Incidence des apports en vitamines sur les performances des porcelets en deuxième âge

J. CASTAING (1), D. CAMBEILH (1), Catherine HAMELIN (2)

(1) Association Générale des Producteurs de Maïs - 21 Chemin de Pau, 64121 Montardon

(2) Produits ROCHE - 52 Boulevard du Parc, 92521 Neuilly-sur-Seine Cedex

Incidence des apports en vitamines sur les performances des porcelets en deuxième âge

L'incidence de trois niveaux d'apports globaux de vitamines sont contrôlés avec des porcelets en deuxième âge (10-26 kg de poids vif) sur une base d'aliment complexe à 212 g de MAT.

L'augmentation des apports pour chaque vitamine a été dictée par les différentes tables de recommandations ainsi que par des niveaux variables pratiqués en Europe. Le niveau bas correspond aux apports minimums pratiqués alors que le niveau haut associe les maximums apportés pour chaque vitamine. Le niveau intermédiaire représente la moyenne des apports.

L'essai, regroupant 36 loges et 258 porcelets par traitement, s'est successivement déroulé selon différentes conditions d'élevage. D'abord en conditions limites (porcelets ayant peu consommé sous la mère - 0,2 kg, surface faible - 0,21 m²/porcelet et 5 cm de longueur d'auge), puis avec distribution d'aliment peu appétant, avant de retrouver en dernière moitié d'essai des conditions normalisées.

Indépendamment des conditions d'élevage, les deux premiers niveaux vitaminiques conduisent aux mêmes performances, ces niveaux d'apports bas et intermédiaires permettent de bons niveaux de consommations. Le niveau d'apports haut, en favorisant légèrement la consommation, assure une croissance supérieure de 3,4 % et un indice de consommation amélioré de 2,5 %.

Effect of vitamin supplementation on weaned piglet performance

The effect of three dietary levels of vitamin supplementation were tested using piglets in the post-weaning period (10-26 kg live weight). A complex feed containing 212 g/kg crude protein was used.

The levels of vitamins used were based on the different European recommendations. There are in fact very large differences between the recommendations of European countries. The lowest level corresponded with the minimum levels used in practice whereas the highest level corresponded with the maximum levels used. The intermediate level represented an average value.

The trial, used 258 piglets per treatment divided between 36 pens, and was conducted using different rearing conditions. Before the trial started the piglets had consumed little feed before weaning (0.2 kg). Initially the piglets were reared in unfavourable conditions; the surface area available was low, 0.21 m²/piglet, trough space was low, 5 cm and a feed with low palatability was given. In the second part of the trial standardised conditions were used.

Independent from rearing conditions, the low and intermediate vitamin levels produced similar growth performance and normal feed intake levels. The highest level of vitamin supplementation stimulated feed intake and induced higher growth rates (+3.4 %) and lower feed conversion ratios (-2.5 %).

INTRODUCTION

Les apports vitaminiques sont raisonnés selon que l'on prenne en compte les performances zootechniques de croissance et d'efficacité alimentaire, le statut sanitaire de l'animal au regard de la réponse immunitaire ou de la mortalité, ou la qualité organoleptique de la viande. En conditions optimales, les besoins vitaminiques se situent en général en dessous des fourchettes inférieures aux recommandations actuelles (NRC, 1998). Chez le porc en croissance, une approche globale, faisant varier simultanément l'apport de plusieurs vitamines, montre l'intérêt d'une supplémentation accrue quand le statut sanitaire des animaux décroît (COELHO et al., 1997 ; STAHLY et al., 1995).

Il existe un certain nombre de tables sur les besoins et les recommandations. Il est intéressant de constater combien ces références peuvent être variables. Des marges de sécurité élevées peuvent être prises pour pallier aux incertitudes concernant l'évaluation des besoins stricts (peu de recherches), la variabilité du contenu vitaminique des matières premières, l'effet des process et du stockage, la génétique et le niveau sanitaire des élevages.

Des niveaux renforcés en vitamines du groupe B (riboflavine, niacine, acide pantothénique, vitamine B12 intervenant en tant que cofacteur enzymatique dans le métabolisme protéique) ont permis d'améliorer les performances zootechniques de porcelets sevrés (WILSON et al., 1991a, 1992a,b ; MATTE et al., 1998 ; WOODWORTH, 1998) ou de porcelets issus de génétiques très maigres (STAHLY et al., 1995). Malgré la synthèse de la vitamine C par les porcs, l'apport de vitamine C (sous sa forme stable à la granulation : acide L - ascorbique phosphorylé) doit être considéré (DE RODAS et al., 1998 ; STAHLY et al., 1995) en périodes de stress (sevrage) et dans des conditions sanitaires à risque.

