

DIGESTIBILITE APPARENTE ET DIGESTIBILITE VRAIE DES ACIDES AMINES DU TOURTEAU DE SOJA, DE LA GRAINE DE SOJA EXTRUDEE ET DE LA GRAINE DE SOJA TOASTEE

T. KIENER, G. MARISCAL LANDIN

RHONE POULENC ANIMAL NUTRITION - 03600 COMMENTRY

INTRODUCTION

L'utilisation du soja en alimentation animale est réalisée depuis de nombreuses années principalement sous forme de tourteau. L'intérêt de cette matière première dans l'alimentation du porc n'est plus à démontrer notamment en raison de sa teneur élevée en lysine (INRA, 1984 ; RHONE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1987) et de la bonne qualité de sa protéine, hautement digestible (GREEN et al, 1988 ; GREEN et KIENER, 1988). Depuis quelques années, on assiste à une augmentation de l'utilisation en alimentation animale de graines de soja destinées à une consommation immédiate (1,2 million de tonnes en 1987/1988 comparés 0,4 million de tonnes en 1984/1985, Oil World, 1988).

La présence de facteurs antinutritionnels dans la graine de soja (inhibiteurs trypsiques, lectines, ...) entraîne la nécessité de recourir à un traitement technologique de type thermique (cuisson ou extrusion). On constate, en effet, que les performances d'animaux nourris avec des régimes contenant de la graine de soja crue sont médiocres (BRENDemuHL et al, 1987). En raison de la faible quantité d'informations disponibles concernant l'influence de ces traitements sur la valeur biologique des protéines du soja, nous avons conduit une expérience portant sur la digestibilité de l'azote et des acides aminés du tourteau de soja, de la graine de soja extrudée et de la graine de soja toastée.

1. MATERIEL ET METHODE

1.1. Animaux

3 porcs Large-White mâles castrés, frères de portée, d'un poids initial moyen de 36,6 kg ont été utilisés pendant 3 périodes de 3 semaines chacune.

Les synthèses et dégradations microbiennes des acides aminés dans le gros intestin influencent leur concentration dans les fécès. La phase d'absorption des acides aminés est totalement terminée à la fin de l'iléon et la quantité d'acides aminés absorbés à la fin de l'intestin grêle est étroitement corrélée à la quantité disponible pour la synthèse protéique (LOW et PAR-

TRIDGE, 1981 ; JUST et al, 1985 ; LEIBHOLZ, 1985 ; MOUGHAN et SMITH, 1985). C'est pourquoi nous avons déterminé la digestibilité iléale de la protéine et des acides aminés des matières premières testées par la technique du shunt iléo-rectal, avec isolement complet du gros intestin décrite par GREEN et al. (1987).

L'opération consiste en une section de l'iléon, 10 cm en amont de la jonction iléo caecale. L'intestin grêle est suturé en jonction termino latérale sur le rectum. Le gros intestin est isolé, suite à une section du colon en amont de la jonction iléorectale nouvellement créée. Afin de permettre l'évacuation des fèces résiduelles et des gaz résultant des fermentations, une canule est posée sur le gros intestin. Cette canule est extériorisée au niveau de la paroi abdominale.

1.2. Matières premières

L'expérience nous a permis de déterminer la digestibilité de la protéine et des acides aminés d'un tourteau de soja (T.S.), d'un soja graine entière extrudé (G.E.E.) et d'un soja graine entière toasté (G.E.T.). Les caractéristiques de ces matières premières sont indiquées dans le tableau 1.

1.3. Déroulement de l'expérience

Pour chaque matière première nous avons utilisé un dispositif expérimental en carré latin. La matière première testée était distribuée à trois niveaux d'incorporation (régimes contenant 5, 10 ou 20 % de protéines) à chacun des 3 porcs alternativement pendant 3 semaines (figure 1).

Ce dispositif expérimental en carré latin s'est répété pendant 3 périodes correspondant chacune à l'une des matières premières testées.

