

A8715

INTERACTION ENTRE LA TEMPERATURE AMBIANTE ET LA CONCENTRATION EN ENERGIE DU REGIME SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET L'UTILISATION DE L'ENERGIE CHEZ LE PORC

J. NOBLET, J. LE DIVIDICH, T. BIKAWA

I.N.R.A. Station de Recherches Porcines Saint-Gilles - 35590 L'HERMITAGE

*Avec la collaboration technique de Annick BLANCHARD, Odile DOUILLET,
Nadine MEZIERE, S. DUBOIS, J. GAUTHIER, J. LEBOST et A. ROGER*

INTRODUCTION

Les effets d'interaction entre la température ambiante et la concentration en énergie du régime sur les performances de croissance du Porc ont été largement étudiés (STAHLY et CROMWELL, 1979). Il ressort de ces expériences généralement conduites en alimentation à volonté que l'utilisation des aliments appréciée par exemple par le coût énergétique du gain, est indépendante de la concentration en énergie de l'aliment au froid alors que les aliments à faible concentration en énergie sont moins bien utilisés au chaud. Toutefois, en raison de l'existence d'une interaction entre les deux facteurs considérés sur le niveau de consommation, il est difficile d'analyser les effets propres de la température ambiante et de la nature de l'aliment sur les performances des animaux.

L'extra-chaleur associée à l'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) des aliments est généralement plus faible au froid, ce qui traduit une participation de l'extra-chaleur aux besoins de thermorégulation (VERSTEGEN *et al.*, 1973). Par ailleurs, elle est d'autant plus importante que l'aliment est faiblement concentré en énergie (JUST, 1982). Dans les conditions de thermoneutralité, l'animal doit dissiper cette extra-chaleur. Par contre, on peut supposer que celle-ci participe aux besoins de thermorégulation au froid de façon plus importante pour les régimes dilués en énergie. Comparativement à un régime concentré, l'utilisation d'un régime dilué en énergie serait ainsi améliorée au froid. Cette hypothèse serait conforme aux résultats d'expériences en lots (STAHLY et CROMWELL, 1979 ; COFFEY *et al.*, 1982).

A l'aide de deux expériences en lots réalisées sur porcelets et sur porcs en croissance-finition et d'une expérience en chambre respiratoire sur des porcs en croissance, nous avons voulu préciser les effets respectifs de la température ambiante et de la concentration en énergie du régime ainsi que les éventuels effets d'interaction. Dans un souci de simplification, nous nous sommes limités à une présentation synthétique des principaux résultats, des informations plus détaillées étant disponibles par ailleurs pour chacune des expériences (NOBLET *et al.*, 1985 ; LE DIVIDICH et NOBLET, 1986 ; LE DIVIDICH *et al.*, 1987).

MATERIEL ET METHODES

1. EXPÉRIENCE 1

L'expérience a porté sur 72 porcelets de race Large-White répartis en quatre répétitions successives. Pour chaque répétition, trois portées de six animaux sont choisies au sevrage (âge moyen : 22 jours). Les six porcelets de la même portée sont alors répartis entre les six traitements expérimentaux résultant de la combinaison de trois températures ambiantes (28, 22 et 16°C) et de deux aliments de concentration énergétique différente (tableau 1). Trois cellules climatisées équipées de flat-decks individuels ont été utilisées. Sur l'ensemble de l'expérience, les animaux sont répartis entre les traitements de façon à égaliser les poids vifs au début de l'expérience. L'expérience proprement dite commence à l'issue d'une semaine d'adaptation au cours de laquelle la température passe progressivement de 28°C à la température de l'expérience. Au cours de la période expérimentale (durée : six semaines), les animaux sont nourris à volonté et pesés chaque semaine. Le poids moyen au début de l'expérience est 7,2 kg.

