1990. JOURNÉES RECH. PORCINE EN FRANCE, **22**, 223 - 228.

DIGESTIBILITÉ «RÉELLE», MESURÉE AU NIVEAU ILÉAL, DES ACIDES AMINÉS DE LA FÉVEROLE ET DU LUPIN

R. MAILLARD, T. KIENER, Solange BERTRAND

Rhône-Poulenc Animal Nutrition, 03600 COMMENTRY

Avec la collaboration de :
Annie BOURBON, Geneviève CHARVY, Marie-France CONTAMINE,
Irène DIOT, Madeleine DURON, Elisabeth DZYCZKO et M. GUILHOT

Les quinze dernières années ont vu se développer des études ayant pour objet l'utilisation de protéagineux métropolitains en substitution au tourteau de soja dans l'alimentation animale, notamment celle du porc.

Les valeurs de digestibilité des acides aminés de la féverole, du lupin sont encore mal connues. L'objectif de notre travail a été, en utilisant des porcelets munis d'une anastomose iléorectale, d'effectuer des mesures de digestibilité des acides aminés d'une féverole «Blandine» (0,71 % de tanins), d'une féverole «Alfred» entière (1,28 % de tanins), d'une féverole «Alfred» décortiquée (0,79 % de tanins) et d'un lupin australien (0,32 % de tanins).

Les résultats indiquent de bonnes valeurs de digestibilité pour les quatre protéagineux. Pour huit acides aminés : valine, leucine, phénylalanine, histidine, méthionine, sérine, acide glutamique, alanine, il n'existe pas de différences de digestibilité. Pour les autres paramètres étudiés, la féverole «Alfred» entière a le même niveau de digestibilité que la féverole «Blandine». Le décorticage de la féverole «Alfred» améliore sa digestibilité. Quant au lupin, sa digestibilité atteint le niveau de la féverole «Alfred» décortiquée, sans pour autant être supérieure aux digestibilités des féveroles «Blandine» et «Alfred» entière.

True amino acid digestibility in bean and lupin measured with pigs with an ileorectal anastomosis.

In the last fifteen years we have seen the development of studies, the object of which is the use of native leguminous seeds as a substitute for soyabean meal as animal feed, and in particular, pig feed.

Aminoacid digestibility values of field beans and lupin are still relatively unknown. The objective of our work has been, using piglets with an ileorectal anastomosis, to evaluate the aminoacid digestibility of the field bean «Blandine» (0.71 % tannins), of the field bean «Alfred» (whole seed : 1.28 % tannins), of the field bean «Alfred» (without hull : 0.79 % tannins) and an Australian lupin (0.32 % tannins).

The results have shown high levels of digestibility for the four feedstuffs. For eight aminoacids : valine, leucine, phenylalanine, histidine, methionine, serine, glutamic acid, alanine, there is no difference in digestibility values. For the other parameters studied, the whole «Alfred» field bean had the same level of digestibility as the «Blandine» field bean. The dehulling of the «Alfred» field bean improved its digestibility level. As concerns the lupin, its digestibility level reached the same value as the dehulled «Alfred» field bean, without, however, having a higher digestibility value than the «Blandine» and whole «Alfred» field beans.

INTRODUCTION

L'embargo à l'exportation du soja, décidé en Août 1973 par le gouvernement des Etats-Unis, a fait prendre conscience à certains pays, notamment ceux de la C.E.E., qu'ils pouvaient connaître des difficultés d'approvisionnement en matières riches en protéines et un intérêt pour les protéagineux s'est donc fait jour (SCHIRATTI, 1984).

Qu'il y ait, ou qu'il n'y ait pas embargo, des études concernant les graines de féverole, de lupin se sont développées afin de déterminer leurs possibilités d'emploi pour la nutrition porcine en substitution partielle ou totale au tourteau de soja.

