

Influence de l'incorporation de bicarbonate de sodium dans l'aliment sur les performances du porc à l'engraissement

J.-Y. DOURMAD, Bénédicte LEBRET

Institut National de la Recherche Agronomique
Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

Avec la collaboration technique de G. Conseil, B. Carissant, M. Besnard, B. Duteil, Brigitte Trépier, M. Alix et P. Bodinier

Influence de l'utilisation du bicarbonate de sodium dans l'alimentation du porc à l'engraissement

Une étude a été réalisée sur 54 porcs à l'engraissement (27 femelles et 27 mâles castrés) entre 30 et 106 kg de poids vif, afin d'évaluer l'effet, sur les performances, de l'incorporation de bicarbonate de sodium dans l'aliment. Trois régimes expérimentaux ont été comparés : un régime témoin comportant 0,45% de sel, un second régime dans lequel l'apport de sel est calculé pour couvrir le besoin en chlore et le reste de l'apport en sodium (Na) est assuré par du bicarbonate de Na, ce qui correspond à un apport de 0,5% de bicarbonate de Na et un troisième régime correspondant au régime précédent enrichi en bicarbonate, soit une incorporation totale de 1% de bicarbonate de Na. L'équilibre électrolytique (Na + K - Cl) est alors d'environ 150 meq pour le témoin, 210 pour le régime 2 et 270 pour le régime 3. En moyenne, la vitesse de croissance a été de 900 g/j et l'indice de consommation de 2,77 kg/kg. En accord avec la bibliographie, la vitesse de croissance et la consommation d'aliment sont plus élevées chez les mâles que chez les femelles. On n'observe pas de différence de performances entre les régimes expérimentaux, les valeurs obtenues pour les trois régimes étant très voisines, aussi bien pour la consommation d'aliment, la vitesse de croissance ou l'indice de consommation. Par contre les résultats d'abattage mettent en évidence un effet très net du traitement expérimental ($P < 0,01$) sur la composition de la carcasse. Le taux de viande maigre (TVM) passe ainsi de 59,1 % dans le lot témoin à respectivement 61,0 et 61,3% pour les lots contenant 0,5 et 1,0% de bicarbonate de sodium. Cet effet est confirmé par la réduction du poids de la panne.

Effect of Sodium Bicarbonate in the diet on the performance of growing finishing pigs

An experiment was conducted on 54 fattening pigs (27 females and 27 castrated males), from 30 to 106 kg live weight, in order to evaluate the effect on performance of the incorporation of sodium bicarbonate (NaHCO_3) in the diet. Three experimental diets were compared : a control diet containing 0.45% NaCl, a second diet in which NaCl content was calculated to meet the Cl requirement and the remaining Na was provided by 0.5% NaHCO_3 . In the third diet NaHCO_3 content was increased to 1.0%. The electrolytic balance (Na + K - Cl) of these three diets amounted 150, 210 and 270 mEq/kg, respectively. Average daily gain and feed conversion ratio amounted 900 g/d and 2.77 kg/kg, respectively. In agreement with the literature, feed intake and growth rate were higher for castrated males than for females. But no difference was found for these criteria between experimental treatments. A significant effect ($P < 0.01$) of treatment was found on measurements performed at slaughter. Meat percentage increased from 59.1% in control animals to 61.0 and 61.3 % in the animals fed 0.5 and 1.0% NaHCO_3 , respectively. This effect on body composition was confirmed by the reduction of the weight of internal fat.

INTRODUCTION

Selon le NRC (1998) le besoin en sodium du porc en croissance n'excède pas 0,08 à 0,10% du régime. Le besoin en chlore est moins bien défini mais il serait inférieur à 0,08% (NRC, 1998). Chez le porcelet sevré, des travaux récents (MAHAN et al., 1996a,b) indiquent un besoin plus élevé que chez le porc à l'engrais, et suite à ces résultats, les recommandations du NRC (1998) ont été augmentées à 0,20% entre 5 et 10 kg de poids vif et 0,15% entre 10 et 20 kg de poids vif, aussi bien pour le sodium que pour le chlore. Les recommandations de l'INRA (1989) pour le sodium s'élèvent à 0,17% pour tous les types d'animaux. Des apports insuffisants en sodium entraînent une réduction des performances de croissance, alors que le porc semble peu sensible à des apports excessifs lorsque l'eau est disponible à volonté.

