

RÉDUCTION DES INTRANTS AZOTÉS DANS L'ALIMENTATION DU PORC EN CROISSANCE : UTILISATION D'UN MODÈLE DE RÉGIME À BASE DE BLÉ AVEC SUPPLÉMENTATION EN LYSINE, THRÉONINE ET MÉTHIONINE (*)

Y. HENRY, D. BOURDON

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

avec la collaboration de G. CONSEIL, M. LEMARIÉ, A. AMET, Y. BÉNARD et J.C. RISSEL pour l'expérimentation sur animaux, R. VILBOUX pour la fabrication des aliments expérimentaux, L. JAFFRENNOU, M. ALIX et P. SUREL pour les observations à l'abattage, Nadine MÉZIÈRE pour l'analyse des régimes, Y. COLLÉAUX pour les dosages des acides aminés.

Deux expériences ont été réalisées sur des porcs en croissance-finition de race Large White, entre 28 et 100 kg de poids vif, avec un nombre égal de femelles et de mâles castrés soumis à un même plan de rationnement alimentaire de type libéral, afin d'étudier la possibilité d'abaissement du taux global de protéines dans un régime de type blé-tourteau de soja, à l'aide d'un apport supplémentaire des acides aminés limitants (lysine, thréonine, méthionine) sous forme libre. Dans l'expérience A, 9 traitements comprenant 20 animaux chacun sont mis en comparaison, avec 4 taux de MAT (matières azotées totales : 17,1 - 15,6 - 15,2 et 14,3%) et une supplémentation par les acides aminés limitants suivant les séquences : lysine seule à 17,1 et 15,6% de MAT, lysine seule, ou en association avec la thréonine et la méthionine à 15,2 et 14,3% de MAT, et au taux le plus bas (14,3% de MAT) un apport de tryptophane en complément des trois acides aminés précédents. Dans l'expérience B, qui comprend 5 traitements de 12 animaux chacun, on procède, en dehors d'un régime témoin à 17,0% de MAT, à une supplémentation en lysine seule à 16,2 % de MAT, et une séquence lysine seule, lysine et thréonine, lysine - thréonine et méthionine à 15,5% de MAT, avec une teneur en thréonine totale (0,57%) plus élevée que dans l'expérience précédente et le même taux de lysine (0,85%). Les résultats ont permis de confirmer la hiérarchie des acides aminés limitants du modèle de régime à base de blé : dans l'ordre, la lysine, la thréonine et la méthionine. Une supplémentation combinée en thréonine et méthionine sous forme libre, après la lysine, aux taux de 15,5% de MAT et pour des rapports thréonine/lysine et méthionine/lysine respectivement de 0,65 et 0,30, permet d'obtenir des performances (gain moyen journalier, indice de consommation) au moins équivalentes à celles réalisées avec le régime témoin à 17% de MAT. Sur l'ensemble de la période expérimentale, la réduction du taux de MAT de 17 à 14% a conduit à une diminution du coût de protéines par kg de gain de poids vif de 18%.

Reduction of dietary protein input in growing-finishing pigs : utilization of a wheat based feed model with supplementary addition of lysine, threonine and methionine.

Two experiments were conducted on growing-finishing pigs of the Large White breed, between 28 and 100kg live weight, with and equal number of females and castrated males restrictively fed according to the same feeding scale, in order to explore the possibility for decreasing the content of crude protein (CP) in wheat-soybean meal diet, with supplementary addition of the limiting amino acids (lysine, threonine, methionine) in the free form. In Experiment A, nine treatments with 20 pigs in each were compared, with four CP levels (17.1, 15.6, 15.2 and 14.3%) and supplementary addition of the limiting amino acids according to the following sequences : lysine solely at 17.1 and 15.6% CP, lysine solely or in combination with threonine and methionine at 15.2 and 14.3% CP, and supplementary tryptophan in addition to the other three amino acids at the lowest CP level (14.3%). In experiment B, five treatments of 12 pigs in each were compared. Diet combinations included a control diet with 17.0% CP, single lysine supplementation at 16.2% CP, and a sequence lysine solely, lysine + threonine, lysine + threonine + methionine at 15.6% CP, with a threonine content amounting to a higher level (0.57%) than in the first Experiment, and the same level of lysine (0.85%). The results showed that the first, second and third limiting amino acids in wheat - soybean meal diet were lysine, threonine and methionine, respectively. Following a combined supplementary supply of threonine and methionine in free form, after lysine, at 15.5% CP level, and for threonine/lysine and methionine/lysine ratios of 0.65 and 0.30, respectively, growth performance (daily weight gain, feed conversion ratio) were at least equivalent to those obtained with the control diet containing 17% CP. Over the whole experimental period, the reduction of dietary CP level from 17 to 14% allowed a 18% decrease in CP cost per kg live weight gain.

(*) Ce travail a été réalisé dans le cadre du Programme Européen «Compétitivité de l'agriculture et gestion des ressources agricoles» (1991-1994).
«Réduction des rejets azotés dans les effluents porcins par une meilleure maîtrise de l'alimentation azotée : aspects techniques et économiques».

INTRODUCTION

La montée en puissance des contraintes d'environnement en production porcine, en particulier au niveau des rejets azotés dans les effluents (HENRY, 1991; HENRY et DOURMAD, 1992) a conduit à porter une attention accrue à une gestion raisonnée des intrants azotés alimentaires, au moyen d'une réduction du taux global de protéines dans le régime, associée à une amélioration de l'équilibre en acides aminés, tout en maintenant les performances de production à leur niveau optimum.

La recherche de solutions préventives pour une réduction des rejets azotés par l'alimentation implique ainsi une bonne connaissance de la hiérarchie des acides aminés limitants pour un certain type de régime en relation avec les besoins en acides aminés au cours de la phase de croissance considérée. Le présent travail avait précisément pour objectif, chez le porc en croissance-finition recevant un régime de type blé-tourteau de soja, d'étudier la possibilité d'abaissement du taux global de

protéines à l'aide d'un apport supplémentaire des acides aminés limitants (lysine, thréonine, méthionine) sous forme libre.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a fait l'objet de deux expériences (A et B) réalisées sur des porcs en croissance-finition de race Large White, avec un nombre égal de femelles et mâles castrés, entre 28 et 100 kg de poids vif et sur des effectifs respectifs de 180 et 60 animaux.