En Europe, comme aux États-Unis les rares enquêtes (COELHO et al., 1997, FRAGA et al., 2000) montrent la forte disparité des apports vitaminiques dans la pratique. Peu d'expériences ont été conduites récemment afin de vérifier les besoins des porcelets alors que les niveaux de production ont augmenté et que les conditions de production imposent des contraintes de stress (physique et sanitaire).

Le but de cet essai est de contrôler, avec un aliment complexe, l'effet de trois niveaux d'apport de l'ensemble des vitamines selon différentes conditions d'élevage, tout d'abord critiques puis plus conventionnelles.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'essai est réalisé, avec 6 bandes de porcelets, à la station expérimentale de l'AGPM à Montardon (64121) de juin à décembre 1999.

1.1. Présentation de l'étude

Trois niveaux d'apport de l'ensemble des vitamines sont réalisés pendant la phase de deuxième âge (tableau 1). Le traitement 1, niveau vitaminique bas, représente des niveaux minimums pratiqués. Ces niveaux sont équivalents ou inférieurs aux recommandations de l'INRA (1989). Le traitement 2 est un niveau vitaminique moyen. Le traitement 3, niveau vitaminique haut, est l'association raisonnablement économique d'un apport élevé de chaque vitamine.

Les gradients, généralement linéaires, des niveaux vitaminiques étudiés, varient entre les extrêmes :

- d'une faible amplitude pour la D3 et la choline,
- doublés à triplés pour la A, B2, B12, acide pantothénique, B1 et niacine,
- quintuplés à décuplés pour la E, B6, K3, acide ascorbique et biotine,
- progressent de 0 à 50 puis 100 mg pour la vitamine C.

Tableau 1 - Schéma expérimental

Niveau d'apport de chaque vitamine par kg d'aliment complet en sus de l'apport des matières premières

Traitement	1	2	3	Apport des matières premières (recalcul théorique)
Niveaux de vitamines	Bas	Moyen	Haut	
Apport de vitamines/kg aliment				
A (UI)	8 000	12 000	15 000	-
D3 (UI)	1 500	1 750	2 000	-
E (mg)	20	60	100	14
K3 (mg)	0,5	2,5	4,0	-
B1 Thiamine (mg)	1,0	2,0	3,0	3,3
B2 Riboflavine (mg)	4,0	5,5	8,0	1,8
Acide Pantothénique (mg)	10,0	15,0	25,0	10,8
B6 Pyridoxine (mg)	1,0	3,0	5,0	6,4
B12 (mg)	0,02	0,03	0,04	0
PP Niacine (mg)	15	30	45	48,2
Acide folique (mg)	0,2	1,0	2,0	1,2
H Biotine (mg)	0,04	0,13	0,30	0,27
B4 Choline (mg)	400	500	600	1 200
C Acide ascorbique (mg)	0	50	100	-

Tableau 2 - Résultats des analyses en vitamines des aliments (moyenne de 6 analyses par aliment)

Traitement	1			2			3		
Niveaux de vitamines	Bas			Moyen			Haut		
Résultats :	Attendu	Moyenne	Dernière (1)	Attendu	Moyenne	Dernière (1)	Attendu	Moyenne	Dernière (1)
Vitamine A (UI/kg)	8 000	8 202	8 060	12 000	10 770	10 484	15 000	13 613	13 077
Vitamine E (mg/kg)	20	32	29	60	69	62	100	110	96
Vitamine B2 (mg/kg)	4,0	5,0	4,9	5,5	6,0	6,4	8,0	7,7	8,0

(1) Analyses réalisées 200 jours après la fabrication des prémix vitamines et AMV

Les formes des vitamines utilisées sont dédiées à l'alimentation animale : A (micro-granules atomisés, réticulés, enrobés), E (adsorbate), D3, B2, Pantothénate de Ca, Acide Folique, Biotine, C- phosphorylée (poudres atomisées), K3 MPB (ménadiadone pyrimidinol bisulfite), B1, B6, B12, Niacine (poudres de cristaux).

