliment (F : 3,02 kg/jour ; MC : 2,95 kg/jour ; $p < 0,01$). De 80 à 160 kg la rétention de protéines, les gains de muscle et le rendement de fixation de l'azote dans le tissu maigre sont été respectivement de 96 g/jour, 224 g/jour et 54,8 % en moyenne pour les F et les MC. De 80 à 160 kg la rétention de lysine a été de 8,7 g/jour pour les F et de 6,8 g/jour pour les MC ($p < 0,05$). Le dépôt de matières grasses a différé entre les sexes dans le corps entier des animaux de 80 à 120 kg (F : 172 g/jour ; MC : 209 g/jour ; $p < 0,01$) et de 120 à 160 kg (F : 307 g/jour ; MC : 347 g/jour ; $p < 0,01$).

porc lourd / croissance / tissu musculaire / tissu adipeux / rétention azotée

Summary — Growth performance and carcass composition of heavy pigs from 80 to 160 kg of live weight. *The aim of this work was to evaluate muscle, fat and bone growth in D x (LW x L) pigs from 80 to 160 kg of live weight (LW). A growth study was carried out using 18 castrated males (CM) and 18 females (F). The animals were raised individually and fed from 80 to 160 kg LW with a diet containing 137.8 g/kg of crude protein, 8.2 g/kg of lysine and 3.2 Mcal/kg of digestible energy. Diet was fed at 8% of LW^{0.75}. At 80 kg of LW and after 56 and 139 days (approximately at 120 and 160 kg of LW), six CM and six F pigs were slaughtered. Carcass fractions were weighed and analyzed for water, crude protein, fat, ash and gross energy contents. Empty body was analyzed for lysine, methionine, cystine and threonine contents. Differences between sexes were found for average daily gain (F: 766 g/day and CM: 706 g/day; P < 0.03) and feed/gain ratio (F: 3.36 and CM: 3.65; P < 0.02) from 80 to 120 kg LW for LW (F: 170.8 kg and CM: 161 kg; P < 0.01) and feed/gain ratio (F: 3.02 and CM: 2.95; P < 0.01) from 80 to 160 kg LW. Efficiency of protein deposition in lean tissue, lean tissue daily gain and daily protein retention from 80 to 160 kg LW were 54.8%, 224 g/day and 96 g/day respectively. Differences between sexes were also found for lysine retention (F: 8.7 g/day; CM: 6.8 g/day; P < 0.05) and fat deposition (F: 172 g/day; CM: 209 g/day; P < 0.05) in empty body weight, from 80 to 120 kg LW, and fat deposition from 120 to 160 kg LW (F: 307 g/day and CM: 347 g/day; P < 0.01).*

heavy pigs / gain / muscular tissue / adipose tissue / nitrogen retention

INTRODUCTION

L'étude de l'évolution de la composition tissulaire de la carcasse chez le porc est une donnée indispensable pour définir les besoins alimentaires des animaux élevés dans des conditions optimales à différents stades physiologiques. Ces données fournissent également des indications utiles pour les projets d'amélioration génétique. Il en est ainsi pour le porc lourd, dont les variations avec l'âge des caractéristiques de croissance musculaire sont relativement peu connues (Geri et al, 1982 ; Whittemore et al, 1988).

Afin de prévoir la composition de la carcasse, la technique de l'abattage comparé est la plus efficace et la mieux adaptée par rapport aux différentes méthodes proposées (Metz et al, 1984 ; Siebrits, 1986 ; Whittemore et al, 1988 ; de Greef et al, 1992b ; Gu et al, 1992). La seule prise en compte du bilan ingestion-excrétion, pour l'azote par exemple, conduit dans le nombreux cas à des données surestimées (Just et al, 1982) et souvent trop subjectives (Owen, 1967). Selon Just et al (1982), la technique du bilan devrait être utilisée surtout pour les comparaisons de traitements alimentaires.

L'objectif de notre travail a été de déterminer la dynamique de croissance des tissus musculaire, adipeux et osseux évaluée lors d'abattages comparés chez des porcs lourds typiques de la production italienne entre 80 et 160 kg de poids vif.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Animaux et aliment

Trente-six porcs croisés Duroc x (Large White x Landrace), avec un effectif identique de mâles castrés et de femelles, sont élevés dans des loges individuelles, de 80 à 160 kg poids vif (PV). Les animaux ont été achetés à 60 kg de poids vif, en moyenne, et transférés dans le centre expérimental où ils ont été élevés entre 60 et 80 kg de PV dans des loges de six animaux. Un régime alimentaire granulé composé de maïs (51,09 %), d'orge (24,62 %), de son de blé tendre (10 %), de tourteau de soja 44 % (9,62 %), NaCl (0,4 %), CaCO₃ (1,1 %), phosphate monocalcique (0,6 %), L-lysine HCl (0,42 %) et d'un pré-mix apportant des oligoéléments et des vitamines (0,35 %) a été administré à tous les animaux de 60 à 80 kg de PV (période pré-expérimentale) et de 80 à 160 kg de PV (période expérimentale). Ce régime contenait, par kg d'aliment frais et à partir des résultats d'analyse, 137,8 g de matières azotées totales (MAT), 33,6 g de matières

grasses (MG), 47 g de matières minérales (MM), 8,2 g de lysine, 4,7 g de méthionine plus cystine, 5,0 g de thréonine, 1,6 g de tryptophane et 3,2 Mcal d'énergie digestible (ED). Il a été offert à raison de 8 % du PV^{0,75} ; la quantité d'aliment distribuée a été calculée toutes les semaines en fonction des gains de poids relevés tous les 28 jours. Trois périodes de croissance ont été considérées : de 80 à 120 kg (période 1) ; de 120 à 160 (période 2) et de 80 à 160 kg de PV (période 3). Les animaux étaient élevés dans un environnement climatique contrôlé.