2. EXPÉRIENCE 2

Cinquante quatre porcs mâles castrés de race Large-White ont été répartis en neuf blocs de six animaux comparables (sur la base de l'âge et du poids vif). Au sein de chaque bloc, les porcs sont affectés selon un dispositif factoriel comprenant trois températures ambiantes (28, 20 et 12°C) et deux aliments de concentration énergétique différente (tableau 1). Les niveaux alimentaires sont ajustés chaque semaine de façon que les vitesses de croissance de tous les animaux du bloc soient identiques. L'expérience proprement dite débute à l'issue d'une semaine d'adaptation au cours de laquelle la température passe progressivement de 20°C à la température expérimentale. Le poids moyen et l'âge moyen à la fin de la semaine d'adaptation sont respectivement 30,8 kg et 75 jours. Les animaux sont élevés en loges individuelles et sur caillebotis en béton. Lorsqu'au moins quatre animaux d'un même bloc ont atteint le poids vif de 95 kg, tous les animaux du bloc sont abattus. Les carcasses sont découpées après un ressuyage de 24 heures. Les caractéristiques de composition corporelle sont appréciées à l'aide des méthodes habituelles (DESMOULIN, 1978).

TABLEAU 1
COMPOSITION DES RÉGIMES

	Expérience 1 (2)	Expérience 2 (2)	Expérience 3 (2)
Aliment concentré (C)			
Protéines brutes, %	21,2	18,8	17,9
Cellulose brute, %	2,4	2,2	2,3
NDF, %	6,7	6,6	7,5
ADF, %	2,7	2,6	2,9
Lipides, %	9,8	7,9	7,5
MCal ED/kg (3)	3,62	3,59	3,56
g mad/MCal ED (3)	49,1	44,0	43,4
Aliment dilué (D)			
Protéines brutes, %	20,1	16,7	16,7
Cellulose brute, %	4,0	4,5	4,1
NDF, %	15,3	13,6	15,1
ADF, %	5,4	5,5	5,2
Lipides, %	4,9	2,6	2,4
MCal ED/kg (3)	3,17	3,11	3,08
g mad/MCal ED (3)	51,4	44,0	43,8

(1) Les différences de concentration énergétique sont obtenues en ajoutant du son de blé dans un régime orge-soja (aliment D) et des matières grasses dans un régime maïs-soja (aliment C).

(2) Expérience 1 : sur porcelets (en lots) ; expérience 2 : sur porcs en croissance entre 30 et 100 kg de poids vif (en lots) ; expérience 3 : sur porcs en croissance de 50 kg de poids vif (chambres respiratoires)

(3) Valeurs mesurées à l'aide d'un marqueur (oxyde de titane) dans l'expérience 1 et par collecte totale dans les expériences 2 et 3. Les valeurs indiquées ici et utilisées dans les tableaux 2, 3 et 4 sont celles obtenues à 22 et 28°C (expérience 1) et à 23°C (expérience 3).

3. EXPÉRIENCE 3

Trente deux porcs mâles castrés de race Large-White ont été répartis en quatre lots comparables de huit animaux. Les traitements expérimentaux appliqués aux quatre lots d'animaux sont constitués par la combinaison de deux températures ambiantes (23 et 13°C) et de deux aliments de concentration énergétique différente (tableau 1). Après trois semaines d'adaptation à l'environnement climatique et à l'aliment, les animaux sont placés individuellement pendant une semaine en chambre respiratoire, afin d'y effectuer un bilan énergétique (mesure de la production de chaleur et de l'énergie fixée) et azoté. Dans chaque lot, les animaux reçoivent des quantités d'aliment correspondant à environ trois (quatre animaux) et deux (quatre animaux) fois les besoins d'entretien.

RESULTATS

1. EXPÉRIENCE 1 (tableau 2).

L'augmentation de la température ambiante de 16 à 28°C se traduit par une réduction significative des quantités d'aliment et d'énergie digestible (ED) ingérés. Toutefois, la réduction est plus importante entre 22 et 28°C qu'entre 16 et 22°C ($P < 0,01$). La diminution de la concentration en énergie du régime (régime D vs régime C) entraîne une réduction de la quantité d'ED ingérée à 22 et 28°C alors qu'à 16°C, les consommations d'ED sont équivalentes avec les aliments C et D. Il résulte des variations de niveau de consommation avec la température ambiante et la nature de l'aliment que les vitesses de croissance sont plus élevées à 16 et 22°C qu'à 28°C et supérieures avec l'aliment C. Toutefois, la différence entre les deux aliments n'est significative ($P < 0,05$) qu'aux températures de 22 et 28°C. Enfin, le coût énergétique du gain est minimal à 22°C et significativement accru à 16°C pour les deux aliments et à 28°C pour l'aliment D.

