

EFFICACITÉ BIOLOGIQUE DE LA VITAMINE A CHEZ LE PORCELET

dynamique du stockage hépatique

T. KIENER, J. LOUGNON, J.B. HYMONNET

A.E.C. (Service Développement Alimentation Animale) - 03600 COMMENTRY

avec la collaboration technique de J.L. GRIMALDI et J.B. AUCOUTURIER

1. INTRODUCTION

Les vitamines sont des micro-éléments qui préoccupent peu les formulateurs des aliments des animaux, en raison principalement de leur disponibilité sous forme synthétique à des prix relativement bas (le coût de la vitamine A dans un aliment supplémenté à 10 000 Unités Internationales par kilo représente à peu près 30 centimes du quintal). Si les carences vitaminiques vraies appartiennent au domaine du passé, les conséquences économiques des subcarences restent mal perçues.

Pour A.E.C., producteur de vitamine A, il a paru intéressant au cours de deux expériences d'aborder le métabolisme de cette vitamine (appelée aussi rétinol) chez le porcelet, par l'indicateur le plus fiable du statut vitaminiq ue des animaux que représente le stockage hépatique (HARRIS, 1960). En effet suite à son absorption au niveau de l'intestin grêle, le rétinol est transporté sous forme estérifiée par la circulation lymphatique (canal thoracique) jusqu'au foie où il est stocké. Le foie contient 90 % de la vitamine A de l'organisme (AMEDEE-MANESME *et al.*, 1985).

Les rôles métaboliques de la vitamine A, excepté dans la vision, sont loin d'être connus, telle que l'explique une revue récente sur le sujet (WOLFF, 1984). La plupart des travaux s'accordent à reconnaître que le rétinol est impliqué dans la synthèse des glycoprotéines (WEBER, 1983) ce qui explique le rôle qui lui est attribué depuis longtemps dans un grand nombre de fonctions telles que la croissance et la reproduction.

Les animaux sont incapables de synthétiser la vitamine A qu'ils doivent trouver dans leur nourriture soit sous forme de rétinol, soit sous forme de précurseurs : les caroténoïdes. Le rétinol n'est présent que dans les matières premières d'origine animale (principalement, les farines de poisson pour les matières premières couramment utilisées dans l'alimentation du porc).

Les carotènes ou provitamines A sont présents en plus ou moins grande quantité dans les matières premières végétales. L'efficacité avec laquelle ils sont convertis en vitamine A prête encore à controverse. Selon l'A.R.C. (1985) 1 mg de

β -carotène aurait la potentialité de se convertir en 300 U.I. de vitamine A. L'Unité Internationale de vitamine A (U.I.) correspond à l'activité de 0,3 μ g de rétinol all-trans (OLSON, 1984).

Deux expériences ont été menées dans le souci d'évaluer l'efficacité biologique de différentes formes synthétiques de vitamine A, à plusieurs niveaux d'incorporation, chez le porcelet. Un premier essai méthodologique nous a été nécessaire afin de déterminer la dynamique du stockage hépatique entre la naissance, le sevrage et les semaines suivant le sevrage, ainsi que pour confirmer les résultats de FERRANDO *et al.*, (1975) concernant la hiérarchie du stockage selon les lobes hépatiques considérés. Le deuxième essai concerne l'estimation de l'efficacité de trois sources synthétiques de vitamine A chez le porcelet sevré par une étude du stockage hépatique en fonction du niveau d'incorporation dans l'aliment.

STOCKAGE HEPATIQUE DE LA VITAMINE A CHEZ LE PORCELET (Expérience A)

MATERIEL ET METHODE

L'expérience utilise 60 porcelets mâles castrés ou femelles de race Large-White ou issus du croisement Large-White/Landrace Belge. Ces porcelets sont affectés par groupe de 12 animaux, prélevés au hasard, aux 5 traitements expérimentaux :

- T1 : Animaux abattus à la naissance avant la première tétée
- T2 : Animaux abattus au sevrage (26 jours)
- T3 : Animaux abattus à 44 jours ayant disposé entre le sevrage et l'abattage d'un aliment supplémenté à 10 U.I. de vitamine A/gramme (aliment A+)

T4 : Animaux abattus à 44 jours ayant disposé entre le sevrage et l'abattage d'un aliment non supplémenté en vitamine A (aliment A-)

T5 : Animaux abattus à 50 jours ayant disposé entre le sevrage et l'abattage d'un aliment non supplémenté en vitamine A (aliment A-)

Les porcelets sont répartis de façon homogène entre les lots T3, T4 et T5 au moment du sevrage, en fonction de leur poids.