Chaque semaine d'expérience correspondait pour chaque animal à la distribution de l'un des aliments expérimentaux dont la composition est indiquée dans le tableau 2. Cet aliment était distribué pendant 7 jours, comprenant 5 jours d'adaptation au régime et 2 jours de collecte des jus iléaux. Tous les

2. RESULTATS

2.1. Digestibilité apparente

TABLEAU 3
DIGESTIBILITE ILEALE APPARENTE DE L'AZOTE ET DES ACIDES AMINES DU TOURTEAU DE SOJA

Niveau protéique	5 %		10 %		20 %	
Azote	76,1	(2,2)	80,7	(2,8)	74,5	(8,6)
Acides aminés indispensables						
Arginine	86,6	(2,2)	89,4	(1,5)	84,7	(6,9)
Histidine	82,1	(2,2)	85,2	(1,4)	78,2	(8,1)
Lysine	80,0	(4,5)	84,8	(1,6)	70,0	(7,7)
Phénylalanine	81,2	(2,6)	84,0	(2,2)	76,5	(8,4)
Leucine	79,6	(2,8)	82,9	(2,5)	76,2	(8,7)
Isoleucine	80,5	(2,7)	84,2	(2,5)	78,0	(8,8)
Méthionine	78,5	(4,7)	86,6	(1,5)	82,1	(8,5)
Valine	70,2	(2,5)	76,6	(4,6)	71,6	(7,8)
Thréonine	73,6	(2,6)	78,8	(1,3)	73,7	(9,5)
Acides aminés non indispensables						
A. aspartique	80,3	(2,9)	83,9	(1,7)	78,8	(7,0)
A. glutamique	84,1	(2,1)	86,5	(2,5)	77,7	(10,8)
Sérine	80,0	(2,3)	83,0	(1,4)	78,1	(6,2)
Proline	74,9	(4,6)	79,8	(4,6)	74,8	(7,9)
Glycine	72,0	(1,1)	76,5	(2,8)	68,6	(11,1)
Alanine	67,7	(6,1)	75,7	(4,1)	69,3	(11,0)
Cystine	72,1	(1,1)	78,5	(1,5)	70,2	(12,6)
Tyrosine	79,4	(3,7)	84,5	(2,1)	80,2	(7,3)
Somme A.A.	79,4	(2,5)	83,3	(2,3)	77,0	(8,6)

TABLEAU 4
DIGESTIBILITE ILEALE APPARENTE DE L'AZOTE ET DES ACIDES AMINES DU SOJA GRAINE ENTIERE EXTRUDE

Niveau protéique	5 %		10 %		20 %	
Azote	76,4a	(2,4)	82,6b	(1,2)	84,1b	(1,8)
Acides aminés indispensables						
Arginine	86,5a	(2,0)	90,7b	(0,7)	91,8b	(1,2)
Histidine	82,8	(2,3)	87,3	(0,5)	88,0	(1,9)
Lysine	82,2	(4,1)	87,1	(1,4)	88,0	(1,6)
Phénylalanine	81,3	(3,4)	86,6	(1,2)	86,8	(2,1)
Leucine	81,2	(3,5)	86,1	(1,3)	87,0	(1,9)
Isoleucine	80,7	(4,2)	85,3	(1,8)	86,5	(1,9)
Méthionine	77,0	(7,3)	81,1	(2,8)	83,8	(2,7)
Valine	75,7a	(5,1)	81,4b	(1,3)	83,1b	(1,8)
Thréonine	78,6	(1,7)	82,1	(1,2)	83,0	(1,8)
Acides aminés non indispensables						
A. aspartique	86,2a	(2,1)	87,4b	(0,5)	87,9b	(1,3)
A. glutamique	85,2a	(2,1)	88,8b	(0,6)	89,6b	(1,4)
Sérine	81,9a	(1,0)	86,3b	(0,6)	87,2b	(0,8)
Proline	68,2	(21,7)	84,0	(2,2)	85,5	(1,6)
Glycine	73,1	(3,2)	79,1	(1,9)	81,0	(1,7)
Alanine	73,9	(5,0)	79,9	(2,0)	81,5	(2,6)
Cystine	75,2a	(2,5)	79,7b	(2,0)	80,8b	(3,4)
Tyrosine	80,5	(3,8)	85,9	(1,0)	87,2	(2,6)
Somme A.A.	80,7a	(1,9)	85,9b	(0,8)	86,9b	(1,4)

a, b. Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (p. < 0,05)