1.1. Traitements expérimentaux

L'expérience A comporte 9 traitements, à raison de 20 animaux par traitement correspondant à des régimes blé (11,5% MAT) - tourteau de soja (47,3% MAT) à teneur décroissante en protéines (17, 16, 15 et 14%) et bénéficiant d'un apport d'acides aminés limitants sous forme libre (L-Lysine HCl, L-thréonine, DL-méthionine et L-tryptophane), et en combinaison variable selon leur niveau de déficit (tableau 1).

Tableau 1 - Composition des régimes expérimentaux (%). Expérience A

Traitement ou régime	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Blé (1)	74,95	77,65	80,363	80,353	80,333	83,148	83,098	83,068	83,048
T. Soja (2)	17,6	14,8	12,0	12,0	12,0	9,2	9,2	9,2	9,2
Mélasses de canne	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mélange minéral(3)	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
Mélange oligoéléments-Vitamines (4)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L-Lysine HCl (5)	0,1	0,2	0,287	0,287	0,287	0,302	0,302	0,302	0,302
L-thréonine	-	-	-	0,01	0,01	-	0,05	0,05	0,05
DL-méthionine	-	-	-	-	0,02	-	-	0,03	0,03
L-Tryptophane	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(1) 86,5% MS ; 11,5% MAT (Matières azotées totales : Nx6,25).

(2) 88,5% MS ; 47,3 % MAT.

(3) Dont 1,7 de phosphate bicalcique, 1,7 de craie broyée et 0,45 de sel marin.

(4) Selon HENRY et al. (1992).

(5) 78% Lysine base.

Le régime témoin 1 renferme 17% de MAT et 0,85% de lysine. Dans le régime 2, la teneur en MAT est abaissée à 16% en maintenant le taux de lysine 0,85%, grâce à un apport supplémentaire de L-lysine HCl. Il en est de même dans les traitements 3, 4 et 5, à 15% de MAT : le régime 4 est en outre supplémenté en L-thréonine à une dose faible de 0,01%, tandis que le régime 5 est à la fois supplémenté en L-thréonine (0,01%) et en DL-méthionine (0,02%). Dans les régimes 6 à 9, la teneur en MAT est abaissée à 14% : en plus d'une supplémentation en L-Lysine HCl qui a permis d'élever la teneur en lysine totale à 0,80%, on procède à un apport supplémentaire de L-thréonine à la dose de 0,05%, soit seule (traitement 7), soit en combinaison avec la DL-méthionine à la dose de 0,03% dans le traitement 8, tandis que le traitement 9 bénéficie en plus d'une supplémentation en L-tryptophane à raison de 0,02%. Dans cette expérience la supplémentation en thréonine avait été calculée de manière à limiter la teneur en cet acide aminé à 0,50% du régime, correspondant à un rapport thréonine/lysine de 0,60, comme le stipulaient les premières recommandations (INRA, 1984).

Dans l'expérience B, qui comprend 5 traitements, à raison de 12 animaux par traitement, on procède à une supplémentation combinée en thréonine et méthionine, après la lysine, avec une

teneur en thréonine totale plus élevée (0,57%) que dans l'expérience précédente, tandis que la teneur en lysine totale est maintenue à 0,85% (tableau 2). Dans le régime 1, à base de blé (10,4% MAT) et de tourteau de soja (46,5% MAT), le taux de MAT est ajusté à 18%. Ce dernier est abaissé à 16,4% dans le régime 2 avec un simple rééquilibrage en lysine. Les régimes 3, 4 et 5 ont leurs teneurs en MAT réduites à 15,8%. En dehors de la supplémentation en lysine, le régime 4 bénéficie d'un apport supplémentaire de L-thréonine (0,05%), tandis que le traitement 5 bénéficie en outre d'une supplémentation en DL-méthionine (0,02%). Dans cette expérience le rapport thréonine/lysine s'est élevé à 0,65, comme le suggèrent les recommandations les plus récentes (HENRY et al., 1988).

1.2. Conduite de l'expérience

À l'issue d'une période expérimentale, au cours de laquelle un même plan de rationnement alimentaire est appliquée à raison de 125 g d'un aliment croissance standard par kg de poids métabolique (poids vif^{0,75}), les animaux sont répartis entre les traitements à l'intérieur de blocs constitués en fonction de l'âge et du poids vif initial pour chacun des sexes. Les poids vifs moyens initiaux sont respectivement 28,4 ± 1,3 kg dans l'expérience A et 28,7 ± 1,0 kg dans l'expérience B.

Tableau 2 - Composition des régimes expérimentaux (%). Expérience B

Traitement ou régime	1	2	3	4	5
Blé (1)	70,95	73,07	75,96	75,93	75,91
T. soja (2)	21,7	19,5	16,5	16,5	16,5
Mélasses de canne	3	3	3	3	3
Phosphate bicalcique	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Craie broyée	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Sel marin (3)	0,45	0,40	0,35	0,35	0,35
Carbonate de Sodium (3)	-	0,05	0,10	0,10	0,10
Mélange oligoéléments- Vitamines (4)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L-Lysine HCl (5)	-	0,08	0,19	0,19	0,19
L-Thréonine	-	-	-	0,03	0,03
DL-Méthionine	-	-	-	-	0,02
Total	100	100	100	100	100

(1) 86,3% MS ; 10,4% MAT.

(2) 86,3% MS ; 44,6% MAT.

(3) Pour assurer l'équilibre acido-basique des régimes.

(4) Selon HENRY et al. (1992).

(5) 78% lysine base.

Tableau 3 - Plan de rationnement

Intervalle de poids vif (kg)	Quantité d'aliment, kg/j
28 - 32	1,65
32 - 36	1,85
36 - 40	2,00
40 - 44	2,10
44 - 48	2,20
48 - 52	2,30
52 - 56	2,40
56 - 60	2,50
60 - 64	2,60
64 - 68	2,70
68 - 72	2,80
72 - 76	2,90
76 - 100	2,90

Dans les deux expériences, les porcs sont élevés en loges individuelles et alimentés selon un plan de rationnement de type libéral, le même pour les femelles et les mâles castrés correspondant à environ 2,6 fois le niveau à l'entretien (tableau 3). Les aliments sont distribués sous forme de granulés de 4 mm de diamètre. Les animaux disposent de l'eau à volonté dans un abreuvoir automatique. Le bilan des consommations d'aliment et les contrôles de croissance sont effectués toutes les semaines.