Dans la première phase de l'essai, l'hypothèse qu'une supplémentation élevée en vitamines permette de palier à des conditions d'élevage sanitaire limitantes est émise. En conséquence certains facteurs de risques sont volontairement provoqués : aliment complexe et à niveau protéique élevé (pour la 3^{ème} bande, introduction de matière première contenant des facteurs antinutritionnels), surface par porc et longueur de nourrisseur réduites, choix des porcelets dans les portées ayant le moins consommé sous la mère. Cette hypothèse ne s'étant pas vérifiée probablement en raison d'un niveau sanitaire très bon, les trois dernières bandes sont conduites selon des conditions d'élevage classiques.

L'aliment est composé de 42 % de maïs et de blé, de 26 % de tourteau de soja et de 12 % de pois. Il renferme aussi 8 % de son, 5 % de maïs gluten feed et 3 % de graisse. La concentration énergétique est de 3300 kcal d'E.D. (énergie digeste), 2330 kcal d'E.N. (énergie nette). Le taux protéique analysé est de 212 g/kg pour une humidité moyenne de 11 %. Lysine, méthionine et thréonine de synthèse rajoutés ont assuré le profil de protéine idéale relativement au rapport de 3,8 g lysine totale/Mcal d'E.D. (4,8 g de lysine digeste/Mcal d'E.N.). Pour les 14 premiers jours de la 3^{ème} bande, 6 % de graine de soja crue sont introduits en substitution aux céréales et tourteau de soja.

Les aliments expérimentaux sont fabriqués et granulés par lot de 500 kg à partir de matières premières retenues pour cet essai et de trois Aliments Minéraux Vitaminés (AMV) fabriqués en début d'essai pour la durée totale. Le suivi analytique des teneurs en vitamines A, E, et B2 des aliments (tableau 2) de chaque bande confirme la présence des vitamines au cours des six mois de durée de l'essai. Malgré quelques écarts aux valeurs attendues, les gradients recherchés sont atteints. Les teneurs analysées de vitamine A (relativement sensible) sont réduites d'environ 10 % pour les traitements 2 et 3 ; la vitamine B2 (très stable) est d'autant plus élevée que la supplémentation est faible. L'écart constant de vitamine E (très stable) correspond à l'apport des matières premières.

1.2. Bâtiments

Les salles de post-sevrage, constituées de 2 rangées de 12 loges de 1,65 m² de type flat-deck, sont séparées par un barreaudage métallique et équipées de caillebotis plastiques, d'un nourrisseur de 40 cm de large et, à l'opposé, d'un abreuvoir.

1.3. Animaux

Les porcelets sont issus de truies croisées (truies Camborough blanches x verrat PIC L34 et PIC 402). Pour les deux premières bandes, ils étaient sevrés à 28 jours à un poids moyen de 8,4 kg et choisis dans les portées ayant le moins consommé d'aliment sous la mère (200 g par porcelet). Ils sont 8 par loge, soit 0,21 m² par porcelet, et disposent de 5 cm de longueur d'auge par porcelet. Pour les quatre bandes suivantes, le sevrage a eu lieu à 21 jours au poids moyen de 6,5 kg, sans choix particulier de porcelets. Les consommations sous la mère, inférieures (45 g/porcelet), sont induites par la réduction de durée de lactation. Ils sont alotés par 7, soit 0,24 m²/porcelet ou par 6, soit 0,28 m²/porcelet pour la dernière bande.

1.4. Conduite et contrôles

La veille du sevrage de chaque bande, la mise en lot permet de constituer 6 groupes de 3 loges de même poids moyen représentative de la population totale des porcelets sevrés. Les poids moyens s'étendent de 5,4 à 11,8 kg avec les deux bandes sevrées à 28 jours et de 4,0 à 9,3 kg avec le sevrage à 21 jours.

Un même aliment de premier âge granulé (supplémenté avec 50 mg/kg de salinomycine) à base de 47 % de céréales crues, à 22 % de MAT et 15,5 % de lysine totale) a été distribué à l'ensemble des porcelets pendant les 7 ou les 14 jours suivant les sevrages à 28 jours ou à 21 jours. Sans transition alimentaire, les aliments expérimentaux de deuxième âge granulés sont distribués à volonté.

Les porcelets sont pesés individuellement aux âges moyens de 39, 53 et 67 jours, correspondant au début, milieu et fin de période deuxième âge. La consistance des fèces est appréciée lors des deux dernières pesées. Les consommations d'aliments contrôlées par semaine sont recalculées à 87 % de matière sèche.

Les analyses statistiques s'appuient sur les analyses de variance par bande et sur le regroupement des bandes pour les variables quantitatives et sur des tests de fréquences (Khi-2) pour les observations en élevage.