Pour la féverole, une activité d'inhibition de la trypsine a été mise en évidence dans le tégument et le cotylédon (WILSON et al., 1972 ; MARQUARDT et al., 1975), activité détruite par la chaleur. Une autre limite à l'utilisation de féverole est la présence de tanins dans l'enveloppe de la graine (HENRY et BOURDON, 1972), présence qui a conduit à l'utilisation de graines décortiquées (HENRY et BOURDON, 1973 ; CASTAING et LEUILLET, 1974 ; PASTUSZEWSKA et al., 1974). Selon FEKETE et GROSJEAN (1986), GROSJEAN et GATEL (1989), il n'y aurait aucun inconvénient à utiliser jusqu'à 10 % de féverole dans un aliment porcelets ou porcs charcutiers à base de céréales.

Quant au lupin, plusieurs paramètres interviennent pour limiter son utilisation. Le taux d'alcaloïdes contenus dans la graine exerce une action négative sur la prise alimentaire (RUIZ et al., 1977 ; PEARSON et CARR, 1977 ; BOURDON et al., 1980 ; CASTAING et al., 1982 ; HALE et MILLER, 1985 ; ERICKSON, 1988). La teneur excessive en manganèse de certaines variétés peut entraîner des baisses de performances des animaux (PEARSON et CARR, 1977 ; BATTERHAM, 1979) sans, pour autant, intervenir négativement sur la prise alimentaire (MUIRHEAD, 1989). Les alpha-galactosides sont responsables de flatulences (BOURDON et al., 1980 ; GROSJEAN et GATEL, 1989). Pour CASTAING et al. (1982), FEKETE (1984), GROSJEAN (1984), GROSJEAN et GATEL (1989), il est préférable de ne pas utiliser de lupin chez le porcelet et de ne pas excéder 5 % d'incorporation chez le porc charcutier.

Bien que AGUILERA et al. (1985) fournissent des valeurs de digestibilité apparente fécale de la protéine de Lupinus Albus cv multolupa, PASTUSZEWSKA et al. (1974) des valeurs de digestibilité réelle fécale des acides aminés de féverole, il n'en est pas moins vrai que les valeurs de digestibilité réelle des acides aminés des deux protéagineux cités sont mal connues ; c'est la raison pour laquelle il nous est apparu nécessaire de fournir de telles informations.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux

La présence de microorganismes au niveau du gros intestin entraîne synthèses et dégradations d'acides aminés et les résultats analytiques des fèces en ces composés ne permettent pas d'évaluer leur digestibilité (PAYNE et al., 1968).

Comme il n'y a aucune absorption d'acides aminés dans cette partie du tube digestif (DARCY et al., 1982) et que les produits azotés absorbés (amines, NH3) d'origine bactérienne n'ont aucune valeur nutritive pour l'hôte (LOW, 1980 ; JUST et al., 1981 ; ZEBROWSKA, 1982 ; JUST, 1983), la phase d'absorption des acides aminés est terminée à la fin de l'iléon (LEIBHOLZ, 1985). La quantité d'acides aminés disponibles à la fin de l'intestin grêle est étroitement corrélée avec les protéines déposées par synthèse (JUST et al., 1985) et les mesures de digestibilité des acides aminés les plus significatives s'effectuent donc au niveau de l'iléon terminal (LOW et PARTRIDGE, 1981 ; MOUGHAN et SMITH, 1985). C'est la raison pour laquelle les mesures de digestibilité des acides aminés que nous allons fournir, ont été obtenues avec des animaux «munis» d'une anastomose iléo-rectale avec isolement du gros intestin permettant la collecte des excreta à la fin de l'intestin grêle, selon la description faite par PICARD et al. (1984), reprise par GREEN et al. (1987).

Quatre porcs Large White, mâles castrés, frères de portée, d'un poids moyen de 55,6 kg ± 4 kg au début de l'expérimentation, ont été utilisés. L'intervention chirurgicale débute par une section de l'iléon. Celui-ci est interrompu au niveau de la fin du pli iléo-caecal à environ 15 cm avant la valvule iléo-caecale. L'intestin grêle est ensuite suturé en jonction termino latérale sur le rectum, le plus près possible de l'anus. Le colon est interrompu par une section réalisée immédiatement avant la jonction iléo-rectale : le gros intestin se trouve ainsi totalement isolé. Une canule, dont le but est d'éliminer les gaz formés et les fèces résiduelles, est placée dans le colon terminal, extériorisée au niveau de la paroi abdominale gauche de l'animal.

