

# INFLUENCE DE L'UTILISATION DE LA SOMATOTROPINE PORCINE SUR L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ET DES PROTÉINES CHEZ LE PORC

## Conséquences sur les besoins nutritionnels

J. NOBLET, S. DUBOIS, P. HERPIN, B. SÈVE

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

*Avec la collaboration technique de A. ROGER pour les mesures sur animaux, Sylviane BARRE, Annick BLANCHARD, Y. COLLEAUX, Martine FILLAUT et Nadine MEZIERE pour les analyses de laboratoire.*

Les effets de la somatotropine porcine (PST) sur les performances, la nature du gain pondéral et l'utilisation de l'énergie et des protéines ont été quantifiés sur des mâles d'une lignée synthétique (SG1), des mâles (SG2) et des mâles castrés (SG3) du génotype Large White et des mâles castrés Large White x Meishan (SG4), entre 55 et 95 kg de poids vif (expérience 1) et chez des mâles castrés Large White x Piétrain au poids vif moyen de 65 kg (expérience 2). Dans l'expérience 1, au sein d'un bloc de 3 frères (3 blocs pour chaque groupe), un porc recevait un niveau énergétique (NE) 113 et un placebo (E1/0) alors que les 2 autres recevaient 3 mg/j de PST et des NE 100 (E2/PST) ou 87 (E3/PST). Les apports quotidiens de protéines étaient équivalents dans les 3 traitements. Le potentiel de croissance musculaire se réduisait de SG1 à SG4. Dans l'expérience 2, 60 porcs ont été affectés à 15 traitements résultant de la combinaison de 3 situations (S1: 3 mg/j de PST et NE 100; S2: placebo et NE 100; S3: placebo et NE 115) et 5 niveaux d'apports protéiques (entre 11 et 26 g/j de lysine). Les performances et la nature du gain pondéral (expérience 1) ainsi que la production de chaleur et la rétention azotée (expériences 1 et 2) ont été mesurées. La PST (E2/PST vs E1/0) accroît le gain quotidien de poids vif (+14%), de muscles (+27%) ou de protéines (+26%) et réduit le gain de gras (-50%) et le coût en énergie du gain (-24%). Toutefois, l'effet est le plus important dans le groupe SG4 et le plus faible pour les animaux SG1. La PST accroît la production de chaleur des animaux, en relation avec une élévation de la dépense énergétique d'entretien (+10%). Le rendement d'utilisation des protéines alimentaires en protéines corporelles est amélioré (+30%) chez les porcs recevant de la PST, de sorte que, malgré l'augmentation de la croissance musculaire, leur besoin protéique quotidien n'est pas accru (expérience 2). Il en résulte une réduction de la quantité d'azote excrété au niveau urinaire. Les résultats des 2 expériences sont discutés en relation avec le problème de la détermination des besoins nutritionnels du porc à l'aide de la méthode factorielle.

### **Effects of porcine somatotropin on utilization of energy and protein in pigs. Consequences on nutritional requirements.**

The effects of porcine somatotropin (PST) on performance, composition of the gain and utilization of energy and protein have been measured on males from a synthetic line (SG1), Large White males (SG2) and castrated males (SG3) and Large White x Meishan castrated males (SG4) between 55 and 95 kg live-weight (trial 1) and in Large White x Pietrain castrated males at about 65 kg live-weight (trial 2). In trial 1, within a replicate including 3 littermates (3 replicates per group), one had a 113 energy level and a placebo injection (E1/0) while the others received 3 mg per day PST and 100 (E2/PST) and 87 (E3/PST) energy levels. Daily supplies of protein and amino-acids were similar in the 3 treatments. Potential for lean tissue growth decreased from SG1 to SG4. In trial 2, 60 pigs were used in 15 treatments resulting from the combination of 3 situations (S1: 3 mg/d PST and 100 energy level; S2: placebo and 100 energy level; S3: placebo and 115 energy level) and 5 protein intakes (equivalent to 11 to 26 g/d lysine). Growth performance and composition of the gain (trial 1) and heat production and nitrogen balances (trials 1 and 2) were measured. PST (E2/PST vs E1/0) increased live weight (+14%), muscles (+27%) and nitrogen (+26%) gains and reduced adipose tissue gain (-50%) and feed energy cost of weight gain (24%). However, the change was the highest in SG4 pigs and the lowest in SG1 pigs. The heat production increment with PST was due to an elevation (+10%) of maintenance energy requirements. Efficiency of utilization of dietary proteins was improved in PST treated pigs (+30%), so that their daily protein requirement was not increased, in spite of the higher muscle and nitrogen gains. The urinary nitrogen output is then reduced by PST. Results are discussed in connection with determination of nutrient requirements of pigs according to the factorial approach.

## INTRODUCTION

La production par génie génétique de la somatotropine porcine (PST) a permis la mise en place, au cours de la dernière décennie, d'un nombre élevé d'études sur les effets métaboliques et les performances associés à l'administration de PST chez le porc (BONNEAU, 1990). En résumé, l'utilisation de la PST entraîne une réduction (de 10 à 20%) de l'appétit, un accroissement de la vitesse de croissance (+10 à 20%) et du dépôt quotidien de tissu maigre et une forte réduction du dépôt de gras (jusqu'à 50%) et de l'adiposité des carcasses. Ces modifications très importantes du niveau des performances ont été observées essentiellement chez des animaux de type gras, dans des études réalisées pour la plupart aux Etats-Unis. Un nombre très limité d'essais a concerné l'interaction entre le potentiel de croissance des porcs (selon le type génétique ou le sexe) et l'administration de PST sur leurs performances (CAMPBELL et al., 1989 et 1990; BARK et al., 1989 et 1990).

L'utilisation de PST se traduit par un accroissement important du dépôt journalier de protéines et une réduction de la quantité de lipides fixés, cette dernière résultant de la diminution de l'appétit et de l'accroissement du gain de tissu maigre. Dans la mesure où la PST stimule la croissance des tissus maigres, il est alors important d'étudier la relation entre les apports d'énergie et la nature du gain pondéral chez des porcs recevant de la PST. En d'autres termes, l'adiposité des animaux peut-elle être encore abaissée par la combinaison d'une restriction énergétique et de l'injection de PST?

La prévision des besoins nutritionnels du porc recevant de la PST nécessite non seulement de connaître la nature de son gain pondéral mais également les rendements d'utilisation des nutriments ingérés et les besoins nutritionnels d'entretien. Au début de nos études, aucune expérience n'avait quantifié les modifications éventuelles du métabolisme énergétique et protéique associées à l'utilisation de la PST. Aucun résultat ne permettait donc de répondre à la question: les besoins nutritionnels du porc recevant de la PST sont-ils modifiés uniquement en raison des variations des quantités de protéines et de lipides fixés ou sont-ils également affectés par une modification des rendements d'utilisation des nutriments?

