

EFFET DE LA TENEUR EN PROTÉINES ET EN ACIDES AMINÉS DU RÉGIME SUR L'EXCRÉTION AZOTÉE DES PORCS.

F. GATEL, J.M. BERTIN, F. GROSJEAN

*Institut Technique des Céréales et Fourrages
8, avenue du Président Wilson - 75116 Paris.*

*avec la collaboration technique de
D. BARRAULT, V. BEIGNON et C. TAUPIN*

Les essais rapportés avaient pour but de quantifier par une mesure directe les variations de l'excrétion azotée en fonction de la teneur en matière azotée et acides aminés du régime ; pour cela, nous avons sélectionnés cinq séries de deux régimes, de type porc croissance, porc finition, ou porc unique, différant par leur teneur en matière azotée ou leur rapport acides aminés essentiels/ matière azotée. Ces dix régimes ont fait l'objet d'une mesure de l'excrétion azotée fécale et urinaire, sur animaux placés en cage à métabolisme durant une période de 10 jours représentative du stade physiologique considéré.

A l'intérieur d'un même essai, la digestibilité fécale apparente de la matière azotée varie peu. La quantité d'azote retenue est également sensiblement constante à l'intérieur d'un même essai et varie plutôt avec le stade physiologique qu'avec la teneur en matière azotée du régime. La diminution de la teneur en matière azotée des régimes, jusqu'à 155 g/kg en période de croissance et 135 g/kg en période de finition conduit à une réduction de l'excrétion d'azote par voie urinaire et donc de l'excrétion totale d'azote. Par rapport à des teneurs de 170 et 145 g de matière azotée/kg pour les périodes de croissance et de finition respectivement, la diminution de l'excrétion d'azote est de l'ordre de 15 à 20 %. Par ailleurs, l'élévation de la teneur en acides aminés essentiels jusqu'à 9,6 g de lysine/kg d'aliment en période de croissance et 8,6 g/kg en période de finition ne modifie pas l'excrétion journalière d'azote mais améliore légèrement la vitesse de croissance et diminue donc l'excrétion totale d'azote au cours de la période d'engraissement.

Effect of dietary protein and amino acid content on nitrogen excretion by pigs.

Trials reported in this presentation aimed to directly measure nitrogen excretion according to crude protein and amino acid content of the diet. Five series of two diets (growing, finishing or growing-finishing diets) differing by their crude protein content or their amino acid to crude protein ratio were then selected and fed to pigs placed in metabolism crates during a 10 day period representative of the physiological stage.

Apparent fecal digestibility of nitrogen was similar within a trial. Nitrogen retention was also relatively constant within a trial and was related to physiological stage rather than to dietary crude protein. The decrease of dietary crude protein content down to 155 g/kg during the growing period and 135 g/kg during the finishing period led to a reduction in urinary nitrogen excretion. Compared to classical levels of 170 and 145 g respectively, the difference in nitrogen excretion was in the range of 15 to 20 %. The increase in essential amino acid content up to 9.6 g lysine/kg during the growing period and 8.6 g/kg during the finishing period did not change daily nitrogen excretion, but slightly improved daily gain and thus decreased total nitrogen excretion during the fattening phase.

INTRODUCTION

L'élevage du porc est souvent cité comme un des responsables de la pollution des eaux par les nitrates, à cause des quantités importantes d'effluents qu'il produit et du fait qu'il s'agit le plus souvent d'élevages «hors sol», utilisant des aliments produits à l'extérieur de l'exploitation et entraînant un niveau de restitution d'éléments minéraux souvent supérieur aux capacités d'absorption des surfaces utilisées pour l'épandage des effluents.

Pour estimer et maîtriser les risques de pollution, on ne dispose le plus souvent que de valeurs moyennes d'azote excrété par animal et par an, en fonction du stade physiologique (JONGBLOED, 1984).

Or l'alimentation des animaux, notamment l'alimentation azotée a un effet sur la quantité d'azote rejetée dans les déjections : la quantité d'azote rejetée par voie fécale dépend de la digestibilité des protéines de l'aliment et donc des matières premières qui le constituent ; la quantité d'azote rejetée par voie urinaire dépend quant à elle de la plus ou moins bonne adéquation à la fois qualitative (équilibre en acides aminés des protéines du régime) et quantitative (niveau de protéines) des apports alimentaires aux besoins. Or la couverture des besoins en certains acides aminés indispensables entraîne souvent, compte-tenu des matières premières utilisées dans l'alimentation des porcs, des teneurs excédentaires en matière azotée et/ou en d'autres acides aminés.

