

Effets du poids et de l'âge à l'abattage sur la composition chimique du muscle long dorsal de porcs croisés Duroc x (Landrace x Large White)

Marjeta CANDEK-POTOKAR (1), B. ZLENDER (2), M. BONNEAU (3)

(1) Institut d'Agriculture de Slovénie - Hacquetova 2, 1000 Ljubljana, Slovénie

(2) Université de Ljubljana, Faculté de Biotechnologie - Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovénie

(3) I.N.R.A., Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

Effets du poids et de l'âge à l'abattage sur la composition chimique du muscle long dorsal de porcs croisés Duroc x (Landrace x Large White)

Les effets respectifs de l'âge et du poids à l'abattage sur la qualité des viandes porcines sont assez mal connus. Cette expérience a été mise en place en vue de mettre en évidence les effets d'une augmentation de l'âge à poids égal (obtenue par le biais d'une restriction alimentaire), ou d'une augmentation de l'âge et du poids, sur les caractéristiques du muscle long dorsal. A cet effet, 4 lots d'animaux ont été comparés selon un plan factoriel 2x2. Un total de 85 porcs mâles castrés ont été alimentés à volonté ou restreint de 30% et abattus à 100 ou à 130 kg de poids vif.

La restriction alimentaire entraîne une réduction de 0,38 à 0,66 point de la teneur en lipides intramusculaires et une diminution de 0,03 à 0,05 point de la teneur en collagène du muscle. L'accroissement de 30 kg du poids à l'abattage entraîne une diminution de 0,6 à 0,8 point de la teneur en eau, une augmentation de 0,2 à 0,5 point de la teneur en protéines, et une élévation de 0,24 à 0,52 point de la teneur en lipides du muscle.

Les diminutions des teneurs en lipides et en collagène résultant d'une augmentation de l'âge à poids constant, après restriction alimentaire, sont a priori défavorables pour la qualité des viandes. L'augmentation des lipides intramusculaires et la diminution de rapport eau sur protéines résultant d'une augmentation du poids à l'abattage semblent au contraire favorables pour la qualité des viandes. Ainsi, imposer un âge minimum à l'abattage ne constitue pas en soi un gage de qualité et contribue au contraire à une détérioration des caractéristiques du muscle dès lors qu'il faut restreindre les animaux pour atteindre les limites d'âge inscrites dans les cahiers des charges.

The effects of age and weight at slaughter on the chemical composition of loin muscle in Duroc x (Landrace x Large White) pigs.

The respective influences of weight and age at slaughter on the quality of pork meat are still poorly established. The aim of the present experiment was to investigate the effects of an increase in age for a similar slaughter weight (obtained through feed restriction), or of an increase in both age and weight, on the chemical characteristics of the longissimus dorsi muscle. For that purpose, 4 groups of animals were compared according to a 2x2 factorial design. A total of 85 castrated males were either fed ad libitum or restricted 30% and slaughtered at either 100 or 130 kg live weight.

Feed restriction elicited a reduction of intramuscular lipids (0.38-0.66 point) and a reduction of muscle collagen content (0.03-0.05 point). Increasing slaughterweight by 30 kg resulted in a decrease in moisture (0.6-0.8 point), an increase in protein (0.2-0.5 point) and an elevation of lipid (0.24-0.52 point) contents in muscle.

The reductions in lipid and collagen contents, resulting from an increase in age at the same weight, following feed restriction, may have a negative impact on meat quality. The increase in intramuscular lipids and the decreased water on protein ratio, resulting from an elevation of both age and weight at slaughter, should be beneficial for meat quality. Therefore, prescribing a minimum age at slaughter will not per se result in any improvement in meat quality. It may even have deleterious effects on muscle characteristics, when the animals must be restricted in order to meet the prescribed slaughter age requirement.

INTRODUCTION

On considère généralement que l'augmentation de l'âge à l'abattage des animaux se traduit par une amélioration de la qualité des viandes. C'est sur la base de cette idée que l'on impose un âge minimum à l'abattage (180-190 j) dans la plupart des cahiers des charges régissant la production de porcs de type «label». Pour respecter cet âge minimum à l'abattage, on est souvent amené à restreindre les animaux, parfois de façon assez sévère. Les conséquences d'une telle restriction sur les caractéristiques qualitatives des viandes ne sont pas bien connues, mais il semble établi qu'elle aie des effets négatifs sur la tendreté et la jutosité (MOTTRAM et al, 1982; ELLIS et al, 1990; WARKUP et al, 1990).