Les deux études que nous avons mises en place avaient alors pour objet :

- 1/ l'étude de l'interaction entre l'utilisation de PST et le potentiel de croissance des animaux sur leurs performances et la nature du gain pondéral (expérience 1)
- 2/ la connaissance des rendements d'utilisation de l'énergie ingérée et des besoins d'entretien (expériences 1 et 2)
- 3/ la quantification des rendements d'utilisation des protéines alimentaires et les besoins protéiques correspondants (expérience 2) chez des porcs recevant de la PST.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

#### Expérience 1.

Douze blocs de 4 frères de portée ont été utilisés. Dans chaque bloc, un porc est abattu et disséqué au début de l'expérience,

à un poids vif moyen de 55 kg. Les trois autres animaux sont affectés aux trois traitements expérimentaux. Les porcs des traitements 2 (E2/PST) et 3 (E3/PST) reçoivent 3 mg par jour de PST et des niveaux d'apports énergétiques 100 (E2) et 87 (E3). Le niveau 100 correspond à la quantité ingérée spontanément (ou ad libitum) par le porc du traitement 2. Le porc du traitement 1 (E1/0) reçoit un apport énergétique relatif 113 (E1) et 3 mg de placebo. Les animaux sont abattus et disséqués à 95 kg environ. Trois régimes ont été préparés (tableau 1) de façon à équilibrer les apports quotidiens de protéines et d'acides aminés entre les trois animaux d'un même bloc.

Les animaux utilisés sont issus de quatre groupes différents, à raison de 3 blocs par groupe. Le premier (SG1) est représenté par des mâles d'une lignée synthétique (Pen ar Lan) alors que les deuxième (SG2) et troisième (SG3) sont, respectivement, des mâles et des mâles castrés du génotype Large White. Le quatrième groupe (SG4) comprend des mâles castrés issus du croisement entre des verrats de race Meishan et des truies Large White. Le potentiel de croissance journalière du tissu maigre est supposé diminuer lorsque l'on passe de SG1 à SG4. Deux mesures de bilans énergétique et azoté (durée: 7 jours) sont réalisées sur chaque porc, une semaine après le début de l'expérience (P1) et environ trois semaines plus tard (P2) dans des conditions identiques à celles décrites par NOBLET et al. (1987). La composition tissulaire du gain pondéral entre 55 et 95 kg est obtenue par la méthode des abattages comparés, la composition initiale des 3 porcs expérimentaux d'un bloc étant supposée identique à celle de leur frère abattu à 55 kg.

### Expérience 2.

Soixante mâles castrés F1 (Large White x Piétrain) ont été répartis à un poids vif moyen de 55 kg entre 3 situations (S1, S2 et S3) différentes. Les porcs S1 reçoivent 3 mg par jour de PST et un niveau 100 d'apport d'énergie nette, alors que les animaux S2 et S3 reçoivent un placebo et des niveaux énergétiques quotidiens, respectivement, de 100 et 115. Pour chaque situation, 5 niveaux d'apports protéiques quotidiens (P1 à P5) sont appliqués, à raison de 4 porcs par niveau. Dans ce but, dix régimes (5 pour S1+S2 et 5 pour S3) ont été préparés par dilution d'un régime à 20.3% de protéines par de l'amidon de maïs (tableau 1). Le niveau énergétique 115 est proche du niveau à volonté pour les porcs recevant les apports de protéines les plus élevés. Le niveau de protéines P5 était supposé supérieur ou égal au besoin en protéines des animaux ne recevant pas de PST. A un poids vif moyen de 65 kg, un bilan azoté (durée: 7 jours) est réalisé sur chaque porc dans les mêmes conditions que pour l'expérience 1. Quant au bilan énergétique, il est effectué parallèlement au bilan azoté mais sur deux porcs affectés au même traitement et maintenus dans 2 cages digestibilité dans la même chambre respiratoire. Des couples d'animaux comparables sur le plan de l'âge et du poids vif ont été constitués dans ce sens. Le bilan énergétique et azoté est réalisé une semaine après la mise en expérience.

### 1.2. Mesures, analyses et calculs

Dans l'expérience 1, les animaux sont pesés chaque semaine et les quantités d'aliment consommé contrôlées quotidiennement. Les mesures et analyses chimiques réalisées pour l'établissement du bilan énergétique et azoté de chaque porc sont identiques à celles décrites antérieurement (NOBLET et al., 1987). Le poids du sang, des organes (cœur,

**Tableau 1.** Composition, résultats d'analyse et caractéristiques nutritionnelles des régimes.

Traitement PST, mg/j Niveau énergétique	Expérience 1			Expérience 2
	E1/0 0 113	E2/PST 3 100	E3/PST 3 87	
<b>Composition, %</b>				
Blé	34,3	38,2	43,7	47,9
Orge	13,5	15,0	17,3	14,9
Mélasses de betterave	2,7	3,0	3,4	2,0
Tourteau de soja	23,4	26,0	30,0	27,4
Son de blé				3,0
Amidon de maïs	21,7	13,0		
L-Lysine-HCl	0,18	0,20	0,23	0,12
DL-Méthionine	0,06	0,07	0,08	0,08
L-Thréonine	0,06	0,07	0,08	0,06
Phosphate bicalcique	1,8	2,0	2,3	2,0
Carbonate de calcium	1,3	1,5	1,7	1,5
Sel	0,5	0,5	0,6	0,5
Oligoéléments et vitamines	0,5	0,5	0,6	0,5
<b>Résultats d'analyse (1)</b>				
Matières azotées totales, %	16,6	18,4	21,5	20,3
Cendres, %	6,2	6,7	7,7	6,6
Cellulose brute, %	2,0	2,2	2,5	3,2
NDF, %	7,8	8,8	10,3	14,8
ADF, %	2,3	2,7	3,2	4,3
Matières grasses, %	1,1	1,2	1,3	1,7
Lysine, %	0,99	1,10	1,29	1,01
Méthionine + cystine, %	0,60	0,66	0,77	0,72
Thréonine, %	0,63	0,70	0,80	0,76
Énergie brute, kcal/g	3,66	3,67	3,69	3,67
<b>Valeur nutritionnelle (1) (2)</b>				
Énergie digestible, kcal/g	3,29 <sup>a</sup>	3,30 <sup>a</sup>	3,26 <sup>b</sup>	3,15
Énergie métabolisable, kcal/g	3,19 <sup>a</sup>	3,14 <sup>b</sup>	3,06 <sup>c</sup>	3,00
Énergie du méthane, % énergie brute	0,50 <sup>a</sup>	0,56 <sup>a</sup>	0,87 <sup>b</sup>	0,64
CUD énergie	89,7 <sup>a</sup>	89,7 <sup>a</sup>	88,3 <sup>b</sup>	85,7
CUD azote	87,3 <sup>a</sup>	89,5 <sup>b</sup>	89,7 <sup>b</sup>	85,1

(1) Rapportés à une teneur en matière sèche de 87%.

(2) Valeurs mesurées: moyenne de 24 et 8 données dans les expériences 1 et 2, respectivement.

foie, tube digestif, reins et rate) et de l'ensemble tête+pieds+queue est déterminé à l'abattage. A l'issue d'un ressuyage de 24 heures, une demi-carcasse est disséquée en 4 compartiments: os, peaux, gras et muscles. Le compartiment muscles qui inclut le gras intermusculaire est broyé en vue d'analyses chimiques ultérieures. De même, un échantillon de long dorsal est prélevé 24 heures après l'abattage pour être broyé et analysé ultérieurement. Le mode de calcul de la composition tissulaire du gain pondéral a également été décrit par NOBLET et al.(1987). Dans l'expérience 2, les bilans énergétique et azoté sont réalisés comme dans l'expérience 1. La production de chaleur est supposée identique pour les deux animaux maintenus en même temps dans la chambre respiratoire.

Les données de bilan énergétique des 2 expériences ont été exprimées par unité de poids métabolique, celui-ci correspondant au poids vif élevé à la puissance 0.60 (NOBLET et al., 1989).