TABLEAU 2
INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE AMBIANTE ET DE LA CONCENTRATION
EN ÉNERGIE DU RÉGIME SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE
DU PORCELET (EXPÉRIENCE 1).

Température (°C) Régime (1)	16		22		28		Sx	Signification statistique (2)
	C	D	C	D	C	D		
Consommation : g/j	961	1 094	913	981	694	720	23	T** ; E** , Tx E*
Mcal ED/j	3,48	3,47	3,31	3,11	2,51	2,28	0,08	T** ; E* , Tx
Gain moyen quotidien, g	613	593	639	591	474	407	13	T** ; E** , Tx E*
MCal ED/kg gain	5,69	5,84	5,18	5,26	5,29	5,58	0,07	T** ; E* , Tx E*

(1) C : Régime concentré en énergie ; D : régime dilué en énergie

(2) T : Effet température ; E : effet concentration en énergie ; Niveaux de signification : ** : $P < 0,01$; * $P < 0,05$

2. EXPÉRIENCE 2 (tableau 3)

L'analyse statistique des résultats de croissance et de composition corporelle ne fait apparaître aucune interaction entre la température ambiante et la nature de l'aliment. Pour des vitesses de croissance équivalentes avec les aliments C et D, le gain de poids vif vide ainsi que le rendement à l'abattage sont plus faibles ($P < 0,01$) avec l'aliment D. Dans la mesure où les quantités d'ED ingérées sont comparables avec les deux aliments, le coût énergétique du gain de poids vif vide est significativement plus élevé avec l'aliment D. La quantité d'aliment ingéré ainsi que le coût énergétique du gain augmentent de façon quadratique ($P < 0,01$) lorsque la température ambiante

passé de 28 à 12°C, l'accroissement étant plus important entre 20 et 12°C qu'entre 28 et 20°C. A vitesses de croissance égalisées (par covariance), les quantités d'ED consommées sur la période 30-100 kg sont 7,32, 7,70 et 8,54 Mcal par jour à respectivement 28, 20 et 12°C, soit une augmentation de 49 et 104 kcal d'ED par °C, respectivement entre 28 et 20°C et entre 20 et 12°C. Ceci correspond à des quantités d'aliment de respectivement 15 et 33 g par °C et par jour (aliment à 3,2 Mcal ED/kg).

Les résultats de composition corporelle ne sont pas significativement affectés par la nature de l'aliment. De la même façon, la température ambiante ne modifie pas les teneurs en gras et en muscle de la carcasse. Toutefois, la répartition de la masse adipeuse entre les dépôts internes et externes est significativement influencée par la température ambiante dans le sens d'une augmentation de la masse adipeuse externe (% bardière) et d'une réduction de la masse adipeuse interne (% panne) avec l'abaissement de la température ambiante.

TABLEAU 3
INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE AMBIANTE ET DE LA CONCENTRATION
EN ÉNERGIE DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES DU PORC EN CROISSANCE
(entre 30 et 100 kg de poids vif) (expérience 2)

	Température (°C)			Aliment (1)		S $\bar{x}$	Signification statistique (1)
	12	20	28	C	D		
Performances de croissance							
• Consommation, Mcal ED/j	8,52	7,71	7,32	7,82	7,89	0,07	T**
• Gain de poids vif, g/j	751	776	774	772	761	13	
• Gain de poids vif vide, g/j	730	755	755	759	734	13	E*
• Mcal ED/kg gain vif vide	11,33	9,96	9,50	10,12	10,40	0,19	T** ; E**
Composition corporelle							
• Rendement (2)	81,0	81,1	80,7	81,8	80,0	0,5	E**
• % muscles (3)	49,5	50,9	50,0	50,1	50,2	0,6	T ^{0,10}
• % Gras (3)	28,8	27,8	28,0	28,3	28,3	0,9	
• % Bardière	13,6	12,5	11,9	12,6	12,6	0,4	T**
• % Panne	1,4	1,6	2,0	1,7	1,6	0,1	T**

(1) Voir tableau 1

(2) Carcasse chaude avec tête, % poids vif

(3) Calculés à partir des résultats de la Découpe Parisienne Normalisée (Desmoulin, 1978) ; en % de la carcasse ressuyée sans tête.

