

INFLUENCE DE L'ADMINISTRATION DE SOMATOTROPINE PORCINE (PST) SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE, LA COMPOSITION CORPORELLE ET LA QUALITE DES VIANDES

M. BONNEAU, L. LEFAUCHEUR, J. MOUROT

Institut National de la Recherche Agronomique, Station de Recherches Porcines, Saint Gilles, 35590 L'HERMITAGE

Avec la collaboration de G. CONSEIL, M. LEMARIE, J. LEBOST, A. MOUNIER et P. ECOLAN

INTRODUCTION

Depuis le milieu des années 1980, de nouveaux facteurs de croissance sont proposés par l'industrie : les B-agonistes, les facteurs hypothalamiques et les somatotropines (BONNEAU, 1988). Alors que les deux premières catégories de composés sont issues de la chimie organique, la production des somatotropines est réalisée par les techniques de la biotechnologie : on parle de somatotropine recombinante, produite par des bactéries dans lesquelles le gène codant pour cette protéine a été introduit. Dans le domaine des productions animales est d'abord apparue la BST (somatotropine bovine). Plus récemment, la PST (somatotropine porcine) est également devenue disponible pour la recherche, d'abord aux USA puis en Europe. Les premiers résultats expérimentaux publiés concernant les effets de la PST recombinante sur les performances zootechniques du porc datent de 1986 (IVY et al., 1986 ; ETHERTON et al., 1986, KRAFT et al., 1986).

Le porc est une des espèces qui répond le mieux à l'action de la PST sur les performances. Malgré une diminution significative de l'appétit, la croissance pondérale est souvent accélérée, ce qui traduit une amélioration sensible de l'efficacité alimentaire. Le dépôt de muscles est très accru et celui de graisses fortement réduit. La diminution du gras est de 15 à 25% pour une dose de l'ordre de 60 µg/kg/jour et peut atteindre 45% ou même 70% pour une dose double. La plupart des résultats expérimentaux publiés à ce jour sur ce sujet sont disponibles dans les comptes rendus des réunions de l'American Society of Animal Science de 1986, 1987 et 1988 (voir bibliographie). La grande majorité des travaux ont été réalisés sur des porcs de génotypes américains assez gras nourris à volonté.

Le but de cette expérience est de mesurer les effets de la PST sur des porcs mâles castrés et femelles de type européen en condition d'alimentation légèrement restreinte et équilibrée.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux

A 60 kg de poids vif, 40 animaux de race Large-White (20

mâles castrés et 20 femelles) sont répartis entre 2 lots sur la base de la vitesse de croissance entre 30 et 55 kg et de l'épaisseur de lard mesurée aux ultrasons à 55 kg. Entre 60 et 100 kg de poids vif, les animaux reçoivent quotidiennement une injection de PST (3 mg par jour, lot "PST") ou de placebo (lot "TEMOIN").

1.2. Alimentation

Les porcs reçoivent un aliment à base de blé et de tourteau de soja contenant 18% de protéines et 1.0% de lysine. L'aliment est distribué selon un plan de rationnement relatif au poids, identique pour les 2 types sexuels : les quantités allouées passent de 2.5 kg/jour pour 60 kg à 2.8 kg/jour pour 75 kg et au-delà.

1.3. Mesures effectuées à l'abattage

Le jour de l'abattage, les mesures suivantes sont effectuées : poids du foie, poids net, poids de la tête, pH des muscles long dorsal et adducteur 45 minutes post mortem (pH 45 minutes), épaisseurs de lard et de muscle avec un appareil Fat-O-Meat'er. Ces dernières mesures permettent de calculer les pourcentages de muscles et de graisses dans la carcasse selon DESMOULIN et al. (1988). Un échantillon de 100 g de muscle long dorsal est prélevé pour procéder à la mesure des pertes d'égouttage (72 heures au froid dans un sac plastique) et de cuisson (30 minutes à 75°C sous vide) selon une procédure décrite par HONIKEL (1987).