Il est maintenant bien établi que l'augmentation de la teneur en muscles de la carcasse a des conséquences défavorables sur certains critères de qualités des viandes porcines (KEMPSTER et al, 1986; SELIER, 1988; TORNBERG et al, 1994; de VRIES et al, 1994; TRIBOUT et al, 1996). On peut donc envisager d'utiliser des génotypes moins maigres pour obtenir une meilleure qualité. La race Duroc apparaît de ce point de vue particulièrement intéressante. Il est connu qu'au poids de 100 kg les porcs de race Duroc sont plus gras que les animaux Landrace ou Large White (STEANE, 1986). Ces différences s'estompent ou même s'inversent à 130 kg (CANDEK-POTOKAR et al, non publié). Par ailleurs, la forte teneur en lipides intramusculaires chez les porcs Duroc est bien établie (BARTON-GADE et BEJERHOLM, 1985; SCHWÖRER et al, 1987; WOOD et al, 1987; BOUT et al, 1990; GISPET et al, 1990; HOVENIER et al, 1992; de VRIES et al, 1993).

Cet essai a été réalisé pour étudier les effets d'une augmentation de l'âge à l'abattage sur les caractéristiques de la carcasse et sur la composition chimique du muscle long dorsal de porcs croisés Duroc x (Landrace x Large White). Nous avons voulu comparer les effets d'une augmentation de l'âge à poids constant (obtenue par restriction alimentaire) et d'une augmentation simultanée de l'âge et du poids chez des animaux nourris à volonté.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Matériel animal

Nous avons utilisé pour cette étude 85 porcs mâles castrés croisés Duroc x (Landrace x Large White) dans un élevage de production à grande échelle (85 000 porcs par an). Au sein de chacune des 22 portées utilisées, 4 animaux ont été répartis à $83,1 \pm 0,6$ jours d'âge (moyenne $\pm$ etr) et $32,0 \pm 0,3$ kg de poids vif entre les 4 groupes expérimentaux suivants: porcs alimentés à volonté abattus à 100 kg ou à 130 kg et porcs restreints de 30% abattus à 100 kg ou 130 kg. Les porcs étaient élevés en loges individuelles et recevaient un aliment contenant 13,5 MJ d'énergie digestible et 14,2% de protéines.

1.2. Caractéristiques des carcasses

L'épaisseur de lard dorsal a été calculée comme la moyenne

de 6 mesures prises sur la fente. La surface de noix de côtelette et la surface du lard dorsal attenante à la noix ont été mesurées au niveau de la dernière côte. L'ensemble de ces mesures a été effectuée sur la carcasse chaude. Le lendemain de l'abattage, le jambon était individualisé et faisait l'objet d'une dissection simplifiée. Les poids du jambon total, du maigre non désossé et du gras avec la peau étaient enregistrés.

1.3. Composition chimique du muscle long dorsal

Les échantillons de muscle long dorsal pour la détermination de la composition chimique ont été pris au niveau de la dernière côte environ 1 heure après abattage. Après élimination des dépôts externes de gras et des aponévroses, les échantillons ont été broyés et les teneurs en eau ($103 \pm 2^\circ\text{C}$, jusqu'à poids constant) et en protéines (Kjeldhal) ont été déterminées (NEUMANN et BASSLER, 1976). La teneur en lipides a été mesurée selon FOLCH et al (1957). La teneur en collagène est estimée à multipliant par 8 la concentration d'hydroxyproline obtenue selon MATISSEK et al (1992). La composition chimique est rapportée en g/100g de muscle frais.

1.4. Analyse statistique des résultats

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance (SAS, 1989; procédure GLM). Les effets du poids, de la restriction et de la provenance génétique (père, mère intra père) ont été inclus dans le modèle, ainsi que l'interaction entre les effets du poids et de la restriction. Les moyennes des moindres carrés des différents groupes expérimentaux ont été comparées au seuil de 5%.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances et composition des carcasses

La restriction alimentaire effectivement appliquée a été de 31 à 34% sur l'ensemble de la durée de l'expérience. Elle entraîne une diminution de 25% de la vitesse de croissance et une amélioration de l'indice de consommation de 7% ou 12% chez les animaux abattus à 100 ou 130 kg, respectivement (tableau 1). Les animaux restreints sont plus âgés de 27 j à 100 kg et de 33 j à 130 kg.