Jusqu'ici, peu de résultats expérimentaux sont disponibles sur les variations de l'excrétion azotée en fonction de l'alimentation azotée des animaux. L'excrétion azotée est le plus souvent calculée à partir de la digestibilité de la fraction azotée des

régimes, de la vitesse de croissance des animaux et de la composition du gain de poids (DOURMAD et al., 1989 ; ESSEN, 1989 ; LENIS, 1989). Le but des essais rapportés ici était de quantifier par une mesure directe les variations de l'excrétion azotée en fonction de la teneur en matière azotée et acides aminés du régime.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons sélectionné cinq séries de deux régimes, de type porc croissance, porc finition, ou porc unique différant par leur teneur en matière azotée et/ou leur rapport acides aminés essentiels/matière azotée. Ces régimes ont fait l'objet d'essais zootechniques de comparaison des performances de croissance et d'abattage (CASTAING et GROSJEAN, 1988 ; GATEL et al., 1989 ; GATEL et GROSJEAN, 1990). Dans ces essais, la diminution de la teneur en matière azotée ou l'élévation du rapport acides aminés essentiels/matière azotée avait conduit à un maintien des performances de croissance et d'abattage voire même dans le dernier cas, à une légère amélioration des performances de croissance.

Ces dix régimes ont fait l'objet d'une mesure de l'excrétion azotée fécale et urinaire sur animaux placés en cage à métabolisme durant une période de 10 jours représentative du stade physiologique considéré (croissance, finition ou croissance-finition).

1.1. Aliments expérimentaux

La composition en matières premières et les caractéristiques chimiques des aliments expérimentaux sont rapportées dans les tableaux 1 et 2 respectivement.

TABLEAU 1
COMPOSITION DES ALIMENTS EXPÉRIMENTAUX

Essai	1		2		3		4		5	
Type d'aliment	Croissance		Finition		Croissance-Finition		Croissance		Finition	
Aliment	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Composition en %										
Escourgeon (1)	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-
Blé (2)	60,30	64,80	66,10	70,20	-	-	-	-	-	-
Maïs (3)	-	-	-	-	74,00	64,19	65,33	65,45	68,48	68,57
Pois de printemps (4)	-	-	-	-	-	25	20	20	20	20
T. soja 48 (5)	16,01	11,35	10,21	5,77	22,40	7	-	-	-	-
T. arachide (6)	-	-	-	-	-	-	10,70	10,30	7,70	7,30
L-Lysine HCl	0,09	0,25	0,08	0,23	-	0,11	0,28	0,41	0,21	0,34
DL-Méthionine	-	-	-	-	-	0,05	0,07	0,13	0,03	0,10
L-Thréonine	-	-	-	-	-	0,01	0,07	0,14	0,03	0,10
L-Tryptophane	-	-	-	-	-	0,04	0,05	0,07	0,05	0,07
CMV	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,50	3,50	3,50	3,50

(1) Composition de l'escourgeon : M.S. : 877 g/kg ; M.A.T. : 116 g/kg M.S. ; C.B. : 50 g/kg M.S. ; M.G. : 24 g/kg M.S. ; M.M. : 27 g/kg M.S.

(2) Composition du blé : M.S. : 880 g/kg ; M.A.T. : 137 g/kg M.S. ; C.B. : 26 g/kg M.S. ; M.G. : 21 g/kg M.S. ; M.M. : 18g/kg M.S.

(3) Composition du maïs, pour les comparaisons 3 et 4 - 5 respectivement : M.S. : 854 et 849 g/kg ; M.A.T. : 108 et 102 g/kg M.S. ; C.B. : 24 et 21 g/kg M.S. ; M.G. : 49 et 49 g/kg M.S. ; M.M. : 16 et 15 g/kg M.S.

(4) Composition du pois de printemps, pour les comparaisons 3 et 4 - 5 respectivement : M.S. : 848 et 842 g/kg ; M.A.T. : 250 et 243 g/kg M.S. ; C.B. : 57 et 63 g/kg M.S. ; M.G. : 13 et 13 g/kg M.S. ; M.M. : 32 et 31 g/kg M.S. ; Facteurs antitrypsiques : 3,30 et 2,30 TIU/mg M.S.