Le lendemain de l'abattage, chaque demi carcasse gauche est pesée et découpée, le pH des muscles long dorsal et adducteur est mesuré (pH 24 heures).

Dix des 20 carcasses de castrats (5 du lot PST et 5 du lot TEMOIN) font l'objet d'une dissection complète permettant de distinguer les compartiments tissulaires suivants : muscle, gras externe (sous cutané), gras intermusculaire, gras périrénal (panne), os, peau et divers (aponévroses et glandes).

1.3. Analyses statistiques

Les données ont été traitées par analyse de la variance à 2 facteurs (traitement et type sexuel) avec interaction.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances

2.1.1. Croissance et efficacité alimentaire (tableau 1)

Des refus alimentaires significatifs ont été observés chez les

femelles traitées à la PST, en particulier au cours des toutes premières semaines du traitement. Chez les mâles (PST ou TEMOIN) et chez les femelles TEMOIN l'aliment a été intégralement consommé. Ce résultat s'explique par le fait que, dans nos conditions, le plan d'alimentation utilisé est proche du niveau de l'ad libitum chez les femelles mais correspond à une restriction un peu plus sévère chez les castrats dont le niveau d'ingestion spontané est plus élevé. Ainsi, les effets dépresseurs de la PST sur l'appétit s'observent chez les femelles placées en condition proche de l'ad libitum mais pas chez les mâles qui sont relativement plus restreints.

TABEAU 1
INFLUENCE DE L'ADMINISTRATION DE PST SUR LA VITESSE DE CROISSANCE ET L'EFFICACITE ALIMENTAIRE

	MALES CASTRES		FEMELLES		ETR	EFFET PST
	TEMOIN	PST	TEMOIN	PST		
Poids initial (kg)	60.1	59.6	60.2	60.3	1.6	NS
Poids final (kg)	98.9	99.7	98.9	100.6	1.9	NS
Consommation (kg/j)	2.61	2.58	2.57	2.44	0.06	***
Indice de consommation	3.17	2.38	3.00	2.37	0.18	***
Gain moyen quotidien (g/j)	831	1093	857	1034	63	***
Jours d'engraissement de 60 à 100 kg	47.3	37.1	45.5	39.2	4.2	***

Signification des différences entre animaux témoins (TEMOIN) et animaux traités à la PST (PST) : NS $P > 0.05$; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$
ETR = Ecart-type résiduel

La croissance des animaux PST est fortement accélérée par rapport à celle des TEMOIN aussi bien chez les castrats (+ 32%) que chez les femelles (+ 21%). Le traitement par la PST permet ainsi de réduire très significativement la durée de l'engraissement entre 60 et 100 kg, de 10 jours chez les mâles et de 6 jours chez les femelles. Le traitement par la PST entraîne une forte réduction de l'indice de consommation (- 0.8 point chez les castrats, - 0.6 point chez les femelles). Sur l'ensemble de la période 60-100 kg, le traitement par la PST permet ainsi d'économiser 28 kg d'aliment chez les castrats et 21 kg chez les femelles.

L'existence d'interactions entre les effets du sexe et du traitement sur la vitesse de croissance ($P < 0.05$) et l'efficacité alimentaire ($P < 0.10$) témoignent que l'effet positif de la PST est plus marqué chez les castrats que chez les femelles. Une part au moins de cette différence peut s'expliquer par le plus faible ingéré alimentaire des femelles PST par rapport aux 3 autres groupes d'animaux.

2.1.2. Qualité des carcasses

Le traitement par la PST entraîne une chute significative du rendement de 1.3 à 1.5 point (tableau 2). L'augmentation du

poids du foie (+ 0.2 à + 0.3 kg) et des reins (+ 0.05 à + 0.1 kg d'après KANIS et al., 1988a et EVOCK et al., 1988) ne rend compte que partiellement de ce phénomène qu'il faut rapprocher du fait que les animaux sont nettement moins gras. Il est possible aussi que le poids du tractus digestif soit augmenté, comme le suggèrent les résultats de CAMPBELL et TAVERNER (1988).