Tous les animaux abattus sont saignés. Le foie est prélevé, pesé. Les analyses de vitamine A dans le foie sont effectuées selon la procédure suivante :

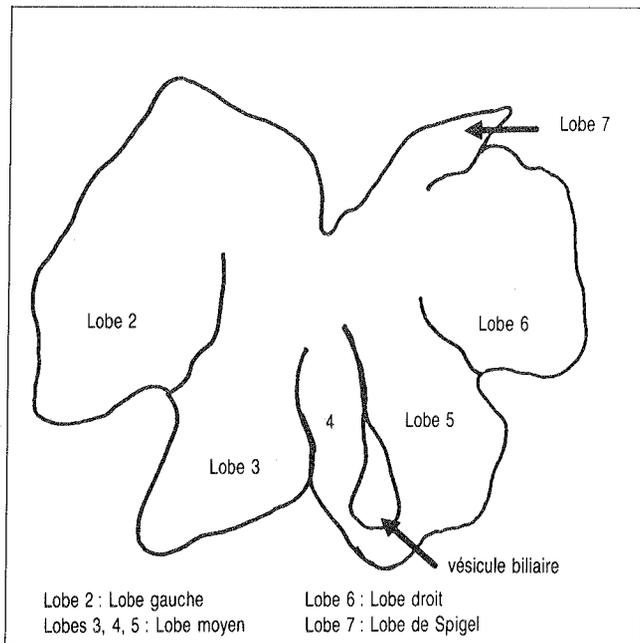
T1 : Le foie entier est broyé et analysé

T2 : Le lobe 3 du lobe moyen (voir schéma 1) est broyé et analysé

T3, T4 : Les lobes 3, 4-5, 2 et 6 (voir schéma 1) sont broyés et analysés

T5 : Le lobe 3 du lobe moyen est broyé et analysé

SCHEMA 1
ANATOMIE DU FOIE
(d'après FERRANDO, 1975)



Les porcelets entre la naissance et le sevrage sont nourris exclusivement avec du lait maternel. Après sevrage et jusqu'à l'abattage, les animaux, logés par 6, reçoivent l'un des deux aliments expérimentaux (tableau 1). Ceux-ci sont distribués sous forme de granulés de 2,5 mm de diamètre.

RESULTATS

L'évolution d'un certain nombre de paramètres (poids de l'animal, poids du foie, poids du lobe 3, teneur vitaminique du lobe 3) chez le porclet en fonction de l'âge est indiquée dans le tableau 2.

On constate qu'avec l'âge, il y a augmentation de chacun des critères considérés.

La hiérarchie du stockage hépatique de la vitamine A à l'âge de 44 jours, en fonction de la supplémentation dans l'aliment depuis le sevrage est indiquée dans le tableau 3.

TABLEAU 1
EXPÉRIENCE A : COMPOSITION CENTÉSIMALE
ET CARACTÉRISTIQUES DES RÉGIMES

	A-	A+
Blé	20	20
Orge	45	45
Tourteau de soja 49	12	12
Lait réengraissé (30 % M.G.)	8	8
Farine de poisson 70	6	6
Sucre	5	5
C.M.V. A- (1)	4	—
C.M.V. A+ (2)	—	4
CARACTÉRISTIQUES CALCULÉES		
Energie digestible Kcal/kg (3)	3 450	3 450
Protéines brutes p. 100 (4)	18,80	18,80
Lysine p. 100 (4)	1,12	1,12
Vitamine A ajoutée (U.I./g)	—	10,20
CARACTÉRISTIQUES DOSEES		
Vitamine A (U.I./g)	4,20	12,50

(1) Sans vitamine A

(2) Contenant 250 U.I. de vitamine A par gramme

(3) Valeurs calculées d'après les tables de l'INRA (1984)

(4) Valeurs calculées d'après les tables d'A.E.C. (1987)

TABLEAU 2
EXPÉRIENCE A : PARAMÈTRES PONDÉRAUX
(PORCELET, FOIE, LOBE 3)
ET TENEUR EN VITAMINE A DU LOBE 3 EN FONCTION DE L'ÂGE

	NAISSANCE	SEVRAGE	
Age (jours)	0	26	44
Alimentation	—	Lait maternel	Aliment A+
Poids du porclet (g)	1 494	5 151	10 185
Poids du foie (g)	50	160	226
Poids du lobe 3 (g)	(1)	35	56
Teneur en vitamine A du lobe 3 (U.I./g)	64 (1)	206	321

(1) En ce qui concerne les animaux abattus à la naissance, le lobe 3 n'est pas individualisé, le foie est broyé dans sa totalité. Le dosage vitaminique est donc effectué sur le foie entier.