Abattage comparé

Au début de l'essai, au PV moyen de 79,6 kg, et après 56 jours, et 139 jours d'expérience, aux PV moyens respectifs de 124,8 et 165,9 kg, six mâles castrés et six femelles sont abattus. L'abattage est effectué 18 heures environ après le dernier repas. Après étourdissement par électrochoc, un échantillon de sang est prélevé au niveau de la veine jugulaire. Après l'abattage, le tractus gastro-intestinal est prélevé et pesé avant et après avoir été vidé. Le poids vif vide est défini comme la différence entre le PV et le poids du contenu du tractus gastro-intestinal (Shields et al, 1983), tandis que la carcasse est définie par le corps de l'animal sans la tête, la queue, les pieds, le tractus gastro-intestinal, les reins et le contenu de la cage thoracique (Tess et al, 1986). Elle est ensuite pesée, puis divisée en deux demi-carcasses ; sur la demi-carcasse droite, on procède à la mesure de la longueur de la carcasse entre l'articulation atlas-axis et la première vertèbre thoracique à la symphyse pubienne, de l'épaisseur du lard au site P2 (à 6,5 cm de la ligne médiane du dos à la hauteur de la dernière côte) à l'aide de l'intrascopie et selon la méthode danoise (Naveau et al, 1979). Le pH est mesuré 45 minutes (pH1) et 24 heures post mortem (pHu) dans les muscles *Longissimus dorsi* (sixième vertèbre thoracique) et *Semimembranosus*. La demi-carcasse gauche est ensuite découpée suivant la méthode typique italienne définie «Modena», selon les indications de Geri et al (1982), et chaque fraction est pesée. Dans la demi-carcasse, nous avons disséqué les fractions musculaires (tissu maigre + gras intramusculaire), adipeuses (sous-cutané + gras intermusculaire), osseuses et la peau ; toutes ces fractions sont conservées (-18 °C) séparément pour les analyses après la lyophilisation. Les différentes por-

tions indiquées ci-dessus, les viscères (comprenant l'ensemble du tractus gastro-intestinal vidé et les organes contenus dans la cage thoracique), ainsi que l'ensemble tête-queue-pattes sont analysés pour leurs contenus en eau, protéines, MG, MM et énergie brute (Noblet et al, 1994). Comme il n'a pas été possible de quantifier avec précision la quantité de soies, nous avons convenu d'adopter l'estimation faite par de Wilde (1977) sur la base de 9,15 g/kg PV^{0,75} et 90 % de protéines. Le corps vide a été analysé pour déterminer les quantités fixées de protéines et MG (Noblet et al, 1994), lysine et thréonine (Spackman et al, 1958), méthionine et cystine (Moore, 1963).

Analyse statistique

Les données sont analysées selon un schéma d'analyse de variance à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS (1988) en prenant comme facteurs de classification le sexe et le poids vif ; les comparaisons des moyennes corrigées sont effectuées selon le test *t* de Student. Le poids vif vide et le poids d'abattage ont été utilisés comme covariables pour ajuster, respectivement, la composition corporelle et les performances de croissance.

RÉSULTATS

Performances de croissance

Les porcs élevés en loges individuelles ont eu une croissance normale, compte tenu de leurs caractéristiques génétiques et du plan de rationnement appliqué, avec les différences habituelles entre sexes (tableau I) pour le gain de PV (femelles : 766 g/jour ; mâles castrés : 706 g/jour ; $p < 0,03$) et pour l'indice de consommation (femelles : 3,36 ; mâles castrés : 3,65 ; $p < 0,02$) au cours de la période 1, et après 139 jours (période 3), pour le PV final (femelles : 170,8 kg ; mâles castrés : 161,0 kg ; $p < 0,01$) et la consommation d'aliment (femelles : 3,02 kg/jour ; mâles castrés : 2,95 kg/jour ; $p < 0,01$).

Tableau I. Performances enregistrées au cours de l'essai en lots ^a.

	Femelles (n = 6)	Mâles castrés (n = 6)	Moyenne	Effet sexe (p=)
Période 1 (de 80 à 120 kg)				
Poids début (kg)	81,9	85,2	83,6	0,01
Poids vif après 56 jours (kg)	125,8	123,8	124,8	
Gain de poids vif (g/j)	766	706	736	0,03
Consommation d'aliment (kg/j)	2,56	2,57	2,56	
Indice de consommation (kg/kg)	3,36	3,65	3,51	0,02
Rendement à l'abattage ^b (%)	81,6	82,5	82,1	
Période 2 (de 120 à 160 kg)				
Poids début (kg)	116,3	109,5	112,9	0,09
Poids vif après 79 jours (kg)	170,8	161,0	165,9	0,01
Gain de poids vif (g/jour)	660	682	671	
Consommation d'aliment (kg/jour)	3,28	3,18	3,24	
Indice de consommation (kg/kg)	5,10	4,66	4,88	
Période 3 (de 80 à 160 kg)				
Poids début (kg)	71,7	69,0	70,4	
Poids vif après 139 jours (kg)	170,8	161,0	165,9	0,01
Gain de poids vif (g/jour)	685	689	687	
Consommation d'aliment (kg/jour)	3,02	2,95	2,99	0,01
Indice de consommation (kg/kg)	4,43	4,29	4,36	
Rendement à l'abattage ^b (%)	84,8	85,6	85,2	

^a Moyennes corrigées pour la covariable poids vif à l'abattage. ^b Carcasse chaude avec tête.

