

DIMINUTION DES TAUX PROTÉIQUES : INFLUENCE SUR LA QUANTITÉ D'AZOTE EXCRÉTÉ ET LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DU PORC CHARCUTIER

A. KIES, V. AUGIER, Monique VENUAT, J-L GRIMALDI

Rhône-Poulenc Animal Nutrition - 03600 Commentry.

Nous avons voulu tester l'influence d'une diminution importante du taux protéique sur les performances zootechniques des porcs charcutiers et sur l'excrétion de l'azote.

Quatre traitements ont été comparés : régime 1 (12,7 et 10,8 % M.A.T. dans respectivement l'aliment «croissance» et l'aliment «finition»), régime 2 (15,8 et 13,9 %), régime 3 (15,6 et 13,4 %) et régime 4 (18,6 et 16,5 %). Les aliments du régime 2 étaient exactement les mêmes que ceux du régime 1, mais avec utilisation de gélatine. Le taux de protéines était augmenté.

Pour le test zootechnique, 96 porcs (en case individuelle, rationnés, 25-95 kg) étaient utilisés. Nous n'avons observé aucune différence significative entre les traitements pendant la période de croissance pour le gain de poids et l'indice de consommation. Par contre, pendant la période finition, ces deux paramètres étaient moins bons pour les régimes 1 et 2 ($p < 0,05$). (G.M.Q. : 846 et 857 versus 904 et 898 ; I.C. : 2,70 et 2,72 versus 2,53 et 2,62).

Pour quantifier l'excrétion d'azote, un bilan azoté a été effectué avec 4 animaux en carré latin. Pour les aliments «croissance» comme pour les aliments «finition», la diminution de cette excrétion était du même ordre de grandeur : d'environ 25 % du régime 4 au régime 3, et encore d'environ 25 % du régime 3 au régime 1. Entre les régimes 2 et 3, il n'y avait pas de différences.

Diminution of crude protein levels : Influence on the quantity of nitrogen excreted and on zootechnical performance of growing pigs

The influence of a significant diminution of crude protein level on zootechnical performance of growing pigs and on the excretion of nitrogen was tested. Four treatments were compared : treatment 1 (12.7 % and 10.8 % crude protein in the feed for respectively the growing period (25-60 kg) and the finishing period (60-95 kg)), treatment 2 (15.8 % and 13.9 %), treatment 3 (15.6 % and 13.4 %) and treatment 4 (18.6 % and 16.5 %). The feeds of treatment 2 were equal to those of treatment 1, but crude protein levels were raised by using gelatin.

For the zootechnical trial, 96 pigs (individually housed, restricted fed) were used. No significant differences in average daily gain or in feed conversion ratio were observed in the growing period. However, in the finishing period results were significantly ($p < 0,05$) inferior for treatments 1 and 2. (ADG : 846, 857 versus 904, 898 g/day ; FCR : 2.70, 2.72 versus 2.53, 2.62).

To estimate the quantity of nitrogen excreted, a nitrogen balance study was carried out with four animals in a latin square design. The excretion was 25 % lower for treatment 3 than for treatment 4. The same difference (25 %) was observed between treatment 1 and treatment 3. These values were about equal for growing feeds as for the finishing feeds. For treatments 2 and 3 about equal quantities of nitrogen were excreted.

INTRODUCTION

La pollution de l'environnement par le phosphore et l'azote du lisier est devenue un grave problème dans un certain nombre de régions où la densité des animaux est importante, surtout en porcs et en volailles.

Le phosphore s'accumule dans le sol. Il peut être transporté vers l'eau de surface où il peut jouer un rôle sur la croissance «explosive» des algues. La pollution par l'azote est encore plus importante. Cet élément peut aller vers l'eau de surface, mais aussi dans l'eau des nappes phréatiques (et polluer l'eau potable). Sous forme d'ammoniac, dans l'air, il est un des facteurs qui provoque la déposition acide.

Pour diminuer ces effets polluants, dans divers pays, un certain nombre de mesures ont été appliquées. Aux Pays-Bas, un système interdit d'épandre plus d'une certaine quantité de phosphore par hectare sur les terres (HEDUIT, 1989). L'excès de lisier doit être transporté vers des régions où existe un manque de fertilisants organiques ou traités dans des usines (par exemple séchage). Ces fertilisants peuvent être exportés pour utilisation en cultures. De plus, les éleveurs doivent payer une taxe dont le taux est fonction de l'excès de lisier. En France, aussi, des mesures limitant certains élevages ont été prises (Anonyme, 1991).