### 1. 3. Analyse statistique

Les résultats de l'expérience 1 ont été soumis à une analyse de variance (SAS, 1988) selon un modèle prenant en compte les effets du groupe (SG1 à SG4), du bloc (intra-groupe), du traitement et de l'interaction entre le groupe et le traitement. Dans le cas des résultats de bilan énergétique et azoté, l'effet de la période de mesure (P1 et P2) a également été considéré. De plus, l'analyse d'effets principaux ou d'interactions particulières a été effectuée par la méthode des contrastes et des comparaisons multiples de moyennes.

Dans le cas de l'expérience 2, le modèle d'analyse de variance utilisé prenait en compte les effets de la situation (S1 à S3), du niveau protéique (P1 à P5) et de leur interaction. Les données de bilans énergétiques des deux expériences ont été analysées par covariance, selon un modèle incluant les effets énumérés ci-dessus, ainsi que ceux des covariables quantité

d'énergie fixée sous forme de protéines (ERp) et de lipides (ERf). Pour la variable production de chaleur, la pente des 2 covariables correspond à l'extra-chaleur associée au dépôt d'énergie sous forme de protéines ou de lipides.

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Performances de croissance (expérience 1) (tableau 2).

Les porcs des 4 groupes se différencient nettement lorsqu'ils ne reçoivent pas de PST. Ainsi, les animaux SG1 ont la vitesse de croissance la plus élevée (1000 g/j), le niveau de consommation le plus faible et, par conséquent, l'indice de consommation le plus bas (équivalent à 2.2 kg d'aliment par kg de gain). A l'inverse, les porcs SG4 ont un gain de poids quotidien plus faible (800 g/j) et surtout, une consommation d'aliment particulièrement élevée. Il en résulte que leur indice de consommation est le plus élevé (équivalent à 3.3 kg d'aliment par kg de gain). Les porcs SG2 et SG3 ont des performances intermédiaires.

L'administration de PST (E2/PST vs E1/0) se traduit par une augmentation moyenne de 14% de la vitesse de croissance. Toutefois, l'amplitude de la variation varie avec le groupe d'animaux considérés: 28% chez les porcs SG4 contre seulement 6% dans le groupe SG1. Dans la mesure où les apports énergétiques sont plus faibles dans le lot E2/PST, il en résulte

une diminution importante du coût énergétique du gain de poids (-24%), la réduction étant plus importante chez les porcs SG4 (-30%) que chez les porcs SG1 (-15%). La réponse des animaux SG2 et SG3 à l'administration de PST est à nouveau intermédiaire entre celles des 2 autres groupes.

L'application d'une restriction énergétique à des animaux recevant de la PST (E3/PST vs E2/PST) entraîne une réduction du gain de poids quotidien, celle-ci étant significativement plus importante chez les porcs SG4. Il s'ensuit que l'indice énergétique est détérioré dans le groupe SG4 alors qu'il est significativement amélioré par la restriction énergétique dans les trois autres groupes. Chez les porcs à potentiel génétique élevé (SG1), l'association d'une restriction énergétique et de PST permet l'obtention d'un indice de consommation équivalent à 1.7 kg d'aliment par kg de gain de poids.

### 2.2. Composition du gain pondéral (expérience 1) (tableau 3).

Chez les porcs ne recevant pas de PST, les différences de gain de poids vif entre groupes sont associées à des variations dans la composition du gain. Ainsi, la vitesse de croissance particulièrement élevée des animaux SG1 est liée à une croissance musculaire importante (560 g/j) et un très faible dépôt de gras (168 g/j). A l'inverse, les porcs SG4 ont la plus faible croissance musculaire (315 g/j) et le dépôt

Tableau 2 - Influence de la PST et du potentiel de croissance des porcs sur leurs performances (expérience 1)

Groupe	Traitement	Niveau énergétique	PST mg/j	PV début kg	PV fin kg	EM kcal/j	MAT g/j	Gain PV moyen g/j	EM/gain PV kcal/g	EM/gain muscle kcal/g
Lignée synthétique (mâle) (SG1)	E1/0	113	0	52,0	95,0	7717	398	1015	7,0	13,7
	E2/PST	100	3	52,0	95,2	6948	410	1075	5,9	11,2
	E3/PST	87	3	51,5	93,3	6163	429	1021	5,5	9,7
Large White (mâle) (SG2)	E1/0	113	0	57,2	98,7	8137	425	927	8,3	17,5
	E2/PST	100	3	57,2	97,7	6767	389	1020	6,2	11,5
	E3/PST	87	3	58,2	96,8	5704	395	919	5,8	10,0
Large White (mâle castré) (SG3)	E1/0	113	0	58,5	96,3	8057	433	783	9,9	21,7
	E2/PST	100	3	59,0	98,8	7291	439	908	7,7	14,4
	E3/PST	87	3	59,5	98,0	6489	459	851	7,1	12,8
Large White x Meishan (mâle castré) (SG4)	E1/0	113	0	51,2	93,7	8726	465	809	10,2	27,9
	E2/PST	100	3	53,5	93,8	7823	454	1035	7,2	16,3
	E3/PST	87	3	51,5	91,2	6692	463	797	7,8	16,9
Écart-type				1,9	2,1	213	12	61	0,4	1,4
R <sup>2</sup> du modèle				0,87	0,84	0,97	0,91	0,87	0,96	0,97
Signification statistique, p<:										
Bloc				0,9	0,03	0,06	0,08	0,2	0,06	0,2
Groupe				0,001	0,04	0,002	0,001	0,005	0,001	0,001
E1/0 vs E2/PST				0,2	0,3	0,001	0,2	0,001	0,001	0,001
E2/PST vs E3/PST				0,5	0,03	0,001	0,02	0,001	0,3	0,09
Groupe x (E1/0 vs E2/PST)				0,2	0,2	0,09	0,02	0,2	0,01	0,001
Groupe x (E2/PST vs E3/PST)				0,3	0,2	0,4	0,7	0,05	0,1	0,5
(SG1+SG2+SG3 vs SG4) x (E2/PST vs E3/PST)				0,1	0,06	0,3	0,6	0,01	0,02	0,1

adipeux (279 g/j) le plus important. En liaison avec les observations réalisées pour le gain de poids, la PST (E2/PST vs E1/0) stimule la croissance musculaire (+27% en moyenne), la variation étant d'autant plus importante que son intensité est

faible chez les animaux recevant le placebo. De même, la PST stimule le développement des organes, du compartiment tête+pieds+queue, de la peau et des os, le gain pondéral au niveau de la masse adipeuse étant alors fortement réduit

(- 50% en moyenne). La réduction de l'apport d'énergie associée à l'utilisation de PST (E3/PST vs E2/PST) permet de maintenir l'intensité de croissance du tissu musculaire chez les porcs des groupes SG1, SG2 et SG3 et, par conséquent, de réduire, voire d'annuler (40 g/j en moyenne), le gain de poids au niveau du tissu adipeux. Le gain pondéral au niveau des autres compartiments corporels (tractus digestif, os, organes, peau, tête+pieds+queue) n'est pas affecté par la restriction énergétique chez les porcs recevant de la PST. La réduction plus importante du gain pondéral avec la diminution de l'apport énergétique chez les animaux SG4 recevant de la PST est en fait liée à l'effet du traitement sur la croissance des muscles (-18%) et des autres tissus ou compartiments corporels qui,

contrairement à ce qui a été observé chez les porcs SG1, SG2 et SG3, est fortement freinée.