3. EXPÉRIENCE 3 (tableau 4)

Les données présentées au tableau 4 ont été obtenues par ajustement pour une même quantité d'EM ingérée et concernent les animaux alimentés à trois fois le niveau d'entretien (NOBLET *et al.*, 1985). A la température de 23°C, la production de chaleur (HP) est significativement plus élevée avec le régime D. L'abaissement de la température ambiante de 23 à 13°C se traduit par une augmentation de HP et, par voie de conséquence, une diminution de la quantité d'énergie fixée. Toutefois, il apparaît une interaction significative entre la température ambiante et la concentration en énergie du régime sur HP puisqu'à 13°C, on obtient pour ce critère, des valeurs comparables avec les deux aliments. Il s'ensuit que l'augmentation de HP avec l'abaissement de la température ambiante est plus faible avec le régime D qu'avec le régime C (1,2 contre 3,2 kcal/kg PV^{0,75}, pour une diminution de 1°C de la température ambiante).

La quantité de protéines fixées est significativement plus faible à 13°C et relativement indépendante des caractéristiques de l'aliment. La quantité de lipides fixés est également inférieure à 13°C. Mais, comme pour HP, il apparaît une interaction significative entre la concentration en énergie de l'aliment et la température ambiante sur le dépôt de lipides. Celui-ci est équivalent à 13°C pour les deux aliments et plus élevé à 23°C pour l'aliment C. Le gain de poids estimé à partir des dépôts de protéines et de lipides est identique pour les deux aliments et réduit d'environ 200 g par jour lorsque la température ambiante est abaissée de 23 à 13°C.

TABEAU 4
INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE AMBIANTE ET DE LA CONCENTRATION EN ÉNERGIE DE L'ALIMENT
SUR LA PARTITION DE L'EM, CHEZ LE PORC EN CROISSANCE (1)
(DONNÉES AJUSTÉES POUR UN MÊME NIVEAU D'EM)
(kcal/kgPV^{0.75}/jour) (expérience 3)

Aliment (2) \ Température (°C)	13		23		S $\bar{x}$	Signification statistique (2)
	C	D	C	D		
Energie métabolisable	316,5	316,5	316,5	316,5	—	—
Production de chaleur	190,8	193,6	158,6	181,8	3,1	T** ; E** ; TxE**
Protéines fixées	30,6	30,3	41,6	44,5	2,5	T**
Lipides fixés	95,2	92,5	116,2	90,5	4,1	T* ; E** ; TxE*
Gain de poids (3) (g/jour/kgPV ^{0.75})	31,5	31,1	41,6	41,8	—	—

(1) Poids vif moyen : 49,5 kg

(2) Voir tableau 1

(3) Calculé sur la base de contenus en énergie de, respectivement 5,7 et 9,5 kcal par g de protéines et de lipides et de gains de poids associés au dépôt de 1 g de protéines et de lipides de, respectivement, 4,6 et 0,9 g (Noblet, non publié). Pour un porc de 50 kg, le gain de protéines considéré correspond à 0,9 x gain de protéines mesuré (soit une surestimation de 10 % du bilan azoté : Noblet *et al.*, non publié).

DISCUSSION

Les résultats de l'expérience 1 obtenus chez le porcelet mettent clairement en évidence la meilleure efficacité alimentaire des aliments riches en énergie à température élevée (28°C) alors qu'au froid (16°C), elle est indépendante de la concentration en énergie de l'aliment. Ces observations sont en accord avec celles obtenues chez le porc en croissance-finition (STAHLY et CROMWELL, 1979 ; COFFEY *et al.*, 1982). De plus, en accord avec STAHLY et CROMWELL (1979), nos résultats confirment l'existence d'une interaction entre la température ambiante et la concentration énergétique du régime sur les quantités d'ED ingérées. Chez l'animal élevé au froid, elles sont relativement indépendantes de la concentration en énergie de l'aliment mais, au chaud, la diminution de la concentration en énergie accentue l'effet propre des températures élevées sur la réduction de la consommation d'aliment. Dans la mesure où le coût énergétique du gain augmente avec la réduction du niveau alimentaire (LE DIVIDICH *et al.*, 1985 ; CAMPBELL *et al.*, 1985), la moindre efficacité du régime dilué en énergie qui est observée aux températures élevées pourrait s'expliquer en partie par la différence de niveau de consommation d'ED entre les deux types de régimes. Les résultats de l'expérience 2 (obtenus à même vitesse de croissance) ou de l'expérience 3 (obtenus à même EM ingérée) semblent confirmer cette hypothèse puisque dans les deux cas, aucune interaction significative entre la température ambiante et la concentration en énergie de l'aliment sur le coût énergétique du gain n'est observée.