Pour diminuer l'excès de lisier, ou plus précisément d'azote, dans certaines régions, il y a plusieurs possibilités, par exemple :

- diminuer le nombre de porcs,
- transporter le lisier dans des régions où il y a un manque d'engrais (organiques),
- traiter le lisier (séchage, transformation en matière première),
- utiliser du lisier comme matière première, par exemple pour la production de la lysine,
- diminuer les rejets d'azote dans l'eau ou l'air en :
 - . traitant l'air vicié des porcheries,
 - . changeant la méthode de stockage du lisier,
 - . couvrant le stockage du lisier,
 - . injectant le lisier dans le sol,
 - . épandant seulement pendant la saison de croissance des plantes.
- prendre des mesures au niveau de l'alimentation :
 - . alimentation en phases,
 - . rationnement des aliments,
 - . augmentation de l'efficacité alimentaire,
 - . utilisation d'additifs qui améliorent l'efficacité des aliments,
 - . formulation sur la base d'acides aminés digestibles,
 - . traitements techniques pour diminuer les taux de facteurs anti-nutritionnels,
 - . diminution du taux protéique en réalisant un meilleur équilibre entre les différents acides aminés.

Toutes ces mesures donnent une diminution de l'azote excrété plus ou moins importante, avec des coûts plus ou moins élevés. Par la plupart de ces mesures prises en alimentation, on estime que l'on peut diminuer l'excrétion d'azote jusqu'à 5 % (COPPOOLSE et al., 1990). GATEL et al., (1991) ont conclu que la diminution du taux protéique peut apporter une diminution de l'excrétion de l'azote de 15 à 20 %, sans effet

négatif sur les performances zootechniques. Sans doute une baisse du taux d'azote appliqué à l'élevage est-elle la mesure la plus efficace pour diminuer l'excès d'azote (pour un engraisseur, jusqu'aux environs de 90 % d'azote peuvent provenir des aliments).

Dans l'essai que nous décrivons, ci-dessous, nous avons voulu tester l'influence d'une diminution importante du taux azoté sur les performances zootechniques et sur la quantité d'azote excrété.

1. ÉTUDE ZOOTECHNIQUE

1.1. Matériel et méthodes

L'expérience a été réalisée avec 4 régimes :

	Aliment Croissance (PC) % M.A.T.	Aliment Finition (PF) % M.A.T.
Régime 1	12	10
Régime 2*	15	13
Régime 3	15	13
Régime 4	18	16

* identique aux aliments du régime 1, mais le taux de M.A.T. est augmenté par une addition de gélatine.

96 porcelets ont été utilisés, soit 12 blocs de mâles castrés et 12 blocs de femelles. Chaque bloc (4 animaux) étant constitué d'animaux de la même portée, ou, à défaut, issus de deux portées ayant le même père. 72 porcelets étaient des croisés Landrace Français x Large White, les autres (12 mâles et 12 femelles) des croisés Piétrain x (Landrace Français x Large White). Les animaux ont été logés individuellement, et avaient un poids moyen initial de 26,5 kg.

Les animaux ont été nourris selon un plan de rationnement indiqué dans le tableau 1. Jusqu'à 60 kg environ, les animaux ont reçu l'aliment «croissance», de ce poids jusqu'à 95 kg environ l'aliment «finition». La composition des aliments et leurs caractéristiques sont indiquées dans les tableaux 2 et 3. Tous les aliments ont été distribués sous forme de granulés de 5 mm de diamètre.

1.2. Résultats

Les résultats de cette expérience sont indiqués dans le tableau 4.

Dans l'analyse de variance, nous avons pris en compte également les effets du sexe et de la race, mais ils ne sont pas rapportés ici. Pendant la période de croissance, nous n'avons observé aucun effet significatif pour les quatre traitements, seulement une tendance à la baisse pour la consommation des aliments PC2 et PC3.

Par contre, des effets significatifs pour le gain de poids et l'indice de consommation pendant la période «finition» ont été relevés. Les animaux qui ont reçu les aliments PF1 et PF2 ont eu une croissance significativement moins élevée que ceux qui ont reçu les autres aliments. L'indice de consommation de ceux-ci est significativement moins bon comparativement à l'aliment PF3.