Les porcelets sevrés non retenus pour ces expérimentations sont élevés en parallèle selon des conditions d'élevage habituelles (6 porcelets par loge et nourrisseurs de 80 cm) avec un aliment moins protéique (19,7 % MAT) bien supplémenté en vitamines.

2. RÉSULTATS

2.1. Performances en premier âge

Une croissance moyenne journalière de 225 g (190 à 250 g selon les bandes) a été obtenue pendant les 11 jours suivant le sevrage des deux bandes sevrées à 28 jours et également pendant les 18 jours suivant le sevrage à 21 jours. La distribution des aliments expérimentaux de deuxième âge après 7 ou 14 jours (pour les sevrages à 28 et 21 jours) a légèrement limité les performances de cette période, se traduisant par une augmentation de l'indice de consommation proche de 1,20 et sa variabilité (habituellement 1,10 et GMQ de 250 g/jour).

Pour les deux premières bandes, la croissance des porcelets hors essai, qui avaient le plus consommé sous la mère, était supérieure de 15 % (260 g/jour). A 39 jours d'âge moyen, début de la phase expérimentale de deuxième âge, les porcelets sevrés à 21 jours pesaient 0,3 kg de moins qu'avec le sevrage à 28 jours : 10,55 vs 10,85 kg.

2.2. Performances de la période expérimentale

2.2.1. Performances d'élevage selon les conduites appliquées (tableau 3)

Les conditions alimentaires et environnementales sub-limitantes provoquées (faible longueur d'auge, aliment de composition complexe et d'un haut niveau protéique, faible surface par animal) n'ont pas, à elles seules, permis de pénaliser de manière importante le confort et le statut sanitaire des animaux. Le niveau immunitaire des porcelets de station expérimentale n'a certainement pas été affecté et ainsi a limité l'effet des niveaux de vitamines étudiés.

Les gains moyens quotidiens d'environ 500 g sont jugés faibles en raison de la forte densité, induisant une charge pondérale de 82 puis 122 kg/m² en milieu et en fin de deuxième âge. La chute de croissance d'environ 9 % sur la durée totale, mais supérieure au cours des 14 derniers jours, relativement au reste de la bande, n'est que partiellement rattrapée par le haut niveau vitaminique (+ 3 % pour les bandes 1 et 2 : 502 vs 487 g/jour) et permet une meilleure valorisation de l'aliment de 2,4 % (I.C. : 1,63 vs 1,67 pour les bandes 1 et 2) qui est fortement pénalisée les 14 derniers jours. Avec la troisième bande, le dérèglement alimentaire provoqué par la graine entière de soja crue pendant les 14 premiers jours n'a pas été enrayé par la forte supplémentation. La chute de consommation (0,60 ; 0,58 et 0,57 kg/jour pour T1, T2 et T3), induit une chute de croissance proportionnelle. Durant les 14 jours suivants, avec le retour à la formule initiale, la reprise de consommation des porcelets du traitement 3 a été immédiate et plus importante (CMJ augmentées de 3,5 et 6,2 % les première

Tableau 3 - Évolution des performances selon les conditions d'élevage sur la durée totale de deuxième âge

Variable	Gain moyen quotidien			Indice de consommation		
	1	2	3	1	2	3
Traitement	1	2	3	1	2	3
Niveaux de vitamines	Bas	Moyen	Haut	Bas	Moyen	Haut
Conditions critiques						
Bande 1 (1)	491	497	501	1,68	1,68	1,64
Bande 2 (1)	483	484	502	1,66	1,66	1,62
Bande 3 (2)	498	497	508	1,63	1,62	1,61
0 - 14 jours : aliment peu appétant	357	339	342	1,68	1,73	1,68
15 - 28 jours : aliment standard	634	656	674	1,60	1,59	1,57
Moyenne des trois bandes	491	493 +0,4 %	504 + 2,6 %	1,66	1,65 - 0,6 %	1,62 - 2,4 %
Conditions optimales (3)						
Bande 4 (4)	535	543	553	1,63	1,63	1,60
Bande 5 (4)	562	568	583	1,57	1,59	1,54
Bande 6 (5)	596	593	615	1,57	1,56	1,53
Moyenne des trois bandes	564	568 + 0,7 %	584 + 3,5 %	1,59	1,59 =	1,56 - 2,0 %

(1) 0,21 m²/porcelet ; moins habitués à consommer en maternité

(2) 0,24 m²/porcelet ; trouble alimentaire

(3) Mise en lot sur l'ensemble des porcelets sevrés

(4) 0,24 m²/porcelet

(5) 0,28 m²/porcelet

et seconde semaines) que celle du traitement 2 (CMU augmentées de 1,0 et 4,0 %) relativement au traitement 1 dont les consommations sont les plus faibles.