TABLEAU 5
DIGESTIBILITE ILEALE APPARENTE DE L'AZOTE ET DES ACIDES AMINES DU SOJA GRAINE ENTIERE TOASTE

Niveau protéique	5 %		10 %		20 %	
Azote	67,0	(3,4)	73,6	(3,3)	73,7	(2,9)
Acides aminés indispensables						
Arginine	75,4	(1,7)	80,0	(3,3)	82,0	(2,4)
Histidine	74,9	(1,2)	79,2	(3,3)	80,4	(2,8)
Lysine	71,2	(3,7)	76,4	(3,8)	77,7	(1,7)
Phénylalanine	69,1	(2,1)	75,5	(4,3)	76,0	(2,5)
Leucine	68,9	(3,8)	75,3	(3,3)	76,4	(3,4)
Isoleucine	67,0	(3,4)	73,1	(3,8)	74,0	(2,8)
Méthionine	67,3	(12,2)	76,6	(2,9)	75,0	(5,9)
Valine	67,1	(3,7)	73,5	(2,5)	74,5	(3,2)
Thréonine	71,3	(2,7)	77,0	(3,0)	78,1	(2,2)
Acides aminés non indispensables						
A. aspartique	70,8	(3,0)	76,5	(2,5)	77,5	(3,0)
A. glutamique	74,5	(2,4)	79,2	(2,6)	79,7	(3,3)
Sérine	74,8	(1,4)	80,0	(2,8)	81,0	(2,1)
Proline	59,7	(6,6)	72,6	(2,8)	73,9	(3,6)
Glycine	64,7	(1,3)	72,5	(2,7)	72,6	(3,9)
Alanine	62,5	(3,0)	69,6	(3,5)	70,2	(1,8)
Cystine	68,9	(2,2)	75,5	(4,5)	77,0	(2,1)
Tyrosine	70,0	(1,3)	77,1	(2,7)	77,7	(1,1)
Somme A.A.	70,4	(2,2)	76,5	(3,1)	77,4	(2,8)

Les coefficients de digestibilité apparente du tourteau de soja, affectés de leurs écarts types, sont indiqués dans le tableau 3, du soja G.E.E. dans le tableau 4 et du soja G.E.T. dans le tableau 5.

Dans tous les cas, la valeur de digestibilité apparente augmente avec la quantité de matière azotée ingérée. Cette augmentation n'est significative ($p. < 0,05$) que dans les cas du soja G.E.E. pour l'azote, l'arginine, la valine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, la sérine, la cystine et la somme des acides aminés. Dans le cas du tourteau de soja, on constate cependant des valeurs de digestibilité apparente pour les porcs ayant ingéré le régime à 20 % de protéines, inférieures aux valeurs correspondant aux autres niveaux. Ce résultat s'explique par le fait que 2 des 3 porcs ayant ingéré le régime contenant 20 % de protéines de soja (soit 47 % de tourteau de soja) ont eu une excrétion de jus iléal et donc d'azote très importante, significativement supérieure à la moyenne des excrétions des mêmes porcs ayant ingéré des niveaux inférieurs (5 ou 10 %). Cet effet est répercuté sur les valeurs de digestibilité de l'azote et des acides aminés pour lesquelles on constate des écart types très importants.

On a constaté aussi (résultats non représentés) une différence significative ($p. < 0,05$) entre les animaux pour la digestibilité de la somme des acides aminés du soja G.E.E. et une différence significative ($p. < 0,05$) entre les périodes pour la digestibilité de la cystine du soja G.E.E.

Lorsque l'on compare les trois matières premières testées, le soja G.E.T. présente, quel que soit le niveau une digestibilité apparente de l'azote et de acides aminés inférieure à celle du tourteau de soja ou celle du soja G.E.E.