(5) Composition du tourteau soja 48 : M.S. : 872 g/kg ; M.A.T. : 546 g/kg M.S. ; C.B. : 80 g/kg M.S. ; M.G. : 27 g/kg M.S. ; M.M. : 66 g/kg M.S.

(6) Composition du tourteau d'arachide : M.S. : 892 g/kg ; M.A.T. : 541 g/kg M.S. ; C.B. : 51 g/kg M.S. ; M.G. : 10 g/kg M.S. ; M.M. : 45 g/kg M.S. ; Aflatoxines B1 : 0,04 ppm ; Aflatoxines B2 : 0,01 ppm.

TABEAU 2
CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES ET VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES ALIMENTS EXPÉRIMENTAUX (1)

Essai	1		2		3		4		5	
Type d'aliment	Croissance		Finition		Croissance-Finition		Croissance		Finition	
Aliment	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Caractéristiques chimiques (g/kg)										
Matière azotée totale	169	156	146	135	174	148	158	155	143	138
Lysine (2)	8,25	8,24	6,63	6,60	8,77	8,70	8,80	9,77	7,82	8,80
Méthionine + Cystine (2)	5,93	5,48	5,38	4,96	6,28	5,51	5,59	6,13	4,95	5,62
Thréonine (2)	5,01	5,11	4,95	4,28	6,76	5,71	5,87	6,50	5,18	5,83
Tryptophane (2)	2,21	1,97	1,92	1,70	1,87	1,67	1,69	1,87	1,56	1,74
Cellulose brute	37	28	28	26	30	29	32	29	25	26
Matière grasse	21	18	18	18	31	26	26	27	28	27
Énergie digestible (Mcal/kg)	3,17	3,16	3,17	3,16	3,31	3,30	3,26	3,26	3,25	3,26

(1) pour un aliment ramené à 870 g de M.S. par kg.

(2) Valeurs calculées d'après la composition des matières premières.

Les régimes comparés dans les essais 1 et 2 correspondent aux traitements 2 et 3 du premier essai rapporté par CAS- TAING et GROSJEAN (1988). Dans les régimes croissance (essai 1) comme dans les régimes finition (essai 2), l'introduction de lysine industrielle permet de diminuer l'incorporation de tourteau de soja et donc la teneur en matière azotée des régimes tout en maintenant un niveau d'acides aminés soufrés, de thréonine et de tryptophane supérieur ou égal aux recommandations. Dans l'essai zootechnique, l'introduction de lysine et de blé en substitution au tourteau de soja avait conduit à des performances zootechniques identiques.

Les régimes comparés dans l'essai 3 correspondent aux régimes 1 et 3 du dernier essai rapporté par GATEL et al. (1989). L'introduction de pois et d'acides aminés industriels, en substitution à une partie du maïs et du tourteau de soja permet de réduire la teneur en matière azotée en conservant des teneurs en acides aminés essentiels supérieurs ou égales aux recommandations. Ces deux régimes avaient conduit à des performances identiques.

Enfin, les régimes comparés dans les essais 4 et 5 correspondent aux traitements 2 et 3 de l'essai rapporté par GATEL et GROSJEAN (1990). Dans l'essai 4 (régimes croissance) comme dans l'essai 5 (régimes finition), les deux aliments comparés présentent une même teneur en matière azotée totale, un même équilibre entre les différents acides aminés essentiels, mais une teneur différente en acides aminés essentiels. Sur le plan des performances zootechniques, l'élévation de la teneur en acides aminés essentiels avait conduit à une légère amélioration de l'indice de consommation (- 3,1 %, $P < 0,05$ pour la période de croissance, - 3 %, NS pour la période de finition).

1.2. Animaux et conduite expérimentale

Chaque série de deux aliments est testée sur quatre couples de porcs, mâles castrés, de génotype croisé (LW LR x LW P, schéma CADS), appariés sur la base du poids vif et de l'âge.

Les animaux sont placés en cage à digestibilité permettant un contrôle précis des quantités ingérées et une collecte séparée des fécès et des urines.