1.2. Matières premières

Une féverole «Blandine» (aliment A), une féverole «Alfred» (aliment B), cette même féverole «Alfred» décortiquée (aliment C) et un lupin «australien» (aliment D) ont été testés afin de déterminer et de comparer les valeurs de leur digestibilité en azote et acides aminés. Les caractéristiques de ces quatre matières premières sont données dans le tableau 1.

De plus, certains paramètres pouvant interférer dans les phases de dégradation des protéines, de l'absorption des acides aminés, ont été dosés. Les valeurs recueillies sont rassemblées dans le tableau 2.

RUIZ et al. (1977) ont dosé les alcaloïdes contenus dans huit variétés de lupin et trouvent, pour sept d'entre elles, des teneurs inférieures ou égales à 0,09 % de la matière sèche, la huitième titrant 0,59 % en ces substances. Ces valeurs permettent donc de situer le lupin australien étudié parmi les variétés riches en alcaloïdes. Par contre, la teneur en manganèse de 31,5 ppm place ce lupin nettement en-deçà des 1 000 ppm, cités par BATTERHAM (1979), correspondant à la tolérance du porc vis à vis de ce métal.

La composition des régimes expérimentaux (A, B, C, D) est donnée dans le tableau 3. Chacun des quatre régimes renferme 16,05 % de protéines.

1.3. Déroulement de l'essai

La méthode du carré latin a été utilisée.

Chacune des semaines expérimentales correspond, pour chaque animal, à la distribution de l'un des quatre régimes à étudier. Cet aliment est distribué en un seul repas, le matin, pendant 7 jours (1 kg d'aliment + 2 litres d'eau + 1 g d'un mélange polyvitaminé + 5 g NaCl + 5 g de bicarbonate de

TABLEAU 1
COMPOSITION DES MATIÈRES PREMIÈRES

	Féverole Blandine	Féverole Alfred	Féverole Alfred décortiquée	Lupin australien
Matière sèche %	88,15	86,80	86,10	88,25
Azote %	4,67	3,98	4,39	4,36
Protéine brute % (N x 6,25)	29,19	24,87	27,44	27,28
Acides aminés indispensables (%)				
Arginine	2,15	2,11	2,41	2,80
Histidine	0,63	0,58	0,65	0,78
Lysine	1,61	1,46	1,66	1,33
Phénylalanine	1,17	1,00	1,21	1,47
Leucine	1,86	1,96	2,17	1,91
Isoleucine	1,11	1,02	1,29	1,15
Méthionine	0,20	0,21	0,20	0,15
Valine	1,25	1,27	1,40	1,06
Thréonine	0,91	0,87	0,99	0,84
Acides aminés non indispensables (%)				
A. Aspartique	2,55	2,69	2,99	2,59
A. Glutamique	4,44	4,68	4,97	6,08
Sérine	1,23	1,22	1,38	1,32
Proline	1,21	1,12	1,25	1,01
Glycine	1,11	1,15	1,10	1,17
Alanine	1,10	1,14	1,26	0,90
Cystine	0,34	0,40	0,36	0,50
Tyrosine	0,79	0,69	0,94	0,96

TABLEAU 2
TENEURS EN TANINS, ALCALOÏDES ET MANGANÈSE DES GRAINES DE :

	Féverole Blandine	Féverole Alfred	Féverole Alfred décortiquée	Lupin australien
Tanins (%) (méthode Folin Denis)	0,71	1,28	0,79	0,32
Alcaloïdes (%)	-	-	-	0,32
Manganèse (ppm)	-	-	-	31,5

TABLEAU 3
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX (%)

	Aliment A	Aliment B	Aliment C	Aliment D
Féverole Blandine	55			
Féverole Alfred		64,5		
Féverole Alfred décortiquée			58,5	
Lupin australien				59
Amidon cru de maïs	41	31,5	37,5	37
C.M.V. digestibilité	4	4	4	4

sodium). Les 5 premiers jours permettent à l'animal de s'adapter à son nouveau régime et les deux derniers jours autorisent la collecte totale des jus iléaux. A l'issue des 48 heures de récolte, les excreta de chacun des deux jours sont homogénéisés séparément. Deux parties, représentant chacune un même pourcentage des collectes, sont réunies, mélangées, broyées. Un échantillon de 300 grammes est lyophilisé.