2.2. Digestibilité vraie

Les résultats de l'analyse de régression linéaire permettant de déterminer la digestibilité vraie de l'azote et des acides aminés sont indiqués dans le tableau 6 pour le tourteau de soja, dans le tableau 7 pour le soja G.E.E. et le tableau 8 pour le soja G.E.T.

Pour l'obtention de ces valeurs une régression linéaire du type $y = a + bx$ a été effectuée dans laquelle y est la quantité d'azote ou d'un acide aminé excrétée pendant 48 heures, x est la quantité d'azote ou d'un acide aminé ingérée pendant 48 heures. Le résultat de la régression entre y et x nous indique $b = 1 - \text{digestibilité vraie}$ et $a = \text{valeur estimée de l'endogène excrété pendant 48 heures}$.

Pour l'analyse de régression linéaire du tourteau de soja nous avons fait abstraction des deux animaux ayant consommé le régime à 20 % de protéines et dont l'excrétion était significativement augmentée.

Toutes les analyses de régression ont montré un très bon coefficient de corrélation sauf en ce qui concerne la méthionine du tourteau de soja ($R^2 = 0,60$) et la proline du soja G.E.E. ($R^2 = 0,50$).

Les valeurs de digestibilité vraie obtenues par cette analyse statistique sont affectées d'écart-types relativement faibles (écart types affectés à b , la pente de la droite) alors que les valeurs estimées de l'excrétion endogène (a) sont affectées d'écart types très élevés.

Les valeurs de digestibilité vraie sont plus hautes que les

valeurs de digestibilité apparente mais la hiérarchie établie après le calcul de la digestibilité apparente reste la même après le calcul de la digestibilité vraie. Dans nos conditions expérimentales, le tourteau de soja et le soja G.E.E. ont eu des

digestibilités de l'azote et des acides aminés identiques alors que le soja G.E.T. a présenté des valeurs de digestibilités moindres.

TABLEAU 6
RESULTATS DE L'ANALYSE DE REGRESSION LINEAIRE POUR LE TOURTEAU DE SOJA

	a	E.T.(1)	b	E.T.(1)	R2(2)	Digestibilité Vraie
Azote	2,66	0,73	0,13	0,02	0,93	0,87
Acides aminés indispensables						
Arginine	0,93	0,24	0,06	0,01	0,85	0,94
Histidine	0,28	0,07	0,11	0,01	0,96	0,89
Lysine	0,95	0,26	0,09	0,01	0,90	0,91
Phénylalanine	0,51	0,19	0,12	0,01	0,95	0,88
Leucine	1,05	0,34	0,12	0,02	0,92	0,88
Isoleucine	0,82	0,24	0,09	0,02	0,88	0,91
Méthionine	0,36	0,06	0,04	0,01	0,60	0,96
Valine	0,95	0,35	0,16	0,02	0,90	0,84
Thréonine	0,95	0,17	0,12	0,01	0,94	0,88
Acides aminés non indispensables						
A. aspartique	1,50	0,40	0,11	0,01	0,95	0,89
A. glutamique	2,19	0,81	0,09	0,01	0,88	0,91
Sérine	0,53	0,14	0,13	0,01	0,98	0,87
Proline	0,75	0,33	0,14	0,03	0,85	0,86
Glycine	0,82	0,21	0,16	0,02	0,95	0,84
Alanine	1,18	0,32	0,13	0,03	0,83	0,87
Cystine	0,38	0,05	0,12	0,01	0,95	0,88
Tyrosine	0,72	0,17	0,08	0,01	0,87	0,92
Somme A.A.	14,86	3,97	0,11	0,01	0,92	0,89