La restriction alimentaire réduit l'adiposité de la carcasse, son effet tendant à être plus marqué à 130 kg qu'à 100 kg : -8% vs -15% pour l'épaisseur du gras dorsal, -20% vs -8% pour la surface de gras attenante à la noix, -7% pour le poids de gras+peau dans le jambon (tableau 1). Elle entraîne une augmentation de 12% de la surface de noix de côtelette chez les porcs abattus à 100 kg, alors qu'elle n'a pas d'effet significatif sur ce critère à 130 kg.

L'augmentation de 30 kg du poids à l'abattage entraîne, sur l'ensemble de la durée de l'expérience, une réduction de 9% de la vitesse de croissance et une détérioration de 23% ou de 16% de l'indice de consommation chez les animaux nourris à volonté ou restreints, respectivement (tableau 1).

Tableau 1 - Performances et caractéristiques de la carcasse (1, 2)

Poids vif à l'abattage	100 kg		130 kg		ETR(3)	Signification des effets		
Niveau d'alimentation	À volonté	Restreint	À volonté	Restreint		Poids	Restrict.	Pds*Rest
Performances								
Âge final (j)	160,0 a	186,7 b	208,6 c	241,7 d	8,2	***	***	+
Poids final (kg)	101,3 a	99,9 a	131,0 c	128,8 b	2,8	***	**	NS
Gain moyen (g/j)	885 d	663 b	801 c	601 a	58	***	***	NS
Consommation (kg/j)	2,62 c	1,82 a	2,89 d	1,92 b	0,09	***	***	***
Indice de consommation	2,95 b	2,75 a	3,63 d	3,20 c	0,23	***	***	*
Caractéristiques de la carcasse								
Poids net (kg)	79,8 b	77,8 a	106,9 d	101,2 c	3,3	***	***	*
Longueur de la carcasse (mm)	99 a	100 a	107 b	108 b	3	***	NS	NS
Épaisseur du lard dorsal (mm)	27,4 b	23,3 a	34,2 c	28,1 b	3,3	***	***	NS
Surface de gras (cm ²)	23,0 a	21,2 a	33,6 c	27,0 b	4,3	***	***	*
Surface de noix (cm ²)	35,0 a	39,2 b	43,8c	43,6 c	4,2	***	*	*
Poids du jambon (kg)								
- maigre + os	8,4 a	8,7 a	10,9 c	10,4 b	0,8	***	NS	*
- gras + peau	2,9 a	2,7 a	4,3 c	4,0 b	0,4	***	*	NS

(1) Moyennes des moindres carrés.

(2) Les valeurs d'une même ligne affectées d'une même lettre ne diffèrent pas significativement ($P < 0,05$).

(3) Écart type résiduel

Ces résultats traduisent une forte détérioration des performances au delà du stade 100 kg. L'augmentation du poids à l'abattage s'accompagne d'un accroissement de l'âge de 49 jours chez les animaux nourris à volonté et de 55 jours chez les porcs restreints.

L'augmentation du poids à l'abattage se traduit par une augmentation de l'adiposité des carcasses qui tend à être plus marquée chez les porcs nourris à volonté que chez les animaux restreints : +25% vs +21% pour l'épaisseur du gras dorsal, +46% vs +27% pour la surface de gras attenante à la noix, +48% pour le poids de gras+peau dans le jambon

(tableau 1). La surface de noix de côtelette est augmentée de 25% ou 11% et le poids de maigre+os dans le jambon de 30% ou 20%, chez les porcs alimentés à volonté ou restreints, respectivement.