L'aliment est distribué en deux repas par jour en quantité légèrement limitée, les deux porcs d'un même couple recevant la même quantité d'aliment. L'eau est par ailleurs disponible en permanence à volonté.

Chaque test est composé de deux phases : une phase d'adaptation de 10 ou 11 jours permettant à l'animal de s'adapter à sa cage et à son régime. Cette phase permet également de préciser les quantités d'aliment susceptibles d'être consommées par les animaux. Une phase de collecte durant laquelle les quantités d'aliment distribuées restent constantes (comme durant les trois derniers jours de la phase d'adaptation). On procède chaque jour à la collecte totale des fécès et des urines.

1.3. Analyses

Les matières premières et les aliments font l'objet d'une analyse chimique classique au Laboratoire de l'ITCF. L'énergie digestible est tirée des tables d'alimentation des porcs ITP - ITCF - AGPM (1989). La teneur en acides aminés des matières premières est estimée à partir de leur teneur en matière azotée à l'aide des équations des tables d'alimentation des porcs ITP - ITCF - AGPM (1989).

Les fécès sont collectées en totalité chaque jour de la phase expérimentale, pesées et stockées à - 18°C. A la fin de la période de collecte, les fécès sont homogénéisées par animal. Un échantillon est séché à l'étuve à 105°C pendant 24 h pour détermination de la matière sèche puis envoyé au Laboratoire ITCF pour dosage de l'azote.

Les urines sont collectées chaque jour sur acide sulfurique dilué à 10%. Après pesée de la quantité émise, un échantillon correspondant à une proportion constante de l'urine émise est conservé à + 4°C. A la fin de la période de collecte, les différents échantillons sont homogénéisés par animal et envoyé au Laboratoire de l'ITCF pour dosage de l'azote.

2. RÉSULTATS

2.1. Essais 1 et 2 (Tableau 3)

Conformément au protocole, l'azote ingéré diminue d'environ 7,5 % du régime A au régime B et du régime C au régime D. La digestibilité fécale apparente de la matière azotée est similaire pour les régimes A et B d'une part et pour les régimes C et D d'autre part ; la quantité d'azote excrétée par voie fécale

varie donc de façon similaire à la quantité d'azote ingérée, les différences entre les régimes A et B ou C et D n'étant cependant pas significatives. La quantité d'azote excrétée par voie urinaire diminue sensiblement du régime A au régime B (- 2,4 g soit - 16,4 %, $P < 0,05$) et du régime C au régime D (- 4,6 g soit - 19,1 %, $P = 0,06$). L'azote total excrété diminue donc d'environ 2,9 g soit 14,9 % entre les régimes A et B et 5,7 g soit 19,3 % entre les régimes C et D. Par contre, l'azote retenu varie peu.

TABLEAU 3
RÉSULTATS DES ESSAIS 1 ET 2

Essai	1				2			
	A	B	CV résiduel	Probabilité sous Ho	C	D	CV résiduel	Probabilité sous Ho
Poids moyen	44,2	44,1	-	-	84,1	85,4	-	-
Azote ingéré (g/j)	38,3	35,4	-	-	50,0	46,1	-	-
Azote fécal (g/j)	4,9	4,4	12,1	NS	5,4	4,3	13,2	NS
CUDa N (%)	87,2	87,5	1,7	NS	89,3	90,6	1,5	NS
Azote urinaire (g/j)	14,6	12,2	5,7	*	24,1	19,5	9,9	0,06
Azote retenu (g/j)	18,9	18,8	9,1	NS	20,6	22,3	9,1	NS

2.2. Essai 3 (tableau 4))

L'azote ingéré diminue comme prévu d'environ 15 % entre les régimes E et F. Comme pour les essais 1 et 2, la digestibilité fécale apparente de l'azote est peu modifiée et la quantité d'azote excrétée par voie fécale diminue entre les régimes

E et F proportionnellement à la diminution de l'azote ingéré. La quantité d'azote excrétée par voie urinaire diminue de façon importante avec la diminution de l'azote ingéré (- 7,8 g soit 35 %, $P < 0,05$). L'azote total excrété diminue donc de 9,0 g soit 31,5 %. Comme dans les essais précédents, l'azote retenu varie relativement peu.