Les trois dernières bandes, conduites selon des pratiques courantes, ont permis de retrouver un bon niveau de croissance en deuxième âge. Il s'élève à 564 g/jour pour le niveau bas en vitamines et est très proche avec le niveau intermédiaire (568 g/jour ; + 0,7 %). Avec l'aliment à haut niveau de vitamine, la croissance est supérieure de 3,5 % (584 g/jour) et la valorisation de l'aliment est améliorée de 2 % (IC 1,56 vs 1,59 pour T1 et T2).

2.2.2. Observations d'élevage

Les antibiothérapies individuelles n'ont pas été différentes entre les trois traitements. Leur fréquence a diminué de 35 % en début d'essai avec les conditions critiques à 20 % en moyenne pour les trois dernières bandes. Les injections de vitamines et oligo-éléments ont été proscrites. La majorité des interventions pratiquées a été une double injection d'antibiotique suite à de mauvaises croissances (inférieure à 100 g en premier âge ou à 300 g en début de deuxième âge).

L'appréciation des fèces ne conduit pas à une répartition différente entre les trois traitements (Khi-2 non significatif). Par contre, suite à la distribution de l'aliment contenant la graine de soja crue, leur appréciation est différente (Khi-2 significatif). Si la proportion de fèces durs est identique (23 %), probablement en relation avec la très faible consommation de quelques porcelets, la proportion de fèces mous, voire diarrhéiques, est supérieure : 36 % contre 13 % avec la formule sans graine de soja crue.

Les observations comportementales des deux premières bandes avec 8 porcelets par loge conduisent au jugement de porcelets plus agités que lorsqu'ils sont moins nombreux (gêne et dérangement fréquents dès le déplacement à l'abreuvoir ou au nourrisseur par un congénère qui induisent plus de mordillements et de chevauchements). En cours de journée leur temps de repos semble réduit. Le comportement, à relier à la forte densité, peut être à l'origine de leur moindre consommation. Les porcelets du traitement 3 paraissent plus vivaces que ceux du traitement 1.

2.2.3. Effet du niveau de vitamines

La comparaison des moyennes de chaque bande n'indique pas de différences significatives entre traitements. Le regroupement des bandes de l'essai, en excluant la troisième ayant reçu la graine de soja crue, met en évidence des effets bandes sans interaction significative bande x traitement (tableau 4).

Le niveau vitaminique haut favorise légèrement la consommation des porcelets (+ 0,7 %, écart non significatif). Dès les 14 premiers jours, leur croissance tend à être supérieure de 3,1 % (467 vs 453 g/jour ; $P = 0,14$), puis cet écart, + 3,3 %, devient significativement amélioré les 14 jours suivants (634 vs 614 g/jour). En fin de post-sevrage les porcelets sont plus lourds d'environ 0,5 kg (26,33 vs 25,88 kg). L'indice de consommation est significativement amélioré de 2,5 % (1,59 vs 1,63) dès le début de deuxième âge avec le haut niveau vitaminique.

Le niveau vitaminique intermédiaire conduit à des performances sensiblement identiques au niveau bas.

Tableau 4 - Performances zootechniques de deuxième âge (30 loges par traitement)

Traitement	2	3	4	C.V. résiduel	Prob. sous Ho
Niveaux de vitamines	Bas	Moyen	Haut	(%) (1)	Effet trait. (2)
Première période deuxième âge (14 jours)					
Poids fin premier âge (kg)	10,94	10,91	10,91	1,8	NS
Poids intermédiaire (kg)	17,27	17,32	17,45	2,8	0,37
Gain moyen quotidien (g)	453	458	467	6,1	0,14
Cons. moy. journalière (kg)	0,688	0,689	0,693	5,2	NS
Indice de consommation (kg)	1,52 b	1,50 ab	1,48 a	2,6	**
Deuxième période deuxième âge (14 jours)					
Poids fin deuxième âge (kg)	25,88 b	25,95 b	26,33 a	2,4	*
Gain moyen quotidien (g)	614 b	616 b	634 a	5,4	*
Cons. moy. journalière (kg)	1,046	1,054	1,053	3,8	NS
Indice de consommation (kg)	1,71 b	1,72 b	1,67 a	3,4	**
Début à fin deuxième âge (28 jours)					
Gain moyen quotidien (g)	533 b	537 b	551 a	3,7	**
Cons. moy. journalière (kg)	0,867	0,871	0,873	3,4	NS
Indice de consommation (kg)	1,63 b	1,62 b	1,59 a	1,9	**