Tableau 1 - Plan de rationnement. Quantités distribuées par jour (en g)

Poids (kg)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85 et au-delà
Femelles													
Croissance	1300	1450	1600	1750	1850	1950	2050	2150					
Finition								2050	2200	2300	2400	2500	2600
Mâles castrés													
Croissance	1300	1400	1500	1650	1750	1850	1950	2050					
Finition								1950	2100	2200	2300	2400	2500

Tableau 2 - Composition centésimale et caractéristiques des régimes «Croissance»

	PC1	PC2	PC3	PC4
Maïs	35,8	35,8	26,6	21,3
Orge	5,0	5,0	5,0	1,2
Son fin	13,5	13,5	12,9	12,5
Suif	0,8	0,8	1,5	1,9
Huile de maïs	2,0	2,0	2,0	2,0
Manioc	20,0	16,5	20,0	20,0
Mélasses	5,0	5,0	5,0	5,0
Tourteau de soja 48	6,9	6,9	16,0	25,1
Tourteau de tournesol 34	5,0	5,0	5,0	5,0
Gélatine	-	3,5	-	-
C.M.V.	4,0	4,0	4,0	4,0
Prémélanges expérimentaux PC1, PC2, PC3 ou PC4 (1)	2,0	2,0	2,0	2,0
Caractéristiques calculées				
Energie Nette (Kcal/kg)	2 300	2 300	2 300	2 300
Protéines brutes (%)	12,0	15,0	15,0	18,0
Lysine (%)	0,94	0,94	0,94	0,94
Méthionine (%)	0,35	0,35	0,31	0,31
Méthionine + Cystine (%)	0,56	0,56	0,56	0,59
Thréonine (%)	0,56	0,56	0,56	0,67
Tryptophane (%)	0,18	0,18	0,18	0,22
Histidine (%)	0,28	0,30	0,37	0,46
Isoleucine (%)	0,45	0,50	0,63	0,80
Leucine (%)	0,94	1,04	1,16	1,39
Phénylalanine (%)	0,52	0,59	0,69	0,86
Valine (%)	0,55	0,63	0,72	0,90
Protéines brutes analysées (%)	12,7	15,8	15,6	18,6

(1) Les prémélanges contenaient de la L-Lysine HCl, DL-Méthionine, L-Thréonine, L-Tryptophane et amidon de maïs. Le prémélange PC2 est corrigé pour les taux d'acides aminés essentiels apportés par de la gélatine.

Tableau 3 - Composition centésimale et caractéristiques des régimes «Finition»

	PF1	PF2	PF3	PF4
Maïs	1,0	1,0	2,0	16,5
Orge	37,9	37,9	28,4	5,9
Son fin	13,5	13,5	12,9	12,6
Suif	3,9	3,9	3,9	3,0
Huile de maïs	2,0	2,0	2,0	2,0
Manioc	25,0	21,5	25,0	25,0
Mélasses	5,0	5,0	5,0	5,0
Tourteau de soja 48	5,7	5,7	14,8	24,0
Gélatine	-	3,5	-	-
C.M.V.	4,0	4,0	4,0	4,0
Prémélanges expérimentaux PF1, PF2, PF3 ou PF4 (1)	2,0	2,0	2,0	2,0
Caractéristiques calculées				
Energie Nette (Kcal/kg)	2 400	2 400	2 400	2 400
Protéines brutes (%)	10,0	13,0	13,0	16,0
Lysine (%)	0,86	0,86	0,86	0,86
Méthionine (%)	0,34	0,34	0,30	0,29
Méthionine + Cystine (%)	0,52	0,52	0,52	0,54
Thréonine (%)	0,52	0,52	0,52	0,59
Tryptophane (%)	0,16	0,16	0,16	0,20
Histidine (%)	0,21	0,23	0,30	0,41
Isoleucine (%)	0,36	0,41	0,53	0,71
Leucine (%)	0,63	0,73	0,90	1,24
Phénylalanine (%)	0,43	0,50	0,60	0,77
Valine (%)	0,45	0,54	0,62	0,79
Protéines brutes analysées (%)	10,8	13,9	13,4	16,5

(1) Les prémélanges contenaient de la L-Lysine HCl, DL-Méthionine, L-Thréonine, L-Tryptophane et amidon de maïs. Le prémélange PF2 est corrigé pour les taux d'acides aminés essentiels apportés par de la gélatine.