TABLEAU 3
EXPÉRIENCE A : HIÉRARCHIE DU STOCKAGE HÉPATIQUE DE
LA VITAMINE A

	44 jours A+	44 jours A-	Etude statistique (1)
Poids Porcelet (g)	10 185	10 260	N.S.
Poids foie (g)	226	234	N.S.
Poids Lobe 3 (g)	51	50	N.S.
Poids Lobe 2 (g)	54	55	N.S.
Poids Lobe 4-5 (g)	65	71	N.S.
Poids Lobe 6 (g)	47	50	N.S.
Teneur vitaminique Lobe 3 (U.I./g)	321	222	**
(100 %)	(100 %)	(69 %)	
Teneur vitaminique Lobe 2 (U.I./g)	298	201	**
(100 %)	(100 %)	(68 %)	
Teneur vitaminique Lobe 4-5 (U.I./g)	307	229	**
(100 %)	(100 %)	(75 %)	
Teneur vitaminique Lobe 6 (U.I./g)	335	262	**
(100 %)	(100 %)	(78 %)	

(1) ** : Différence significative au seuil de probabilité de 0,01

N.S. : Différence non significative

La déplétion vitaminique A entre le sevrage et 44 jours n'affecte ni la vitesse de croissance des animaux, ni les mesures pondérales effectuées sur le foie ou les lobes considérés.

On constate que la quantité de vitamine A stockée au niveau du foie est influencée de manière hautement significative par la supplémentation en vitamine A de l'aliment. La déplétion la plus importante est observée au niveau des lobes 2 et 3 dans lesquels on ne trouve que 68 et 69 p. 100, respectivement, de la quantité de vitamine A déposée chez les témoins.

L'influence de la durée de la déplétion est indiquée dans le tableau 4.

TABLEAU 4
EXPÉRIENCE A : ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES PONDÉRAUX (PORCELET, FOIE, LOBE 3) ET DE LA TENEUR EN VITAMINE A DU LOBE 3 EN FONCTION DE LA DURÉE DE DÉPLÉTION

	28 jours	44 jours	50 jours	Analyse statistique (1)
Aliment	Lait maternel	A-	A-	
Poids des porcelets (g)	5 151a	10 260b	12 643c	**
Poids du foie (g)	160a	234b	354c	**
Poids du lobe 3 (g)	35a	50b	72c	**
Teneur en vitamine A du lobe 3 (U.I./g)	206a	222a	136b	**

(1) **: Différences significatives au seuil de probabilité de 0,01
Les lettres différentes correspondent à des moyennes significativement différentes. (Test de DUNCAN à 5 %)

Les mesures pondérales augmentent avec l'âge. La déplétion en vitamine A pendant 16 jours ne se traduit pas par une diminution significative de la teneur en vitamine A du foie alors que la déplétion pendant 22 jours affecte significativement cette valeur dans le sens d'une diminution.

DISCUSSION

La faible teneur en vitamine A du foie des porcelets nouveaux confirme les observations de HENNIG *et al.*, (1985).

Au sevrage, cette valeur est triplée confirmant le transfert de la vitamine A aux porcelets par le lait maternel, seule source alimentaire pendant cette période (DAVILA *et al.*, 1985). La teneur hépatique en vitamine A chez le porcelet continue à augmenter lorsqu'il est nourri avec un aliment supplémenté à 10 U.I./g pour atteindre le niveau de 320 U.I. de rétinol par gramme de lobe 3 à un poids de 10,2 kg.

L'influence de la durée de déplétion est importante si l'on considère les résultats des animaux nourris après sevrage avec un aliment non supplémenté en vitamine A. Une déplétion de 14 jours n'affecte pas le stockage hépatique alors qu'une déplétion de 21 jours affecte significativement cette valeur.

