

INFLUENCE DU POTENTIEL DE CROISSANCE ET DU TAUX PROTÉIQUE DU RÉGIME SUR LES PERFORMANCES ET LES REJETS AZOTÉS DES PORCS EN CROISSANCE-FINITION, ALIMENTÉS À VOLONTÉ

Nathalie QUINIOU (1), J.Y. DOORMAD (1), Y. HENRY (1), D. BOURDON (1), D. GUILLOU (2)

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

(2) UNCAA, Division Productions Animales, UCAAB - B.P. 19, 02402 Château-Thierry Cedex

L'effet d'une diminution du taux de protéines de l'aliment, en combinaison avec différents niveaux de potentiel de croissance, a été étudié dans la perspective d'une réduction des rejets azotés des porcs en engraissement. Cent-vingt porcs (30-100 kg de poids vif) issus de deux génotypes (Large White et croisement Piétrain x Large White) et de deux types sexuels (femelles et mâles castrés) ont reçu un des trois régimes expérimentaux. Les régimes étaient formulés de façon à avoir la même teneur en énergie nette et différaient par leurs teneurs en protéines brutes (PB) (17,8, 15,5 et 13,6 %). La réduction du taux de PB était associée à une poly-supplémentation en acides aminés industriels. Les porcs étaient placés en cage individuelle et nourris à volonté. L'ingestion alimentaire, l'indice de consommation, le gain de poids moyen quotidien et les caractéristiques de carcasse ont été influencés par le génotype et le sexe, alors que le régime n'a pas eu d'effet sur ces paramètres. En moyenne, le rejet azoté était inférieur chez les animaux PxLW comparativement aux LW (-11%), et chez les femelles comparativement aux mâles castrés (-6%). La réduction de la teneur en protéines était associée à une réduction importante des rejets azotés, soit respectivement -33% et -18% pour les régimes à 13,6% et à 15,5% PB par rapport au régime à 17,8% PB.

Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs fed ad-libitum.

The effect of decreasing dietary protein level in growing-finishing pigs was studied, in combination with different genetic growth potentials, in order to reduce nitrogen (N) output. One hundred and twenty pigs (30-100 kg live weight) of two genotypes (Large White (LW) and crossbred Piétrain x Large White) and two sexes (female and castrated males) were fed one of three diets differing in crude protein (CP) content (17.8, 15.5 and 13.6%, re-equilibrated with industrial amino acids) with the same net energy (NE) content. They were fed *ad libitum* and housed in individual pens. Feed intake, average daily gain (ADG) and carcass characteristics were affected by genotype and sex, but not by dietary CP content. On average, N output was lower for crossbred than for LW pigs (-11%) and for females compared to castrated males (-6%). The decrease in dietary protein was associated with an important reduction in N output : -33% and -18% for 13.6 and 15.5% CP diets, respectively, compared to 17.8% CP diet.

INTRODUCTION

L'utilisation de régimes à teneur modérée en protéines permet de réduire l'excrétion azotée chez le porc à l'engrais (LENIS, 1989; TAMMINGA et VERSTEGEN, 1991; JONBLOED et LENIS, 1992; GATEL et GROSJEAN, 1992; DOURMAD *et al.* 1992, QUINIOU *et al.*, 1993). Ceci peut être obtenu par une meilleure adéquation des apports de protéines et d'acides aminés aux besoins de l'animal, en fonction de son stade de croissance, ou encore en améliorant le profil en acides aminés des protéines de l'aliment (HENRY, 1988; 1993; HENRY et BOURDON, 1993). Cependant, cette approche ne peut être envisagée que dans la mesure où les performances de croissance ne sont pas altérées. En effet, avec des régimes à trop faible teneur en protéines, certaines études ont mis en évidence une détérioration de l'efficacité alimentaire, sans diminution des rejets azotés (LATIMIER et CHATELIER, 1992; KIES *et al.*, 1992). De plus, il est nécessaire de considérer les effets éventuels d'une réduction du taux de protéines sur l'utilisation de l'énergie, sur la consommation alimentaire et la composition corporelle à l'abattage. En effet, dans certaines études, l'augmentation de la teneur en protéines de l'aliment s'est accompagnée d'une réduction de l'appétit (HENRY, 1985) et/ou de l'adiposité de la carcasse (IVAN et FARELL, 1975; NOBLET *et al.*, 1977; HENRY et PEREZ, 1986; NOBLET *et al.*, 1987). Par ailleurs, on peut penser que l'effet stimulant de l'amélioration de l'équilibre en acides aminés sur l'ingestion alimentaire, parallèlement à l'abaissement de la teneur globale en protéines, pourrait être particulièrement profitable aux porcs de type maigre et à appétit limité, en favorisant le dépôt de maigre et non de gras comme c'est le cas pour les porcs conventionnels.