Les épaisseurs de lard mesurées sur la fente (X1) ou latéralement (X2 et X4, cf. DESMOULIN et al. 1988, pour la définition précise des sites de mesure) sont fortement réduites par le traitement à la PST (- 19 à - 31% chez les castrats, 13 à - 20% chez les femelles). Le pourcentage de muscles calculé est ainsi amélioré de 4.2 points chez les castrats et de 3.1 points chez les femelles. La PST entraîne une réduction de 14% (femelles) à 21% (castrats) des dépôts gras.

Le traitement par la PST entraîne une modification assez sensible du développement relatif des morceaux de découpe. Alors que la longueur des carcasses n'est pas modifiée, les morceaux maigres (Longe) ou osseux (Pieds, Tête) augmentent au détriment des morceaux gras (Bardière, Poitrine) alors que les morceaux mixtes (Jambon, Hachage-Jambonneau) ne sont pas significativement changés (tableaux 2 et 3).

TABLERAU 2
INFLUENCE DE L'ADMINISTRATION DE PST SUR LA QUALITE DES CARCASSES

	MALES CASTRES		FEMELLES		ETR	EFFET
	TEMOIN	PST	TEMOIN	PST		PST
Poids vif (kg)	98.9	99.7	98.9	100.6	1.9	NS
Poids net (kg)	81.1	80.4	81.6	81.5	2.0	NS
Rendement (%)	82.0	80.7	82.5	81.0	1.2	***
Longueur (cm)	86.8	86.3	86.3	86.2	2.2	NS
Epaisseurs de lard (mm)						
- X1	21.9	15.3	20.3	16.7	2.8	***
- X2	26.0	17.9	24.7	19.7	3.2	***
- X4	19.0	15.3	18.6	16.2	1.9	***
Epaisseur de la noix (XP5) (mm)	49.6	52.0	51.9	56.7	5.2	*
Foie (kg)	1.69	1.86	1.65	1.95	0.16	***
Tête (kg)	5.16	5.30	5.10	5.40	0.24	**
Estimations Fat-O-Meat'er						
(% 1/2 carcasse ss tête)						
- Muscle	50.6	55.0	51.7	55.1	2.0	***
- Gras	26.0	20.5	25.0	21.5	2.2	***
(% carcasse avec tête)						
- Muscle	48.6	52.8	49.7	52.8	1.8	***

TABLERAU 3
INFLUENCE DE L'ADMINISTRATION DE PST SUR LA PROPORTION DES MORCEAUX DE DECOUPE

	MALES CASTRES		FEMELLES		ETR	EFFET
	TEMOIN	PST	TEMOIN	PST		PST
Demi carcasse froide (kg)	36.55	36.21	37.14	36.68	1.00	NS
Pertes de ressuyage (%)	2.83	2.64	2.34	2.64	0.49	NS
Poids des morceaux de découpe (kg)						
- Hachage+Jambonneau	5.98	6.21	6.04	6.09	0.27	NS
- Jambon	8.39	8.64	8.66	8.65	0.42	NS
- Longe	11.89	12.28	12.09	12.69	0.66	*
- Poitrine	3.98	3.81	4.10	3.90	0.27	*
- Bardière	4.36	3.19	4.31	3.38	0.43	***
- Panne	0.55	0.51	0.52	0.43	0.10	NS
- Pieds	1.08	1.13	1.07	1.12	0.07	*
- Hampe	0.17	0.19	0.19	0.20	0.04	NS