(1) E.T. : écart type

(2) R : coefficient de corrélation

TABLEAU 7
RESULTATS DE L'ANALYSE DE REGRESSION LINEAIRE POUR LE SOJA GRAINE ENTIERE EXTRUDE

	a	E.T.(1)	b	E.T.(1)	R2(2)	Digestibilité Vraie
Azote	2,06	0,70	0,14	0,01	0,95	0,86
Acides aminés indispensables						
Arginine	0,68	0,22	0,07	0,01	0,91	0,93
Histidine	0,22	0,12	0,10	0,01	0,92	0,90
Lysine	0,61	0,29	0,10	0,01	0,91	0,90
Phénylalanine	0,39	0,26	0,12	0,01	0,91	0,88
Leucine	0,73	0,38	0,11	0,01	0,92	0,89
Isoleucine	0,50	0,25	0,12	0,01	0,92	0,88
Méthionine	0,19	0,11	0,14	0,02	0,87	0,86
Valine	0,67	0,26	0,15	0,01	0,94	0,85
Thréonine	0,33	0,18	0,16	0,01	0,97	0,84
Acides aminés non indispensables						
A. aspartique	0,96	0,39	0,11	0,01	0,95	0,89
A. glutamique	1,38	0,64	0,09	0,01	0,94	0,91
Sérine	0,47	0,11	0,11	0,01	0,98	0,89
Proline	1,43	0,72	0,09	0,04	0,50	0,91
Glycine	0,61	0,20	0,16	0,01	0,96	0,84
Alanine	0,57	0,30	0,16	0,02	0,92	0,84
Cystine	0,15	0,12	0,17	0,02	0,91	0,83
Tyrosine	0,43	0,23	0,11	0,02	0,86	0,89
Somme A.A.	10,32	3,59	0,11	0,01	0,95	0,89

(1) E.T. : écart type

(2) R : coefficient de corrélation

TABLEAU 8
RESULTATS DE L'ANALYSE DE REGRESSION LINEAIRE POUR LE SOJA GRAINE ENTIERE TOASTE

	a	E.T.(1)	b	E.T.(1)	R2(2)	Digestibilité Vraie
Azote	1,57	1,24	0,24	0,02	0,95	0,76
Acides aminés indispensables						
Arginine	0,90	0,46	0,16	0,02	0,93	0,84
Histidine	0,27	0,20	0,18	0,02	0,93	0,82
Lysine	0,67	0,37	0,20	0,02	0,96	0,80
Phénylalanine	0,54	0,37	0,22	0,02	0,95	0,78
Leucine	0,96	0,66	0,21	0,02	0,93	0,79
Isoleucine	0,53	0,36	0,24	0,02	0,95	0,76
Méthionine	0,13	0,23	0,23	0,04	0,82	0,77
Valine	0,59	0,38	0,23	0,02	0,95	0,77
Thréonine	0,54	0,28	0,20	0,02	0,96	0,80
Acides aminés non indispensables						
A. aspartique	1,19	0,79	0,20	0,02	0,94	0,80
A. glutamique	1,57	1,52	0,19	0,02	0,92	0,81
Sérine	0,63	0,33	0,17	0,01	0,95	0,83
Proline	0,98	0,43	0,22	0,03	0,91	0,78
Glycine	0,50	0,41	0,25	0,03	0,94	0,75
Alanine	0,52	0,27	0,28	0,02	0,98	0,72
Cystine	0,23	0,12	0,20	0,02	0,95	0,80
Tyrosine	0,49	0,25	0,12	0,02	0,96	0,88
Somme A.A.	11,22	7,06	0,20	0,02	0,94	0,80

(1) E.T. : écart type

(2) R : coefficient de corrélation

3. DISCUSSION

L'augmentation observée pour les valeurs de digestibilité apparente de l'azote et des acides aminés en fonction du taux protéique du régime distribué a été décrite par de nombreux auteurs (SAUER et al., 1980 ; SAUER et OZIMEK, 1986 ; TAVERNER et al., 1981). Lorsque la quantité de protéines ingérées augmente, l'excrétion d'azote d'origine alimentaire augmente dans les mêmes proportions alors que l'excrétion d'azote endogène reste relativement constante ce qui entraîne une augmentation de la digestibilité apparente. Dans ces conditions lorsque le niveau de protéines ingérées augmente la digestibilité apparente de l'azote tend vers la digestibilité vraie.