L'objectif de la présente expérience est donc d'étudier, pour différents types de porcs, l'influence d'une réduction du taux protéique du régime sur l'ingestion spontanée d'aliment, les performances de croissance, la composition corporelle à l'abattage et les rejets azotés, tout en maintenant un profil d'équilibre optimal entre les acides aminés selon le taux protéique.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

La première expérience porte sur 120 porcs entre 29,4 (\pm 1,4) et 103 (\pm 3,6) kg de poids vif, répartis en douze lots suivant un dispositif factoriel 2 x 2 x 3 :

- 2 génotypes : Large White (LW) et croisés Piétrain x Large White,
- 2 sexes: femelles et mâles castrés,
- 3 régimes alimentaires.

Les trois régimes diffèrent par leurs teneurs en matières azotées totales (MAT) et leurs profils respectifs de composition en acides aminés (tableau 1). Ils sont formulés à partir de blé et de tourteau de soja, la teneur en lysine digestible étant toujours supérieure ou égale à 0,70%, en accord avec les recommandations (INRA, 1989). Dans les trois régimes, les teneurs respectives en méthionine, méthionine + cystine, thréonine et tryptophane représentent au moins 30, 60, 65 et 18% de l'apport de lysine. Le régime H (Haut: 17,8% de MAT) est formulé sans supplémentation en acide aminé industriel.

Tableau 1 - Composition des régimes et résultats d'analyse

	Régimes		
	H	M	B
Composition (%)			
Blé	69,3	78,4	87,3
Tourteau de soja 48	21,2	13,0	5,0
Mélasses de canne	3,0	3,0	3,0
Huile de maïs	2,5	1,3	-
L-Lysine HCl	-	0,23	0,46
L-Thréonine	-	0,08	0,17
DL-Méthionine	-	0,02	0,05
L-Tryptophane	-	-	0,02
Sel	0,3	0,3	0,3
Oligo-éléments-vitamines ⁽¹⁾	0,5	0,5	0,5
Craie broyée	1,1	1,1	1,1
Phosphate bicalcique	2,1	2,1	2,1
Composition chimique (% frais)			
Matière sèche	89,0	89,0	89,0
MAT	17,8	15,5	13,6
Cellulose brute	3,08	2,97	2,39
Matières grasses	4,21	3,00	1,73
NDF	14,27	13,05	12,70
ADF	4,02	3,86	3,15
ADL	0,83	0,83	0,84
Matières minérales	5,87	5,41	5,11
Lysine	0,87	0,84	0,82
Thréonine	0,64	0,59	0,56
Méthionine	0,28	0,27	0,26
Méthionine + Cystine	0,64	0,60	0,55
Tryptophane	0,21	0,18	0,15

⁽¹⁾ HENRY et BOURDON (1993)

Dans les régimes M (Moyen: 15,5% de MAT) et B (Bas: 13,6 % de MAT), le taux protéique est réduit en substituant du blé au tourteau de soja et en supplémentant en L-LysineHCl, L-Thréonine et DL-Méthionine (régimes M et B), et en L-Tryptophane (régime B). Les rapports lysine/MAT dans les régimes H, M et B sont respectivement 4,9%, 5,4% et 6,0%. [Les trois régimes sont formulés sur la base de l'énergie nette (tableau 2)]. Les animaux sont élevés en loges individuelles et nourris à volonté. Les régimes sont distribués en granulés de 4,5 mm de diamètre et l'eau est disponible à volonté.

L'expérience 2 porte sur douze mâles castrés LW (quatre porcs par régime) placés en cages de digestibilité. Après une période d'adaptation de sept jours à la cage et à l'aliment expérimental, les fèces et les urines sont collectées quotidiennement pendant dix jours afin de mesurer le bilan azoté et la digestibilité de l'énergie. Le niveau alimentaire est maintenu constant (1,6 kg/j) pendant toute l'expérience. Les animaux sont pesés au début et à la fin de la période de collecte.