2.1.3. Résultats de dissection (tableau 4)

Chez la moitié de l'effectif des mâles castrés (5 TEMOIN et 5 PST), une demi carcasse a fait l'objet d'une dissection complète. Ces animaux sont représentatifs de l'ensemble des castrats utilisés dans l'expérience puisque les différences entre animaux disséqués et ensemble de l'effectif ne sont que de 0.2 à 0.3 point pour la teneur en muscles et de 0.1 à 0.4 point pour la teneur en gras. Il existe un écart systématique entre teneurs estimées et teneurs mesurées (surestimation du muscle de 0.8 à 1.0 point, sousestimation du gras de 0,7 à 2.1 points) mais l'amplitude des effets de la PST est la même pour les deux séries de résultats (+ 10% contre + 9% de muscles, - 22% contre - 25% de gras chez l'ensemble des castrats et chez les animaux disséqués respectivement). Cette constatation permet de valider les résultats relatifs à la composition corporelle obtenus sur l'ensemble des animaux de l'expérience.

L'administration de PST affecte inégalement les différents dépôts gras. Les graisses sous cutanées (gras externes) sont les plus touchées (- 30%), suivies des graisses intermusculaires (-17%), alors que les graisses internes (gras périrénal de la panne) ne diffèrent pas entre animaux TEMOIN et PST. Ainsi, relativement à l'ensemble des gras de la carcasse, la part des gras externes diminue au profit de gras plus internes. L'absence d'effet de la PST sur le poids de la panne confirme les données de KANIS et al. (1988a) alors que, chez des porcs nettement plus gras, GREBNER et al. (1988) observent une réduction significative de ce dépôt gras interne.

La proportion de peau est significativement plus élevée chez les animaux PST que chez les TEMOIN. On constate ainsi que la PST a pour effet d'augmenter la proportion de tissus riches en protéines (muscles, peau, os) au détriment des tissus gras.

TABLEAU 4
INFLUENCE DE L'ADMINISTRATION DE PST SUR LA COMPOSITION TISSULAIRE DES CARCASSES DES MALES CASTRES

	TEMOIN	PST	ETR	EFFET PST	PST -TEMOIN (% du témoin)
Fractions totales (% demi carcasse)					
MUSCLE	49.6	54.3	2.1	**	+ 9.5
GRAS					
- Total	28.0	21.1	1.6	***	- 24.6
- Externe	18.8	13.2	1.3	***	- 29.8
- Intermusculaire	7.7	6.4	0.5	**	- 16.9
- Périrénal	1.5	1.5	0.3	NS	0.0
PEAU	3.9	4.7	0.4	*	+ 20.5
OS	9.9	10.3	0.6	NS	+ 4.0
DIVERS	4.8	5.2	0.5	NS	+ 8.3
Repartition du gras (% gras total)					
- Externe	67.1	62.6	2.1	*	- 6.7
- Intermusculaire	27.5	30.5	2.2	NS	+ 10.9
- Périrénal	5.4	6.9	0.9	*	+ 27.8

La composition corporelle à l'abattage, résultante du développement des différents tissus au cours de l'ensemble de la vie de l'animal, ne rend compte qu'imparfaitement des effets observés pendant une période plus restreinte. Le calcul du gain moyen quotidien de muscles et de l'indice de consommation du muscle (kg d'aliment par kg de muscle déposé) permet de résumer les effets de la PST sur les performances entre 60 et 100 kg (tableau 5). La quantité de muscles déposée par jour est augmentée de 55% chez les castrats et de 36% chez les femelles et l'efficacité de ce gain est améliorée de 30% (femelles) à 36% (castrats).

L'ensemble de nos résultats concernant les performances

zootechniques et la qualité des carcasses confirme les observations antérieures. Ils montrent que les effets de la PST sont très importants chez des porcs de type européen et sont aussi bien observables en alimentation restreinte qu'en alimentation à volonté. Ainsi, en dehors de son influence négative sur l'appétit, la PST entraîne des modifications profondes du métabolisme général de l'animal (ETHERTON, 1988), responsables d'une partition radicalement différente des nutriments entre les dépôts musculaires et adipeux. Les observations concernant l'accroissement du poids de peau et les changements de répartition relative des différents dépôts gras constituent un apport original de cette étude.