Caractéristiques de la carcasse

Les mâles castrés et les femelles diffèrent par le PV mesuré à l'abattage (femelles : 165,2 kg ; mâles castrés : 154,7 kg ; $p < 0,01$) avec une perte de poids après 18 heures de jeûne de 3,2 % pour les femelles (5,4 kg) et de 4 % (6,5 kg) pour les mâles castrés par rapport au PV final de l'expérience de croissance (tableau I). Les autres différences entre les sexes vers 160 kg (tableau II) concernent le PV vide (femelles: 163,8 kg ; mâles castrés : 153,6 kg ; $p < 0,01$), le poids de certains morceaux comme l'épaule (femelles : 22,5 kg ; mâles castrés : 26,7 kg ; $p < 0,02$) et l'ensemble des abats rouges, abats blancs et sang

(femelles : 23,7 kg ; mâles castrés : 18,2 kg ; $p < 0,01$). Le poids de la poitrine est plus faible ($p < 0,04$) chez les mâles castrés que chez les femelles, tandis que le poids de l'épaule est supérieur ($p < 0,01$) vers 80 kg de PV. Après 56 jours d'expérience (vers 120 kg de PV), seul le poids de la longe diffère entre les deux sexes (femelles : 16,5 kg ; mâles castrés : 15,4 kg ; $p < 0,05$).

Quelques caractéristiques de la carcasse à l'abattage (tableau III) indiquent que la croissance est plus faible chez les mâles castrés que chez les femelles ; après 139 jours d'expérience, les longueurs de la carcasse mesurées d'une part à partir de l'articulation atlas-axis jusqu'à la symphyse

Tableau II. Poids des principaux morceaux de découpe (kg) ^a.

Sexe ^b	Poids vif vide	Jambon	Longe	Bardière ^c	Poitrine	Épaule	Tête ^d	Abat rouge et blanc, et sang
F	75,62	16,07	10,00	7,01	5,85	11,30	5,77	11,82
MC	76,27	16,05	9,39	7,79	5,06	12,10	6,16	11,99
(<i>p</i> =) ^e					0,04	0,01		
F	118,46	25,00	16,46	8,07	9,67	18,22	7,96	16,09
MC	117,63	24,71	15,37	8,05	9,84	18,55	8,12	15,98
(<i>p</i> =) ^e			0,05					
F	163,82	30,51	20,32	10,44	15,29	22,50	10,93	23,74
MC	153,55	30,63	20,52	11,47	15,78	26,66	9,37	18,23
(<i>p</i> =) ^e	0,01					0,03		0,01

^a Moyennes corrigées pour la covariable poids vif à l'abattage. ^b Sexe : femelle (F), mâles castrés (MC).

^c Bardière avec gras périrénal. ^d Tête avec pieds et queue. ^e Effet du sexe.

pubienne et d'autre part de la première vertèbre thoracique à la symphyse pubienne sont plus faibles respectivement de 2,6 ($p < 0,04$) et 4,5 % ($p < 0,01$) chez les mâles castrés.

Le pHu du jambon et le pH1 de la longe vers 160 kg de PV sont plus faibles chez les mâles castrés que chez les femelles, respectivement de 6,5 ($p < 0,01$) et de 7,4 % ($p < 0,05$). De même, vers 120 kg, le pH1 du

Tableau III. Caractéristique de la carcasse à l'abattage.

Catégorie de poids (kg)	Sexe ^a	Longueur totale ^b (cm)	Longueur restreinte ^c (cm)	Jambon ^d		Longe ^e		Épaisseur	
				pH1	pHu	pH1	pHu	(cm) ^f	P2 (cm)
80	F	91,7	76,1	6,69	5,50	6,48	5,54	2,49	1,57
80	MC	92,1	76,2	6,66	5,73	6,40	5,66	2,31	1,56
(<i>p</i> =) ^g					0,03		0,07		
120	F	103,3	85,6	6,83	5,48	6,48	5,54	2,61	1,78
120	MC	104,6	83,9	6,48	5,49	6,34	5,56	2,89	2,15
(<i>p</i> =) ^g				0,01				0,05	0,03
160	F	110,1	91,9	6,56	6,30	6,58	5,76	3,75	2,87
160	MC	107,3	87,8	6,43	5,89	6,09	5,82	3,91	3,12
(<i>p</i> =) ^g		0,04	0,01		0,01	0,03			

^a Sexe : femelles (F), mâles castrés (MC). ^b Longueur de la carcasse mesurée de l'articulation atlas-axis à la symphyse pubienne. ^c Longueur de la carcasse mesurée de la première vertèbre thoracique à la symphyse pubienne. ^d Muscle *Semimembranosus*. ^e Muscle *Longissimus dorsi* (sixième vertèbre thoracique). ^f Méthode danoise. ^g Effet du sexe.

jambon est plus faible chez les mâles castrés que chez les femelles ($-5,1\%$; $p < 0,01$). Le pH1 de la longe est plus faible que celui du jambon ; la différence dépendant essentiellement des caractéristiques morphofonctionnelles de ces muscles. En revanche, au début de l'essai (80 kg), le pHu du jambon est plus élevé chez les mâles castrés que chez les femelles ($+4,2\%$; $p < 0,05$). Après 56 jours d'expérience (vers 120 kg), l'épaisseur du lard mesurée selon la méthode Danoise au site P2, à l'aide de l'intrascopie, est plus élevée chez les mâles castrés que chez les femelles, respectivement $+10,7$ ($p < 0,05$) et $+20,8\%$ ($p < 0,03$).