1.2. Mesures, analyses et calculs

Dans l'expérience 1, le poids vif et l'ingéré alimentaire sont enregistrés chaque semaine. Les porcs sont abattus à un poids vif moyen de $103,0 \pm 3,6$ kg après un jeûne d'environ 12 heures. Après 24 heures de ressuyage, la demi-carcasse gauche est découpée suivant la découpe parisienne normalisée. Les poids de muscle et de gras sont calculés à partir des résultats de la découpe (DESMOULIN *et al.*, 1988). Les méthodes utilisées pour les analyses d'aliment, de fèces et d'urine, et le calcul des coefficients de digestibilité et du bilan azoté, sont identiques à celles décrites par NOBLET *et al.* (1987).

Dans l'expérience 1, le rejet azoté est calculé par la différence

entre l'azote ingéré et l'azote retenu sous forme de protéines corporelles pendant la période d'engraissement. La quantité d'azote retenue est estimée à partir d'une relation allométrique entre la masse de protéines corporelles et le poids vif, calculée pour chaque porc en fonction du taux de muscle à l'abattage (DOURMAD *et al.*, 1992). Dans l'expérience 2, le rejet azoté est déterminé par mesure du bilan N.

Les résultats de l'expérience 1 sont soumis à une analyse de variance (GLM, SAS, 1990) incluant l'effet du régime, du génotype, du sexe et les interactions du premier et second ordre. Pour l'expérience 2, le modèle inclut seulement l'effet du régime.

2. RÉSULTATS

2.1. Utilisation digestive des régimes et bilan azoté (tableau 2, expérience 2)

Conformément au protocole, la consommation d'aliment pendant l'essai de digestibilité est de 1,6 kg/j. Le coefficient d'utilisation digestive apparente de l'énergie (87,1%) est identique pour les trois régimes, mais compte tenu des différences de teneur en énergie brute, la teneur en énergie digestible (ED) diminue significativement quand la teneur en MAT diminue. Cependant, la teneur en énergie nette, déterminée à partir de l'ED et de la composition chimique (NOBLET *et al.*, 1989), est la même pour les trois régimes, conformément au protocole (tableau 2). La rétention d'azote tend à être supérieure ($P < 0,10$) pour le régime à haute teneur en protéines, mais le gain moyen de poids quotidien (GMQ) est le même dans les trois lots. L'excrétion fécale, urinaire et totale d'azote augmente linéairement avec la teneur en protéines du régime.

Tableau 2 - Résultats de digestibilité et bilan azoté

	Régime			ETR (1)	Rég (2)
	H	M	B		
Poids vif moyen, kg	45,0	45,0	44,8	0,9	ns
Énergie brute, kcal/kg	3888	3833	3754	-	-
Énergie digestible, kcal/kg	3378a	3324b	3286b	21	**
Énergie nette(3), kcal/kg	2438	2438	2438	-	-
Bilan azoté, g/j					
N ingéré	45,6	39,7	34,8	-	-
N retenu	18,0	16,8	16,2	1,6	t
N fécal	6,3a	5,6ab	5,0b	0,7	*
N urinaire	21,5a	17,3b	13,6c	1,7	**
N excrété total	27,6a	22,9b	18,6c	1,6	**

(1) ETR : Ecart-type Moyen Résiduel

(2) Signification statistique: *** $P < 0,001$, ** $P < 0,01$, * $P < 0,05$, t $P < 0,1$. Effet du régime (Rég). Les moyennes auxquelles sont attribuées une lettre différente sont significativement différentes au seuil $P < 0,05$.

(3) La teneur en énergie nette est calculée à partir de la valeur ED et de la composition chimique des régimes (NOBLET *et al.*, 1989).

2.2. Consommation d'aliment, performances de croissance et d'abattage

L'ingestion d'aliment n'est pas influencée par la teneur en protéines du régime. Par contre, le génotype et le sexe ont

des effets marqués sur la consommation : celle des mâles castrés est supérieure à celle des femelles et celle des LW est supérieure à celle des PxLW (tableau 3). Aucune interaction entre les traitements expérimentaux (génotype, sexe, régime) n'est significative. La réduction du taux de protéines

alimentaires n'affecte pas le GMQ sur l'ensemble de l'expérience (855 g/j), ni pendant les périodes de croissance ou de finition (respectivement 685 et 1050 g/j). Le GMQ est significativement plus élevé pour les animaux LW que pour les PxLW, et chez les mâles castrés que chez les femelles. L'indice de consommation n'est pas influencé par le régime quand il est exprimé en kcal EN par kg de gain de poids, ou en kg d'aliment par kg de gain de poids. Par contre, il augmente significativement avec le taux protéique du régime quand il est exprimé en kcal ED par kg de gain de poids. L'indice de consommation est

plus faible chez les PxLW que chez les LW, et plus élevé chez les mâles castrés que chez les femelles.