Au poids vif moyen de $100,2 \pm 2,2$ kg dans l'expérience A et $100,4 \text{ kg} \pm 1,9$ kg dans l'expérience B, les porcs sont abattus. Les observations concernant la composition corporelle ont été décrites précédemment (HENRY et SEVE, 1991) : mesures linéaires d'épaisseur de gras et de muscle à l'aide de l'appareil Fat-O-Meater dans les deux expériences, découpe des carcasses et estimation des gains de muscle et de gras dans l'expérience B.

1.3. Composition chimique des régimes

La composition chimique globale des régimes expérimentaux et les teneurs en acides aminés après dosage et prise en compte des caractéristiques de composition des matières premières, sont détaillées dans les tableaux 4 et 5, respectivement pour les expériences A et B. Dans ces tableaux sont rapportées également les teneurs en acides aminés digestibles, en terme de digestibilité iléale vraie (dv), prenant en compte les coefficients de digestibilité vraie des tables RPAN (1989) et les résultats des dosages. Il en est de même pour les valeurs en énergie nette (EN) selon NOBLET et al. (1990).

1.4 Analyse statistique

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SAS (1990). En dehors de la comparaison multiple des moyennes (test Student -Newman - Keuls), il est procédé à l'analyse des

Tableau 4 - Composition chimique des régimes. Expérience A.

Traitement ou régime	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MS%	85,7	85,5	85,7	85,6	85,4	85,8	85,6	85,6	85,9
% aliment frais									
Matières minérales	6,5	6,2	6,3	6,2	6,2	6,1	5,9	6,0	6,1
MAT	17,1	15,6	14,9	15,2	15,4	14,4	14,3	14,4	14,0
Cellulose brute	2,3	2,1	1,9	2,1	2,0	2,2	2,1	2,3	2,1
Acides Aminés totaux (1)									
Lysine	0,87	0,86	0,86	0,87	0,86	0,80	0,81	0,81	0,80
Thréonine	0,56	0,52	0,48	0,49	0,49	0,44	0,49	0,49	0,49
Méthionine	0,26	0,25	0,24	0,24	0,26	0,23	0,23	0,26	0,26
Méthionine + Cystine	0,60	0,58	0,56	0,56	0,58	0,52	0,52	0,55	0,55
Tryptophane (teneur calculée)	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,17	0,17	0,17	0,19
Acides Aminés digestibles (2)									
Lysine dv	0,76	0,76	0,76	0,77	0,76	0,71	0,72	0,72	0,71
Thréonine dv	0,47	0,43	0,40	0,41	0,41	0,36	0,41	0,41	0,41
Méthionine dv	0,23	0,22	0,21	0,21	0,23	0,20	0,20	0,23	0,23
Tryptophane dv	0,19	0,18	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,18

(1) % aliment frais. Résultats d'analyse.

(2) % aliment frais. Teneurs exprimées en digestibilité iléale vraie (dv), calculées à partir des coefficients de digestibilité vraie des tables RPAN (1989) et corrigées en fonction des teneurs mesurées et en supposant une digestibilité de 100% pour les acides aminés ajoutés sous forme libre.

Tableau 5 - Composition chimique des régimes. Expérience B.

Traitement ou régime	1	2	3	4	5
MS %	87,9	88,3	88,6	87,9	88,0
% aliment frais					
Matières minérales	6,5	6,3	6,1	6,1	6,0
MAT	17,0	16,2	15,5	16,2	15,7
EN, kcal/kg					
Acides aminés totaux (1)					
Lysine	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85
Thréonine	0,61	0,58	0,53	0,56	0,56
Méthionine	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25
Méthionine + Cystine	0,60	0,57	0,55	0,55	0,57
Tryptophane (teneur calculée)	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20
Acides aminés digestibles (2)					
Lysine dv	0,72	0,73	0,74	0,74	0,74
Thréonine dv	0,51	0,48	0,45	0,48	0,48
Méthionine dv	0,23	0,22	0,21	0,21	0,23
Tryptophane dv	0,20	0,19	0,18	0,18	0,18

(1) % aliment frais. Résultats d'analyse.

(2) % aliment frais. Teneurs exprimées en digestibilité iléale vraie (dv), calculées à partir des coefficients de digestibilité vraie des tables RPAN (1989) et en supposant une digestibilité de 100% pour les acides aminés ajoutés sous forme libre.

contrastes permettant de tester la réponse à la supplémentation en acide aminé selon le taux de protéines.

2. RÉSULTATS

2.1. Expérience A

Dans l'ensemble, l'analyse statistique des résultats ne fait pas apparaître d'interaction entre les traitements et le sexe.

2.1.1. Croissance et efficacité alimentaire (tableau 6)

Les résultats de croissance dans l'intervalle 28-50 kg de poids vif indiquent une légère amélioration de la vitesse de croissance en réponse à une supplémentation en L-thréonine (0,01%) au taux de 15% de MAT (traitement 4). De même, un apport de L-thréonine supplémentaire (0,05%) au taux de 14% de MAT (traitement 7) conduit à un accroissement du gain moyen journalier (602 à 638 g/j), soit + 5,6% ; $P < 0,05$) et une diminution de l'indice de consommation (3,10 à 2,99, soit - 3,6%). Par

contre, l'addition de DL-méthionine, après la lysine et la thréonine, ne produit aucun effet sur la croissance, que ce soit à 15% de MAT (traitement 5) ou à 14% (traitement 8) : il semblerait après que cet effet soit légèrement dépressif. Il en est de même de l'addition de L-tryptophane (0,02%) au taux de 14% de MAT après la lysine, la thréonine et la méthionine (traitement 9). Globalement, la réduction de la teneur en protéines, après supplémentation en acides aminés limitants (traitements 1, 2, 4 et 7 aux taux respectifs de 17, 16, 15 et 14%) se traduit par une diminution significative du gain moyen pondéral ($P < 0,01$), accompagnée d'une augmentation de l'indice de consommation ($P < 0,01$).

À la différence de la phase de croissance, on n'observe pas

d'effets significatifs des traitements pendant la période de finition (50-100 kg du poids vif), à part une augmentation de la vitesse de croissance ($P < 0,05$) et une diminution de l'indice de consommation ($P < 0,01$) avec la réduction du taux global de protéines.