Dépôts tissulaires

Après dissection de la carcasse (tableau IV), on a pu observer que le pourcentage de tissu musculaire diminue, à mesure que le PV vide augmente (en moyenne pour les femelles et les mâles castrés : 57,8, 55,2

et 50,7 % respectivement vers 80, 120 et 160 kg de PV) ; la diminution est plus forte chez les mâles castrés que chez les femelles vers 120 kg ($-6,6\%$; $p < 0,05$) et vers 160 kg de PV ($-5,4\%$; $p < 0,01$). En revanche, le tissu adipeux de la carcasse augmente significativement seulement pour les mâles castrés vers 120 kg ($+9,8\%$; $p < 0,04$) en comparaison des femelles. La plus grande teneur en matières grasses ($p < 0,01$) à 160 kg chez les mâles castrés que chez les femelles (tableau V) se traduit par une réduction plus forte du rapport morceaux maigres/morceaux gras vers 160 kg (1,8 versus 1,54), en comparaison de 3,3 et 2,9 vers 80 kg, bien que certaines différences ne soient pas significatives. Le rapport maigre/peau à 120 kg ($p < 0,01$) est plus élevé chez les femelles que chez les mâles castrés ($+12,4\%$). Le rapport maigre/os est toujours plus faible chez les mâles castrés que chez les femelles, respectivement $-13,3$ ($p < 0,01$) et $-12,4\%$ ($p < 0,02$) vers 120 et 160 kg de PV.

Tableau IV. Poids (kg) des fractions disséquées de la carcasse sans tête, et pourcentage par rapport au poids de la carcasse.

Sexe ^a	Poids carcasse sans tête (kg)	Maigre		Gras		Os		Peau	
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
F	58,02	34,01	58,6	10,40	17,9	8,64	14,9	4,97	8,6
MC	58,14	33,16	57,0	11,30	19,4	8,74	15,0	4,94	8,5
F	94,47	53,98	57,1	21,32	22,6	12,18	12,9	6,99	7,4
MC	93,47	49,83	53,3	23,41	25,1	12,98	13,9	7,25	7,8
($p=$) ^b		0,05		0,04					
F	132,24	68,94	52,1	38,39	29,0	14,72	11,1	10,19	7,7
MC	122,86	60,51	49,3	39,23	31,9	14,77	12,0	8,35	6,8
($p=$) ^b	0,01	0,01						0,05	

^a Sexe : femelles (F), mâles castrés (MC). ^b Effet du sexe.

Dépôt de constituants chimiques corporels

Les différences enregistrées pour les dépôts tissulaires maigres et adipeux entre les sexes se retrouvent pour la teneur en protéines (tableau V) dans l'animal entier (en moyenne pour les femelles et les mâles castrés : 17,6, 17,4 et 15,7 % respectivement vers 80, 120 et 160 kg de PV) ; en revanche, la teneur en matières grasses augmente (en moyenne pour les femelles et les mâles castrés : 20,4, 22,9 et 31,2 % pour les mêmes classes de poids). La variation (moyenne mâles castrés et femelles) de la teneur en protéines (tableau V) de l'animal entier (respectivement -1,1 % de 80 à 120 kg ; -10,1 % de 120 à 160 kg) est toutefois inférieure à celle de la teneur en matières grasses, dans la mesure où le contenu lipidique augmente respectivement de 12,3 % ($p < 0,03$) et de 36,2 % ($p < 0,01$) dans les mêmes périodes.

La teneur en énergie brute (EB) de l'animal entier (tableau V) chez les porcs abat-

tus vers 80 et vers 120 kg n'a pas révélé de différence significative entre les sexes. Vers 160 kg les mâles castrés ont une teneur en EB de 2,1 % supérieure à celle des femelles (femelles : 6 601 kcal/kg ; mâles castrés : 6 741 kcal/kg de PV vide). Cette différence se retrouve également dans les portions maigres et grasses de la carcasse : chez les mâles castrés le tissu maigre contient 6,7, 9,4 ($p < 0,05$) et 13 % ($p < 0,01$) d'EB de moins que chez les femelles respectivement vers 80 (5 844 kcal/kg de tissu maigre) ; 120 (5 987 kcal/kg de tissu maigre) et 160 kg (6 050 kcal/kg de tissu maigre), alors que le tissu gras contient 7,2, 13,5 ($p < 0,05$) et 3,5% d'EB de plus chez les mâles que chez les femelles pour les mêmes stades d'abattage (8 283 kcal/kg ; 8 646 kcal/kg et 9 100 kcal/kg respectivement pour les mêmes classes de poids pour les mâles castrés).