Les apports de sodium doivent également être raisonnés en tenant compte des effets d'interaction, en particulier avec le chlore et le potassium. Ces trois ions sont en effets les plus importants dans la régulation de l'équilibre électrolytique et acido-basique de l'individu et plusieurs études, conduites sur différentes espèces, ont montré l'importance de cet équilibre pour optimiser les performances (MONGIN, 1981; HONEYFIELD et al., 1985). En effet, le potassium, le sodium, le chlore et le bicarbonate jouent un rôle essentiel dans la régulation de l'équilibre hydrique et électrolytique de l'individu. Ces mêmes mécanismes permettent le maintien de l'équilibre acido-basique, puisque l'essentiel de sa régulation passe par des systèmes tampon ou des échanges ioniques (RUCKEBUSCH, 1986).

Le principe général permettant de relier les concentrations ioniques du régime à son effet acidogène ou alcalinogène a été présenté par MONGIN (1981). Lorsque l'excrétion urinaire compense la production endogène et l'ingestion d'acidité, le pH du sang est de 7,4 et la teneur en HCO_3^- de 25 mEq/l (MONGIN, 1981). On considère qu'il y a acidose métabolique lorsque le pH est inférieur à 7,4, la réserve alcaline du sang étant alors négative. Pour évaluer le potentiel acidogène des régimes on utilise généralement pour les animaux monogastriques le bilan électrolytique (BE, exprimé en mEq/kg) :

$$\text{BE (en mEq/kg)} = (\text{Na} / 22,99 + \text{K} / 39,1 - \text{Cl} / 35,45) \times 1000$$

Plus la valeur du BE est élevée, plus le régime est alcalinogène et plus elle est basse plus il est acidogène. La plupart des matières premières présentent un excès de cations ce qui permet de compenser l'effet généralement acidifiant du métabolisme (PATIENCE, 1990). Les matières premières riches en protéines (tourteaux, son, pois) présentent un BE élevé, en relation avec une teneur forte en potassium. Le BE des céréales est plus faible et voisin de 100, les minéraux et le sel ayant un BE nul. Compte tenu de sa teneur très élevée en sodium le BE du bicarbonate de sodium est très élevé (BE=12000) ce qui confirme bien son rôle de correcteur alcalinogène.

Les premières études sur les effets de l'équilibre électrolytique de la ration sur les performances ont été conduites chez les

volailles dans les années 70. SAUVEUR et MONGIN (1978) ont ainsi montré une réponse curvilinéaire de la vitesse de croissance lorsque le BE augmentait, la croissance maximale étant observée pour un BE d'environ 250 mEq/kg. Ces mêmes auteurs ont également montré une relation étroite entre l'acidose métabolique, caractérisée par une teneur faible du plasma en HCO_3^- , et la fréquence de dischondroplasies tibiales qui sont à l'origine de problèmes d'aplomb.

Comme chez les volailles, on observe généralement chez le porc une réponse curvilinéaire de la vitesse de croissance à l'augmentation du bilan électrolytique. Ainsi, chez des porcelets entre 7 et 11 semaines d'âge PATIENCE et al. (1987) notent une réduction importante de la vitesse de croissance lorsque le bilan (cation - anion, dUa) du régime passe de 300 mEq à -80 mEq. Cette réduction de la vitesse de croissance est associée à une réduction de la consommation d'aliment, alors que l'indice de consommation est peu affecté. Les performances maximales sont obtenues un BE d'environ 150-170 mEq/kg. Chez des porcelets entre 5 et 7 semaines, GOLZ et CRENSHAW (1991) observent également des effets d'interactions entre les apports de Na, Cl et K. La croissance maximale est atteinte pour un BE de 200 à 250 mEq/kg. Chez le porc à l'engraissement entre 20 et 105 kg de poids vifs, HAYDON et al. (1990) observent une réponse similaire à celle obtenue sur des animaux plus jeunes. La vitesse de croissance et la consommation d'aliment sont maximales pour un BE d'environ 250 mEq/kg et l'indice de consommation n'est pas affecté.

L'amélioration de la vitesse de croissance, observée dans plusieurs études serait en partie le résultat d'une augmentation de l'appétit des animaux. Cet effet serait amplifié dans des conditions de stress thermique (température élevée) susceptibles de générer un déséquilibre acido-basique sanguin, du fait de la sur-ventilation pulmonaire. Cet effet mis en évidence chez les volailles, a également été observé dans des conditions de température élevée chez le porc à l'engraissement, les performances étant plus élevées avec un BE de 250 mEq/kg, qu'avec 100 ou 400 mEq/kg (UTLEY et al., 1987).