Les conclusions rapportées ci-dessus pour ce qui concerne le coût énergétique du gain pondéral se trouvent renforcées lorsque le critère coût en énergie du gain de muscles est considéré. Ainsi, l'administration de PST en conditions d'alimentation libérale (E2/PST vs E1/0) le réduit de 34% en moyenne (42 et 18%, respectivement pour SG4 et SG1). De même, à l'exception des porcs SG4, la restriction énergétique associée à l'administration de PST abaisse la quantité d'énergie nécessaire pour la croissance musculaire, la valeur minimale obtenue avec les animaux SG1 étant équivalente à 3.1 kg d'aliment par kg de muscle.

**Tableau 3 - Effets de la PST et du potentiel de croissance des porcs sur la nature du gain pondéral (g/j) (expérience 1).**

Groupe	Traitement	Niveau énergétique	PST mg/j	Organes (1)	Tête pieds queue	Tractus digestif (2)	Carcasse			
							Muscles	Gras	Peau	Os
Lignée synthétique (mâle) (SG1)	E1/0	113	0	26	71	27	566	168	53	63
	E2/PST	100	3	35	80	32	620	97	70	82
	E3/PST	87	3	30	81	29	637	35	71	83
Large White (mâle) (SG2)	E1/0	113	0	32	62	15	471	202	34	56
	E2/PST	100	3	49	78	18	592	77	53	73
	E3/PST	87	3	40	74	18	572	33	52	67
Large White (mâle castré) (SG3)	E1/0	113	0	25	47	19	374	215	27	46
	E2/PST	100	3	37	71	27	506	126	46	60
	E3/PST	87	3	35	70	36	510	47	43	67
Large White x Meishan (mâle castré) (SG4)	E1/0	113	0	17	45	35	315	279	48	44
	E2/PST	100	3	29	89	46	480	152	111	78
	E3/PST	87	3	31	55	47	396	115	64	56
Écart-type				5	8	6	37	17	7	8
R <sup>2</sup> du modèle				0,88	0,86	0,93	0,94	0,98	0,96	0,88
Signification statistique, p<:										
Bloc				0,04	0,3	0,001	0,6	0,03	0,01	0,004
Groupe				0,02	0,04	0,2	0,001	0,001	0,001	0,2
E1/0 vs E2/PST				0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
E2/PST vs E3/PST				0,07	0,02	0,4	0,2	0,001	0,001	0,2
Groupe x (E1/0 vs E2/PST)				0,6	0,02	0,8	0,1	0,02	0,001	0,2
Groupe x (E2/PST vs E3/PST)				0,3	0,007	0,3	0,1	0,2	0,001	0,04
(SG1+SG2+SG3 vs SG4) x (E2/PST vs E3/PST)				0,2	0,001	0,9	0,03	0,1	0,001	0,01

(1) Foie+poumons+cœur+reins+rate.

(2) Tractus digestif vide.

### 2. 3. Utilisation des protéines alimentaires.

Pour des apports de matières azotées supposés couvrir les besoins du porc en période de finition, la rétention de protéines (g/j) chez les animaux de l'expérience 1 (tableau 4) recevant le placebo, varie de 130 g dans le groupe SG4 à 225 g chez les porcs SG1. Les animaux SG2 et SG3 ont une rétention azotée supérieure aux porcs SG4 mais très nettement inférieure à celle des mâles SG1. L'administration de PST accroît la fixation d'azote par les animaux (+26% pour les porcs E2/PST, comparativement à E1/0), l'augmentation étant la plus importante dans le groupe SG4 (+54%) et relativement négligeable dans le groupe SG1. Il en résulte que l'administration de PST à des animaux recevant un apport libéral d'énergie (E2/PST)

atténue les différences associées au potentiel de dépôt de protéines des animaux, celui-ci variant alors de 195 à 250 g/j pour les 4 groupes de porcs considérés dans l'expérience 1. L'association d'une restriction énergétique et d'administration de PST (E3/PST vs E2/PST) ne modifie pas la rétention azotée des porcs des groupes SG1, SG2 et SG3 mais la réduit significativement dans le cas des animaux SG4. Ces conclusions sur les effets respectifs de la PST et du niveau énergétique sur la rétention azotée sont en accord complet avec celles rapportées ci-dessus pour ce qui concerne la croissance musculaire. Enfin, les résultats de l'expérience 1 mettent en évidence que les pertes azotées urinaires sont notablement réduites par l'administration de PST (-18% pour E2/PST, relativement à E1/0, pour l'ensemble des 4 groupes).

**Tableau 4** - Effets de la PST et du potentiel de croissance des porcs sur leurs bilans énergétique et azoté (expérience 1).

Groupe	Traitement	Niveau énergétique	PST mg/j	Bilan azoté, g/j		Bilan énergétique (kcal/kg PV <sup>0.60</sup> /j)			
				N ingéré	N fixé	EM	Production chaleur	Lipides fixées	EM entretien (1)
Lignée synthétique (mâle) (SG1)	E1/0	113	0	63,3	36,5	586	328	159	236
	E2/PST	100	3	66,9	39,3	529	335	89	255
	E3/PST	87	3	69,8	40,6	474	324	40	255
Large White (mâle) (SG2)	E1/0	113	0	65,4	26,5	579	326	183	245
	E2/PST	100	3	64,2	33,7	508	338	83	266
	E3/PST	87	3	65,3	32,7	429	316	28	266
Large White (mâle castré) (SG3)	E1/0	113	0	68,8	24,1	607	334	208	249
	E2/PST	100	3	66,4	31,1	499	342	77	286
	E3/PST	87	3	70,5	31,5	454	345	27	286
Large White x Meishan (mâle castré) (SG4)	E1/0	113	0	74,0	21,4	666	332	275	235
	E2/PST	100	3	73,7	32,5	580	338	157	260
	E3/PST	87	3	74,1	26,0	506	329	107	260
Écart-type				5,3	3,2	37	12	24	10
R <sup>2</sup> du modèle				0,66	0,88	0,91	0,78	0,95	0,80
<b>Signification statistique, p&lt;:</b>									
Bloc				0,02	0,1	0,01	0,002	0,04	0,1
Période				0,06	0,01	0,001	0,001	0,001	0,02
Traitement				0,07	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001
Groupe				0,07	0,001	0,03	0,5	0,001	0,001
Groupe x traitement				0,2	0,03	0,3	0,2	0,02	0,1
E1/0 vs E2/PST				0,9	0,001	0,001	0,03	0,001	
E2/PST vs E3/PST				0,2	0,2	0,001	0,01	0,001	

(1) EM pour l'entretien calculé comme EM ingérée - 1.56 x Prot. fixées - 1.23 x Lipides fixées (Noblet et al., 1989) ; les données de E2/PST et E3/PST ont été considérées dans le même traitement (utilisation de PST).

Les données de l'expérience 2 (tableau 5) mettent d'abord en évidence que, dans nos conditions expérimentales, la rétention azotée chez les porcs ne recevant pas de PST (situations 2 et 3) n'est pas affectée par le niveau des apports énergétiques. Les données de ces 2 situations ont donc été regroupées dans la figure 1, pour être comparées à celles de la situation 1 où les animaux recevaient de la PST. Les résultats indiquent alors une rétention azotée supérieure chez les animaux recevant de la PST, la différence devenant d'autant plus importante que les apports azotés sont élevés (P=0.10). Par ailleurs, la réponse des animaux est, sur la plage de variation des apports azotés de l'expérience 2, strictement linéaire pour les 3 situations étudiées. Il en découle que le rendement d'utilisation des protéines du régime pour leur fixation au niveau corporel est significativement amélioré par la PST. Le coefficient d'utilisation digestive de l'azote n'étant pas affecté par l'administration de PST (P>0.10), l'amélioration porte donc uniquement sur son utilisation métabolique. La comparaison des pentes rapportées à la figure 1 (0.41 vs 0.30) ou de celles des équations liant la quantité d'azote fixé à la quantité d'azote absorbé (0.46 vs 0.36) permet d'estimer cette amélioration à environ 30%. Cette meilleure utilisation de l'azote a comme conséquence une réduction de la quantité d'azote excrété dans les

urines: au niveau protéique le plus élevé, la réduction est d'environ 15%.