En rapprochant ces données d'une teneur comparable en protéines dans le PV vide (-0,6 %) et d'une teneur supérieure en matières grasses (+13,4 % ; $p < 0,01$) à

Tableau V. Composition chimique ^a (kg) de l'animal entier et pourcentage par rapport au poids vif vide.

Poids vif vide (kg)	Sexe ^b	Eau		Protéines (N x 6,25)		Matières grasses		Matières minérales		Énergie brute ^c (kcal)
		(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	
75,62	F	44,2	58,2	13,5	17,8	15,6	20,5	2,7	3,6	6102
76,27	MC	44,6	58,8	13,2	17,4	15,4	20,2	2,8	3,7	6101
118,46	F	67,3	57,0	20,9	17,7	25,4	21,5	4,6	3,9	6327
117,63	MC	64,7	54,8	20,2	17,1	28,6	24,2	4,7	3,9	6338
	($p=$) ^d	0,01				0,03				
163,82	F	82,7	52,1	24,9	15,7	46,4	29,2	4,7	3,0	6601
153,55	MC	76,9	48,4	24,8	15,6	52,4	33,1	4,8	3,0	6741
	($p=$) ^d	0,07				0,01				

^a Moyennes corrigées pour la covariable poids vif vide. ^b Sexe : femelles (F), mâles castrés (MC). ^c kcal/kg de poids vif vide. ^d Effet du sexe.

160 kg chez les mâles castrés comparativement aux femelles, on s'aperçoit que les mâles castrés renferment moins de protéines que les femelles. Les rendements bruts de fixation de la lysine et de la thréonine au cours de la période 1 (tableau VI), sont plus élevés chez les femelles que chez les mâles castrés (respectivement +35,7 ; $p < 0,05$ et 35,7 % ; $p < 0,07$).

Les quantités de protéines fixées dans le gain de PV vide (tableau VII) sont respectivement de 132 et 111 g/jour pour les femelles et les mâles castrés au cours de la période 1 ($p < 0,09$), de 62 et 48 g/jour pour la période 2 et de 100 et 91 g/jour au cours de la période 3. Entre 80 et 160 kg, 51,8 % des protéines sont fixées dans le tissu musculaire. Les quantités de lysine fixées sont significativement différentes au cours des périodes 1 (respectivement 9 et 6,4 g/jour pour les femelles et les mâles castrés ; $p < 0,04$) et 2 (respectivement 8,7 et 6,8 g/jour pour les femelles et les mâles castrés ; $p < 0,08$).

Le dépôt de matières grasses (tableau VII) est plus élevé chez les mâles castrés que chez les femelles pour la période 1 (214,4 versus 178,2 g/jour, soit +20,3 % ; $p < 0,05$), tandis qu'il est supérieur chez les femelles au cours de la période 2 (310,8 versus 246,8 g/jour, soit +25,9 % ; $p < 0,01$).

La croissance du tissu osseux est la même pour les deux sexes au cours de la troisième période d'expérience. Elle est en moyenne, pour les périodes 1, 2 et 3, de 70,7, 51,9 et 52,1 g/jour.

DISCUSSION

Effets du sexe sur les performances de croissance

Les différences enregistrées dans notre expérience s'appliquent à un niveau moyen d'ingestion alimentaire maintenu à 8 % du poids métabolique (PV^{0,75}), à 3,2 Mcal d'ED par kilo d'aliment frais et à des conditions d'élevage en loges individuelles dans un environnement climatique contrôlé. Elles sont en partie de nature génétique et dans ce cas attribuables à la race Duroc dans le croisement utilisé.

Le maintien d'un niveau d'alimentation constant par rapport au poids métabolique, et au besoin d'entretien a entraîné une diminution du gain moyen pondéral entre 120 et 160 kg de poids vif, comparativement à l'intervalle de poids de 80 à 120 kg, en rai-

Tableau VI. Rendements de fixation des protéines et acides aminés dans le gain de poids vif vide.

Intervalle de poids vif (kg)	Sexe ^a	n	Protéines	Lysine	Méthionine + cystine	Thréonine
80-120	F	6	0,36	0,38	0,36	0,38
80-120	MC	6	0,31	0,28	0,31	0,28
	($p=$) ^b			0,05		0,07
120-160	F	6	0,17	0,33	0,14	0,17
120-160	MC	6	0,16	0,29	0,16	0,18
80-160	F	6	0,24	0,35	0,22	0,26
80-160	MC	6	0,23	0,28	0,20	0,23

^a Sexe femelles (F), mâles castrés (MC). ^b Effet du sexe.

Tableau VII. Dépôts de nutriments par jour.

	<i>Intervalle de poids vif</i>					
	<i>80-120</i>		<i>120-160</i>		<i>80-160</i>	
	<i>F^a</i>	<i>MC^a</i>	<i>F^a</i>	<i>MC^a</i>	<i>F^a</i>	<i>MC^a</i>
Protéines ingérées (g/jour)	377,2	364,9	378,6	296,9	418,0	405,0
Protéines fixées (g/jour)	132,1	111,4	62,3	47,8	99,9	91,1
Lysine ingérées (g/jour)	24,0	23,2	21,8	17,1	24,9	24,1
Lysine fixée (g/jour)	9,0	6,4	7,1	4,8	8,7	6,8
Lysine fixée/protéines fixées (g/jour)	0,070	0,057	0,109	0,095	0,086	0,075
MG ^b ingérée (g/jour)	86,6	85,5	91,9	103,9	93,6	102,4
MG ^b fixées (g/jour)	171,9	208,6	306,5	347,0	259,8	304,2
MG ^b fixées/ingérées (g/jour)	1,98	2,44	3,34	3,34	2,77	2,97
Croissance de l'os (g/jour)	65,3	70,8	31,9	26,4	49,3	52,1

^a Sexe : femelles (F), mâles castrés (MC). ^b MG : matières grasses.

son d'une diminution de la quantité d'énergie disponible pour la croissance avec l'accroissement du besoin d'entretien au cours de cette période.