De manière à quantifier l'excrétion des acides aminés d'origine endogène, de chacun des animaux, un régime protéiprive (sans protéine), dont la composition est donnée dans le tableau 4, a été distribué selon la procédure qui vient d'être

décrite, la semaine précédent la réalisation du carré latin.

TABLEAU 4
COMPOSITION DU RÉGIME PROTÉIPRIVE (%)

Amidon cru de maïs	48
Saccharose	48
C.M.V. digestibilité	4

1.4. Analyse des données

Sur les quatre matières premières et les jus iléaux, des analyses de matière sèche, d'azote et de 17 acides aminés sont réalisées.

Les valeurs de digestibilité réelle des acides aminés sont obtenues, pour chacun d'eux, en utilisant la formule suivante :

$$\textbf{Digestibilité réelle (\%)} = \frac{\textbf{AA Ingéré - (AA Excrété - AA Endogène)}}{\textbf{AA Ingéré}} \times 100$$

(AA = Acides Aminés)

L'analyse statistique du carré latin permet l'analyse de 19 variables : azote, 17 acides aminés et la somme des acides aminés. Les calculs de l'analyse de variance sont conduits de manière à isoler les variations dues aux régimes, aux animaux et aux semaines expérimentales. Si les résultats de l'analyse de variance (test F de Fisher) montrent des différences significatives pour les régimes, le test de DUNCAN permet de comparer les moyennes des valeurs de digestibilité des acides aminés deux à deux.

2. RÉSULTATS

2.1. Effet «période», effet «animal»

L'analyse statistique du carré latin a montré l'existence d'un effet «période» concernant la digestibilité réelle d'un seul acide aminé : la cystine.

Un effet «animal» s'est dégagé pour 9 variables analysées : azote, thréonine, proline, glycine, tyrosine, lysine, arginine, méthionine et la somme des acides aminés.

2.2. Effet «matières premières»

Les coefficients de digestibilité réelle des acides aminés des quatre matières premières étudiées, ainsi que les résultats de l'analyse de variance, sont indiqués dans le tableau 5.

Pour huit acides aminés, il n'existe pas de différences significatives entre les valeurs de digestibilité des acides aminés des quatre matières premières. Ce sont : valine, leucine, phénylalanine, histidine et méthionine pour les acides aminés indispensables et sérine, acide glutamique et alanine pour les acides aminés non indispensables.

2.2.1. Comparaison féveroles Blandine et Alfred entière

Pour azote et proline seulement, la féverole Blandine montre des valeurs de digestibilité supérieures à celles obtenues pour la féverole Alfred entière. Pour la cystine, nous trouvons la situation contraire. Les coefficients de digestibilité de la somme des acides aminés ne sont pas différents.

TABLEAU 5
DIGESTIBILITÉ«RÉELLE» (%) DES ACIDES AMINÉS DE TROIS VARIÉTÉS DE FÉVEROLES ET D'UN LUPIN

	Régimes **				
	A	B	C	D	Sign.
Azote	84,6 a	81,8 b	87,7 a	86,1 a	*
A. Aspartique	86,2 b	86,3 b	90,7 a	86,4 b	*
Thréonine	82,4 b	80,8 b	86,9 a	81,3 b	*
Sérine	84,7	83,6	88,9	86,0	-
A. Glutamlque	88,3	88,4	91,1	87,7	-
Proline	85,1 a	70,6 b	83,9 a	83,9 a	*
Glycine	83,9ab	81,1 b	88,6 a	88,2 a	*
Alanine	82,7	83,8	86,2	79,7	-
Valine	81,6	81,4	86,8	84,1	-
Isoleucine	83,7 b	82,1 b	89,2 a	85,4ab	*
Leucine	85,0	85,7	91,0	85,9	-
Tyrosine	82,8ab	80,7 b	86,8 a	85,6ab	*
Phénylalanine	86,2	83,6	90,8	88,7	-
Lysine	88,2 b	86,7 b	90,9 a	85,9 b	*
Histidine	90,6	85,8	84,8	94,0	-
Arginine	90,6ab	89,5 b	91,8ab	92,9 a	*
Cystine	76,1 c	81,4 b	83,1 b	90,1 a	*
Méthionine	77,3	78,1	81,8	74,0	-
Somme AA	85,9 b	84,6 b	89,3 a	87,1ab	*