Les résultats de la période totale (28-100 kg) reflètent les performances enregistrées pendant la phase initiale de croissance (28-50 kg), bien que les différences entre traitements ne soient pas significatives, qu'il s'agisse du gain pondéral ou de l'indice de consommation. Le bilan des protéines ingérées par kg de croît fait ressortir une forte diminution avec la réduction du taux global de protéines dans le régime : -18% entre 17 et 14% de protéines.

Tableau 6 - Résultats de croissance et efficacité alimentaire. Expérience A (1)

Traitement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sexe		Sx(2)	Effet Sexe P<
										F	MC		
MAT, %	17,1	15,6	14,9	15,2	15,4	14,4	14,3	14,4	14,0				
AA Supp. %													
L-Lysine	0,08	0,16	0,22	0,22	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24				
L-Thréonine	-	-	-	0,01	0,01	-	0,05	0,05	0,05				
DL-Méthionine	-	-	-	-	0,02	-	-	0,03	0,03				
L-Tryptophane	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02				
28-50 kg													
Aliment ing./j, kg	1,92	1,88	1,90	1,91	1,89	1,86	1,90	1,92	1,92	1,89	1,90		
Gain/j, g (3)	680a	652a,b	623b	637a,b	627a,b	602b	638a,b	618b	615b	634	631	11,7	-
I.C. (4)	2,83a	2,90a,b	3,07b,c	3,04a,b,c	3,04a,b,c	3,10b,c	2,99a,b,c	3,11b,c	3,15c	3,01	3,04	0,055	-
50-100 kg													
Aliment ing./j, kg	2,68	2,66	2,65	2,67	2,65	2,65	2,65	2,66	2,66	2,65	2,67		
Gain/j, g(2) (5)	849	868	862	884	880	887	884	873	858	894	849	11,9	0,0019
I.C. (6)	3,17	3,08	3,09	3,04	3,02	3,01	3,01	3,06	3,11	2,98	3,15	0,042	0,0010
28-100 kg													
Aliment ing./j, kg	2,40	2,38	2,36	2,53	2,36	2,34	2,37	2,39	2,37	2,36	2,38		
Gain/j, g	787	790	769	789	782	776	792	778	763	794	767	10,0	0,0289
I.C.	3,06	3,02	3,09	3,03	3,03	3,03	3,00	3,07	3,12	2,98	3,12	0,038	0,0111
Protéines ingérées /j,g	410	372	394	384	365	338	339	343	331	365	363		
Protéines ingérées, g/kg de gain(7)	523a (100)	473b (90)	459b	461b (88)	468b	438c	430c (82)	442c	436c	449	469	5,7	0,0111

(1) Poids vif moyen initial : 28,3 ± 1,3 kg ; final ; 100, 2 ± 2,2 kg. 20 animaux par traitement (10 femelles, F et 10 mâles castrés, MC).

(2) Sx : écart-type de la moyenne. Les moyennes affectées de la même lettre, pour les critères considérés, ne sont pas différentes significativement au seuil 0,05 (Test de Student-Newman-Keuls). Pour les autres critères, les traitements ne sont pas significativement différents. Les écarts-types et coefficients de variation (entre parenthèses) pour les consommations d'aliment/j dans les intervalles de poids 28-50 kg, 50-100 kg et 28-100 kg, et pour la consommation de protéines/j entre 28 et 100 kg sont respectivement 0,084 (4,4%), 0,036 (1,4%), 0,056 (2,3%), 8,0 (2,2%).

(3) Effet thréonine à 14% MAT (traitement 7 vs 6) : $P < 0,0353$; effet protéines : $P < 0,0080$.

(4) Ind. cons.: Indice de consommation. Effet protéines : $P < 0,0099$.

(5) Effet protéines : $P < 0,0231$.

(6) Effet protéines : $P < 0,0068$.

(7) Entre parenthèses, valeurs relatives.

Du fait de l'application d'un même plan de rationnement alimentaire, les performances de croissance (gain/j, indice de consommation) observées chez les femelles sont supérieures à celles obtenues chez les mâles castrés pendant la phase de finition (50-100 kg) : $P < 0,01$; il en est de même sur l'ensemble de la période expérimentale ($P < 0,05$). En outre, le coût de protéines par kg de gain est en moyenne plus faible (-4,3%) chez les femelles que chez les mâles castrés.

2.1.2. Composition corporelle (Tableau 7)

En dehors du rendement de la carcasse et de la longueur totale de la carcasse, on n'enregistre pas d'effet significatif des traitements sur les caractéristiques de composition corporelle. L'interaction entre traitement et sexe ($P < 0,05$) sur le rendement de la carcasse s'explique par le fait que le rendement a tendance à être plus élevé au plus bas taux de protéines (14%).

De la même façon, la longueur totale de la carcasse diminue lorsque diminue la teneur en protéines ($P < 0,05$).

L'effet du sexe reflète les différences habituelles entre les femelles (plus maigres) et les mâles castrés.

Tableau 7 - Résultats de composition corporelle. Expérience B (1)

Traitement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sexe		S \bar{x} (2)	Effet Sexe P<
										F	MC		
MAT, %	17,1	15,6	14,9	15,2	15,4	14,4	14,3	14,4	14,0				
AA Supp. %													
L-Lysine	0,08	0,16	0,22	0,22	0,22	0,24	0,24	0,24	0,24				
L-Thréonine	-	-	-	0,01	0,01	-	0,05	0,05	0,05				
DL-Méthionine	-	-	-	-	0,02	-	-	0,03	0,03				
L-Tryptophane	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02				
Rendement carcasse chaude, % (2)	82,5a,b	82,4a,b	82,5a,b	81,5a	83,0b	83,0b	83,4b	83,1b	83,0b	82,3	83,1	0,32	0,0115
Longueur carcasse, cm													
- Totale (3)	102,9	102,3	101,8	101,6	102,0	101,9	101,4	100,8	102,0	101,8	101,8	0,53	-
- Restreinte	86,0	85,9	84,9	85,3	85,4	85,8	85,3	84,6	85,2	85,6	85,2	0,44	-
Épaisseur de lard, mm													
- X1	23,6	22,6	22,6	21,8	24,2	23,1	23,6	23,2	24,3	22,4	24,0	0,91	0,0087
- X2	26,5	26,1	24,7	26,2	26,7	26,3	27,0	27,5	27,2	25,7	27,2	0,90	0,0152
- X4	21,2	21,7	20,3	22,2	21,1	21,3	22,0	22,3	22,2	22,3	22,3	0,64	0,0040
Épaisseur maigre, mm													
- X5	50,3	51,7	50,5	50,4	53,0	52,4	51,5	51,0	49,3	52,5	49,7	1,37	0,0252
Muscle (FOM)													
% carcasse	50,1	50,6	50,9	50,3	50,5	50,6	50,2	49,9	49,4	50,9	49,6	0,54	0,0005
Gras (FOM)													
% carcasse	27,3	27,0	26,1	27,0	27,4	27,0	27,6	27,8	28,0	26,5	28,0	0,63	0,0003