En général, les femelles présentent une croissance pondérale supérieure à celle des mâles castrés de 120 à 160 kg, contrairement à ce que Geri et al (1982) avaient mis en évidence chez les porcs de 140 à 160 kg. Cette supériorité de croissance chez les femelles s'explique par le fait qu'elles étaient soumises au même plan de rationnement que les mâles castrés et qu'elles déposaient plus de protéines.

Croissance corporelle

Durant la croissance, on observe des changements qualitatifs et quantitatifs de l'organisme : les os et les muscles se développent en premier et, ensuite, c'est le tissu adipeux qui se développe durant la phase finale de la croissance, surtout chez les sujets abattus à des poids élevés (Shields et al, 1983 ; Tess et al, 1986). La consomma-

tion de l'aliment ne change pas ces rythmes, mais modifie les taux de croissance (de Greef et Verstegen, 1993).

Comme l'ont montré Gu et al (1992), les variations observées durant le développement des tissus sont associées de manière linéaire à celles du poids vif et/ou de l'âge.

Les différentes phases du développement du tissu musculaire et adipeux sont réglées par des mécanismes de répartition de type hormonal et se produisent de manière simultanée ; les mécanismes de régulation favorisent le dépôt lipidique par rapport au dépôt protéique dans le gain en poids. L'effet est encore plus évident lorsque augmente l'ingestion d'énergie (de Greef et Verstegen, 1993).

L'augmentation du contenu lipidique qui a été observé durant la croissance entraîne une diminution du pourcentage d'eau corporelle ; l'augmentation du contenu énergétique du gain de poids vif s'accompagne d'un indice de consommation plus élevé. L'effet est plus évident chez les mâles castrés que chez les femelles.

En ce qui concerne le dépôt de lipides, des valeurs semblables ont été obtenues par de Greef et al (1992b) avec une alimentation à faible apport protéique. Selon de Greef et Verstegen (1993), le niveau d'énergie digestible de l'aliment modifie les dépôts protéique et lipidique de la carcasse ; dans notre expérience, avec un niveau d'énergie digestible constant (3 200 kcal/kg), les variations du dépôt lipidique total ont été liées à l'âge, sans modifier la répartition lipidique dans les morceaux.

Entre 80 et 160 kg de poids vif, la croissance moyenne des tissus musculaires pour les mâles castrés et les femelles est de 224 g/jour ; selon Hiner (1971) et Gu et al (1991), la croissance musculaire est maximale entre 60 et 90 kg. Avec le type génétique et le niveau d'alimentation que nous avons utilisés le maximum de croissance a été enregistré entre 80 et 120 kg de poids vif avec 327 g/jour, alors que pendant la période suivante de 120 à 160 kg, la croissance musculaire s'est abaissée à 162 g/jour.

Composition corporelle

À la suite d'une alimentation rationnée (8 % PV^{0,75}) utilisée durant cette expérimentation, et de l'apport constant de protéines (137,8 g/kg) et de lysine (8,2 g/kg), on remarque que la rétention protéique (g/jour) atteint un maximum vers 80 kg de poids vif, ce qui ne coïncide pas avec le maximum d'ingestion (Siebrits et al, 1986).

Les quantités moyennes (F et MC) de protéines fixées entre 80 et 160 kg (96 g/jour) sont inférieures à celles rapportées par Rao et McCracken (1990) pour des porcs entre 33 et 88 kg (183 g/jour), par de Greef et Verstegen (1993) pour des mâles entiers entre 25 et 105 kg (150 g/jour) ou Kielanowski (1969) pour des porcs maigres (110–130 g/jour). En moyenne, la rétention protéique mesurée dans notre expérience

entre 80 et 160 kg de PV est plus faible que les valeurs généralement trouvées chez le porc à l'engraissement entre 20 et 100 kg. Ceci s'explique principalement par une plus faible rétention entre 120 et 160 kg (55 g/jour en moyenne par les femelles et les mâles castrés) comparativement aux valeurs obtenues entre 80 et 120 kg.

Des valeurs particulièrement élevées de protéines fixées ont été rapportées par de Greef et al (1992a) avec des porcs de 65 à 105 kg (216 g/jour), d'un type génétique non défini (type commercial), recevant un aliment contenant 11,3 g de protéines par MJ ED. D'après Siebrits et al (1986), le dépôt de protéines est maximale entre 60 et 70 kg avec des mâles entiers (156 g/jour), à 80 kg avec des mâles entiers de type gras (144 g/jour), entre 60 et 70 kg pour les femelles (121 g/jour) et entre 40 et 50 kg pour les femelles du type gras (101 g/jour). En effet, entre ces période de croissance le dépôt de tissu adipeux est très faible.