TABLEAU 5
INFLUENCE DE L'ADMINISTRATION DE PST SUR LA VITESSE ET L'EFFICACITE DU GAIN DE MUSCLES

	MALES CASTRES		FEMELLES		PST - TEMOIN (% du témoin)	
	TEMOIN	PST	TEMOIN	PST	MALES CASTRES	FEMELLES
Etat initial						
- poids vif (kg)	60.1	59.6	60.2	60.3		
- poids de muscles (kg)	24.7	24.5	26.0	26.0		
Etat final						
- poids vif (kg)	98.9	99.7	98.9	100.6		
- poids de muscles (kg)	38.9	41.7	39.9	42.3		
Jours d'engraissement	47.3	37.1	45.5	39.2	- 22	- 14
Aliment consommé (kg)	123.5	95.7	116.9	95.7	- 23	- 18
Gain de muscles (kg)	14.2	17.2	13.9	16.3	+ 21	+ 17
Gain quotidien de muscles (kg/j)	0.300	0.464	0.306	0.416	+ 55	+ 36
Indice de consommation du muscle	8.69	5.57	8.39	5.87	- 36	- 30

Le poids de muscles initial est calculé d'après une équation établie par J. NOBLET et C. KAREGE (communication personnelle)

Le poids de muscles final est calculé d'après l'estimation FOM du % de muscles, corrigée de l'erreur de surestimation par rapport aux résultats de dissection.

2.2. Critères de qualité des viandes (tableau 6)

L'administration de PST n'a aucun effet significatif sur la vitesse de chute du pH (appréciée par la mesure du pH 45 min.) ou sur son amplitude (appréciée par la mesure du pH 24 heures). Les pertes d'égouttage pourraient paraître plus élevées chez les animaux PST mais cet effet n'est pas significatif en raison de la très grande variabilité de ce critère. En accord avec BEERMANN et al. (1988) et KANIS et al. (1988b), on n'observe aucune différence entre les pertes de cuisson des viandes TEMOIN et PST. L'absence d'effet significatif de la PST sur ces critères de qualité du muscle est conforme aux observations antérieures (NOVAKOFSKI, 1987 ; EVOCK et al., 1988). Elle permet d'exclure l'éventualité d'un effet négatif important sur la qualité de la viande maigre. Il faut se garder cependant de conclure hâtivement à l'absence totale d'influence de la PST sur la qualité des viandes. En effet,

- les résultats relatifs à la qualité du muscle (ceux de cette étude comme ceux disponibles dans la bibliographie) n'ont qu'une signification limitée en raison d'une faiblesse méthodologique fondamentale. En effet, les animaux PST ayant une vitesse de croissance très supérieure à celle des TE-

MOINS sont abattus plus tôt ; or le jour d'abattage est le principal facteur de variation connu des principaux critères de qualité du muscle (pH 24 heures en particulier). Dans ces conditions, les comparaisons entre animaux témoins et traités souffrent d'un biais important non maîtrisé.

- conformément aux résultats de BEERMANN et al. (1988), le pourcentage de lipides intramusculaires est plus faible chez les PST que chez les TEMOIN ($P < 0.10$ pour les deux muscles considérés), ce qui peut altérer la flaveur et la jutosité des viandes.