(1) Poids moyen de la carcasse chaude : 82,8 + 2,2 kg. 20 animaux par traitement (10 femelles, F et 10 mâles castrés, MC).

(2) S \bar{x} : écart-type de la moyenne. Les moyennes affectées de la même lettre, pour le critère considéré, ne sont pas différentes significativement au seuil 0,05 (Test de Student-Newman-Keuls). Pour les autres critères, les traitements ne sont pas significativement différents.

Tableau 8 - Résultats généraux de croissance et d'efficacité alimentaire. Expérience B (1)

Traitement	1	2	3	4	5	Sexe		S \bar{x} (2)	Contrastes P< (2)					
						F	MC		Sexe	Thréo	Met	Thréo + Met	Prot.	Prot. * Sexe
Protéines, %	17,0	16,2	15,5	16,2	15,7									
L-Lysine, %	-	0,06	0,15	0,15	0,15									
L-Thréonine, %	-	-	-	0,03	0,03									
DL-Méthionine, %	-	-	-	-	0,02									
29-60 kg														
Aliment ingéré/j, kg	2,02	1,99	1,98	1,97	2,04	1,96	2,04	-	-	-	-	-	-	-
Gain moyen/j, g (2)	714a,b	691b	698b	714a,b	766a	699	734	16,3	0,0113	-	0,0318	0,0056	0,0287	-
Indice de consommation	2,84	2,90	2,85	2,77	2,62	2,82	2,79	0,067	-	-	-	0,0832	-	-
60-100 kg														
Aliment ingéré/j, kg	2,66	2,71	2,70	2,67	2,71	2,63	2,75	-	-	-	-	-	-	-
Gain moyen/j, g	856	884	927	871	900	890	885	21,0	-	0,0986	-	-	0,0425	-
Indice de consommation	3,14	3,08	2,92	3,08	3,03	2,98	3,12	0,076	-	-	0,0840	-	-	0,0228
29-100 kg														
Aliment ingéré/j, kg	2,35	2,36	2,33	2,34	2,39	2,30	2,40	-	-	-	-	-	-	-
EN ingérée, Mcal/j	5,10	5,16	5,15	5,17	5,28	5,06	5,25							
Gain moyen/j, g	787	787	807	795	834	794	810	15,5	-	-	0,0840	-	0,0425	-
Gain de muscle/j, g	283	281	291	291	296	295	283	9,1	-	-	-	-	-	0,0893
Dépôt de gras/j, g (3)	177	172	179	178	189	166	192	5,6	0,0081	-	-	-	-	0,0920
Indice de consommation														
- kg aliment/kg gain	3,00	3,00	2,89	2,95	2,87	2,91	2,97	0,060	-	-	-	-	-	0,0197
- Mcal EN/kg gain	6,52	6,57	6,39	6,53	6,36	6,41	6,55	0,13	-	-	-	-	-	0,0204

(1) Poids vif moyen initial : 28,7 ± 1,0 kg ; final : 100,4 ± 2,0 kg. 12 animaux par traitement (6 femelles : F ; 6 mâles castrés : MC).

(2) S \bar{x} : écart-type de la moyenne. Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas différentes significativement au seuil 0,05 (Test de Student-Newman-Keuls). Threo : thréonine (4 vs 3) ; Met : méthionine (5 vs 4) ; Threo + met : thréonine + méthionine (5 vs 3) ; Prot. : effet linéaire protéines (1-2-5) ; Prot. x sexe : interaction Protéines x sexe.

(3) Interaction méthionine x sexe : $P < 0,0326$.

2.2. Expérience B

Les résultats moyens par traitement sont rapportés dans les tableaux 8 et 9, respectivement pour les performances de croissance et la composition corporelle. Dans le cas d'interactions significatives entre les facteurs expérimentaux et

le sexe, les résultats moyens sont détaillés pour chacun des sexes (tableau 10). Deux animaux ont été écartés de l'expérience : élimination d'un mâle castré dans le traitement 1 pour des difficultés de locomotion, mort d'une femelle dans le traitement 3 après 60 kg de poids vif à la suite d'une congestion pulmonaire.

Tableau 9 - Résultats de composition corporelle. Expérience B (1)

Traitement	1	2	3	4	5	Sexe			Contrastes P< (2)	
						F	MC	S \bar{x}	Sexe	Met. * Sexe
Protéines, %	17,0	16,2	15,5	16,2	15,7					
L-Lysine, %	-	0,06	0,15	0,15	0,15					
L-Thréonine, %	-	-	-	0,03	0,03					
DL-Méthionine, %	-	-	-	-	0,02					
Épaisseur de lard, mm										
- X1 (2)	24,6	24,8	22,9	24,6	23,9	23,3	24,9	1,36	-	
- X2 (3)	24,1	23,4	22,4	24,0	24,8	23,1	24,4	0,78		0,0665
- X4	20,8	21,3	21,8	21,8	21,8	20,1	22,9	0,73	0,0191	0,0208
Épaisseur de maigre, - X5, mm	44,3	46,2	51,2	46,0	49,0	48,9	45,7	1,80	-	-
% Carcasse sans tête										
- Longe	31,6	31,3	31,5	31,4	30,7	31,8	30,8	0,45	-	0,0534
- Bardière	12,9	12,5	12,6	12,4	12,5	12,0	13,3	0,40	0,0497	0,0448
- Hachage(5)	16,9	16,8	16,7	16,5	17,0	16,9	17,0	0,18	0,0235	-
- Longe/bardière	2,47	2,54	2,53	2,64	2,47	2,73	2,35	0,11	0,0349	0,0202
Muscle (DPN) % carcasse	50,6	50,7	51,0	51,0	49,9	51,9	49,8	0,69	0,0361	
Gras (DPN) % carcasse	27,1	26,2	26,4	26,5	26,7	25,4	27,7	0,80	0,0573	0,0725

(1) 12 animaux par traitement (6 femelles : F et 6 mâles castrés : MC). Poids moyen carcasse chaude avec tête : 81,8 \pm 1,9 kg.