Compte tenu de ces différents éléments bibliographiques (DOURMAD et MESCHY, 1998), une expérimentation a été conduite sur des porcs à l'engrais (de 30-35 à 105 kg de poids vif) placés dans des conditions de température ambiante élevée afin de mesurer les effets d'une supplémentation en bicarbonate de sodium sur performances de croissance et la composition corporelle.

1. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

1.1. Conduite de l'expérience

L'expérience est conduite sur 54 porcs en croissance (27 femelles et 27 mâles castrés) provenant de l'élevage expérimental de l'INRA (Saint-Gilles). Les animaux sont issus du croisement habituel utilisé à la station : Piértrain

x (Landrace x Large White). Les animaux sont mis en expérience sur la base de blocs de trois animaux de même sexe et comparables pour leur poids vif et leur âge, environ une semaine après la mutation au bâtiment d'engraissement, soit à environ 30 kg de poids vif. Ils sont élevés en loges individuelles de façon à pouvoir mesurer la consommation d'aliment. La température ambiante de la salle est maintenue au dessus de 27-28°C, de façon à se situer en permanence dans une zone de stress thermique modéré. Les animaux sont nourris à volonté. Trois conduites alimentaires sont comparées. Il y a donc 9 mâles et 9 femelles par traitement.

Les trois conduites alimentaires consistent en :

- un régime témoin comportant 0,45% de sel (NaCl).
- un second régime dans lequel l'apport de sel est calculé pour couvrir le besoin en chlore (Cl=0,2%; NRC, 1998) et le reste de l'apport en sodium sera assuré par du bicarbonate, ce qui correspond à un apport de 0,5% de bicarbonate de sodium.
- un troisième régime correspondant au régime précédent enrichi en bicarbonate, soit une incorporation totale de 1% de bicarbonate de sodium.

Tableau 1 - Composition des régimes expérimentaux

	Régime 1	Régime 2	Régime 3
Bilan électrolytique mEq/kg (Na+K-Cl)	150	210	270
Ingrédients, %			
Sel	0,45	0,13	0,13
Bicarbonate de sodium	0,00	0,50	1,00
Orge	25,84	25,65	25,15
Blé	25,00	25,00	25,00
Mais	25,00	25,00	25,00
T. soja48	17,10	17,10	17,10
Mélasse	3,00	3,00	3,00
Phosphate bicalcique	1,70	1,70	1,70
Craie broyée	1,10	1,10	1,10
L-lysine HCl	0,22	0,22	0,22
Méthionine	0,04	0,04	0,04
Thréonine	0,06	0,06	0,06
COV	0,50	0,50	0,50
Composition			
MAT, %	16,0	16,0	16,0
Cellulose brute; %	3,2	3,2	3,2
Énergie nette, Kcal/kg	2270	2270	2270
Lysine digestible, %	0,81	0,81	0,81
Na, g/kg	2,2	2,3	3,7
K, g/kg	6,7	6,7	6,7
Cl, g/kg	3,9	2,0	2,0

L'équilibre électrolytique (Na + K - Cl) est alors d'environ 150 meq pour le témoin, 210 pour le régimes 2 et 270 pour le régime 3. La supplémentation en bicarbonate de sodium est réalisée en substitution à la fraction de sel retirée et à de l'orge. La composition des régimes expérimentaux est rapportée au tableau 1.

1.2. Mesures

Les animaux sont pesés au début et à la fin de l'expérience et une fois par quinzaine. Les refus d'aliment sont pesés chaque semaine afin de déterminer la consommation moyenne hebdomadaire. Une prise de sang est réalisée (environ une semaine avant l'abattage) afin de déterminer l'hématocrite, le pH et les contenus en CO₂ en O₂.