Les moyennes affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de probabilité $P=0,05$ NS $P>0,40$; * $P<0,05$; ** $P<0,01$

(1) C.V. : Coefficient de variation résiduel

(2) Probabilité sous Ho : hypothèse d'égalité des moyennes

3. DISCUSSION - CONCLUSION

D'après ces résultats, il semblerait que le niveau bas de vitamines étudié confirme les teneurs minimums nécessaires aux besoins de l'élevage actuel des porcelets. En effet, ces apports ont permis un niveau de consommation proche des deux autres traitements, malgré les faibles niveaux en vitamines du groupe B (B1, B2, acide pantothénique, B6, acide folique et biotine) dont la déficience est connue pour diminuer l'appétit des porcelets. Cependant l'augmentation des apports de ces vitamines, reconnues pour favoriser le transport de molécules (niacine en particulier) et/ou accroître le métabolisme de l'utilisation des nutriments (biotine et choline), sont probablement à l'origine de l'amélioration de l'efficacité alimentaire des aliments suite à une meilleure utilisation des nutriments. Par ailleurs, suite au dérèglement alimentaire provoqué par la graine de soja crue, l'augmentation des apports en vitamine E qui stimule les défenses immunitaires et en vitamine C pour son effet anti-stress, sont certainement aussi la raison d'une reprise d'appétit plus rapide et supérieure à l'effet propre du niveau étudié dans les traitements concernés.

En conclusion, les deux premiers niveaux de vitamines étudiés conduisent aux mêmes performances d'élevage ; l'augmentation au niveau intermédiaire ne semble donc pas suffisante. Par contre les résultats constants, indépendamment des conditions d'élevage avec le haut niveau de vitamines, conduisent à une amélioration significative de la croissance des porcelets de 3,4 % (551 vs 533 g/jour) et de l'efficacité alimentaire de l'aliment de 2,5 % (I.C. : 1,59 vs 1,63). Le niveau de consommation de l'aliment a été peu amélioré (+ 0,7 %). Il s'ensuit donc des porcelets plus lourds de 0,5 kg en fin de post-sevrage pour une même consommation.

Cet essai ne permet pas de déterminer quelle vitamine est à l'origine de cette amélioration significative des performances. Les essais réalisés en conditions expérimentales bénéficient de conditions d'environnement optimales, qui maximisent les réponses zootechniques. Les estimations des besoins qui en résultent sont donc des besoins minimums. Il est donc intéressant de constater que même en conditions sanitaires très bonnes (peu de diarrhée, peu de mortalité), le plus haut niveau vitaminique a permis l'obtention de performances optimales.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COEHLO M., COUSINS B., 1997. *Feedstuffs* 69 (4), 10-12, 20-21.
- DE RODAS B.Z., MAXWELL C.V., DAVIS M.E. et al., 1998. *J. Anim. Sci.*, 76, 1636-1643.
- FRAGA M.J., VILLAMIDE M.J., 2000. *Pigs News and information*, 21 (2), 67N-72N.
- I.N.R.A., 1989. *L'alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapins, volailles*. I.N.R.A. Éd. Paris, 282 pp.
- MATTE J.J., GIRARD C.L., SÉVE B., 1998. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 253-257.
- N.R.C (National Research Council), 1998. *Nutrient requirements of swine* (10th ed.). Ed. National Academy Press, Washington, D.C., USA 189 p.
- STAHLY T.S., WILLIAMS N.H., SWENSON S.G., EWAN R.C., 1995. *J. Anim. Sci.* 73 (suppl.1) : 193 (Abstr.).
- WILSON M.E., PETTIGREW J.E., JOHNSTON L.J. et al., 1991a. *J. Anim. Sci.* 69 (suppl.1) : 106 (Abstr.).
- WILSON M.E., PETTIGREW J.E., JOHNSTON L.J., CHESTER-JONES H., 1992a. *J. Anim. Sci.* 70 (suppl.1) : 61 (Abstr.).
- WILSON M.E., PETTIGREW J.E., SHURSON G.C. et al., 1992b. *J. Anim. Sci.* 70 (suppl.1) : 233 (Abstr.).
- WOODWORTH J.C., GOODBAND R.D., NELSEN J.L. et al., 1998. *J. Anim. Sci.* 75 (suppl.2) : 46 (Abstr.).