Le rendement d'abattage à chaud n'est pas significativement affecté par le régime ou le sexe, mais il est plus élevé chez les PxLW que chez les LW. Le taux de muscle est supérieur et le taux de gras inférieur chez les PxLW par rapport aux LW, et chez les femelles par rapport aux mâles castrés. La composition corporelle n'est pas influencée par la teneur en MAT du régime.

Tableau 3 -Influence du génotype, du sexe et du taux protéique du régime sur les performances de croissance et d'abattage (expérience 1).

Lot	LW		PxLW		Régimes			ETR	Stat.(1)
	F	MC	F	MC	H	M	B		
MAT, % Lys/MAT, %					17,8 4,9	15,5 5,4	13,6 6,0		
Poids initial, kg Poids final, kg	29,7 103,1	29,8 103,1	29,5 102,0	28,8 103,4	29,3 102,9	29,5 103,2	29,4 102,8	1,1 3,4	G** -
Aliment ingéré, g/j	2373a	2565b	2042c	2262d	2292	2319	2307	209	G***, S***
GMQ, g/j	872a	909a	784b	854a	846	867	852	90	G***, S**
IC, kg/kg	2,73a	2,83b	2,60c	2,65c	2,71	2,68	2,72	0,14	G***, S*
IC, kcal ED/kg	9065	9121	8959	8844	9147a	8937b	8907b	447	R*(2)
IC, kcal EN/kg	6631	6675	6553	6470	6588	6560	6599	328	-(2)
Rendement, %	80,4	80,5	82,0	82,2	80,9	81,2	81,6	1,7	G***
Muscles, %	50,5	47,8	56,0	52,7	51,3	52,3	51,6	2,1	G***, S***
Gras, %	19,5	23,5	14,4	18,3	19,1	18,4	19,3	3,0	G***, S***

(1) voir tableau 2. R: régime, G: génotype, S: sexe.

(2) L'effet du régime a été testé avec ajustement en fonction de la composition corporelle à l'abattage (teneur en muscles).

2.3. Réention et excréation azotée (expérience 1)

comparés aux LW, mais n'est pas significativement différente entre les sexes ou entre les régimes (tableau 4). La quantité totale d'azote ingéré augmente linéairement avec la teneur en

La rétention totale d'azote est supérieure chez les PxLW

Tableau 4 - Effet du génotype, du sexe et du taux protéique du régime sur l'azote ingéré, retenu, et excrété (expérience 1)

Lot	LW		PxLW		ETR	Stat.(1)
	F	MC	F	MC		
N ingéré, kg/porc						
Rég. H	5,79	5,82	5,40	5,64		
Rég. M	4,92	5,16	4,73	4,79		
Rég. B	4,32	4,56	4,03	4,38	0,31	R***, G***, S***
N retenu, kg/porc						
Rég. H	1,72	1,74	1,83	1,81		
Rég. M	1,81	1,74	1,80	1,84		
Rég. B	1,75	1,70	1,84	1,83	0,08	G***
N excrété, kg/porc						
Rég. H	4,07	4,08	3,57	3,83		
Rég. M	3,11	3,42	2,93	2,95		
Rég. B	2,58	2,86	2,19	2,55	0,28	R***, G***, S***

(1) voir tableaux 2 et 3

MAT du régime et est plus élevée chez les LW que chez les PxLW, et chez les mâles castrés que chez les femelles, en relation avec la consommation d'aliment. L'excrétion azotée par porc est significativement plus faible pour les PxLW que les LW (-11%), et les femelles que les mâles castrés (-6%). La réduction du taux protéique du régime s'accompagne d'une forte diminution du rejet d'azote : respectivement -33% et -18% pour les régimes B et M comparés au régime H. L'excrétion d'azote varie entre 2,2 kg/porc pour les femelles PxLW recevant le régime à basse teneur en protéines et 4,1 kg/porc pour les femelles et les mâles castrés LW recevant le régime à haute teneur en protéines.