Le soja graine entière extrudé se comporte sur le plan de la digestibilité de la protéine et des acides aminés comme le tourteau de soja. Les digestibilités apparentes de la protéine et de la lysine sont respectivement de 82,6 et 87,1 pour le soja G.E.E. et de 80,7 et 84,8 pour le tourteau de soja. Ces résultats sont en accord avec ceux de KNABE et al. (1985) et ne contredisent pas ceux de RUDOLPH et al. (1983) qui trouvent une digestibilité de l'azote et des acides aminés dans le soja G.E.E., inférieure à celle du tourteau de soja parce que ce soja G.E.E. contenait une teneur élevée en facteurs antitrypsiques.

Les valeurs de digestibilité vraie dans le tourteau de soja, mesurées par la technique de régression sont en accord avec celles de HOLMES et al. (1974) ; SAUER et al. (1982) ; GREEN et al. (1988).

Le soja graine entière toasté présente une digestibilité de la

protéine et des acides aminés inférieure à celle du tourteau de soja ou du soja G.E.E. La variation de teneur en facteur antitrypsique ne semble pas devoir expliquer cette constatation (7,9 ; 5,8 ; 3,4 T.U.I./mg respectivement pour le soja G.E.T., le tourteau de soja et le soja G.E.E.). Cette moindre digestibilité de la protéine du soja G.E.T. a été démontrée par certains auteurs (FABER et ZIMMERMAN, 1973 ; ADAMS et JENSEN, 1985), mais un doute subsiste quand à la validité de nos résultats en raison du traitement à la Cimétidine pendant la période durant laquelle les animaux recevaient le régime contenant le soja G.E.T. La Cimétidine est un médicament dont l'une des propriétés est d'inhiber la sécrétion d'acide chlorhydrique au niveau gastrique, sécrétion importante puisqu'elle constitue la première phase de la digestion des protéines. L'action de cette substance destinée à traiter les animaux qui souffraient d'ulcères gastriques (situés en région pylorique : résultats d'autopsie) a peut-être influencé la digestibilité des acides aminés du soja G.E.T.

Cependant, le tourteau de soja, le soja G.E.E. et le soja G.E.T. ont été testés à la même période, dans notre laboratoire, pour déterminer la digestibilité de leur protéine et de leurs acides aminés chez les volailles. Les résultats préliminaires indiquent une digestibilité vraie de la protéine de 89,5 ; 93,2 ; 87,8 respectivement pour le tourteau de soja, le soja G.E.E. et le soja G.E.T. soit une légère différence entre le soja G.E.E. et le soja G.E.T.

Les acides aminés basiques (Lysine, Arginine, Histidine)

semblent être ceux dont la digestibilité est la meilleure dans la protéine du soja comme l'avaient déjà montré RUDOLPH et al. (1983). Ceci ne fait que valoriser encore plus le soja déjà riche en lysine, acide aminé limitant primaire dans la plupart des régimes distribués aux porcs, et dont la protéine a une digestibilité supérieure à celle de la plupart des autres matières premières utilisées en alimentation animale (GREEN et KIENER, 1988). La digestibilité de la thréonine et de la méthionine sont relativement élevées dans le tourteau de soja (88,1 et 96,1 respectivement) à la différence du soja G.E.E. pour lequel leur digestibilité est basse (84,4 et 86,1 respectivement). La Thréonine semble cependant l'un des acides aminés essentiels le moins digestible de la protéine du soja comme l'ont montré SAUER et al. (1982) ; RUDOLPH et al. (1983) ; CHANG et al. (1987) et GREEN et al. (1988).

La technique de régression linéaire nous a permis d'estimer une valeur d'excrétion endogène d'azote et de chaque acide aminé en extrapolant la droite de régression jusqu'à un niveau d'ingestion 0 % de protéine. Les valeurs obtenues, corrigées par rapport au poids de matière sèche ingérée sont indiquées dans le tableau 9.

Ces données ont été calculées à partir des valeurs de l'équation de régression linéaire (a) qui étaient affectées d'un écart type très important. Ceci explique la variabilité de nos données d'une matière première à une autre et la faiblesse de nos valeurs par rapport à celles rapportées par GREEN et al. (1987) qui ont utilisé des régimes protéoprives.