Tableau 4 - Résultats de l'expérience zootechnique

	Nombre d'animaux	Consommation (g/j)	Gain de poids (g/j)	Indice de consommation	Pourcentage de muscles
Période 25-60 kg					
Régimes : PC1	23	1 746	799	2,20	
PC2	24	1 715	789	2,18	
PC3	24	1 714	784	2,19	
PC4	24	1 742	806	2,17	
Analyse statistique (1)		+	N.S.	N.S.	
Période 60-95 kg					
Régimes : PF1	23	2 282	846 a	2,70 a	
PF2	23	2 319	857 a	2,72 a	
PF3	23	2 284	904 b	2,53 b	
PF4	24	2 343	898 b	2,62 ab	
Analyse statistique (1)		+	*	*	
Période totale					
Régime 1	23	2 017	820	2,47	51,6
Régime 2	23	2 024	825	2,46	51,7
Régime 3	23	1 989	840	2,37	52,3
Régime 4	24	2 023	845	2,40	52,8
Analyse statistique (1)		N.S.	N.S.	+	N.S.

(1) + Tendance à une différence entre traitements ($p < 0,10$)

* Différence entre traitements significative ($p < 0,05$)

N.S. Différence entre traitements non significative

a, b, Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes - (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

Le pourcentage de muscles est plus bas pour les régimes 1 et 2 et de manière non-significative par rapport aux autres régimes.

2. BILAN AZOTÉ

2.1. Matériel et méthodes

Pour mesurer l'excrétion d'azote, nous avons réalisé un bilan azoté. L'expérience est conduite en carré latin, 4 x 4, travaillant tout d'abord avec les aliments «croissance» et ensuite avec les aliments «finition».

Les animaux utilisés étaient 4 mâles castrés, frères de portée, issus d'un croisement Landrace Français x Large White, d'un poids vif au début de la période «croissance» de 24,1 kg et au début de la période «finition» de 39,4 kg.

Après une semaine d'adaptation en cage de digestibilité, la période expérimentale commence. Les quatre aliments sont distribués successivement, mais dans un ordre différent pour chaque animal. Les porcs ont reçu chaque aliment à tester pendant 7 jours, qui se décomposent en une période préliminaire de 5 jours (temps d'adaptation au nouvel aliment) suivie

d'une période de collecte des fèces et des urines de 2 jours. Les aliments (voir tableaux 1 et 2) sont distribués 2 fois par jour, selon un plan de rationnement (dépendant du poids et de la croissance de l'animal). L'eau a été disponible à volonté.

L'urine est recueillie dans une solution d'acide sulfurique, pour éviter le plus possible une perte d'ammoniac. Les fèces sont pesées après chaque prélèvement, puis placées dans un récipient à fermeture hermétique, contenant du formol. Urine et fèces ont été collectées 2 fois par jour. Les récipients ont été stockés dans un réfrigérateur. Après l'expérience, l'urine a été pesée. Des échantillons d'urine comme de fèces sont pris après homogénéisation. Matière sèche (fèces) et azote (urine et fèces) sont analysés dans la matière fraîche, selon les méthodes courantes.

2.2. Résultats

Les résultats sont indiqués dans le tableau 5 pour les aliments «croissance» et dans le tableau 6 pour les aliments «finition». Dans ces tableaux, les quantités d'azote ingéré, fécal, total excrété et retenu sont exprimées en g/jour/kg de poids métabolique, pour corriger des petites variations de poids entre animaux.