3. DISCUSSION

Comme l'ont déjà montré NOBLET et HENRY (1977), NOBLET *et al.* (1987), CROMWELL *et al.* (1988) et KIES *et al.* (1992), la réduction de la teneur en protéines du régime ne modifie pas le GMQ, ni l'indice de consommation, quand le régime est correctement supplémenté en acides aminés industriels. Cependant, avec un régime à faible teneur en protéines (10,5%), quoique rééquilibré en acides aminés, KIES *et al.* (1992) notent une réduction des performances de croissance, ce qui révèle peut-être une déficience en acides aminés non essentiels. Selon HENRY et DOURMAD (1992), chez les porcs en croissance, l'amélioration du profil de composition de l'aliment en acides aminés permet de réduire la teneur en MAT de l'aliment, et par conséquent le rejet azoté, jusqu'au seuil minimal de la «protéine idéale». Ceci correspond à environ 12,5 % MAT et un ratio lysine/protéines de 6,5 %. Le rapport entre acides aminés essentiels et non essentiels est alors proche de 1 (CHUNG et BAKER, 1992).

Les effets du sexe et du génotype sur l'ingestion d'aliment sont conformes aux résultats disponibles dans la bibliographie. La teneur en protéines du régime ne modifie pas la consommation spontanée, bien que certaines études mettent en évidence une réduction du niveau spontané d'ingestion avec des régimes à haute teneur en protéines (HENRY, 1985). Ainsi, lorsque l'apport de tryptophane est sub-limitant, HENRY *et al.* (1992) notent un effet dépressif d'un taux élevé de protéines sur l'appétit. Cet effet serait lié à un déséquilibre entre les acides aminés neutres apportés en excès et le tryptophane. Dans le cas de la lysine par contre, HENRY (1993) n'observe pas d'effet d'interaction avec le taux de protéines sur l'appétit. Dans notre étude, aucun effet du régime n'est pas davantage observé sur le niveau de consommation, la lysine étant également l'acide aminé limitant. On peut donc supposer que l'apport protéique et le profil de composition en acides aminés sont correctement ajustés dans les trois régimes.

La composition corporelle à l'abattage n'est pas affectée par la teneur en protéines du régime, alors que certains travaux (NOBLET et HENRY, 1977; HENRY et PEREZ, 1986; NOBLET *et al.*, 1987; CROMWELL *et al.*, 1988) ont montré une augmentation de la teneur en gras des carcasses lorsque le taux protéique du régime diminue. Dans la plupart de ces études, les régimes étaient formulés en énergie digestible, la teneur en EN étant alors plus faible dans les régimes riches en protéines. En effet, le catabolisme des protéines excédentaires s'accompagne de pertes énergétiques urinaires et d'une production d'extra-chaaleur plus importantes (NOBLET *et al.*, 1987). Une réduction de l'apport de protéines permet donc une «épargne» d'énergie et peut dans certaines conditions et selon le type de porc, s'accompagner d'un dépôt de lipides plus important. On

constate d'ailleurs que, dans notre étude, l'efficacité d'utilisation de l'ED pour la croissance diminue quand la teneur en MAT du régime augmente. La formulation de régimes à faible teneur en protéines (ré-équilibrés en acides aminés) doit donc se faire sur la base de l'énergie nette, afin d'éviter les effets négatifs éventuels sur la composition corporelle. L'absence d'interaction entre le génotype et le régime sur l'ingestion alimentaire et la composition corporelle conduit à penser que le faible écart entre les deux types de porcs utilisés n'a pas permis de faire apparaître une différenciation dans la répartition de l'énergie pour la fixation des protéines et des lipides en fonction de l'équilibre du régime en acides aminés, lorsque les animaux sont alimentés à volonté.

En moyenne pour les quatre types de porcs, la réduction du taux de protéines de H à M et de H à B s'accompagne d'une diminution des rejets azotés respectivement de 20 et 35 %. Cela correspond à 1,35 kg d'azote rejeté en moins pour les porcs du lot B comparés à ceux du lot H. Chez des porcs en finition, d'un poids moyen de 60 kg, GATEL et GROSJEAN (1992) trouvent une réduction de 31 % du rejet azoté quand le taux de MAT diminue de 17,4 à 14,8%, soit une valeur proche de celle obtenue ici.