En résumé, chez les porcs de l'expérience 2 dont le potentiel de dépôt azoté est relativement élevé puisqu'un apport quotidien de 500 g de protéines et 25 g de lysine n'a pas permis de maximiser la rétention azotée, celle-ci semble, comme chez les animaux recevant de la PST dans l'expérience 1, relativement indépendante des apports d'énergie. De plus, l'amélioration de la rétention azotée chez les porcs recevant de la PST est liée à une meilleure utilisation des protéines alimentaires, de sorte que pour un même niveau d'apports de matières protéiques, leur fixation au niveau corporel est plus élevée et le rejet dans les urines plus faible.

#### 2. 4. Utilisation de l'énergie

L'administration de PST aux porcs de l'expérience 1 (E2 PST vs E1/0) se traduit par une augmentation (P=0.03) de la production de chaleur (338 vs 330 kcal/kg<sup>0.60</sup>, respectivement pour les 4 groupes de porcs) malgré le moindre apport d'énergie métabolisable (529 vs 610 kcal EM/kg<sup>0.60</sup>, respectivement). La restriction énergétique sévère appliquée aux

**Tableau 5** - Effets de la PST et des apports protéique et énergétique sur les bilans énergétique et azoté chez le porc (expérience 2).

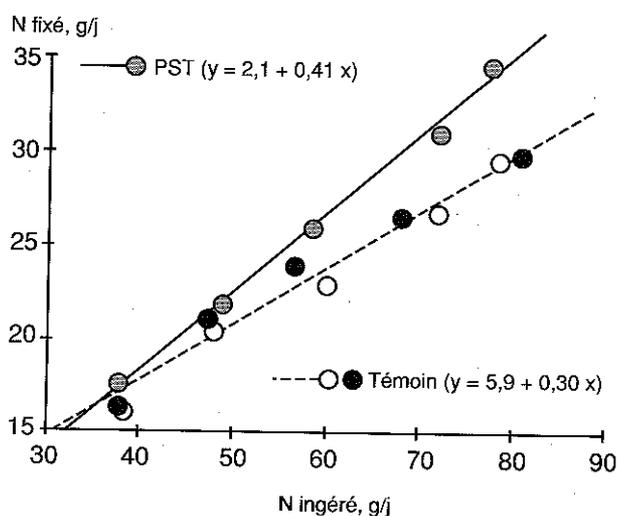
Situation	PST mg/j	Niveau protéique	Lysine g/j	Bilan azoté, g/j		Bilan énergétique, kcal/kg <sup>0.60</sup> /j			
				Ingré	Fixé	EM ingérée	Production chaleur	Lipides fixées	EM entretien (1)
1	3	1	11,7	38,0	17,7	512	321	136	259
1	3	2	15,1	48,7	22,0	526	327	132	259
1	3	3	18,1	58,5	26,0	528	345	105	277
1	3	4	22,3	72,1	31,0	563	351	119	271
1	3	5	24,0	77,6	34,6	550	343	103	261
2	0	1	11,9	38,4	16,2	523	298	173	233
2	0	2	14,8	47,8	20,6	527	310	153	242
2	0	3	18,6	60,1	23,0	566	327	167	247
2	0	4	22,2	71,9	26,8	570	323	166	246
2	0	5	24,3	78,4	29,5	560	320	152	246
3	0	1	11,7	37,7	16,5	590	316	222	233
3	0	2	14,6	47,2	21,4	584	326	193	242
3	0	3	17,4	56,4	24,0	621	335	213	247
3	0	4	21,1	68,1	26,6	616	342	194	246
3	0	5	25,0	80,7	29,8	626	350	187	246
Écart-type			0,6	1,8	1,6	22	8	17	9
R <sup>2</sup> du modèle			0,99	0,99	0,94	0,76	0,82	0,85	0,68
<b>Signification statistique, p&lt;:</b>									
Niveau protéique			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,002
Situation			0,09	0,09	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Niveau protéique x situation			0,02	0,02	0,1	0,7	0,3	0,3	0,3
PST: S1 vs S2			0,6	0,6	0,001	0,07	0,001	0,001	0,001
Niveau énergétique (S2 vs S3)			0,04	0,04	0,4	0,001	0,001	0,001	

(1) Voir tableau 4; les données des situations 2 et 3 ont été considérées dans le même traitement (absence de PST).

animaux du traitement E3/PST conduit à une production de chaleur équivalente à celle des animaux recevant le placebo. De plus, il n'apparaît pas d'interaction entre le groupe et le traitement. Ces résultats ainsi que ceux évoqués ci-dessus pour la rétention azotée expliquent la réduction importante du dépôt d'énergie sous forme de lipides avec la PST, son utilisation étant associée ou non à une réduction de l'apport énergétique (tableau 4). De la même façon, les porcs de l'expérience 2 recevant le même apport d'énergie (542 kcal kg<sup>0.60</sup> pour les situations 1 et 2) ont une production de chaleur significativement accrue (337 vs 315 kcal/kg<sup>0.60</sup>) lors d'une administration de PST (tableau 5). Cette différence est du même ordre aux 5 niveaux d'apports protéiques (absence d'interaction significative). L'augmentation de l'apport énergétique (607 vs 549 kcal EM/kg<sup>0.60</sup>) aux animaux de l'expérience 2 ne recevant pas de PST (S3 vs S2) entraîne une augmentation (18 kcal en moyenne) de la production de chaleur.

La production de chaleur mesurée correspond à la somme des dépenses d'entretien et de l'extra-chaleur liée au dépôt de protéines et de lipides. Dans la mesure où la nature du gain est fortement affectée par l'administration de PST, il est alors nécessaire d'ajuster la production de chaleur pour un même

**Figure 1** - Influence de l'administration de PST (●) ou d'un placebo (○: niveau énergétique élevé; ○: niveau énergétique restreint) sur la relation entre la rétention d'azote et la quantité d'azote ingéré (expérience 2).



niveau et une même composition de l'énergie fixée pour analyser les effets propres de la PST sur la production de chaleur de l'animal. L'analyse de covariance de la variable production de chaleur avec comme covariables les quantités d'énergie fixée sous forme de protéines (ERp) et de lipides (ERI) permet de quantifier les effets principaux et les interactions (bloc, période, groupe, E1/0 vs E2/PST+E3/PST et groupe x traitement dans l'expérience 1; situation ou S1 vs S2+S3 dans l'expérience 2) ainsi que la quantité de chaleur produite (ou pente) par kcal de ERp ou ERI. Les données des traitements E2/PST et E3/PST d'une part (animaux recevant de la PST dans l'expérience 1) et celles des situations 2 et 3 d'autre part (animaux ne recevant pas de PST dans l'expérience 2) ont été regroupées pour chaque expérience de façon à améliorer la précision des pentes ainsi déterminées. La différence entre la production de chaleur mesurée et celle associée au dépôt énergétique (sous forme de protéines et de lipides) correspond aux dépenses énergétiques d'entretien. Les pentes pour ERP et ERI sont respectivement 0,52 et 0,17 dans l'expérience 1 et 0,73 et 0,22 dans l'expérience 2. Ces valeurs ne sont pas influencées par les traitements expérimentaux (absence d'effets d'interaction entre les pentes et les effets principaux). Dans un souci de simplification et afin de présenter de façon homogène les résultats des deux expériences, les pentes (non significativement différentes entre les 2 expériences) ont été fixées à 0,56 et 0,22, ce qui équivaut à des rendements d'utilisation de l'EM pour ERp et ERI de respectivement 64 et 81% (NOBLET et al, 1989). C'est à partir de ces valeurs qu'ont été calculées les dépenses d'entretien rapportées dans les tableaux 4 (expérience 1) et 5 (expérience 2).