En accord avec Whittemore et al (1988), les femelles ont une teneur en protéines du tissu maigre supérieure à celle des mâles castrés. Selon Whittemore et al (1988) et Siebrits et al (1986), les femelles et les mâles castrés auraient toutefois une rétention protéique journalière inférieure à celle des mâles entiers. Comme l'a rapporté Wiesemüller (1984), les femelles présentent ainsi, pour un même apport alimentaire, une plus grande capacité d'utilisation des protéines et de la lysine alimentaire que les mâles castrés. Dans nos conditions d'apport azoté probablement excédentaire, le rendement d'utilisation de la lysine pour les femelles diminue ainsi de 1 % tous les 10 kg de gain entre 80 et 160 kg de poids vif.

Le taux de lysine, maintenu constant pendant toute la durée de l'expérience (0,82 % ; en moyenne 23 g/jour) a permis un développement important du tissu maigre dans la carcasse jusqu'à 160 kg de poids vif, comme l'a rapporté Hanrahan

(1989) avec un apport de lysine de 27,8 g/jour pour des animaux plus légers. En moyenne, entre 80 et 160 kg de poids vif, 54,8 % des protéines, dans le poids vif vide, sont fixées dans le tissu musculaire, valeur comparable au 55 % citée par Just et Pedersen (1976), de 55,5–56,1 % (porc de 80 à 110 kg) rapportée par Susenbeth et Keitel (1988), et celle de 57 % (mâles entiers de 25 à 105 kg) rapportée par de Greef et Versteegen (1993).

Qualité de la viande

Une première évaluation objective de la qualité de la viande peut être obtenue à partir de la valeur du pH. Les données obtenues doivent être considérées uniquement comme indicateur d'anomalies soit PSE (*Pale soft exudative*) ou DFD (*Dark firm dry*). Les conditions d'anaérobiose du muscle après l'abattage activent le système enzymatique glycolytique qui transforme le glyco-gène musculaire en acide lactique, responsable de l'abaissement du pH. Les valeurs de pH1 et de pHu relevées respectivement à 45 minutes et à 24 heures après l'abattage dans le muscle *Semimembranosus* et *Longissimus dorsi* sont les meilleurs indicateurs de la transformation du muscle en viande.

Nombreux sont les facteurs qui contribuent à déterminer la variation de pH, comme le sexe, le génotype, la saison et les réserves du glyco-gène musculaire.

Dans notre expérience nous avons relevé des différences de pH1 entre les sexes à 120 kg de PV dans le muscle *Semimembranosus* et à 160 kg de PV dans le muscle *L. dorsi*. À 120 kg de PV la viande peut être considérée PSE pour les mâles castrés car le *L. dorsi* présente une valeur de 6,09 de pH1. L'anomalie PSE, caractérisée par un pH1 (Bosi et al, 1986) au-dessus de 6,0, réduit la capacité de rétention d'eau de la viande, avec une forte exudation de la sur-

face de coupe. Cette anomalie se traduit par une plus forte perte de poids pendant la maturation (12–14 mois) du jambon typique italien.

Le pHu élevé, tel celui observé pour les femelles dans le muscle *Semimembranosus* à 160 kg de PV, est un index d'une faible production d'acide lactique et par conséquent de viande DFD (Bosi et al, 1987). Cette faible acidification du muscle après l'abattage peut être une conséquence directe du stress avant (jeûne, transport, mélange d'animaux) et pendant l'abattage (capture, étourdissement) (Warriss, 1982 ; Honkavaara, 1989a). L'état DFD est caractérisé par des valeurs de pHu supérieures à 6,0 avec une rétention d'eau élevée. La faible production d'acide lactique peut être à l'origine de l'altération bactérienne de la viande (Bergonzini et al, 1983).

CONCLUSION

En conclusion, après comparaison de nos données et de celles rapportées dans la bibliographie, le type génétique, la race, les niveaux d'apports énergétique et azoté de la ration influencent fortement les performances de l'élevage et la composition de la carcasse. Cette première étude pour caractériser le porc lourd élevé en Italie, destiné à la production des charcuteries DOC, nous a permis de montrer qu'il existe des différences entre les femelles et les mâles castrés en ce qui concerne l'efficacité métabolique dans l'utilisation des principes nutritifs, qui nécessiterait donc de différencier le niveau alimentaire et la composition de l'aliment des deux sexes.

De plus, les variations de la croissance et du développement des tissus maigres, adipeux et osseux chez le porc présentent une grande importance, dans la mesure où elles sont étroitement liées à la valorisation économique. Comme cela a été démontré pour d'autres types génétiques,