2.2. Composition chimique du muscle long dorsal

La restriction alimentaire n'a aucun effet significatif sur les teneurs en eau et en protéines du muscle (tableau 2). Par contre, la teneur en lipides intramusculaires est réduite 0,38 point à 100 kg et de 0,66 point à 130 kg. De plus, la

Tableau 2 - Composition chimique (g / 100g) du muscle long dorsal (1),(2)

Poids vif à l'abattage	100 kg		130 kg		ETR(3)	Signification des effets		
Niveau d'alimentation	À volonté	Restreint	À volonté	Restreint		Poids	Restrict.	Pds*Rest
Eau	74,2 a	74,3 a	73,4 b	73,7 b	0,8	***	NS	NS
Protéines	22,0 a	22,1 a	22,5 b	22,3 ab	0,6	*	NS	NS
Eau / protéines	3,38 b	3,37 b	3,26 a	3,31 ab	0,12	**	NS	NS
Lipides	2,37 b	1,99 a	2,89 c	2,23 ab	0,55	**	***	NS
Collagène	0,50 c	0,45 a	0,49 bc	0,46 ab	0,05	NS	**	NS

(1), (2), (3) : voir tableau 1.

restriction alimentaire entraîne une diminution de 0,03 à 0,05 point de la teneur en collagène du muscle.

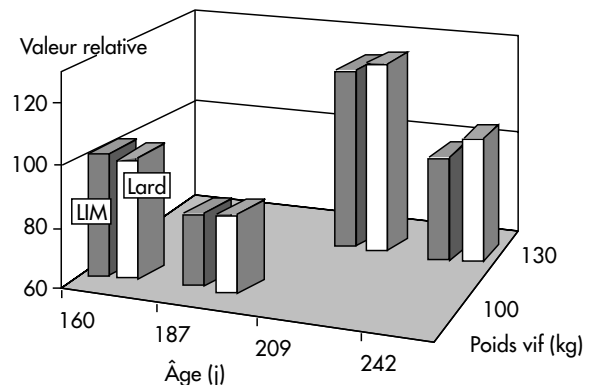
Le muscle long dorsal des animaux les plus lourds présente une teneur en eau plus faible de 0,6 à 0,8 point et une teneur en protéines plus élevée de 0,2 (NS chez les porcs nourris *ad libitum*) à 0,5 ($P < 0,05$ chez les porcs restreints) point. Les animaux abattus à 130 kg présentent également une teneur en lipides intramusculaires plus élevée de 0,52 point ($P < 0,01$ chez les animaux nourris à volonté) ou de 0,24 point (NS chez les porcs restreints). La teneur en collagène du muscle ne diffère pas significativement entre les deux poids d'abattage.

Ainsi, chez les animaux nourris à volonté, l'augmentation simultanée de l'âge et du poids à l'abattage entraîne une augmentation des lipides intramusculaires, conformément à de nombreuses observations antérieures (LAWRIE et al, 1963; ALLEN et al, 1967; SHULER et al, 1970; OGNJANOVIC et al, 1973; MALMFORS et al, 1978; DESMOULIN et al, 1983; KRIETER et al, 1989; PRIBIS et al, 1990; CANDEK-POTOKAR et al, 1996). Par contre, lorsque l'augmentation d'âge est obtenue à même poids par le biais d'une restriction alimentaire, on observe au contraire une baisse de la teneur en lipides intramusculaires, en accord avec les résultats de OGNJANOVIC et al (1973) et de WOOD et WARRIS (1990). Une telle baisse des teneurs en lipides intramusculaires, dans l'intervalle compris entre 1,5 et 3%, peut avoir des conséquences défavorables sur la qualité des viandes (TOURAILLE et al, 1989; GANDEMER et al, 1990; FERNANDEZ et al, 1996). Elle peut contribuer à expliquer la détérioration de tendreté et de jutosité observée dans plusieurs études suite à une restriction alimentaire (MOTTRAM et al, 1982; ELLIS et al, 1990; WARKUP et al, 1990), même s'il semble qu'il y ait d'autres mécanismes mis en cause en sus des variations de teneurs en lipides intramusculaires (WARKUP et KEMPSTER, 1991). La figure 1 montre que les variations de la teneur en lipides intramusculaires suivent pour l'essentiel celles de l'adiposité générale de la carcasse, en conformité avec les observations antérieures concernant les effets des facteurs d'élevage (âge, poids, alimentation). Dans l'état actuel des connaissances, il semble bien que seule la voie génétique puisse permettre d'augmenter la teneur en lipides intramusculaires indépendamment de la teneur en gras des carcasses, en exploitant l'existence du gène récessif à effet majeur responsable des teneurs élevées observées chez les porcs de race Meishan (JANSS et al, 1994), dont on peut penser qu'il pourrait être également à l'origine des fortes teneurs observées dans la race Duroc.