Les différences de besoin d'entretien entre les 4 groupes de porcs de l'expérience 1 recevant le placebo, bien que significatives, sont relativement faibles (235 à 249 kcal EM/kg<sup>0.60</sup>). Pour ce qui concerne l'expérience 2, les résultats indiquent que les animaux ne recevant pas de PST ont des dépenses énergétiques d'entretien abaissées lorsque les apports protéiques sont faibles (effet quadratique significatif). Mais l'effet le plus net reste l'augmentation de l'ordre de 10% de la dépense énergétique d'entretien avec l'administration de PST: 267 vs 241 kcal/kg<sup>0.60</sup> et 265 vs 243 kcal/kg<sup>0.60</sup> dans les expériences 1 et 2, respectivement.

### 3. DISCUSSION.

Conformément aux observations de CAMPBELL et al (1989) ou KANIS et al (1990) sur les effets comparés de la PST pour les 3 types sexuels au sein d'un même génotype, les résultats de l'expérience 1 montrent que la somatotropine permet d'atténuer les écarts de performances entre des animaux ayant naturellement des potentiels de croissance ou d'efficacité d'utilisation de l'aliment très différents. D'autres publications rapportent pourtant des effets de la PST comparables (voire supérieurs en valeur absolue) chez des porcs ayant un potentiel génétique supérieur ou normal (CAMPBELL et al, 1990; BARK et al, 1990). Ces divergences qui ne seront pas discutées en détail peuvent s'expliquer de plusieurs façons. Tout d'abord, la dose de PST utilisée dans nos essais (3 mg/j) est nettement inférieure à celle utilisée dans la plupart des autres expériences et n'a probablement pas permis de maximiser la réponse des porcs SG1 qui seraient plus «résistants», de par leur potentiel génétique, aux effets d'une dose modérée de PST. Par ailleurs, les porcs SG1, lorsqu'ils reçoivent le placebo, ont des performances relativement élevées qui seraient alors proches du maximum «biologique» autorisé par l'utilisation de la PST. Enfin, on peut supposer que, chez les porcs recevant

de la PST, les apports quotidiens de protéines soient insuffisants (notamment pour les porcs SG1 des traitements E2/PST et E3/PST). Toutefois, les résultats de l'expérience 2 tendent à démontrer que, même si les apports de protéines sont sub-optimaux ou ne permettent pas de maximiser la rétention azotée, les porcs recevant de la PST ont une rétention azotée et, par conséquent, une croissance musculaire, significativement améliorée. Il est donc peu probable que l'effet moindre de la PST dans le groupe SG1 soit dû à une insuffisance des apports de protéines.

En définitive, si la réponse à la PST d'animaux génétiquement améliorés apparaît comme variable et d'amplitude modérée, celle de porcs à faible potentiel de croissance musculaire est systématiquement importante. Ce résultat, observé dans le groupe SG4, est en accord avec ceux rapportés par McLAUGHLIN et al (1989) ou YEN et al (1990).

L'amélioration spectaculaire des performances du porc avec la PST est liée à un accroissement de sa capacité à déposer des protéines et du tissu maigre. De plus, les résultats de l'expérience 1 mettent en évidence que la PST permet d'atténuer, voire même d'annuler, la relation existant entre la fixation de protéines corporelles ou la croissance musculaire et l'apport d'énergie. Sur la plage d'apports énergétiques et protéiques appliquée dans nos conditions expérimentales, le gain de poids au niveau du tissu musculaire (expérience 1) ou la rétention azotée (expériences 1 et 2) chez les porcs recevant de la PST semblent donc dépendre uniquement du niveau des apports azotés (expérience 2) et du type d'animal (expérience 1). Ceci revient à considérer la PST comme un outil permettant de maîtriser l'adiposité du porc en période de finition. Ainsi, l'association de la PST et d'un apport énergétique restreint permet d'annuler le dépôt d'énergie au niveau du tissu adipeux. Une telle conclusion est en accord avec l'expérience inverse réalisée par NEWCOMB et al (1990) dans laquelle le gavage d'animaux recevant de la PST n'a eu comme seule conséquence d'accroître le dépôt quotidien de gras. Cette stratégie est toutefois à moduler selon le type de porc. En effet, chez les animaux du groupe SG4 d'un type particulièrement gras par rapport aux porcs utilisés en pratique, l'optimisation des effets de la PST nécessite un apport d'énergie élevé.

Les niveaux d'apports protéiques utilisés dans l'expérience 2 (25 g de lysine par jour au niveau protéique le plus élevé) n'ont pas permis de maximiser la rétention azotée ou du moins de déterminer le plateau de dépôt de protéines des animaux de notre étude. Aussi, conformément aux résultats de CAMPBELL (1988), il est logique de ne pas mettre en évidence d'effet du niveau énergétique sur la rétention azotée chez les porcs ne recevant pas de PST. Un tel résultat renforce le concept d'une expression du besoin azoté quotidien du porc en fonction de son potentiel de croissance musculaire ou de rétention de protéines (approche factorielle). Toutefois, nos résultats mettent en évidence que, pour un même apport de protéines, les animaux recevant de la PST sont en mesure de fixer une quantité plus importante de protéines, l'utilisation métabolique des protéines alimentaires étant alors nettement améliorée. En accord avec les conclusions de KRICK et al (1990), nous pouvons conclure que la PST ne modifie pas le besoin quotidien de protéines et d'acides aminés et permet, par voie de conséquence, de réduire la quantité d'azote excrétée au niveau urinaire. Même si la PST représente un modèle probablement extrême qui modifie notablement l'utilisation métabolique des protéines alimentaires et, par conséquent, les composantes du besoin protéique du porc, elle met en

évidence qu'il existe des facteurs liés à l'animal (génotype, état hormonal, ...) susceptibles d'affecter la répartition des protéines alimentaires entre ce qui est fixé par l'animal et ce qui est excrété. Les modifications du métabolisme protéique (turn-over, intensité du catabolisme) impliquées dans cet effet sont en cours d'étude pour ce qui concerne la PST, mais elles devront être étendues à d'autres situations si l'on envisage de maîtriser les composantes du besoin en protéines du porc.

La restriction énergétique appliquée dans l'expérience 2 aux porcs de la situation 2, comparativement à ceux de la situation 3, n'a pas entraîné de détérioration de la rétention azotée. La réponse de ces porcs qui ne recevaient pas de PST est donc comparable à celle des animaux SG1, SG2 et SG3 de l'expérience 1 (E3/PST vs E2/PST). Les conséquences pratiques d'une telle observation sont importantes: l'adiposité des porcs de l'expérience 2 peut donc être maîtrisée, et notamment abaissée, puisqu'une réduction de l'apport d'énergie a eu pour seule conséquence de diminuer le dépôt d'énergie sous forme de lipides. Afin de maintenir la croissance musculaire, il est toutefois nécessaire de conserver le niveau des apports quotidiens de protéines et par conséquent d'accroître la teneur en

protéines de l'aliment. Une telle conclusion peut, à l'extrême, ne concerner que les animaux de notre étude (poids vif de 65 kg et mâles castrés d'un niveau génétique élevé) mais elle met nettement en évidence un besoin d'études visant à quantifier les effets respectifs des apports de protéines et d'énergie sur la croissance musculaire, notamment pendant la période dite de finition, en interaction avec le potentiel de croissance des animaux. Ceci revient à poser en d'autres termes le problème du rationnement du porc.