En ce qui concerne la hiérarchie du stockage de la vitamine A chez le porcelet, on constate comme l'avaient déjà montré FERRANDO *et al.*, (1975) sur des animaux plus âgés que le lobe 6 (lobe droit) est le plus riche en vitamine A (U.I./g). Nos résultats montrent que ce sont les lobes 2 (lobe gauche) et 3 du lobe moyen qui sont les plus sensibles à la déplétion (deux semaines de déplétion conduisent à une baisse significative la teneur en vitamine A de ces lobes : respectivement -32 % et -31 %).

EVALUATION DE DIFFÉRENTES SOURCES SYNTHÉTIQUES DE VITAMINE A (Expérience B)

L'expérience compare selon un schéma factoriel 3 sources synthétiques de vitamine A (B, C, D) à 4 niveaux de supplémentation (1 : 0 U.I., 2 : 5 U.I., 3 : 10 U.I., 4 : 20 U.I.)

MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'expérience utilise 156 porcelets mâles castrés et femelles de race Large-White ou issus du croisement Large-White/Landrace Belge. L'expérience commence au sevrage (âge moyen de 26 jours et poids moyen de 7,1 kg) et dure 6 semaines.

Après sevrage et pendant 3 semaines, les porcelets sont logés par portée et reçoivent tous un même aliment non supplémenté en vitamine A, à volonté. La composition et les caractéristiques de cet aliment (A-) sont indiquées dans le tableau 5. Au bout de cette période, les porcelets (poids moyen de 11,3 kg) sont répartis en 12 blocs complets de 13 animaux affectés à chacun des traitements expérimentaux. Un porcelet par bloc est abattu au début de cette période expérimentale, son foie est prélevé, la vitamine A est dosée au niveau du lobe 3 préalablement broyé.

Les 12 porcelets restant sont logés individuellement pendant 3 semaines et reçoivent l'un des 12 aliments expérimentaux selon le plan de rationnement indiqué dans le tableau 6. La composition et les caractéristiques de ces aliments sont indiquées dans le tableau 5. A la fin des trois semaines d'expérience, à un poids moyen de 13,7 kg, tous les animaux sont abattus, le foie est prélevé, la vitamine A est analysée dans le lobe 3 préalablement broyé.

TABLEAU 5
EXPÉRIENCE B : COMPOSITION CENTÉSIMALE ET CARACTÉRISTIQUES DES RÉGIMES

	A-	B1, 2, 3, 4 C1, 2, 3, 4 D1, 2, 3, 4
Blé	20	20
Orge	45	45
Tourteau de soja 49	12	12
Lait réengraissé (30 % M.G.)	8	8
Farine de poisson 70	6	6
Sucre	5	5
Composé minéral et vitaminique	4	4
CARACTÉRISTIQUES CALCULÉES		
Energie digestible Kcal/kg (1)	3 450	3 450
Protéines brutes p. 100 (2)	18,80	18,80
Lysine p. 100 (2)	1,12	1,12
Vitamine A ajoutée (U.I./g)	—	(3)

(1) Valeurs calculées d'après les tables de l'INRA (1984)

(2) Valeurs calculées d'après les tables d'A.E.C. (1987)

(3) B1 : 0 ; B2 : 5 ; B3 : 10 ; B4 : 20 ;

C1 : 0 ; C2 : 5 ; C3 : 10 ; C4 : 20

D1 : 0 ; D2 : 5 ; D3 : 10 ; D4 : 20

RÉSULTATS

Les résultats pondéraux et analytiques des porcelets abattus après 3 semaines de déplétion sont représentés dans le tableau 7.

TABLEAU 6
EXPÉRIENCE B : PLAN DE RATIONNEMENT DES PORCELETS
ENTRE 47 ET 68 JOURS

	1ère SEMAINE	2ème SEMAINE	3ème SEMAINE
Quantité d'aliment distribuée par porcelet (g/jour)	600	700	800

TABLEAU 7
EXPÉRIENCE B : MESURES PONDÉRALES (PORCELET, FOIE, LOBE 3) ET TENEUR EN VITAMINE A DU LOBE 3 DES ANIMAUX SOUMIS A UNE DÉPLÉTION VITAMINIQUE A DE 3 SEMAINES APRÈS SEVRAGE

Age moyen des porcelets (jours)	47
Poids moyen des porcelets (kg)	9,4
Poids moyen des foies (g)	220
Poids moyen des lobes 3 (g)	52,8
Teneur moyenne en vitamine A du lobe 3 (1) (U.I./g)	199

(1) Moyenne de 12 animaux

TABLEAU 8
EXPÉRIENCE B : PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES
DES PORCELETS
Période 47-68 jours