Sur la base d'un besoin d'entretien de 122 kcal EM par kg PV^{0.75} (NOBLET *et al.*, 1985), l'extra-chaleur liée à l'utilisation de l'EM pour la production représente environ 19 et 31 % de celle-ci, respectivement pour les régimes C et D, à la température de 23°C*. Ce résultat confirme ceux de JUST (1982) mettant en évidence une relation inverse entre le rendement d'utilisation de l'EM et la concentration en énergie de l'aliment. Toutefois, à la température de 13°C, la production de chaleur (tableau 4) ainsi que le rendement d'utilisation de l'EM (NOBLET *et al.*, 1985) sont équivalents avec les deux régimes. Ceci confirme la participation de l'extra-chaleur aux besoins de thermorégulation plus importante pour le régime D que pour le régime C. Ceci est également en accord avec la similitude des performances de croissance observées au froid avec des régimes de concentrations énergétiques différentes (STAHLY et CROMWELL, 1979 ; COFFEY *et al.*, 1982 ; expérience 1). A l'inverse, l'extra-chaleur plus faible à 23°C avec le régime C expliquerait, en partie, l'amélioration de l'efficacité alimentaire observée avec ce type de régime au chaud. En fait, comme indiqué au tableau 4, la meilleure utilisation de l'EM du régime concentré se manifeste uniquement par une augmentation du dépôt énergétique sous forme de lipides, les conséquences sur le gain pondéral étant alors très limitées. En définitive, les effets d'interaction entre la tem-

* Calculé comme suit (données du tableau 4) : (Production de chaleur - 122)/(EM-122) x 100.

ture ambiante et la concentration en énergie du régime sur la production de chaleur ou la quantité de lipides fixées mesurés à l'aide de bilans énergétiques, ne peuvent entraîner de variations significatives de la vitesse de croissance ou du coût énergétique du gain. De plus, la meilleure efficacité alimentaire observée au chaud avec des régimes concentrés en énergie serait essentiellement due à l'augmentation de la quantité d'ED ingérée. Il convient enfin de tenir compte de l'interaction entre la température ambiante et la concentration en énergie du régime sur le niveau de consommation et, par suite, le niveau des performances. En particulier, l'effet dépressif marqué de températures ambiantes élevées sur la quantité d'ED consommée qui est observée avec les aliments dilués en énergie doit être évité. A titre d'illustration, on peut noter que dans l'expérience 1, la diminution du coût énergétique du gain théoriquement associée à l'augmentation de la température ambiante de 16 à 28°C est, pour le régime D, presque totalement annulée par le faible niveau de consommation des animaux élevés à 28°C. Inversement, l'élévation de la concentration en énergie du régime (par addition de matières grasses par exemple) permet d'atténuer les effets dépressifs des températures ambiantes élevées sur le niveau de consommation. Il est généralement admis que la température critique (ou limite inférieure de la zone de thermoneutralité) chez le porc en croissance se situe entre 17 et 20°C (VERSTEGEN *et al.*, 1973). Or, les résultats de l'expérience 2 tout comme ceux de LE DIVIDICH *et al.* (1985) mettent en évidence une réduction du coût énergétique du gain entre 22 et 28°C. Même si l'élevage sur caillebotis contribue à augmenter la température critique (VERSTEGEN et VAN DER HEL, 1974), il apparaît que la température correspondant à une production de chaleur minimale (ou température critique) ne coïncide par nécessairement avec la température ambiante à laquelle les performances de croissance sont optimales. Dans nos conditions expérimentales, la réduction de la quantité d'aliment à apporter lorsque la température ambiante augmente de 1°C entre 20 et 28°C est de l'ordre de 15 g par jour, soit une valeur comparable à celle obtenue par LE DIVIDICH *et al.* (1985) (19 g par jour). L'estimation de 33 g par jour et par °C obtenue entre 20 et 12°C dans l'expérience 2 est également comparable à celles mesurées par VERSTEGEN *et al.* (1982) (32 g) ou Le Dividich *et al.* (1985) (36 g) ou calculées à partir des données du tableau 4 : 36 g chez un porc de 50 kg (sur la base d'un gain pondéral de 0,17 g par kcal d'EM : Bikawa, 1986), pour des intervalles de température comparables.