Tableau 5 - Résultats du bilan azoté des aliments «croissance»

	Aliments				Analyse statistique (1)	C.V. résiduels (%)
	PC1	PC2	PC3	PC4		
Azote ingéré (g/j/kg0,75)	1,67 a	2,02 b	2,00 b	2,42 c	***	2,5
Azote fécal (g/j/kg0,75)	0,27	0,29	0,29	0,34	N.S.	14,8
Azote total excrété (g/j/kg0,75)	0,63 a	0,94 b	0,90 b	1,20 c	**	11,3
Azote retenu (g/j/kg0,75)	1,04	1,07	1,11	1,22	N.S.	9,2
Digestibilité fécale apparente de l'azote	0,84	0,86	0,85	0,86	N.S.	2,1
Valeur biologique apparente	0,74 a	0,62 b	0,64 ab	0,59 b	*	8,7
Efficacité d'utilisation apparente de l'azote	0,62	0,53	0,55	0,51	N.S.	9,5

(1) Analyse de variance :

*** Différence très hautement significative ($P < 0,001$)

** Différence hautement significative ($P < 0,01$)

* Différence significative ($P < 0,05$)

N.S. Différence non significative

a, b, c, Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

Avec les aliments «croissance», l'azote ingéré est fortement dépendant du taux d'azote des aliments. L'azote retenu augmente non significativement, comme l'azote excrété avec les fèces. Les taux d'azote total excrété suivent l'azote ingéré : différence non significative entre PC2 et PC3, mais significative entre les autres combinaisons d'aliments. L'azote excrété avec l'urine augmente donc fortement avec l'augmentation du taux d'azote alimentaire. Cet effet provoque également une diminution de la valeur biologique. L'efficacité d'utilisation de

l'azote est plus élevée quand le taux protéique est plus bas, mais cet effet est non significatif.

Avec les aliments «finition», nous avons observé, dans les grandes lignes, les mêmes effets. Par contre, une différence significative entre chaque aliment pour l'azote excrété dans les fèces a été notée. La différence de digestibilité apparente d'azote fécal entre PF2 et les autres aliments était significative. Avec les aliments «finition», la valeur biologique et l'efficacité

Tableau 6 - Résultats du bilan azoté des aliments «finition»

	Aliments				Analyse statistique (1)	C.V. résiduels (%)
	PF1	PF2	PF3	PF4		
Azote ingéré (g/j/kg0,75)	1,44 a	1,82 b	1,80 b	2,04 b	**	6,1
Azote fécal (g/j/kg0,75)	0,21 a	0,20 a	0,23 b	0,26 c	**	5,5
Azote total excrété (g/j/kg0,75)	0,50 a	0,78 b	0,70 c	0,96 d	***	4,6
Azote retenu (g/j/kg0,75)	0,94	1,04	1,10	1,08	N.S.	10,6
Digestibilité fécale apparente de l'azote	0,84	0,86	0,85	0,86	N.S.	2,1
Valeur biologique apparente	0,76 a	0,64 b	0,70 c	0,60 b	**	4,3
Efficacité d'utilisation apparente de l'azote	0,65 a	0,57 bc	0,61 ab	0,53 c	**	5,1

(1) Analyse de variance :

*** Différence très hautement significative ($P < 0,001$)

** Différence hautement significative ($P < 0,01$)

* Différence significative ($P < 0,05$)

N.S. Différence non significative

a, b, c, d, Les moyennes portant des lettres différentes sont significativement différentes (test de Newman Keuls, $p < 0,05$)

d'utilisation de l'azote diminuent significativement avec une augmentation du taux protéique. Par contre, nous avons observé une différence significative entre les aliments PF2 et PF3 pour la valeur biologique.

3. DISCUSSION

Dans cette expérience, l'azote retenu et la digestibilité fécale apparente ont varié légèrement. Ceci indique que la variation obtenue dans l'excrétion totale d'azote est surtout dépendante des quantités d'azote excrété avec l'urine. Ces observations sont très semblables à celles de GATEL et al. (1991).

Dans notre essai, nous avons pu diminuer l'excrétion d'azote de 25 % avec la diminution de 18,6 à 15,7 % de M.A.T. (aliment «croissance») et de 16,5 à 13,5 % (aliment «finition»). Une diminution supplémentaire de 25 % peut être observée en abaissant le taux protéique de 15,7 à 12,7 % ou de 13,5 à 10,8 % (pour «croissance» et «finition» respectivement). Les niveaux les plus élevés ne sont pas des valeurs théoriques : les taux protéiques optimaux sont de 19,4 et 17,4 % si les aliments sont formulés avec les mêmes contraintes pour les nutriments et les matières premières que les aliments expérimentaux (prix des matières premières début 1991).