TABLEAU 4
RÉSULTATS DE L'ESSAI 3

Aliment	E	F	CV résiduel	Probabilité sous Ho
Poids moyen	57,1	56,8	-	-
Azote ingéré (g/j)	50,3	42,7	-	-
Azote fécal (g/j)	6,4	5,2	2,5	**
CUDa N (%)	87,2	87,9	0,4	0,09
Azote urinaire (g/j)	22,2	14,4	18,5	*
Azote retenu (g/j)	21,7	23,2	15,6	NS

2.3. Essais 4 et 5 (Tableau 5)

L'azote ingéré est très proche pour les régimes G et H d'une part et I et J d'autre part. La digestibilité fécale apparente est très proche pour les régimes comparés tant en période de croissance qu'en période de finition. En période de croissance,

l'azote retenu comme l'azote excrété par voie fécale ou urinaire ne varie pas entre les régimes G et H. En période de finition, la quantité d'azote excrétée par voie urinaire diminue légèrement du régime I au régime J (- 3,6 g soit - 18 %, NS) alors que l'azote retenu augmente très légèrement.

TABLEAU 5
RÉSULTATS DES ESSAIS 4 ET 5

Essai	4				5			
	Aliment	G	H	CV résiduel	Probabilité sous Ho	I	J	CV résiduel
Poids moyen	42,0	43,8	-	-	78,4	78,1	-	-
Azote ingéré (g/j)	35,1	34,4	-	-	50,1	48,1	-	-
Azote fécal (g/j)	7,2	6,4	5,1	*	7,4	7,8	5,0	NS
CUDa N (%)	79,6	81,4	1,2	0,08	85,2	83,9	0,9	0,09
Azote urinaire (g/j)	11,4	11,6	7,0	NS	19,9	16,3	16,2	NS
Azote retenu (g/j)	16,5	16,4	4,4	NS	22,8	24,1	14,0	NS

3. DISCUSSION

D'une façon générale, la digestibilité fécale apparente de la matière azotée varie peu, l'écart pour un même essai allant de 0,3 à 1,8 points. En fait, la digestibilité de la matière azotée d'un régime est surtout liée aux matières premières qui le constituent. Or les deux régimes comparés dans un même essai ont des compositions en matières premières peu différentes et de plus les matières premières qui se substituent les unes aux autres présentent des digestibilités de la matière azotée qui, quoique légèrement différentes, restent du même ordre de grandeur.

La quantité d'azote retenue est également sensiblement constante au sein d'un même essai, et varie plutôt avec le stade physiologique qu'avec la teneur en matière azotée du régime 16,5 à 19,0 g/j vers 40 - 45 kg (essais 4 et 1 respectivement), 22,5 g/j vers 55 - 60 kg (essai 3), 21,5 à 23,5 g/j vers 80 - 85 kg (essais 2 et 5 respectivement). Conformément aux observations de TULLIS (1981), la rétention azotée maximum est atteinte relativement précocement (vers 55-60 kg dans le cas présent) puis reste stable ensuite.

Les teneurs en matières azotées des régimes B et H, F, D et J paraissent donc supérieures ou égales aux besoins des animaux pour les poids vifs considérés : 155 g/kg vers 40 - 45 kg, 145 g/kg vers 55 - 60 kg, 135 g/kg vers 80 - 85 kg. Ces valeurs sont par ailleurs conformes aux recommandations courantes.

Par contre, la diminution de la teneur en matière azotée du régime en conservant des teneurs en acides aminés essentiels supérieures ou égales aux recommandations conduit dans les essais 1, 2 et 3 à une diminution de l'excrétion azotée par voie urinaire, et partant, de l'excrétion totale d'azote : - 2,9 g/j dans l'essai 1, - 5,7 g/j dans l'essai 2, - 9,0 g/j dans l'essai 3 ; l'excrétion d'azote n'étant plus que d'environ 16,5 g vers 45 kg, 19,5 g vers 55 kg, 24,0 g vers 85 kg pour des teneurs de l'aliment de 156, 148 et 135 g de matière azotée par kg respectivement. La diminution de l'excrétion azotée est beaucoup plus importante dans l'essai 3 que dans les essais 1 et 2 : or les régimes E et F mis en comparaison dans l'essai 3 avaient été formulés pour la phase totale d'engraissement (croissance

et finition), le régime E notamment ayant une teneur en matière azotée proche de celle d'un régime croissance ; par contre, cet essai a été réalisé sur des porcs d'un poids moyen de 55 kg dont les besoins en matière azotée, exprimés relativement à l'aliment sont inférieurs à ceux de porcs en début de croissance.