Rendement moyen par carcasse chaude avec tête : 81,5%. Effet sexe : P<0,0510. Longueur carcasse totale : 98 cm ;

restreinte : 83,3 cm. Tête % carcasse : 6,1; Poids moyen morceaux % carcasse froide sans tête : jambon 23,1 (effet sexe : P<0,0064) ;

panne : 1,82 ; poitrine : 10,8.

(2) S \bar{x} : écart-type de la moyenne. Interaction Protéines x sexe : P<0,0804.

(3) Effets thréonine + méthionine (5 vs 3) : P < 0,0652 ; interactions thréonine (4 vs 3) x sexe : P < 0,0985 ; Protéines (terme linéaire 1-2-5) x sexe : P < 0,0741.

(4) Effets Thréonine : P<0,0723 ; Protéines : P < 0,0791 ; interaction Protéines x sexe : P < 0,0791.

(5) Effet Méthionine (5 vs 4) : P<0,0569.

2.2.1. Supplémentation en thréonine seule après la lysine.

La supplémentation en thréonine seule après la lysine (traitement 4 vs 3) ne fait pas apparaître d'effet significatif sur la croissance et la composition corporelle. Pendant la phase de finition (60-100 kg de poids vif), on observe une incidence légèrement dépressive sur le gain moyen journalier (P<0,10), tandis que les résultats de composition corporelle font ressortir une diminution de l'épaisseur de maigre X5 (P<0,10).

2.2.2. Supplémentation en méthionine après la lysine et la thréonine.

L'apport de DL-méthionine supplémentaire dans un régime déjà supplémenté en lysine et en thréonine (traitement 5 vs 4) procure un accroissement du gain moyen journalier entre 29 et 60 kg de poids vif (P<0,05), ainsi que sur l'ensemble de la période expérimentale (29-100 kg). Après analyse de covariance sur la consommation d'aliment (légèrement plus élevée dans le traitement 5 que dans les autres traitements), le gain moyen journalier entre 29 et 60 kg de poids vif (seuil 0,10) dans le traitement 5 demeure supérieur à celui réalisé dans les autres traitements. Le poids de hachage en pourcentage de la carcasse sans tête est également accru (P<0,10).

L'addition de méthionine se traduit par une interaction avec le sexe pour un certain nombre de caractéristiques de composition corporelle. Cette interaction se manifeste par une augmentation des critères d'adiposité chez les femelles, alors qu'ils diminuent chez les mâles castrés. Il en est ainsi du pourcentage de bardière (P<0,05), des épaisseurs de lard X2 (P<0,10) et X4 (P<0,05), du pourcentage de gras (P<0,10) et du dépôt journalier de gras (P<0,05). Par contre, le pourcentage de longe est abaissé chez les femelles (P<0,10) ; il en est de même du rapport longe/bardière (P<0,05).

Une supplémentation combinée en thréonine et méthionine, après la lysine (traitement 6 vs 4), entraîne un accroissement du gain pondéral (P<0,01) et une diminution de l'indice de consommation (P<0,10), dans l'intervalle de poids vif 29-60 kg. En même temps, on observe une augmentation de l'épaisseur de lard X2 (P<0,10).

2.2.3. Incidence de la réduction du taux de protéines : interaction avec le sexe.

L'effet de la réduction du taux de protéines a été testé en analysant le contraste linéaire entre les traitements 1, 2 et 5. En dehors de l'augmentation du gain moyen journalier entre 29 et

Tableau 10 - Résultats moyens par sexe(1)

Sexe	Régimes	1	2	3	4	5
	Protéines, %	17,0	16,2	15,5	16,2	15,7
	L-Lysine, %	-	0,06	0,15	0,15	0,15
	L-Thréonine, %	-	-	-	0,03	0,03
	DL-Méthionine, %	-	-	-	-	0,02
F MC	Aliment ingéré/j, kg	2,27 2,36	2,31 2,41	2,26 2,40	2,28 2,39	2,39 2,38
F MC	Gain/j, 29-100 kg,g	803 770	770 804	795 820	784 806	819 849
F M	Gain de muscle/j, g	300 265	278 284	292 290	306 276	296 297
F MC	Dépôt de gras/j, g	165 188	161 183	166 192	155 201	184 194
	Indice de consommation					
F MC	- 29-60 kg	2,77 2,90	2,89 2,91	2,91 2,79	2,77 2,76	2,76 2,60
F MC	- 60-100 kg	2,91 3,37	3,11 3,06	2,80 3,05	3,05 3,12	3,06 3,00
F MC	- 29-100 kg	2,84 3,16	3,01 2,99	2,85 2,93	2,93 2,97	2,92 2,82
F MC	- Mcal EN/kg 29-100 kg	6,18 6,92	6,60 6,55	6,31 6,48	6,49 6,57	6,47 6,24
	Épaisseur de lard, mm					
F MC	- X1	21,3 27,8	25,0 24,5	22,2 23,5	23,7 25,5	24,5 23,3
F MC	- X2	22,5 25,6	23,0 23,8	22,4 22,3	22,3 25,7	25,2 24,3
F MC	- X4	19,0 22,6	20,8 21,8	20,0 23,5	19,2 24,5	21,7 22,0
F MC	Longe % carcasse	31,9 31,4	31,6 31,1	32,2 30,7	32,6 30,1	30,7 30,8
F MC	Bardière % carcasse	12,1 13,7	12,3 12,8	12,0 13,3	11,1 13,8	12,4 12,7
F MC	Longe/bardière	2,72 2,29	2,64 2,43	2,73 2,34	3,06 2,23	2,50 2,44
F MC	Muscle % carcasse	52,6 50,1	51,1 50,4	52,2 49,8	53,0 49,0	50,3 49,5
F MC	Gras % carcasse	25,4 28,8	25,5 26,9	25,5 27,3	24,2 28,7	26,5 26,9

(1) Critères pour lesquels l'interaction entre un facteur expérimental et le sexe est significative ($P < 0,10$).