* $P < 0,05$. Sur la même ligne, les valeurs affectées d'une même lettre (a, b, c) ne sont pas différentes significativement.
** A = Féverole Blandine
B = Féverole Alfred entière
C = Féverole Alfred décortiquée
D = Lupin australien

2.2.2. Comparaison féveroles Alfred entière et Alfred décortiquée

En regardant maintenant les résultats obtenus pour la féverole entière ou décortiquée, nous constatons que pour tous les acides aminés analysés, hormis les huit dont nous avons parlé précédemment et exceptée l'arginine, les valeurs obtenues sont significativement plus élevées pour la féverole décortiquée que pour la féverole entière.

2.2.3. Comparaison féverole Alfred décortiquée et féverole Blandine

Les valeurs obtenues soulignent l'existence de différences significativement plus élevées, au bénéfice de la féverole décortiquée, pour les acides aminés suivants : acide aspartique, thréonine, isoleucine, lysine, cystine et la somme des acides aminés. Les autres coefficients de digestibilité ne sont pas différents.

2.2.4. Comparaison féverole Alfred décortiquée et lupin

Les résultats précédemment exposés montrent que les coefficients de digestibilité des acides aminés de la féverole Alfred décortiquée sont, dans leur globalité, supérieurs ou au moins équivalents à ceux des deux autres types de féverole. C'est la raison pour laquelle nous allons comparer les coefficients de digestibilité de la féverole décortiquée avec ceux du lupin.

Pour seulement trois acides aminés : acide aspartique, thréonine et lysine, les valeurs de digestibilité du lupin sont en retrait. Par contre, la cystine de ce dernier a un coefficient de digestibilité supérieur à celui de la féverole décortiquée. Les résultats des autres paramètres sont statistiquement équivalents. Quoique ce résultat ne soit pas significatif, le lupin présente une digestibilité de la méthionine relativement faible.

3. DISCUSSION

Pour valine, leucine, phénylalanine, histidine, méthionine d'une part, leucine, acide glutamique et alanine d'autre part, nous n'avons pas montré de différences entre les coefficients de digestibilité des acides aminés des matières premières utilisées. Notre propos portera donc sur les autres variables analysées.

3.1. Rôle des tanins

Les résultats que nous avons obtenus montrent que la digestibilité des acides aminés de la féverole «Alfred» entière se situe au même niveau que la digestibilité de la protéine de la féverole «Blandine» et, ce, bien que le pourcentage de tanins soit de moitié plus élevé pour la féverole «Alfred» (0,71 % pour la féverole «Blandine», 1,28 % pour la féverole «Alfred»). On aurait pu penser qu'une différence significative entre les digestibilités des acides aminés de ces deux protéagineux, à l'avantage de la féverole «Blandine» aurait été mise en évidence.

Lorsque le décorticage de la graine de féverole «Alfred» intervient, la digestibilité des acides aminés devient significativement plus élevée que celle de la féverole «Alfred» entière. Ce qui est cohérent avec l'observation selon laquelle les tanins, contenus dans l'enveloppe de la graine, exercent une action négative sur l'absorption intestinale des acides aminés.

Le décorticage entraîne, du même fait, des valeurs de digestibilité des acides aminés de la féverole décortiquée supérieure à celles obtenues pour la féverole «Blandine», bien qu'ayant un niveau de tanins presque identique (0,71 % pour la féverole «Blandine», 0,79 % pour la féverole décortiquée). Le décorticage a effectivement amélioré la digestibilité des acides aminés de la féverole «Alfred». Ces résultats vont dans le sens de ceux obtenus par HENRY et BOURDON (1973), PASTUZEWSKA et al. (1974).