les mâles castrés présentent une croissance élevée du tissu adipeux par rapport au tissu musculaire, comparativement aux femelles, indépendamment du niveau alimentaire choisi.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par la CEE, DG VI Agriculture, programme CAMAR, 1991—1994, «Reduction of nitrogen output in pig effluents through a better control of dietary protein supply: technical and economical aspects». Les auteurs remercient Y Henry et JY Dourmad pour leurs conseils lors de la réalisation de l'étude et pour leur aide critique lors de la préparation et la lecture du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- Bergonzini E, Quadri G, Poletti E (1983) Variazione del pH nella carcassa. *V. Riv Suinicoltura* 24, 25-33
- Bosi P, Russo V, Casini L, Nanni Costa L (1986) Indagine sul pH1 di alcuni muscoli di suino pesante. *Riv Suinicoltura* 27, 81-92
- Bosi P, Casini L, Davoli R, Nanni Costa L, Russo V (1987) Indagine sul pHu di alcuni muscoli di suino pesante. *Riv Suinicoltura* 28, 101-106
- Geri G, Franci O, Zappa A, Poli BM (1982) Rapporto preliminare su alcune caratteristiche di suini macellati da 20 a 200 kg di pv. *Zoot Nutr Anim* 8, 521-564
- Greef KH de, Kemp B, Verstegen MWA (1992a) Performance and body composition of fattening pigs of two strains during protein deficiency and subsequent realimentation. *Livest Prod Sci* 30, 141-153
- Greef KH de, Verstegen MWA, Kemp B (1992b) Validation of a porcine growth model with emphasis on chemical body composition. *Livest Prod Sci* 32, 163-180
- Greef KH de, Verstegen MWA (1993) Partitioning of protein and lipid deposition in the body of growing pigs. *Livest Prod Sci* 35, 317-328
- Gu Y, Schinckel AP, Forrest JC, Kuei CH, Watkins LE (1991) Effects of ractopamine, genotype and growth phase on finishing performance and carcass value in swine. II. Estimation of lean growth rate and lean feed efficiency. *J Anim Sci* 69, 2694-2699
- Gu Y, Schinckel AP, Martin TG (1992) Growth, development and carcass composition in five genotypes of swine. *J Anim Sci* 70, 1719-1729
- Hanrahan T (1989) Effect of lysine and energy concentration on the performance of genetically improved male pigs. *Forum Chemicals Technical Meeting*, June, Londres, Royaume-Uni
- Hiner RL (1971) Growth effects on compositional changes in the carcass and tissue of growing finishing swine. *J Anim Sci* 32, 1113-1118
- Honkavaara M (1989) Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *J Agric Sci Finland* 61, 415-423
- Just A, Pedersen OK (1976) Danish investigation concerning body composition of pigs in relation to nutrition, sex and slaughter weight. *Livest Prod Sci* 3, 271-284
- Just A, Fernandez JA, Jørgensen H (1982) Nitrogen balance studies and nitrogen retention. In : *Digestive physiology in the pig* (JLP Laplace, ed), Les Colloques de l'Inra, 12, 111-122
- Kielanowski J (1969) Theoretical aspects of a flexible model to simulate protein and lipid growth in pigs. *Anim Prod* 22, 87-92
- Metz SHM, Verstegen MWA, de Wilde RO, Brandsma HA, van der Hel W, Brascamp EW, Lenis NP, Kanis E (1984) Estimation of carcass and growth composition in the growing pig. *Netherland J Agr Sci* 32, 301-318
- Moore S (1963) On the determination of cystine as cysteic acid. *J Biol Chem* 238, 235-238
- Naveau J, Rolland G, Pommeret P (1979) Composition anatomique de la carcasse du porc : les mesures linéaires selon la méthode de Boer (MDB). Rapport ITP, 79-07
- Noblet J, Karege C, Dubois S (1994) Prise en compte de la variabilité de la composition corporelle pour la prévision des besoins énergétiques et de l'efficacité alimentaire chez le porc en croissance. *Journées Rech Porcine en France* 26, 267-276
- Owen EC (1967) Nitrogen balance. *Proc Nutr Soc* 26, 116-124
- Rao DS, McCracken KJ (1990) Effect of protein intake on energy and nitrogen balance and chemical composition of gain in growing boars of high genetic potential. *Anim Prod* 51, 389-397
- Siebrits FK (1986) Application of the allometric autoregressive growth description in studies of growth and body composition. *Pigs News Inform* 7, 413-417
- Siebrits FK, Kemm EH, Ras MN, Barnes PM (1986) Protein deposition in pigs as influenced by sex, type and livemass. I. The pattern and composition of protein deposition. *South Afr J Anim Sci* 16, 23-27
- SAS (1988) *SAS/STAT guide for personal computer, version 6*. SAS Institute Inc, Cary, NC, États-Unis
- Shields RG, Mahan DC, Graham PL (1983) Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *J Anim Sci* 57, 43-48

- Spackman DM, Moore S, Stein WM (1958) Chromatography of amino acid on sulphonated polystyrene resin. *Anal Chem* 30, 1185-1190
- Susenbeth A, Keitel K (1988) Partitioning of whole body protein in different body fractions and some constants in body composition in pigs. *Livest Prod Sci* 20, 37-52
- Tess MW, Dickerson GE, Nienaber JA, Ferrell CL (1986) Growth, development and body composition in three genetic stocks of swine. *J Anim Sci* 62, 968-973
- Warriss PD (1982) Loss of carcass weight, liver weight and liver glycogen, and the effects of muscle glycogen and ultimate pH in pigs fasted pre-slaughter. *J Sci Food Agric* 33, 840-846
- Wiesemüller W (1984) Physiologische Grundlagen des Proteinbedarfes von Schweinen. *Übers Tierernähr* 12, 85-118
- Wilde de R (1977) Stude van een methode ter bepaling van eiwit-en energieretenties bij mestvarkens gebaseerd op karkasanalyse. *Mededelingen Faculteit Diergeneeskunde*, RU Gent n 3-4
- Whittemore CT, Tullis JB, Emmans GC (1988) Protein growth in pigs. *Anim Prod* 46, 437-445