Pendant la période de croissance, aucune influence significative n'a été trouvée pour les régimes sur la vitesse de croissance et l'indice de consommation. Une preuve que le taux protéique peut être diminué jusqu'aux environs de 13 % sans répercussion négative sur les performances. Ceci peut diminuer l'excrétion d'azote de 50 % par rapport à un aliment contenant environ 19 % de protéines.

Cette diminution est plus élevée que celle rapportée par différents groupes de chercheurs (GATEL et al. (1991), COPPOOLSE et al. (1990) et LENIS (1991)), mais nous avons appliqué une diminution du taux protéique plus rigoureuse. GATEL et al. (1991) ont diminué le taux protéique de 17 à 15,5 % (15 à 20 % diminution d'excrétion d'azote).

COPPOOLSE et al. ont calculé une diminution d'excrétion de 27 % avec une diminution du taux protéique de 17,5 à 14,5 % avec également application d'un système d'alimentation multiphase. LENIS (1991) à la fin a conclu que l'azote excrété peut baisser de 25 %, si le taux protéique diminue de 18 à 15,5 %. Dans les trois rapports, ces résultats sont obtenus sans influence sur les résultats zootechniques des porcs.

Pendant la période «finition», nous avons mesuré le même ordre de diminution d'azote excrété qu'avec les aliments «croissance». Par contre, les aliments «finition» n'ont pas donné les mêmes résultats zootechniques. Les aliments PF3 et PF4 ont donné des performances meilleures que PF1 et PF2. Comme PF2 n'est pas égal à PF3, cette différence n'est pas due aux acides aminés non-essentiels.

En comparant la balance entre les acides aminés des aliments avec les balances «idéales» selon différentes sources bibliographiques (ARC, 1981 ; NRC, 1988 ; MOUGHAN et SMITH, 1984 ; WANG et FULLER, 1989), la conclusion que l'on peut tirer est que les aliments PF1 et PF2 ont été probablement limitants en isoleucine ou histidine. Le taux d'azote pouvait diminuer jusqu'à un niveau compris entre 10,8 et 13,4 %, sans avoir des résultats zootechniques moins bons. Donc il est possible de diminuer l'excrétion d'azote de plus de 25 % par rapport à une alimentation avec un aliment ayant 16,5 % M.A.T.

Cette conclusion est tirée aussi par GATEL et al. (1991), qui ont diminué le taux protéique des aliments «finition» jusqu'à 13,5 % sans répercussion sur les performances zootechniques.

4. CONCLUSION

Ces expériences, nous ont permis de conclure que :

- l'excrétion d'azote pour les porcs charcutiers peut être diminuée de 25 à 50 %, en diminuant les taux protéiques des

aliments sans avoir une influence négative sur les performances.

- cette diminution est beaucoup plus importante que les autres mesures permettant de diminuer l'excrétion d'azote.

- les taux protéiques les plus bas ne sont pas les plus économiques dans les circonstances d'aujourd'hui. Si le prix des matières premières riches en protéines monte, ou si des mesures taxant la pollution sont introduites, cela peut changer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1991. Porc Magazine 232, mars 1991, 116-119.
- ARC, 1981. The nutrient requirements of pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, England.
- COPPOOLSE J., Van VUUREN A.M., HUISMAN J., JANSSEN W.M.M.A., JONGBLOED A.W., LENIS N.P., SIMONS P.C.M., 1990. De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuisdieren, nu en morgen. IVVO, Lelystad (Pays-Bas).
- GATEL F., BERTIN J.M., GROSJEAN F., 1991. Journées Rech. Porcine en France, 23, 85-90.
- HEDUIT M., 1989. Techni-Porc, 12(4), 21-31.
- LENIS N.P., 1991. Ileal digestible amino acids for lower nitrogen excretion in pigs. 6th Int. Symp. Protein Metabolism and Nutrition, Herning Denmark, 9-14 June 1991. (B.O. EGGUM, S. BOISEN, C. BORSTING, A. DANFAER et T. HVELPLUND, eds.) EAAP-Publication 59.
- MOUGHAN P.J., SMITH W.C., 1984. N.Z. J. Agr. Res., 27, 341-347.
- NRC, 1988. Nutrient requirements of swine. 9th edition. National Academy Press, Washington, D.C. (USA).
- WANG T.C., FULLER M.F., 1989. Experiments by amino acid deletion. Br. J. Nutr., 62, 77-89.