Dans l'essai 4, la seule augmentation du taux d'acides aminés essentiels équilibrés entre eux, sans modification de la teneur en matière azotée du régime, ne modifie ni l'azote retenu, ni l'azote excrété par voie urinaire. Pour le stade physiologique considéré (40 à 45 kg environ) la teneur en acides aminés essentiels du régime G (8,25 g de lysine) ne constitue donc pas un facteur limitant de la rétention azotée. Ce résultat est en légère contradiction avec l'essai zootechnique correspondant où nous avons constaté sur la période 25 - 60 kg une légère amélioration de l'indice de consommation (- 3,1 %, $P < 0,05$) et de la vitesse de croissance (+ 2,5 % NS) entre les régimes G et H (GATEL et GROSJEAN, 1990). Cette discordance peut néanmoins être reliée à la différence de niveaux alimentaires pratiqués (très rationnés dans l'essai zootechnique et proches de l'à volonté dans l'essai rapporté ici). En période de finition (essai 5), la teneur en matière azotée des régimes (140 g/kg) n'est, comme nous l'avons signalé plus haut, probablement pas limitante pour des animaux de près de 80 kg de poids vif. Dans ces conditions, l'augmentation de la teneur en acides aminés équilibrés conduit à une légère augmentation de la rétention azotée correspondant à une légère diminution de l'excrétion azotée.

CONCLUSION

La diminution de la teneur en matière azotée des régimes, jusqu'à 155 g/kg en période de croissance et 135 g/kg en période de finition conduit donc à une nette diminution de l'excrétion totale d'azote : par rapport à des teneurs plus couramment appliquées de 170 et 145 g/kg pour les périodes de croissance et de finition respectivement, la diminution de l'excrétion totale d'azote est de l'ordre de 15 à 20 % alors que les performances de croissance et la rétention azotée des animaux ne sont pas modifiées.

Dans ces conditions, l'élévation de la teneur en acides aminés

essentiels équilibrés jusqu'à 9,6 g de lysine/kg d'aliment en croissance et 8,6 g de lysine/kg d'aliment en finition ne modifie pas l'excrétion journalière d'azote. Par contre, les performances de croissance sont légèrement améliorées ce qui diminue la quantité totale d'azote excrétée par le porc au cours de la période d'engraissement.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les sociétés SANOFI Santé Nutrition Animale (8, rue Christophe Colomb, 75008 Paris) et EUROLYSINE (16, rue Ballu, 75009 Paris) pour leur aide financière et leur participation à ces travaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASTAING, J. ; GROSJEAN, F. ; 1988. Acides aminés chez le porc charcutier : intérêt dans des régimes riches en céréales et en pois. In ITCF - AFZ ed. «Les acides aminés pour porcs : évolutions récentes». Paris, pp 45 - 55.
- DOURMAD, J.Y. ; HENRY, Y. ; SEVE, B. ; 1989. Porc Magazine, 217, 24 - 28
- ESSEN, B. ; 1989. Untersuchungen zur Verwendung von synthetischen Aminosäuren als alleinige Eiweißergänzung in Getreiderationen für Mastschweine. Thèse - Université de Göttingen, R.F.A.
- GATEL, F. ; GROSJEAN, F. ; CASTAING, J. ; 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 69 - 74
- GATEL, F. ; GROSJEAN, F. ; 1990. Fattening and slaughter performance of pigs from two genotypes in relation to the amino acid content of the diet. 41st Annual Meeting of the EAAP. July 9 - 12, Toulouse, France, Paper p 4 - 10
- ITP, ITCF, AGPM ; 1989. Tables d'alimentation pour les porcs. Paris, 27 p
- JONGBLOED, A.W. ; 1984. The impact of animal husbandry on the environment. 35th annual meeting of the EAAP 6 - 9 August. The Hague. The Netherlands Commission on animal management and health
- LENIS, N.P. ; 1989. Neth. J. Agric. Sci., 37, 61 - 70
- TULLIS, J.B. ; 1981. Protein growth in pigs. Thèse de doctorat, Université d'Edimbourg, Royaume-Uni, 183 p