Pour le régime à haute teneur en protéines, l'excrétion azotée représente respectivement 70 et 67 % de l'ingéré, chez les porcs LW et PxLW. Pour le régime à basse teneur en protéines, l'excrétion azotée des femelles et des mâles castrés n'est plus que de 60 et 63 % de l'azote ingéré chez les porcs LW et 54 et 58 % chez les PxLW. Avec un apport de protéines parfaitement équilibré et très disponible, l'excrétion azotée du porc en croissance-finition pourrait être de 40 % de l'ingéré seulement selon HENRY et DOURMAD (1992). Chez des porcs entre 10 et 20 kg, CHUNG et BAKER (1992) observent une excrétion d'azote équivalente à 32 % de l'ingéré seulement, avec des régimes semi-synthétiques à base d'acides aminés industriels (profil en acides aminés proche de celui de la protéine idéale et digestibilité apparente des protéines de 96 %). En pratique, la réduction du rejet azoté en dessous de 54% de l'ingéré, valeur obtenue dans cette expérience, supposerait donc de combiner l'amélioration de l'équilibre des protéines alimentaires avec un meilleur ajustement des apports de protéines et d'acides aminés au cours du temps en fonction des besoins de l'animal (JONBLOED et LENIS, 1992; HENRY et DOURMAD, 1992).

CONCLUSION

En accord avec les perspectives de JONBLOED et LENIS (1992), les rejets azotés peuvent être diminués de 1/3 grâce à l'alimentation, sans effet négatif sur les performances de croissance ou la composition corporelle à l'abattage. L'amélioration du potentiel de croissance des animaux, par la sélection ou par l'amélioration des conditions d'élevage, contribue également à réduire les rejets azotés. Il est ainsi possible, par des stratégies alimentaires adéquates, de trouver un bon compromis entre les exigences de productivité et les contraintes d'environnement.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme européen (DG VI, contrat N°91-0112) «*Reduction of nitrogen output in pig effluents through a better control of dietary protein supply*». Les auteurs remercient G. CONSEIL et ses collaborateurs pour leur assistance technique et les soins apportés aux animaux, l'abattage des porcs et les mesures connexes, et Nadine MÉZIÈRE pour l'analyse des régimes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHUNG T.K., BAKER D.H., 1991. *J.Nutr.* 121, 979-984.
- CROMWELL G.L., CLINE T.R., CRENSHAW J.D., EWAN R.C., MAHAN D.C., MILLER E.R., PETTIGREW J.E. & WAHLSTOM R.C., 1988. *J.Anim.Sci.* 66 (supp. 1), 143 (abstract).
- DESMOULIN B., ÉCOLAN P., BONNEAU M., 1988. *INRA Prod. Anim.* 1, 59-64.
- DOURMAD J.Y., GUILLOU D., NOBLET J. 1992. *Livest. Prod. Sci.* 31, 95-107.
- GATEL F., GROSJEAN F., 1992. *Livest. Prod. Sci.* 31: 109-120.
- HENRY Y., 1985. *Livest. Prod. Sci.*, 13, 339-354.
- HENRY Y., 1988. *INRA Prod. Anim.* 1, 65-74.
- HENRY Y., 1993. *INRA Prod. Anim.* 6 (3), 199-212.
- HENRY Y., DOURMAD J.Y., 1992. 2nd international Feed Production Conference (G. PIVA, Ed.), Facoltà di Agroria, Piacenza (Italy), pp 191-208.
- HENRY Y., BOURDON D., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 263-272.
- INRA, 1989. *L'alimentation des monogastriques: porc, lapin, volailles.* INRA, Paris, 282p.
- HENRY Y., PEREZ J.M., 1986. *Journées Rech. Porcine en France*, 18, 57-66.
- IVAN M., FARELL D.J., 1975. *Anim. Prod.* 20, 267-276.
- JONGBLOED A.W., LENIS N.P., 1992. *Livest. Prod. Sci.* 31, 75-94.
- KIES A., AUGIER V., VENUAT M., GRIMALDI J.-L., 1992. *Journées Rech. Porcine en France* 24, 219-226.
- LATIMIER P., CHATELIER C., 1992. *Journées Rech. Porcine en France* 24, 227-236.
- LENIS, 1989. *Netherland J. Agric. Sci.*, 37, 61-70.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. *INRA, Paris*, 106 pp.
- NOBLET J., HENRY Y., 1977. *Ann. Zootech.* 26, 379-394.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. *J. Anim. Sci.* 65, 717-726.
- QUINIOU N., NOBLET J., DOURMAD J.Y., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 287-294.
- SAS, 1990. *SAS User's Guide: Statistics.* SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- TAMMINGA S., VERSTEGEN M.W., 1991. Protein nutrition and animal production: consequences for environments and some possible recommendations. In: *Proc 6th Internat. Symp. Protein Metabolism and nutrition.* EAAP Publication No 59. vol I, *Nat.Inst.Anim.Sci.*, Foulum, Denmark, pp 23-36.