- on peut s'attendre à des effets importants de la PST sur la qualité des gras, particulièrement sur leur degré d'insaturation. On sait en effet que les graisses sont d'autant plus insaturées que les animaux sont plus maigres. Curieusement il n'y a guère de résultats disponibles à ce sujet dans la bibliographie. Dans le cadre de cette étude, la composition en acides gras des graisses de couverture et des lipides intramusculaires sera déterminée, mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

TABLEAU 6
INFLUENCE DE L'ADMINISTRATION DE PST SUR LES CRITERES DE QUALITE DES VIANDES

	MALES CASTRES		FEMELLES		ETR	EFFET PST
	TEMOIN	PST	TEMOIN	PST		
pH 45 minutes						
- Long Dorsal	6.07	6.05	6.24	6.12	0.24	NS
- Adducteur	6.25	6.15	6.30	6.22	0.15	NS
pH 24 Heures						
- Long Dorsal	5.72	5.71	5.88	5.76	0.11	NS
- Adducteur	5.85	5.80	6.03	5.90	0.16	NS
Lipides intramusculaires (%)						
- Long Dorsal	2.17	1.53	1.31	1.14	0.63	NS
- Adducteur	2.02	1.29	1.46	1.31	0.78	NS
Pertes d'égouttage (%)						
- Long Dorsal	3.0	3.8	2.1	3.7	2.0	NS
Pertes de cuisson (%)						
- Long Dorsal	28.8	29.6	28.3	28.4	1.8	NS

CONCLUSION

L'administration de PST a des effets positifs considérables sur les performances d'engraissement. Chez des castrats de race Large White alimentés selon un plan de rationnement assez libéral, on observe entre 60 et 100 kg une accélération de la croissance de 30%, une amélioration de l'efficacité alimentaire de 25% et un gain de 10% de la teneur en muscles des carcasses. Globalement, le dépôt journalier de muscles est augmenté de 55 % avec une efficacité alimentaire améliorée de 36%. Chez les femelles les différences entre animaux PST et TEMOIN sont plus faibles, mais restent considérables. Pour un type génétique donné, les effets de la PST semblent d'autant plus importants qu'ils s'appliquent à un animal spontanément moins performant : c'est ainsi que les différences entre types sexuels sont réduites ou même nivelées par le traitement (STEELE et al., 1987 ; CAMPBELL et TAVERNER, 1988 ; présente étude).

De nombreuses inconnues demeurent concernant les effets de la PST : parmi les questions les plus importantes figurent l'intensité de la réponse en fonction du potentiel génétique des animaux et l'impact de l'utilisation de ce composé sur la qualité des viandes. Par ailleurs, la définition précise des besoins nutritionnels (en particulier en acides aminés) des animaux ainsi traités est une condition indispensable à l'utilisation optimale de cette technique. Dans l'hypothèse d'un emploi à grande échelle de la PST au niveau de la production, les attitudes à adopter en matière de progrès génétique devraient aussi être adaptées : les questions les plus cruciales concerneraient en particulier la prise en compte de nouveaux critères de sélection (appétit) et la remise en cause de la hiérarchie des mérites des différents génotypes.

La généralisation éventuelle de l'emploi de la PST à l'ensemble de la production porcine dépend d'un ensemble de contraintes d'ordre technique et réglementaire. Les problèmes strictement techniques de mise au point d'une forme lente d'administration semblent en passe d'être résolus (KNIGHT et al., 1988, WANG et al., 1988). Selon des résultats encore préliminaires, les effets obtenus avec un implant de 6 semaines seraient un peu inférieurs à ceux résultant d'une injection quotidienne, mais restent néanmoins très substantiels (KNIGHT et al., 1988). En ce qui concerne l'aspect réglementaire, le problème des résidus éventuels dans les viandes semble a priori moins important que pour les facteurs de croissance plus traditionnels. La nature protéique du produit le rend en effet fragile, sensible à la chaleur et à la dégradation par les enzymes digestives du consommateur de viande. Cependant, faute d'information précise publiée sur ce sujet, toute conclusion sur l'innocuité de cette technique vis à vis du consommateur est encore prématurée. Sur le continent américain, il semble acquis que la Food and Drug Administration puisse donner son accord dans un délai assez bref (1989 ou 1990). Rien n'indique qu'il en ira de même sur le continent européen où le climat politique général et le contexte socio-économique de la production agricole sont moins favorables à l'adoption de mesures autorisant l'emploi de substances du type des somatotropines.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tout particulièrement J. NOBLET pour ses précieux conseils prodigués tant pour la réalisation de l'essai que pour la rédaction de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