Mais, à niveau égal de tanins, la féverole «Alfred» a une meilleure digestibilité de ses acides aminés que la féverole «Blandine».

3.2. Rôle de la cellulose

Le décorticage a pour effet, outre la diminution notoire du pourcentage de tanins de la graine, la baisse du niveau de cellulose. En effet, le niveau de la cellulose de la féverole «Alfred» passe de 6,05 % à 1,40 % sous l'action du décorticage. Ce pourcentage devient nettement inférieur à celui de la féverole «Blandine». On pourrait penser que cette baisse du niveau de la cellulose de la féverole «Alfred» décortiquée explique, qu'à niveau de tanins équivalents, la digestibilité des acides aminés de la féverole décortiquée supplante celle de la féverole «Blandine». Mais les 13,5 % de cellulose contenus dans la graine du lupin, près de 10 fois supérieurs au niveau cellulosique de la féverole décortiquée (1,4 %) et une digestibilité des acides aminés identique de ces deux protéagineux, nous incitent à dire que la cellulose n'entraîne pas de modification dans les phénomènes d'absorption intestinale des acides aminés.

3.3. Rôle des facteurs antitrypsiques

MARQUARDT et al. (1975) affirment que le niveau de ces facteurs est deux fois plus élevé dans l'amande que dans l'enveloppe de la graine de féverole. VALDEBOUZE et al. (1980) ne décèlent pas d'inhibiteur trypsique et chymotrypsique dans l'enveloppe, mais seulement dans l'amande. Le décorticage de la graine de féverole «Alfred» ne modifierait donc pas, ou peu, les teneurs en facteurs inhibiteurs des sécrétions pancréatiques et, FEKETE et GROSJEAN (1986) d'affirmer que le niveau des facteurs antinutritionnels d'origine protéique n'exerce que peu d'influence sur les performances animales. Ce ne sont donc pas ces facteurs qui permettraient d'expliquer pourquoi, à niveau égal de tanins, sachant que la cellulose n'intervient pas, la digestibilité des acides aminés de la féverole «Alfred» décortiquée est supérieure à la féverole «Blandine».

3.4. Teneur en acides aminés indispensables

Les bonnes valeurs de digestibilité des acides aminés des trois types de féverole et du lupin étudiés, ne doivent pas masquer le fait que les protéines de ces protéagineux sont carencées en acides aminés indispensables. Le tableau 6 permet de collecter leurs teneurs, ainsi que celles d'un soja 48, extraites des Tables A.E.C., 5ème édition.

TABLEAU 6
TENEURS EN ACIDES AMINÉS INDISPENSABLES (%)

	T. Soya 48	Féverole Blandine	Féverole Alfred	Féverole Alfred décortiquée	Lupin australien
Arginine	3,45	2,15	2,11	2,41	2,80
Histidine	1,23	0,63	0,58	0,65	0,78
Lysine	2,89	1,61	1,46	1,66	1,33
Phénylalanine	2,36	1,17	1,00	1,21	1,15
Leucine	3,55	1,86	1,96	2,17	1,91
Isoleucine	2,28	1,11	1,02	1,29	1,15
Méthionine	0,63	0,20	0,21	0,20	0,15
Valine	2,36	1,25	1,26	1,40	1,06
Thréonine	1,82	0,91	0,87	0,99	0,84

Le rapport entre les teneurs en acides aminés indispensables dans les protéagineux étudiés et celles du tourteau de soja 48, est, pour chacun des acides aminés, de 1/2, exceptée la méthionine o˘ ce rapport est de 1/3, voire 1/4 pour le lupin.