En alimentation à volonté, l'utilisation de régimes concentrés en énergie se traduit généralement par une augmentation de l'état d'adiposité des carcasses (HENRY, 1985). Toutefois, cette augmentation est partiellement due à l'accroissement du niveau d'ingestion observé avec ce type de régime. Cette hypothèse est confirmée par l'absence de variations de l'état d'adiposité des animaux avec les régimes C et D dans l'expérience 2. Les résultats bibliographiques concernant les variations de composition corporelle associées à une réduction de la température ambiante sont contradictoires : réduction de l'état d'adiposité selon VERSTEGEN *et al.* (1978) ou STAHLY *et al.* (1979), absence d'effet selon VERSTEGEN *et al.* (1979) ou LE DIVIDICH *et al.* (1985) ou accentuation de l'état d'engraissement (VERSTEGEN *et al.*, 1982 ; expérience 2). Ces contradictions s'expliquent par les différences de protocole expérimental (vitesses de croissance égalisées, alimentation à volonté ou égalisée, ...), par l'imprécision (variabilité individuelle élevée) des critères utilisés pour apprécier les caractéristiques des carcasses ainsi que par la nature même des critères utilisés. Il en ressort toutefois que lorsque la réduction de température est associée à une augmentation du niveau alimentaire qui permet de maintenir la vitesse de croissance, les animaux ont tendance à avoir un pourcentage de gras externe accru au froid. Mais les résultats de l'expérience 2 tout comme ceux de STAHLY et CROMWELL (1979) mettent clairement en évidence que la masse adipeuse interne est moins importante au froid. Il en résulte que la masse adipeuse totale (expérience 2) ou la teneur en lipides de la carcasse (STAHLY et CROMWELL, 1979) ne sont pas significativement affectées par la température ambiante. Indépendamment des effets propres des apports nutritionnels, l'influence de la température ambiante sur la composition corporelle du porc se manifesterait à travers des différences anatomiques associées aux phénomènes d'adaptation à l'environnement climatique : amélioration de l'isolation thermique par un développement plus important de la couverture pileuse, réduction de la surface corporelle et accentuation du développement du tissu adipeux externe chez les animaux élevés au froid.

BIBLIOGRAPHIE

- BIKAWA T., 1986. Thèse Université des Sciences et Techniques du Languedoc 61 p.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., CURIC D.M., 1985. Anim. Prod., **40**, 497-503.

- COFFEY M.T., SEERLEY R.W., FUNDERBURKE D.W., McCAMPBELL H.C., 1982. J. Anim. Sci., **54**, 95-105.
- DESMOULIN B., 1978. Journées Rech. Porcine en France, **10**, 211-234.
- HENRY Y., 1985. Livest. Prod. Sci., **12**, 339-354.
- JUST A., 1982. Livest. Prod. Sci., **8**, 541-555.
- LE DIVIDICH J., DESMOULIN B., DOURMAD J.Y., 1985. Journées Rech. Porcine en France, **17**, 275-282.
- LE DIVIDICH J., NOBLET J., BIKAWA T., 1987. Livest. Prod. Sci. (in press).
- NOBLET J., LE DIVIDICH J., BIKAWA T., 1985. J. Anim. Sci., **61**, 452-459.
- STAHLY T.S., CROMWELL G.L., 1979. J. Anim. Sci., **49**, 1478-1488.
- VERSTEGEN M.W.A., VAN DER HEL W., 1974. Anim Prod., **18**, 1-11.
- VERSTEGEN M.W.A., BRASCAMP E.W., VAN DER HEL W., 1978. Can. J. Anim. Sci., **58**, 1-13.
- VERSTEGEN M.W.A., MATEMAN G., BRANDSMA H.A., HAARTSEN P.I., 1979. Livest. Prod. Sci., **6**, 51-60.
- VERSTEGEN M.W.A., BRANDSMA H.A., MATEMAN G., 1982. J. Anim. Sci., **55**, 88-94.