CONCLUSION

La méthode utilisée s'est avérée être d'une grande précision pour déterminer la digestibilité de la protéine et des acides aminés des matières premières (valeurs affectées d'un écart type très faible) mais est peu précise pour déterminer la flux de protéine d'origine endogène.

TABEAU 9
ESTIMATION DES VALEURS ENDOGENES EXPRIMEES
EN MG/KG DE MATIERE SECHE INGEREE (AZOTE, ACIDES
AMINES INDISPENSABLES ET SOMME DES ACIDES AMINES)

	Tourteau de soja	Soja G.E.E.	Soja G.E.T.
Azote	1056	817	623
Arginine	369	270	357
Histidine	111	87	107
Lysine	377	242	266
Phénylalanine	202	155	214
Leucine	417	290	381
Isoleucine	325	198	210
Méthionine	143	75	52
Valine	377	266	234
Thréonine	377	131	214
Somme A.A.	5897	4095	4452

En formulation pratique des aliments pour les porcs, la qualité de la protéine du soja graine entière extrudé est identique à celle du tourteau de soja. Il est nécessaire de refaire un test avec le soja graine entière toasté en raison d'incertitudes sur les valeurs obtenues, liées à des problèmes sanitaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS K.L., JENSEN A.H., 1985. J. Anim. Sci, **12**, 267.
- BRENDEMUHL J.H., WALKER W.R., COMBS G.E.J., 1987. J. Anim. Sci., **65**, (suppl. 1), 37 (Abstr.)
- CHANG C.J., TANKSLEY T.D.Jr, KNABE D.A., ZEBROWSKA T., 1987. J. Anim. Sci., **65**, 1273.
- FABER J.L., ZIMMERMAN D.B., 1973. J. Anim. Sci., **36**, 902.
- GREEN S., BERTRAND S.L., DURON M.J.C., MAILLARD R.A., 1987. J. Sci., Food Agric., **41**, 29-43.
- GREEN S., BERTRAND S.L., DURON M.J.C., MAILLARD R.A., 1988. J. Sci., Food Agric., **42**, 119-128.
- GREEN S., KIENER T., 1988. Anim. Prod., **46**, 486 (Abstr.)
- HOLMES J.M.G., BAYLEY H.S., LEADBEATER P.A., MORNEY F.D., 1974. Br. J. Nutr., **32**, 479.
- I.N.R.A., 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA ed., Paris, 282 p.
- JUST A., JORGENSEN H., FERNANDEZ J.A., 1985. Livestock Prod. Sci., **12**, 145-159.
- KNABE D.A., TANKSLEY T.D.Jr., GREGG E.H., TURPIN M.J., 1985. J. Anim. Sci., **61**, (suppl. 1), 322.
- LEIBHOLZ J., 1985. Br. J. Nutr., **53**, 137-147.
- LOW A.G., PARTRIDGE I.G., 1981. Proceedings of the VI International Symposium on Amino Acids, Serock, Pologne, 77-87.
- MOUGHAN P.B., SMITH W.C., 1985. New Zealand J. of Agric. Res., **28**, 365-370.
- OIL WORLD, 1988. Oil World, **4**, (31), 25.
- RHONE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1987. Tables AEC. Recommandations pour l'alimentation animale. 5ème édition.
- RUDOLPH B.C., BOGGS L.S., KNABE D.A., TANKSLEY T.D.Jr., ANDERSON S.A., 1983. J. Anim. Sci., **57**, 373.
- SAUER W.C., JUST A., JORGENSEN H., FEKADU M., EGGUM B.O., 1980. Acta Agric. Scand., **30**, 449.
- SAUER W.C., CICHON R., MISIR R., 1982. J. Anim. Sci., **54**, 292.
- SAUER W.C., OZIMEK L., 1986. liverst. Prod. Sci., **15**, 387.
- TAVERNER M.R., HUME I.D., FARREL, 1981. Br. J. Nutr., **46**, 149.