- Abstracts of the 78th ASAS Annual Meeting, 1986. J. Anim. Sci., **63** (suppl. 1).
- Abstracts of the 79th ASAS Annual Meeting, 1987. J. Anim. Sci., **65** (suppl. 1).
- Abstracts of the 80th ASAS Annual Meeting, 1987. J. Anim. Sci., **65** (suppl. 1).
- BEERMANN D.H., ARMBRUSTER R.G., BOYD R.D., RONEKER K., FAGIN K.D., 1988. J. Anim. Sci., **66** (suppl. 1), 281.
- BONNEAU M., 1988. Biofutur (spécial élevage), **69**, 95-97.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., 1988. J. Anim. Sci., **66** (suppl. 1), 257.
- DESMOULIN B., ECOLAN P., BONNEAU M., 1988. INRA Prod. Anim., **1**, 59-64.
- ETHERTON T.D., 1988. in International Symposium on Biotechnology in Growth Regulation. Cambridge, Sept. 18-20.
- ETHERTON T.D., EVOCK C.M., CHUNG C.S., WALTON P.E., SILLENCE M.N., MAGRI K.A., IVY R.E., J. Anim. Sci., **63** (suppl. 1), 219.
- EVOCK C.M., ETHERTON T.D., CHUNG C.S., IVY R.E., 1988. J. Anim. Sci., **66**, 1928-1941.
- GREBNER G.L., McKEITH F.K., NOVAKOFSKI J., EASTER R.A., McLAREN D.G., BRENNER K., BECHTEL P.J., 1988. J. Anim. Sci., **65** (suppl. 1), 245-246.
- HONIKEL K.O., 1987. in Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs, P.V. Tarrant, G. Eikelenboom et G. Monin eds., Martinus Nijhoff Publishers, p. 129 - 142.
- IVY R.E., BALDWIN C.D., WOLFROM G.W., MOUZIN D.E., J. Anim. Sci., **63** (suppl. 1), 218.
- KANIS E., VAN DER HEL W., HUISMAN J., NIEUWHOF G.J., POLITIEK R.D., VERSTEGEN M.W.A., VAN DER WAL P., VAN WEERDEN E.J., 1988a. J. Anim. Sci., **66** (suppl. 1), 280-281.
- KANIS E., VAN DER HEL W., KOUWENBERG W.J.A., HUISMAN J., POLITIEK R.D., VERSTEGEN M.W.A., VAN DER WAL P., VAN WEERDEN E.J., 1988b. J. Anim. Sci., **66** (suppl. 1), 280.
- KANIS E., DE GREEF K.H., VAN DER HEL W., HUISMAN J., POLITIEK R.D., VERSTEGEN M.W.A., VAN DER WAL P., VAN WEERDEN E.J., 1988c. J. Anim. Sci., **66** (suppl. 1), 296.
- KNIGHT C.D., AZAIN M.J., KASSER T.R., SABACKY M.J., BAILE C.A., BUONOMO F.C., Mc LAUGHLIN C.L., 1988. J. Anim. Sci., **66** (suppl. 1), 257-258.
- KRAFT L.A., HAINES D.R., DELAY R.L., J. Anim. Sci., **63** (suppl. 1), 218.
- NOVAKOFSKI J., 1987. in University of Illinois Pork Industry Conference, Dec. 10-11, p. 84-92.
- STEELE N.C., CAMPBELL R.G., CAPERNA T.J., 1987. in Cornell Nutrition Conference, Oct. 27.
- WANG P.Y., KOTHE E., 1988. J. Anim. Sci., **66** (suppl. 1), 258.