60 kg de poids vif ($P < 0,05$), les effets observés font apparaître une interaction avec le sexe. D'une façon générale, l'abaissement du taux global de protéines, compensé par un apport supplémentaire des acides aminés limitants (lysine, thréonine et méthionine), chez les porcs mâles castrés, produit des effets plus favorables sur la croissance (augmentation du gain pondéral et du gain de muscle, diminution du dépôt gras) et l'indice de consommation que chez les femelles. Il en est de

même lorsque l'indice de consommation est exprimé en Kcal d'EN/kg de gain. Ces effets sont maintenus après analyse de covariance sur la consommation journalière d'aliment ou d'EN. En ce qui concerne la composition corporelle, l'utilisation d'un régime à teneur modérée en protéines, après rééquilibrage en acides aminés, favorise davantage l'augmentation de l'épaisseur de lard (X1 et X2) chez les femelles que chez les mâles castrés $P < 0,10$.

2.3. Synthèse des résultats : expériences A et B

Afin d'expliquer les différences de réponse à la supplémentation en thréonine et en méthionine, selon le taux de protéines, au cours de la première phase de la croissance, nous avons établi la relation entre le gain moyen journalier et le pourcentage de thréonine dans le régime, exprimé en digestibilité iléale vraie (dv) (Figure 1). Pour des teneurs en thréonine variant de 0,36 à 0,47%, en l'absence de supplémentation en méthionine et en tryptophane (régimes 1, 2, 3, 4, 6 et 7), dans l'expérience A, le gain journalier entre 28 et 50 kg de poids vif augmente progressivement de 600 g à près de 700 g. Cet accroissement n'est pas dû aux variations de la teneur en lysine, qui est plus faible dans le régime 7 (-5% en valeur digestible vraie) que dans les régimes précédents : le gain journalier pour le traitement à 0,72% de lysine dv est comparable à celui du traitement 4 à 0,77%. De plus, l'analyse de régression multiple progressive du gain journalier dans cet intervalle de poids sur les teneurs en thréonine dv et lysine dv montre que la teneur en thréonine est la seule variable explicative ($P < 0,0001$) : la part de variation expliquée par la teneur en lysine après la thréonine est loin d'atteindre le seuil de signification ($P = 0,59$). De ces résultats, il apparaît donc bien que l'effet légèrement dépressif de l'abaissement de la teneur en protéines sur la vitesse de croissance entre 28 et 50 kg de poids vif est bien en relation avec une teneur suboptimale en thréonine dans le régime.

Figure 1 - Relation entre le gain moyen journalier et la teneur en thréonine digestible (%).

(Gain/j entre 28 et 50 kg de poids vif dans l'expérience A, gain/j entre 29 et 60 kg de poids vif dans l'expérience B).

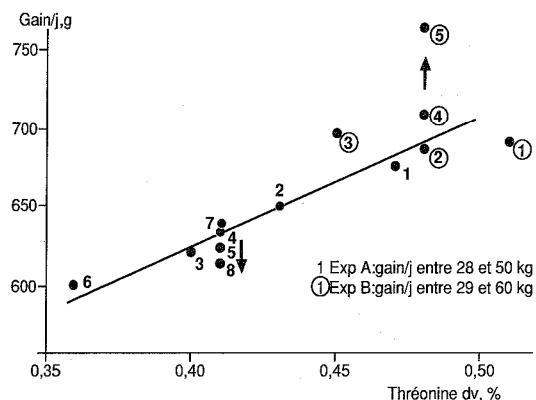
Les teneurs en thréonine sont exprimées en digestibilité iléale vraie (dv).

Moyennes des traitements, avec les numéros correspondants :

Exp. A : numéros des traitements

Exp. B : numéros des traitements entourés.

Exp. A : Traitements 5 et 8, supplémentation en DL-méthionine aux doses respectives de 0,02 et 0,03%. Exp. B : traitement 5, supplémentation en DL-méthionine à la dose de 0,02%.



Dans l'expérience B, le gain pondéral dans l'intervalle de poids (29-60 kg se maintient à un niveau optimal (en moyenne 695 g) lorsque la teneur en thréonine dv varie de 0,48 à 0,51%. L'addition de L-thréonine à la dose de 0,03% dans le traitement 4, pour une teneur totale (dv) de 0,48%, procure une légère augmentation supplémentaire du gain moyen journalier de 698 à 714 g.

L'addition de DL-méthionine pour un taux suboptimal (0,51%) de thréonine (traitements 5 et 8), dans l'expérience A est inopérante pour la croissance : il s'ensuit même une légère dépression du gain journalier, plus élevée à 14% de protéines (traitement 8 : -3,1%) qu'à 15% (traitement 5). A fortiori, la supplémentation en tryptophane, après la thréonine et la méthionine au taux suboptimal de thréonine de 0,49% (0,41% dv), semble accentuer l'effet dépressif sur la croissance et l'indice de consommation. Par contre, à un taux plus élevé de thréonine (0,56% ; 0,48% dv) dans l'expérience B, une addition de DL-méthionine à la dose de 0,03% (traitement 5) procure une amélioration supplémentaire de la vitesse de croissance de 714 à 766 g/j (soit + 6,8%).

3. DISCUSSION

Les résultats de l'expérience A, en comparaison avec les performances réalisées dans l'expérience B, apportent la confirmation que la limitation de la teneur en thréonine à 0,5% du régime (0,4% dv), dans l'intervalle de poids vif 28-60 kg, ne permet pas de couvrir le besoin pour la croissance, même dans les conditions d'un rationnement de type libéral. Dans l'hypothèse que le taux de lysine (0,86% ou 0,77% dv) se situe au plus au niveau du besoin pour la croissance, on peut en déduire que le rapport thréonine/lysine de 0,60, recommandé initialement, se situe en dessous de l'optimum à ce stade de l'engraissement (jusqu'à 50 ou 60 kg de poids vif).