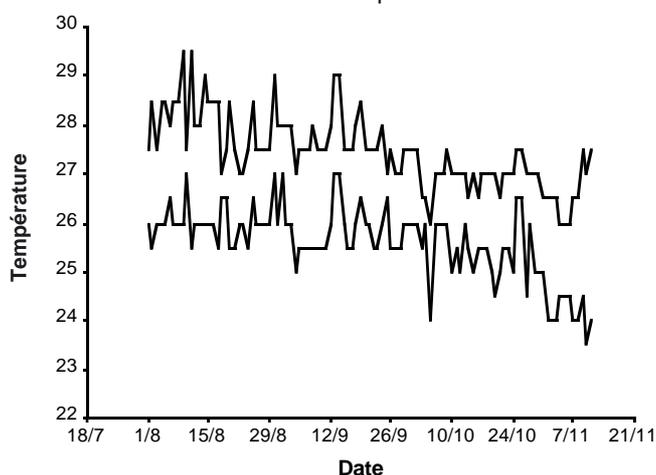
En fin d'expérience, les animaux sont abattus lorsqu'ils atteignent 105 kg de poids vif et la teneur en viande maigre de la carcasse est déterminée à l'aide du fat'o'meater. Les mesures suivantes de qualité de la viande sont également réalisées : pH 24 h post mortem, couleur (réflectomètre Rétrolux) et la perte d'eau du muscle long dorsal (noix de côtelette à 5 °C pendant 48 h) (HONICKEL, 1998).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Conditions de logement

La température ambiante a été en moyenne de 26,4°C sur l'ensemble de l'expérience. La moyenne des températures minimales et maximales étant respectivement de 25,5 et 27,4°C. La température a été légèrement supérieure en début d'expérience (août - septembre : 26,9 ± 0,9 °C) qu'en fin d'expérience (octobre - novembre : 25,8 ± 0,9 °C) en raison des conditions climatiques extérieures (figure 1).

Figure 1 - Évolution des températures journalières minimales et maximales dans la cellule d'engraissement au cours de l'expérience



2.2. Performances de croissance

En raison de quelques problèmes sanitaires (diarrhées) survenus au début de la période de finition sur quelques animaux, indépendamment des traitements expérimentaux, 48 porcs ont été pris en compte dans le calcul des performances de croissance (tableau 2). En moyenne la vitesse de croissance s'élève à 900 g/j et l'indice de consommation est de 2,77 kg/kg. Ces performances sont supérieures aux performances moyennes des élevages, en particulier pour la vitesse de croissance (780 g/j de GMQ et 2,90 kg/j d'IC pour la moyenne des élevages suivis en gestion technique en

1998). Les différences observées entre les sexes sont tout à fait conformes à la bibliographie. Il n'y a pas de différence entre les traitements pour les notations d'aplomb. En moyenne 80% des animaux sont notés 2 et 20% sont notés 3 (tableau 2).

On n'observe pas de différence de performances entre les régimes expérimentaux, les valeurs obtenues pour les trois régimes étant très voisines, aussi bien pour la consommation d'aliment, que pour la vitesse de croissance et l'indice de consommation. Cette absence d'effet du régime se retrouve de la même façon en période de croissance qu'en période de finition. Ce résultat est en désaccord avec certaines études conduites chez le porcelet au sevrage (PATIENCE et WOLYNETZ, 1990) ou le porc à l'engrais (HAYDON et al., 1990) montrant une augmentation de la consommation d'aliment avec le bilan électrolytique jusqu'à environ 250 mEq/kg. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette différence de réponse. Dans la présente étude l'écart de bilan électrolytique entre les régimes était plus faible et dans la zone que nous avons étudiée HAYDON et al. (1990) n'observait pas non plus d'effet sur la consommation d'aliment, l'effet étant surtout marqué pour un bilan électrolytique très faible. Cette absence de différence pourrait également être liée aux conditions de logement. En effet, dans notre expérience, malgré une température ambiante élevée (figure 1), les animaux avaient la possibilité

en faisant couler de l'eau dans l'aire de déjection de s'asperger et de lutter ainsi efficacement contre la chaleur, sans avoir à augmenter excessivement leur rythme respiratoire. Or on sait que c'est surtout par ce mécanisme que la température ambiante est susceptible d'influencer l'équilibre acido-basique du sang (UTEY et al., 1987). De ce fait le stress thermique était donc vraisemblablement beaucoup moindre que celui subi par des animaux élevés à la même température ambiante en groupe sur caillebotis intégral, comme c'est généralement le cas en élevage.