Les données des 2 expériences montrent que l'utilisation de la PST entraîne un accroissement de la production de chaleur, celui-ci étant lié à la composante entretien de la dépense énergétique. Ce résultat est en accord avec les conclusions de VERSTEGEN et al (1990). Un tel effet a pour conséquence de réduire la quantité d'énergie alimentaire disponible pour les dépenses de production. La réduction généralement très importante du degré d'adiposité des carcasses avec la PST s'explique donc à la fois par le moindre niveau spontané d'ingestion (observé en alimentation à volonté) et l'augmentation du besoin quotidien d'énergie tant pour la croissance musculaire que pour la couverture des dépenses d'entretien.

**Tableau 6** - Effets de la PST sur les performances, l'utilisation de l'énergie et des protéines, l'activité métabolique du foie et la composition des muscles chez le porc: principaux résultats (moyenne des groupes SG1, SG2 et SG3) (Expérience 1).

Traitement	E1/0	E2/PST	E3/PST	Signification statistique	
				Ecart type	Effet groupe (p<)
<b>PST, mg/j</b> <b>Niveau énergétique</b>	<b>0</b> <b>113</b>	<b>3</b> <b>100</b>	<b>3</b> <b>87</b>		
<b>Expérience totale</b>					
EM ingérée, kcal/j	7970 <sup>a</sup>	7002 <sup>b</sup>	6119 <sup>c</sup>	225	0,1
Protéines ingérées, g/j	419 <sup>a</sup>	413 <sup>a</sup>	428 <sup>b</sup>	13	0,02
Lysine ingérée, g/j					
Gain PV, g/j	969 <sup>ac</sup>	1075 <sup>b</sup>	1009 <sup>c</sup>	59	0,001
Gain muscle, g/j	470 <sup>a</sup>	573 <sup>b</sup>	573 <sup>b</sup>	40	0,001
Gain gras, g/j	195 <sup>a</sup>	100 <sup>b</sup>	38 <sup>c</sup>	10	0,1
EM:gain PV (kcal/g)	8,39 <sup>a</sup>	6,59 <sup>b</sup>	6,14 <sup>c</sup>	0,36	0,001
<b>Bilans énergétique et azoté</b>					
N fixé, g/j	29,1 <sup>c</sup>	34,7 <sup>b</sup>	34,9 <sup>b</sup>	3,5	0,002
EM entretien, kcal/kg <sup>0.60</sup> /j	243 <sup>a</sup>	269 <sup>b</sup>	269 <sup>b</sup>	10	0,02
Energie retenue sous forme de protéines, % énergie fixée	30,2 <sup>a</sup>	52,9 <sup>b</sup>	81,1 <sup>c</sup>	13,6	0,8
Poids du foie, % PV	1,75 <sup>a</sup>	1,94 <sup>b</sup>	1,87 <sup>ab</sup>	0,13	0,6
Activité cytochrome oxydase dans le foie, natomes O <sub>2</sub> /min/mg tissu	10,9 <sup>a</sup>	16,0 <sup>b</sup>	16,6 <sup>b</sup>	2,8	0,3
<b>Composition muscle long dorsal</b>					
Matière sèche (MS), %	25,8	25,8	25,7	0,6	0,01
Protéines, %MS	93,1 <sup>a</sup>	92,5 <sup>a</sup>	94,4 <sup>b</sup>	0,9	0,9
Cendres, %MS	4,4	4,6	4,5	0,1	0,05
Lipides, %MS	4,4 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	3,3 <sup>b</sup>	0,8	0,5
<b>Composition muscles disséqués</b>					
Matière sèche, %	31,7 <sup>a</sup>	28,5 <sup>b</sup>	27,5 <sup>c</sup>	0,9	0,001
Protéines, %MS	59,2 <sup>a</sup>	66,6 <sup>b</sup>	71,9 <sup>c</sup>	2,3	0,001
Cendres, %MS	3,2 <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	3,8 <sup>c</sup>	0,1	0,001
Lipides, %MS	38,5 <sup>a</sup>	30,5 <sup>b</sup>	25,4 <sup>c</sup>	2,7	0,001

Cet accroissement de la dépense énergétique d'entretien avec la PST ne semble pas dû à une activité physique plus importante de tels animaux (VAN DER HEL et al, 1990), ni à l'élévation de la rétention azotée puisque, lorsque les apports de protéines sont faibles (les 2 niveaux protéiques les plus faibles dans l'expérience 2), l'écart de dépense d'entretien associé à la PST est du même ordre qu'à des apports plus élevés. En fait, l'augmentation de la composante d'entretien de la production de chaleur est liée à l'accroissement de la masse viscérale et notamment du foie avec la PST (tableaux 3 et 6 pour l'expérience 1), ces organes viscéraux ayant un métabolisme particulièrement intense, comparativement aux autres compartiments corporels de l'animal. Ainsi, malgré leur faible contribution au poids vif de l'animal, le foie et le tractus digestif sont à l'origine d'environ 50% de la production de chaleur totale. Aussi, toute modification de leur poids va entraîner des variations de la production de chaleur qui sera, de par le modèle statistique utilisé, considérée dans la dépense d'entretien. De surcroît, des résultats rapportés par ailleurs (NOBLET et al, 1992) montrent que le métabolisme du foie est accru non seulement suite à l'augmentation de sa masse mais également à l'élévation de son activité métabolique. Ce résultat est illustré par la mesure de la cytochrome oxydase (enzyme terminale de la chaîne respiratoire) dont l'activité est significativement accrue chez les porcs recevant de la PST (tableau 6).

L'utilisation de la PST se traduit par une diminution de la quantité de lipides déposés dans la carcasse. Toutefois, cet effet se manifeste avant tout au niveau du gras disséqué (soit le gras externe et le gras périrénal, dans l'expérience 1), puisque pour les 3 groupes SG1, SG2 et SG3 (tableau 6), le dépôt quotidien est réduit de presque 50% (100 vs 195 g/j), la différence entre les traitements E1/0 et E2/PST étant équivalente à environ 75 g de lipides par jour (teneur en lipides du gain de gras voisine de 80%: non publié). Un calcul simplifié du gain de lipides au niveau des muscles disséqués, effectué à partir des données du tableau 6 (la teneur en lipides des muscles au début de l'expérience étant comparable à celle mesurée à la fin sur les animaux E2/PST: tableau 6), montre que les gains quotidiens de lipides dans les muscles sont 57, 50 et 40 g respectivement pour les traitements E1/0, E2/PST et E3/PST. L'écart dû à la PST représente donc environ 10% de celui observé pour le gras disséqué. L'absence de modification de la composition chimique du muscle long dorsal (tableau 6) indique que la réduction de la quantité de lipides déposés avec l'utilisation de PST ne concerne pas les lipides intramusculaires lorsque l'apport énergétique est élevé (E2/PST). Celles-ci sont toutefois affectées lors de l'association de PST et d'une restriction énergétique.