	CONSOMMATION g/jour	GAIN DE POIDS g/jour	INDICE DE CONSOMMATION
Effet source			
Source B	686	401	1,72
Source C	681	394	1,74
Source D	684	406	1,71
Analyse statistique (1)	N.S.	N.S.	N.S.
Effet niveau			
0 U.I./g d'aliment	681	384a	1,79a
5 U.I./g d'aliment	681	398ab	1,72b
10 U.I./g d'aliment	685	404b	1,71b
20 U.I./g d'aliment	687	410b	1,69b
Analyse statistique (1)	N.S.	**	**

(1) N.S. : Différence non significative

** : Différences significatives au seuil de probabilité de 0,01

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes (Test de DUNCAN, 5 %)

Les résultats des performances des porcelets au bout des 6 semaines d'expérience sont indiqués dans le tableau 8 et les paramètres hépatiques dans le tableau 9.

On ne constate pour aucun des critères considérés de différence entre les sources de vitamine A testées.

Les porcelets soumis à une déplétion en vitamine A d'une durée de 6 semaines présentent une croissance et une efficacité alimentaire diminuée par rapport aux autres animaux soumis à une déplétion de 3 semaines puis nourris avec un aliment supplémenté en vitamine A (5, 10 ou 20 U.I./g).

L'analyse de la teneur en vitamine A hépatique indique que celle-ci augmente significativement avec chaque niveau testé.

La quantité de vitamine A stockée dans le lobe 3 est corrélée étroitement avec la quantité de vitamine A ingérée suivant

l'équation de régression linéaire multiple suivante :

$$Y = 12,4 B + 12,5 C + 12,8 D + 70,0 (R^2 = 0,82)$$

Y = quantité de vitamine A stockée dans le lobe 3 (U.I./g)
B = quantité de vitamine A provenant de la source B (U.I./g d'aliment)

C = quantité de vitamine A provenant de la source C (U.I./g d'aliment)

D = quantité de vitamine A provenant de la source D (U.I./g d'aliment)

TABLEAU 9
EXPÉRIENCE B : PARAMÈRES HÉPATIQUES
Période 47-68 jours

	POIDS DU FOIE g	POID DU LOBE 3 g	TENEUR EN VIT. A DU LOBE 3 U.I./g
Effet source			
Source B	500	111	179
Source C	493	108	178
Source D	489	110	185
Analyse statistique (1)	N.S.	N.S.	N.S.
Effet niveau			
0 U.I./g d'aliment	503	111	76a
5 U.I./g d'aliment	488	108	130b
10 U.I./g d'aliment	497	107	189c
20 U.I./g d'aliment	489	109	325d
Analyse statistique (1)	N.S.	N.S.	**

(1) N.S. : Différence non significative

** : Différences significatives au seuil de probabilité de 0,01

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significativement différentes (Test de DUNCAN, 5 %)

DISCUSSION

Un aliment dépourvu de vitamine A distribué à des porcelets pendant 6 semaines après sevrage entraîne une baisse sensible de la vitesse de croissance et de l'indice de consommation. La rapidité de la traduction zootechnique de cette carence semble en désaccord avec les résultats de SCHONE et LUDKE (1984) qui n'observent des modifications des performances qu'après avoir distribué un régime à base de céréales et de soja non supplémenté en vitamine A pendant 13 semaines.

Après 3 semaines de déplétion, la teneur du lobe 3 hépatique en vitamine A se situe autour de 200 U.I./g. Trois semaines plus tard, après distribution des aliments expérimentaux, on constate que la distribution d'un aliment non supplémenté ou d'un aliment supplémenté à 5 U.I./gramme entraîne une baisse des réserves hépatiques jusqu'au niveau de 76 et 130 U.I./gramme respectivement. Le niveau de supplémentation de 10 U.I. semble stabiliser les réserves hépatiques (189 U.I. à la fin de la période expérimentale) tandis que le niveau de 20 U.I. les augmente de façon importante (325 U.I. à la fin de la période expérimentale).

Des différences considérables sont retrouvées dans la littérature pour ce qui concerne le besoin en vitamine A du porcelet (tableau 10). Une part de ces différences s'explique par le fait que certaines publications estiment un besoin (quantité nécessaire pour éviter la carence), d'autres recommandent des apports prenant en compte certains facteurs liés aux conditions d'élevage et incluant une marge de sécurité.