2.3. Composition corporelle et qualité de la viande à l'abattage

Les résultats d'abattage mettent en évidence un effet très net du traitement expérimental ($P < 0,01$) sur la composition de la carcasse (tableau 3). Le taux de viande maigre (TVM) passe ainsi de 59,1 % dans le lot témoin à respectivement 61,0 et 61,3% pour les lots contenant 0,5 et 1,0% de bicarbonate de sodium. Cet effet est confirmé par la réduction du poids de la panne (gras interne). Il s'agit là d'un effet important au plan économique en particulier pour les mâles castrés (60,0% pour les lot 2 et 3 versus 57,6% pour le lot témoin) qui présentent, en accord avec la bibliographie, une teneur en muscle plus faible que celle des femelles. Cet effet du bicarbonate de sodium sur le taux de muscle est en accord avec les résultats des essais Italiens (BONSEMBIANTE et al.,

Tableau 2 - Performances de croissance et indice de consommation

	Sexe		Lot			Sign. Stat. (1)		
	Femelles	Castrés	1	2	3	Etr	S	L
Effectif	24	24	16	16	16			
Poids initial, kg	29,8	30,6	30,4	30,1	30,2	2,2		
Poids final, kg	105,3	107,6	105,9	105,8	107,2	3,6	*	
Période de croissance								
Consommation, kg/j	1,70	1,80	1,78	1,78	1,70	0,14	*	
EN, Mcal/j	3,85	4,07	4,03	4,03	3,84	0,32	*	
GMQ, g/j	710	798	771	779	721	92	**	
IC, kg/kg	2,40	2,28	2,32	2,30	2,39	0,21	*	
IC, Mcal/kg	5,44	5,16	5,26	5,21	5,41	0,47	*	
Période de finition								
Consommation, kg/j	2,90	3,10	2,99	3,00	3,00	0,26	**	
EN, Mcal/j	6,57	7,02	6,79	6,80	6,80	0,57	*	
GMQ, g/j	962	1032	993	985	1012	140		
IC, kg/kg	3,07	3,04	3,07	3,07	3,01	0,36	**	
IC, Mcal/kg	6,94	6,87	6,97	6,96	6,80	0,82		
Période totale								
Consommation, kg/j	2,32	2,52	2,43	2,45	2,40	0,17	***	
EN, Mcal/j	5,25	5,70	5,52	5,54	5,39	0,39	***	
GMQ, g/j	836	923	885	887	871	102	***	
IC, kg/kg	2,80	2,75	2,77	2,77	2,77	0,26		
IC, Mcal/kg	6,33	6,22	6,29	6,27	6,27	0,59		
Aplombs (2)								
Note moyenne	2,28	2,13	2,19	2,27	2,17			
Note 2, %	88	72	81	73	83			

(1) Signification statistique : Etr: écart type résiduel; S: effet sexe; L: effet lot;

*** : $P < 0,001$; ** : $P < 0,01$; * : $P < 0,05$; t : $P < 0,10$

(2) La qualité des aplombs est notée 1: très bon, 2: moyen ou 3: médiocre

Tableau 3 - Composition corporelle

	Sexe		Lot			Sign. Stat. (1)		
	Femelles	Castrés	1	2	3	Etr	S	L
Effectif	24	24	16	16	16			
Poids de carcasse, kg								
chaude	85,1	86,5	85,6	85,8	86,0	2,44	*	
froide	83,1	84,5	83,6	83,8	84,0	2,39	*	
Poids de panne, kg	1,23	1,37	1,43a	1,37a	1,13b	0,29		**
TVM	61,7	59,2	59,1a	61,0b	61,3b	2,03	***	**
pH de la viande, 24 h	5,82	5,65	5,70	5,71	5,79	0,47		
Réfectance	38,9	42,5	38,4	42,4	41,5	6,7	t	
Pertes en eau, % (2)	6,5	6,2	7,1	5,7	6,1	2,0		
Ulcères gast. (note)	2,4	2,3	2,4	2,5	2,2	1,9		

(1) Signification statistique : Etr: écart type résiduel; S: effet sexe; L: effet lot; *** : $P < 0,001$; ** : $P < 0,01$; * : $P < 0,05$; t : $P < 0,10$

(2) Sur 48 h entre j1 (découpe) et j3 après abattage

Tableau 4 - Paramètres sanguins

	Sexe		Lot			Sign. Stat. (1)		
	Femelles	Castrés	1	2	3	Etr	S	L
Effectif	24	24	16	16	16			
pH	7,27	7,22	7,25	7,25	7,25	0,07	*	
PO₂, mmHg	36,8	31,5	34,5	34,6	33,5	9,1	*	
PCO₂, mmHg	72,8	81,7	77,5	77,5	76,8	12,6	*	
CO₂ total, mmol/l	34,9	35,4	35,1	35,6	34,9	3,3		
O₂ total, mmol/l	7,1	5,2	6,4	6,6	5,7	2,2	**	

(1) Signification statistique : Etr: écart type résiduel; S: effet sexe; L: effet lot; *** : $P < 0,001$; ** : $P < 0,01$; * : $P < 0,05$; t : $P < 0,10$

1993) conduits sur des porcs lourds, alors que ce paramètre n'était généralement pas mesuré dans les autres essais. Pour le moment nous n'avons pas d'explication sur les mécanismes par lesquels la supplémentation en bicarbonate de Na pourrait induire cet effet. On peut penser à une modification du métabolisme lipidique, mais cette hypothèse reste à confirmer.