En définitive et conformément aux résultats de BONNEAU et al (1989), nos données mettent en évidence que la PST réduit l'adiposité des carcasses en affectant prioritairement les dépôts de gras externes; la panne est moins concernée puisque pour les 3 groupes d'animaux considérés au tableau 6, le gain de poids au niveau de ce compartiment est égal à 17, 11 et 6 g/j, respectivement pour les traitements E1/0, E2/PST et E3/PST. Enfin, bien que la réduction quantitative du dépôt des lipides constituant le gras intermusculaire et intramusculaire (équivalent dans l'expérience 1 aux lipides des muscles disséqués) avec la PST soit faible, elle s'accompagne d'une réduction voisine de 30% de la teneur en lipides des muscles disséqués. Cet effet est encore accentué par l'association de la restriction énergétique et de la PST (E3/PST).

## CONCLUSIONS

Conformément à la plupart des résultats de la bibliographie, l'administration de PST au porc en période de finition se traduit par une amélioration de ses performances, associée à une augmentation du gain quotidien de muscles et des autres tissus riches en protéines et une réduction importante de l'intensité des dépôts adipeux. Toutefois, l'amplitude des effets de la PST est d'autant plus importante que le potentiel de croissance musculaire des animaux est faible ou leur degré d'adiposité élevé. L'utilisation de la PST tend donc à réduire les écarts entre animaux de potentiels génétiques différents, les porcs à croissance rapide et maigres et recevant de la PST conservant une nette supériorité.

L'utilisation de la PST entraîne une modification importante des besoins nutritionnels du porc, celle-ci étant due à la variation à la fois de la nature du gain pondéral et de l'utilisation métabolique de l'énergie et des protéines. Pour ce qui concerne l'énergie, le besoin quotidien ou par kg de gain de poids vif ou de muscles est considérablement abaissé chez les porcs recevant de la PST, en liaison avec la réduction très importante de l'adiposité de la carcasse (le coût énergétique du gain de gras est environ 3.5 fois supérieur à celui du gain de muscles). Une proportion plus importante de l'énergie fixée par l'animal l'est sous forme de protéines (tableau 6). La réduction d'adiposité concerne avant tout les graisses externes ou intermusculaires, la teneur en lipides intramusculaires n'étant pas modifiée. Toutefois, si l'efficacité de l'aliment pour le gain pondéral est améliorée, le rendement global de fixation de l'énergie alimentaire en énergie corporelle est considérablement abaissé avec la PST (tableau 6); cette variation est liée à la réduction du niveau alimentaire relatif (par rapport à l'entretien), à la proportion plus élevée d'énergie fixée sous forme de protéines (avec un rendement plus faible que pour les lipides) et à l'accroissement des dépenses énergétiques d'entretien chez les porcs recevant de la PST.

Dans les conditions de notre étude, la PST permet, pour un apport de protéines donné, un accroissement du dépôt quotidien de protéines ou de muscles. Cette observation est à associer à l'amélioration du rendement d'utilisation métabolique des protéines alimentaires. Toutefois, le dispositif expérimental adopté (apports protéiques insuffisants pour atteindre le plateau de rétention azotée) ne permet pas de répondre à la question suivante: le maximum de rétention azotée est-il atteint pour un même apport quotidien de protéines, chez des porcs recevant ou non de la PST? Quoiqu'il en soit, il est clair que l'utilisation de la PST entraîne une réduction des pertes azotées urinaires.

L'alimentation du porc recevant de la PST est alors à raisonner en fonction de l'abaissement de son besoin énergétique quotidien et d'un besoin quotidien de protéines et d'acides aminés non significativement accru malgré l'augmentation importante de l'intensité de sa croissance musculaire. La teneur en matières azotées de l'aliment, relativement à l'énergie, devra donc être accrue pour les animaux recevant de la PST.

D'une façon plus générale, la PST, la sélection, l'environnement, la conduite ou ... modifient les composantes des besoins nutritionnels du porc, ce qui conduit à une grande diversité de situations, celles-ci étant d'ailleurs évolutives. Face à une telle constatation, il devient alors nécessaire de raisonner progressivement les besoins alimentaires du porc en croissance, comme nous l'avons proposé pour la truie (NOBLET et al, 1990; DOURMAD et al, 1991) selon une

méthode factorielle et à l'aide des techniques de modélisation de façon à prendre en considération l'ensemble des paramètres susceptibles d'affecter les performances du porc.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient MONSANTO EUROPE pour la fourniture de la PST et leur soutien financier.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARK L.J., STAHLY T.S., CROMWELL G.L., 1989. *J. Anim. Sci.* 67 (suppl. 1), 212.
- BARK L.J., STAHLY T.S., CROMWELL G.L., 1990. *J. Anim. Sci.* 68 (suppl. 1), 273.
- BONNEAU M., LEFAUCHEUR L., MOUROT J., 1989. *Journées Rech. Porcine en France*, 21, 31-38.
- BONNEAU M., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 51-68.
- CAMPBELL R.G., STEELE C., CAPERNAT J., MCMURTRY J.P., SOLOMON M.B., MITCHELL A.D., 1989. *J. Anim. Sci.* 67, 177-186.
- CAMPBELL R.G., JOHNSON R.J., KING R.H., TAVERNER M.R., 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 2674-2681.
- CAMPBELL R.G., 1988. *Nutrition Research Reviews* 1, 233-253.
- DOURMAD J.Y., ETIENNE M., NOBLET J., 1991. *Journées Rech. Porcines en France*, 23, 61-68.
- KANIS E., NIEUWHOF G.J., DE GREEF K.H., VAN DER HEL W., VERSTEGEN M.W.A., HUISMAN J., VAN DER WAL P., 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 1193-1200.
- KRICK B.J., RONEKER K.R., BOYD R.D., BEERMANN D.H., ROSS D.A., 1990. *J. Anim. Sci.* 68 (suppl. 1), 384.
- McLAUGHLIN C.L., BAILE C.A., QI SHUN-ZHANG, WANG LIAN-CHUN, XIE JIN-PU, 1989. *J. Anim. Sci.* 67, 116-127.
- NEWCOMB M.D., VAN KEMPEN T., BECHTEL P.J., McKEITH F.K., NOVAKOFSKI J., EASTER R.A., 1990. *J. Anim. Sci.* 68 (suppl. 1), 385.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. *J. Anim. Sci.* 65, 717-726.
- NOBLET J., KAREGE C., DUBOIS S., 1989a. In: *Energy Metabolism of Farm Animals*, pp 57-60, Ed. Y. van der Honing and W.H. Close, EAAP n°43, Pudoc, Wageningen.
- NOBLET J., DOURMAD J.Y., ETIENNE M., 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 562-572.
- NOBLET J., HERPIN P., DUBOIS S., 1992. *J. Anim. Sci.* 70 (in press).
- VAN DER HEL W., VERSTEGEN M.W.A., KANIS E., FENTENER VAN VLISSINGEN J.M., VAN DER WAL P., BRANDSMA H.A., 1990. *J. Anim. Sci.* 68 (suppl. 1), 277.
- VERSTEGEN M.W.A., VAN DER HEL W., HENKEN A.M., HUISMAN J., KANIS E., VAN DER WAL P., VAN WEERDEN E.J., 1990. *J. Anim. Sci.* 68, 1008-1016.
- YEN J.T., KLINDT J., BUONOMO F.C., MERSMAN H.J., POND W.G., 1990. *J. Anim. Sci.* 68 (suppl. 1), 292.