TABEAU 10
RECOMMANDATIONS D'APPORTS EN VITAMINE A CHEZ LE
PORCELET
en U.I./kg d'aliment

N.R.C., 1979	2 000
A.R.C., 1981	2 000
JENSEN, 1987	3 000
A.E.C., 1987	10 000
I.N.R.A., 1984	10 000
A.W.T., 1984	15 000
ROCHE, 1985	20 000

Les résultats de cette expérience semblent confirmer les recommandations d'A.E.C. (1987) et de l'I.N.R.A. (1984), puisqu'un niveau d'apport de 10 U.I. de vitamine A par gramme d'aliment semble stabiliser les réserves hépatiques à un niveau convenable. Cependant l'apport pourra être modifié si l'on prend en compte l'effet des traitements technologiques lors de la fabrication (JANSEN et FRIEDRICH, 1985) ou la nécessité de stimuler les défenses immunitaires des animaux (JURIN ET TANNOCK, 1972), sans risquer d'atteindre le seuil de toxicité fixé entre 10 et 1000 fois le besoin des animaux (N.R.C., 1987).

Ni les performances zootechniques, ni les dosages vitaminiques effectués sur les lobes 3 hépatiques, ni les coefficients affectés à chaque source dans l'équation de régression multiple, ne permettent de différencier les trois sources synthétiques de vitamine A testées.

CONCLUSION

La première étude méthodologique nous a permis de déterminer la dynamique du stockage hépatique de la vitamine A chez le porcelet et d'apprécier la hiérarchie de déplétion. Le lobe 3 du lobe moyen a été choisi pour mener la seconde étude sur le thème du stockage hépatique de la vitamine A en fonction de la source et de la dose.

L'effet de la supplémentation en vitamine A de synthèse, égal

pour les trois sources testées, se traduit par une amélioration des performances zootechniques jusqu'au seuil de 5 U.I. par gramme d'aliment et une augmentation linéaire du stockage hépatique entre 5 et 20 U.I./gramme d'aliment.

La quantité de vitamine A qui permet de stabiliser les réserves hépatiques au niveau de 200 U.I. par gramme dans les conditions de notre expérience se situe à 10 U.I. par gramme d'aliment, valeur que nous recommandons pour la formulation des aliments porcelets.

BIBLIOGRAPHIE

- A.E.C., 1987. Tables A.E.C., Recommandations en nutrition animale. In press.
- AMEDEE-MANESME O., FURR H., OLSON J.A., 1985. Arch. Fr. Pédiatr., **42**, 325-331.
- A.R.C., 1985. The nutrient requirements of pigs, Commonwealth Bureaux, Slough.
- A.W.T., 1984. Vitamins in animal nutrition. Arbeitsgemeinschaft für Wirkstoffe in der Tierernährung e.V., Bonn. 48 p.
- DAVILA M.E., NORRIS L., MARGOT P., ROSS C., ROSS A.C., 1985. J. Nutr., **115**, 1033-1041.
- FERRANDO R., RANDOLPH A., BLIN P.C., 1975. Journées Rech. Porcine en France, **7**, 105-112.
- HARRIS P.L., 1960. Vitam. Horm., **18**, 341-370.
- HENNIG A., SCHONE F., LUDKE H., PANNDORF H., GEINITZ D., 1985. Arch. Tierernähr., **35**, (1), 19-31.
- I.N.R.A., 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. éd. I.N.R.A., Paris. 296 p.
- JANSEN H.D., FRIEDRICH W., 1985. Feedstuffs, May 1985, 44.
- JENSEN A.H., 1987. Feedstuffs Reference Issue, 40-46.
- JURIN M., TANNOCK I.F., 1972. Immunology, **23**, 283-287.
- N.R.C., 1979. Nutrient requirements of domestic animals n° 2. Nutrient requirements of swine, National Academy of Sciences, N.R.C., Washington, 52 p.
- N.R.C., 1987. Vitamin tolerance of animals, National Academy Press, Washington, 96 p.
- OLSON J.A., 1984. In MACHLIN L.J., Handbook of vitamins, Marcel DEKKER Inc., New-York. 1-43.
- ROCHE, 1985. In "when more vitamins are wanted", Pig International, (8), 16-18.
- SCHONE F., LUDKE H., 1984. Arch. Tierernähr., **34**, (3), 205-218.
- WEBER F., 1983. Proc. Nutr. Soc., **42**, 31-41.
- WOLF G., 1984. Physiol. Rev., **64**, (3), 873-937.