On note également une tendance des pertes en eau de la viande qui seraient réduites avec le bicarbonate, mais l'effet n'est pas statistiquement significatif compte tenu de la variabilité, même s'il est important quantitativement. Il n'y a pas à notre connaissance de piste pour expliquer ce résultat qui reste à confirmer, une des hypothèses serait que l'état métabolique du muscle avant l'abattage pourrait être modifié, ce qui influencerait sa transformation en viande après l'abattage.

2.4. Paramètres sanguins

Les résultats concernant les paramètres sanguins sont présentés au tableau 4. La valeur moyenne du pH (7,25) est légèrement inférieure à la référence proposée par PATIENCE (1990) pour le sang veineux (7,41), mais on ne peut cependant pas considérer qu'il y ait une situation d'acidose métabolique. Il n'y a pas de différences entre les régimes expé-

riementaux, ce qui semble montrer que les animaux réussissent bien à réguler leur équilibre acido-basique quel que soit le régime.

CONCLUSION

Cet essai a mis en évidence un effet très intéressant du bicarbonate de sodium sur la teneur en viande maigre des carcasses. Ceci confirme certains résultats antérieurs obtenus en Italie sur des porcs lourds. La tendance observée pour la qualité de la viande (ressuyage) mériterait aussi d'être confirmée.

Par contre, cette expérience n'a pas permis de confirmer l'effet observé par HAYDON et WEST (1990) du bicarbonate de sodium sur la consommation alimentaire en situation de température élevée. Ceci peut être attribué en partie à l'intensité moindre du stress thermique et au mode de logement des animaux qui les rendait moins sensibles à la chaleur. Le plus faible écart de bilan électrolytique entre les régimes peut également expliquer ces résultats.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la société SOLVAY pour le soutien financier qu'elle a apporté à cette étude.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONSEMBIANTE M., CHIERICATO G.M., GALLO, L., 1993. *Rivista de Suinicoltura*, 6, 3-6.
- DOURMAD J.Y., MESCHY F., 1998. Le bicarbonate de sodium en nutrition porcine. Conférence GTV/Space, Rennes, Septembre 1998.
- GOLZ D.I., CRENSHAW T.D., 1991. *J. Anim. Sci.*, 69, 2504-2515.
- HAYDON K.D., WEST J.W., McCARTER M.N., 1990. *J. Anim. Sci.*, 1990, 68, 2400-2406.
- HONEYFIELD D.C., FROSETH J.A., BARKE R.J., 1985. *J. Anim. Sci.*, 620, 691-696.
- HONICKEL K.O., 1998. *Meat Sci.*, 49, 447-457.
- INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques. INRA Ed, Paris.
- MAHAN D.C., NEWTON E.A., CERA K.R., 1996a. *J. Anim. Sci.*, 74, 1217-1222.
- MAHAN D.C., WEAVER E.M., RUSSEL L.E., 1996b. *J. Anim. Sci.*, 74 (Suppl. 1), 58.
- MONGIN P., 1981. *Proc. Nutr. Soc.*, 40, 285-294.
- NRC, 1998. Nutrient requirements of swine. 10th Revised Edition National Academy Press, Washington, DC, U.S.A.
- PATIENCE J.F., AUSTIC R.E., BOYD R.D., 1987. *J. Anim. Sci.* 64, 457-466.
- PATIENCE J.F., 1990. *J. Anim. Sci.*, 68, 398-408.
- PATIENCE J.F., WOLYNETZ M.S., 1990. *J. Nutr.*, 120, 579-587.
- RUCKEBUSCH, Y., 1986. In: J.M. Pérez, P. Mornet, A. Rérat (Eds). Maloine ed. Paris. Le Porc et son élevage, bases scientifiques et techniques, 289-295.
- SAUVEUR B., MONGIN P., 1978. *Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique*, 18, 87-98.
- UTLEY R.D., HAYDON K.D., WEST J.W., 1987. *J. Anim. Sci.* 65 (suppl. 1), 303 (Abstr).