La réduction de teneur en collagène observée chez les porcs restreints par rapport aux animaux nourris à volonté semble pouvoir être reliée à la diminution de l'adiposité des carcasses. En effet, une diminution de la teneur en collagène du muscle a été observée chez des porcs traités par des β -agonistes (WARRIS et al, 1990) ou appartenant à des races plus maigres (BOCCARD, 1968; MONIN et al, 1986; BALAND et MONIN, 1987; TOURAILLE et al, 1989). BERGE et al (1989) ont mesuré des teneurs en collagène du muscle plus

faibles chez des porcs élevés en conditions extensives que chez ceux conduits de manière intensive. La faible teneur en collagène pourrait constituer un désavantage sur la plan de la qualité technologique. On sait en effet que la gélatine issue de la solubilisation du collagène joue un rôle dans la qualité de nombreux produits cuits, par exemple pour la tenue de tranche du jambon de Paris.

Figure 1 - Variations relatives de la teneur en lipides du muscle long dorsal (LIM) et de l'épaisseur du lard dorsal (lard) en fonction de l'âge et du poids des animaux à l'abattage (valeur 100 : groupe alimenté à volonté et abattu à 100 kg)



CONCLUSION

Lorsqu'on augmente l'âge à poids constant, par le biais d'une restriction alimentaire, on améliore l'efficacité alimentaire et la qualité de la carcasse. Mais la diminution de la teneur en lipides intramusculaires pourrait avoir un effet défavorable sur la qualité des viandes. De plus, on peut envisager, que la réduction de la teneur en collagène, si elle devait s'observer dans d'autres muscles, ait également des effets défavorables sur la qualité technologique des viandes. Lorsqu'on augmente simultanément l'âge et poids à l'abattage, on détériore l'efficacité alimentaire et la qualité de la carcasse. Par contre, l'augmentation des lipides intramusculaires et la diminution de rapport eau sur protéines semblent favorables pour la qualité des viandes. Il reste cependant à vérifier, que les effets plutôt défavorables de la restriction alimentaire et ceux plutôt favorables d'une augmentation du poids se traduisent effectivement par des différences observables de la qualité des viandes fraîches et/ou des produits transformés.

Ainsi, sur la base de ces résultats, imposer un âge minimum de 180-190 j à l'abattage peut avoir des effets défavorables sur la qualité si ce résultat est obtenu en restreignant des porcs de génotype performant, programmés pour arriver à 100 kg avant cet âge, ce qui est le cas dans la plupart des cahiers des charges de production de porcs «labels» actuellement en cours en France. A l'instar des «labels volailles», il faudrait sans doute envisager l'utilisation de génotypes moins performants, spécialement adaptés à ce type de production. Le défi auquel il faudra faire face sera alors de pouvoir compenser le surcoût de production par une

meilleure valorisation commerciale des viandes aussi bien en frais qu'en produits transformés.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le personnel de la ferme de porcs