CONCLUSION

Le travail réalisé, permet de constater la bonne digestibilité des trois types de féveroles et du lupin étudiés. Contrairement à ce qui pouvait être attendu, la digestibilité des acides aminés de la féverole «Blandine» n'est pas supérieure à celle de la féverole «Alfred» entière. Le décorticage de cette féverole entraîne une amélioration de la digestibilité de sa protéine, une diminution de la cellulose et une élévation de sa teneur en acides aminés. Les problèmes de flatulence engendrés par les dégradations dans le gros intestin des alpha-galactosides du lupin, n'ont pas été relevés, étant données les modifications de l'anatomie du tube digestif des animaux expérimentaux.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Monsieur HUISMAN, IGMB - TNO, de Wageningen (Pays-Bas) pour son aide concernant le dosage des tanins.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGUILERA J.F., MOLINA E., PRIETO C., 1985. Anim. F. Sci. and Tech., 12, 171-178.
- BATTERHAM E.S., 1979. Aust. J. Agric. Res., 30, 369-375.
- BOURDON D., PEREZ J.M., CALMES R., 1980. Journées Rech. Porcine en France, 12, 245-264.
- CASTAING J., LEUILLET M., 1974. Journées Rech. Porcine en France, 6, 153-157.
- CASTAING J., COUDURE R., FEKETE J., GROSJEAN F., LEUILLET M., 1982. Journées Rech. Porcine en France, 14, 307-317.
- DARCY B., DUEE P.M., RERAT A., 1982. Cycle approfondie d'alimentation animale.
- ERICKSON J., 1988. Feedstuffs, December 5, 15.
- FEKETE J., 1984. 3ème Congrès international du lupin, 631-632.
- FEKETE J., GROSJEAN F. 1986.
- GREEN, S., BERTRAND S., DURON M., MAILLARD R., 1987. J. Sci. Food Agric., 41, 29-43.
- GROSJEAN F., 1984. 3ème Congrès international du lupin, 635-636.
- GROSJEAN F., GATEL F., 1989. Table ronde ITCF-AF2, SIMAVIP, 17-28.
- HALLE O.M., MILLER J.D., 1985. J. Anim. Sci., 60, 989-997.
- HENRY Y., BOURDON D., 1972. Journées Rech. Porcine en France, 4, 175-183.
- HENRY Y., BOURDON D., 1973. Journées Rech. Porcine en France, 5, 105-114.
- JUST A., JORGENSEN H., FERNANDEZ J.A., 1981. Br. J. Nutr., 46, 209-219.
- JUST A., 1983. Les colloques de l'INRA, 289-309.
- JUST A., JORGENSEN H., FERNANDEZ J.A., 1985. Livestock Prod. Sci., 12, 145-159.
- LEIBHOLZ J., 1985. Br. J. Nutr., 53, 137-147.
- LOW A.G., 1980. J. Sci. Food Agric., 31, 1087-1130.
- LOW. A.G., PARTRIDGE I.G., 1981. Proceedings of the VI International Symposium on Amino Acids, Serock, Pologne, 77-87.
- MARQUARDT R.R., MEKIRDY J.A., WARD T., CAMPBELL L.D., 1975. Can. J. Anim. Sci., 55, 421-429.
- MUIRHEAD S., 1989. Feedstuffs, July 24, 11.
- MOUGHAN P.J., SMITH, 1985. New Zealand J. Agric. Res., 28, 365-370.
- PAYNE W.L., COMBS G.F., KIFER R.R., 1968. Fed Proc., 27, 1199-1203.
- PASTUSZEWSKA B., DUEE P.M., HENRY Y., 1974. Ann. Zootechn., 23 (4), 537-554.
- PEARSON G., CARR J.R., 1977. An. Feed Sci. Tech., 2, 49-58.
- PICARD M., BERTRAND S., GENIN F., MAILLARD R., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 355-360.
- RHONE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1987. Tables A.E.C. Recommandations pour l'alimentation animale, 5ème édition.
- RUIZ L.P., WHITE S.F., HOVE E.L., 1977. An. Feed Sci. Tech., 2, 59-66.
- SCHIRATTI G., 1984. 3ème Congrès international du lupin, 524-527.
- VALDEBOUZE P., BERGERON E., GABORIT T., DECORT-LAVAL J., 1980. Can. J. Plant Sci., 60, 695-701.
- WILSON B.J., McNAB J.M., BENTLEY Masel, 1972. Br. Poult. Sci., 13, 521-523.
- ZEBROWSKA Teresa, 1982. Les colloques de l'INRA, 225-236.