Emona, Farma Ihan, Domzale, Slovénie pour leur participation active à cette étude, en particulier le Dr. Lucijan KRIVEC, directeur, Mr. Alojz CANDEK et Mme Marta ZAJEC. Ce travail a bénéficié d'un appui financier dans le cadre d'un accord de coopération entre le Ministère Français des Affaires Étrangères et le Ministère Slovène des Sciences et de la Technologie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN E., BRAY R.W., CASSENS R.G., 1967. *J. Food Sci.*, 32, 26-29.
- BARTON-GADE P., BEJERHOLM C., 1985. *Pig Farming Supp.* 56-57.
- BALAND A., MONIN G., 1987. *Meat Sci.*, 21, 295-299.
- BERGE P., BOCCARD R., GANDEMER G., LEGAULT C., 1989. *Proc. 35th ICoMST*, Copenhagen, Denmark, 987-990.
- BOCCARD R., 1968. *Ann. Zootech.*, 17, 71-75.
- BOUT J., GIRARD J.P., SELLIER P., RUNAVOT J.P., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 29-34.
- CANDEK-POTOKAR M., ZLENDER B., BONNEAU M., 1996. *Proc. 42nd ICoMST*, Lillehammer, Norway.
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., BONNEAU M., FROUIN A., 1983. *Journées Rech. Porcine en France*, 15, 177-192.
- ELLIS M., WEBB A.J., AVERY P., SMITHARD R., BROWN I., 1990. *Anim. Prod.*, 50, 551.
- FERNANDEZ X., MONIN G., TALMANT A., MOUROT J., LEBRET B., BERNARD P., GILBERT S., SIRAMI J., MALTER D., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 163-170.
- FOLCH J., LEE M., SLOANE STANLEY G.H., 1957. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- GANDEMER G., PICHOU D., BOUGUENNEC B., CARITEZ J.C., BERGE P., BRIAND E., LEGAULT C., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 101-110.
- GISPERT M., DIAZ I., OLIVER M.A., TIBAU J., DIESTRE A., 1990. 41st Ann. Meet. EAAP, Toulouse, France.
- HOVENIER R., KANIS E., VAN ASSELDONK T., WESTERINK N.G., 1992. *Livest. Prod. Sci.*, 32, 309-321.
- JANSS L.L.G., VAN ARENDONK J.A.M., BRASCAMP E.W., 1994. *Proc. 5th World Cong. Genet. Appl. Livest. Prod.*, 18, 361-365.
- KEMPSTER A.J., DILWORTH A.W., EVANS D.G., FISHER K.D., 1986. *Anim. Prod.*, 43, 517-533.
- KRIETER J., SCHWERDTFEGGER R., HÖLSCHER T., KALM E., 1989. 40th Ann. Meet. EAAP, Dublin, Ireland.
- LAWRIE R.A., POMEROY R.W., CUTHBERSON A., 1963. *J. Agric. Sci.*, 60, 195-209.
- MATISSEK R., SCHNEPEL F.M., STEINER G.M., 1992. *Lebensmittelanalytik*. 2. Auflage. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 107-111.
- MALMFORS B., LUNDSTRÖM K., HANSSON I., 1978. *Swedish J. Agric. Res.*, 8, 25-38.
- MONIN G., TALMANT A., LABORDE D., ZABARI M., 1986. *Meat Sci.*, 16, 307-316.
- MOTTRAM D.S., WOOD J.D., PATTERSON R.L.S., 1982. *Anim. prod.*, 35, 75-80.
- NEUMANN K., BASSLER R., 1976. *Methodenbuch*, Band III, Verlag J. Neumann-Neudamm.
- OGNJANOVIC A., PERIC V., JOSIPOVIC S., 1973. 19th Europ. Meet. Meat Res. Workers, 677-695.
- PRIBIS V., SIJAČKI N., BRUNDZA V., VUJOSEVIC S., BALETIC R., RADIC M., 1990. *Tehnologija Mesa*, 31, 246.
- SAS, 1989. *SAS/STAT User's Guide*, SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- SCHWÖRER D., MOREL P., REBSAMEN A., 1987. *Der Tierzüchter*, 39, 392-394.
- SELLIER P., 1988. *Journées Rech. Porcine en France*, 20, 227-242.
- SHULER R.O., PATE T.D., MANDIGO R.W., LUCAS L.E., 1970. *J. Anim. Sci.*, 31, 31-35.
- STEANE D.E., 1986. *Res. Develop. Agric.*, 3, 153-157.
- TORNBERG E., VON SETH G., GÖRANSSON Å., 1994. *Sci. Alim.*, 14, 373-385.
- TOURAILLE C., MONIN G., LEGAULT C., 1989. *Meat Sci.*, 25, 177-186.
- TRIBOUT T., GARREAU H., BIDANEL J.P., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 31-38.
- de VRIES A.G., HOVENIER R., BRASCAMP E.W., MERKS J.W.M., 1993. 44th Ann. Meet. EAAP, Aarhus, Denmark.
- de VRIES A.G., VAN DER WAL P.G., LONG T., EIKELBOOM G., MERKS J.W.M., 1994. *Livest. Prod. Sci.*, 40, 277-289.
- WARKUP C.C., KEMPSTER A.J., 1991. *Anim. Prod.*, 52, 599.
- WARKUP C.C., DILWORTH A.W., KEMPSTER A.J., WOOD J.D., 1990. *Animal Prod.*, 50, 550.
- WARRIS P.D., KESTIN S.C., ROLPH T.P., BROWN S.N., 1990. *J. Anim. Sci.*, 68, 128-136.
- WOOD J.D., WARRIS P.D., 1990. 41st Ann. Meet. EAAP, Toulouse, France.
- WOOD J.D., KEMPSTER A.J., DAVID P.J., BOVEY M., 1987. *Anim. Prod.* 44, 488 (abstr.).