Les données de l'expérience A permettent en outre de conclure que la thréonine est, après la lysine, l'acide aminé limitant secondaire d'un régime de type blé-tourteau de soja, comme l'ont montré antérieurement IVAN et al. (1975). La supplémentation en thréonine, sous forme libre, lorsque diminue le taux de protéines du régime, demeure efficace jusqu'à un taux d'incorporation avoisinant 0,57% de thréonine (0,49% dv) entre 28 et 60 kg de poids vif, correspondant à un rapport optimum thréonine/lysine de l'ordre de 0,65. Ceci est en accord avec de nombreuses références récentes sur le sujet (HENRY et al., 1988 ; LENIS et al., 1990 ; FULLER, 1991 ; SCHUTTE et al., 1990 ; LENIS et VAN DIEPEN, 1990 ; LENIS, 1992).

D'après les résultats de l'expérience B, il est clair que la méthionine est, après la lysine et la thréonine, le troisième acide aminé limitant d'un régime de type blé-tourteau de soja. La supplémentation combinée en lysine, thréonine et méthionine au taux de 15,5% de protéines (traitement 5), permet d'égaliser et même dépasser les performances réalisées avec le régime témoin renfermant 17% de protéines, correspondant à une économie de l'ordre de 1,5 point de protéines, et ceci dans les conditions d'un plan de rationnement alimentaire équivalent pour les femelles et les mâles castrés, et proche du niveau d'alimentation à volonté dans le cas des femelles. En d'autres termes, dans des conditions d'alimentation proches de la croissance optimale, la thréonine et la méthionine sont, après la lysine, également co-limitantes dans un régime de type blé-tourteau de soja, ce qui justifie un apport simultané de ces deux acides aminés de manière à assurer les ratios respectifs de 0,65 et 0,30 par rapport à la lysine ; soit 0,55% de thréonine et 0,25% de méthionine pour 0,85% de lysine.

À la différence de la première phase de la croissance (28-50 kg de poids vif), la période de finition (50-100 kg) ne fait ressortir aucun effet positif de la supplémentation en thréonine au-delà de 0,44% du régime (0,36% dv) sur les performances, qu'il s'agisse du gain moyen journalier ou de l'indice de consom-

mation. Cela indique que dans les conditions de rationnement de l'expérience, le besoin en thréonine du porc en finition est couvert à ce taux, pour un taux de lysine également inférieur à celui de 0,85% pendant la totalité de la période expérimentale. En se basant sur un taux optimum de lysine en finition de l'ordre de 0,70-0,75%, comme nous l'avons montré précédemment (BOURDON et HENRY, 1988), on peut en déduire que le rapport thréonine/lysine de 0,65, considéré comme optimum entre 38 et 50 kg, l'est également entre 50 et 100 kg de poids vif. Cela signifie qu'il n'y a pas lieu, en finition, d'envisager une diminution du rapport thréonine/lysine par rapport à la phase antérieure, comme il ressort de certaines recommandations récentes (DLG, 1992).

Dans l'interaction entre l'apport supplémentaire d'acides aminés (thréonine et méthionine), associée à une réduction du taux de protéines, et le sexe sur les performances de croissance et la composition corporelle (Expérience B), nous avons observé un accroissement de l'état d'adiposité des femelles comparativement aux mâles castrés. Les raisons de cette différence de réponse selon le sexe nous échappent en partie. Sans doute, comme le plan de rationnement alimentaire a été le même pour les deux types sexuels, les mâles castrés, compte tenu de leur niveau d'ingestion spontanée plus élevé, ont été davantage restreints. On serait tenté d'en déduire que l'augmentation de l'apport en énergie nette, consécutivement à la réduction du taux de protéines, ait pu être en faveur d'une utilisation préférentielle de l'énergie disponible pour la formation des tissus maigres. Cela semble reflété par la diminution du coût d'énergie nette par kg de gain de poids vif.

L'économie de protéines (18%) chiffrée dans l'expérience A en abaissant la teneur en MAT de 17 à 14% dans un régime de type blé-tourteau de soja, soit 3 points de diminution (ou 8,4 points de tourteau de soja), est tout à fait réalisable, sans affecter le niveau des performances dès le début de la phase d'engraissement, si l'on procède à une supplémentation suffisante en thréonine et en méthionine, sur la base respectivement de 65 et 30% du taux optimal de lysine. Ceci confirme les résultats rapportés antérieurement sur ce sujet (HENRY et PEREZ, 1986 ; GATEL et al., 1991). Bien entendu, les possibilités d'économie de protéines avec l'amélioration de l'équilibre en acides aminés dans un régime à base de blé sont fonction des teneurs respectives en protéines du blé et des sources azotées complémentaires : plus le blé est riche en protéines, plus élevé est le taux global de protéines nécessaire pour couvrir le besoin en lysine sans supplémentation sous

forme libre, mais aussi plus importante est la marge de supplémentation à l'aide des acides aminés limitants. En se basant sur un régime témoin non supplémenté en lysine (à la différence de celui de l'expérience A) et dans les conditions de rationnement de type libéral, la réduction du taux de MAT à 14%, avec un indice de consommation comparable, devrait se traduire par une diminution du coût de protéines par kg de gain de poids vif de l'ordre de 20%. L'ajustement du taux minimal de protéines en finition (au-delà de 60 kg de poids vif), compatible avec une croissance et une efficacité alimentaire optimales, devrait permettre probablement d'accroître encore cette économie de protéines.

CONCLUSION

Il ressort des résultats de la présente étude que :

- les acides aminés limitants primaire, secondaire et tertiaire d'un régime de type blé-tourteau de soja chez le porc en croissance-finition (entre 28 et 100kg de poids vif), sont respectivement la lysine, la thréonine et la méthionine.
- une supplémentation combinée en thréonine et méthionine sous forme libre, après la lysine, au taux de 15,5% de protéines permet d'obtenir des performances de croissance (gain pondéral, efficacité alimentaire) au moins égales, voire supérieures, à celles procurées par un régime témoin à 17% de protéines, dans les conditions d'un rationnement de type libéral.
- un apport de thréonine et de méthionine sous forme libre en complément de la lysine, suivant des rapports thréonine/lysine et méthionine/lysine respectivement de 0,65 et 0,30 dès la phase initiale de l'engraissement (à partir de 28 kg de poids vif), permet d'espérer une réduction du taux de protéines d'un régime blé-tourteau de soja de 17 à 14%, sans modification des performances de croissance, ce qui se traduit par un abaissement du coût de protéines par kg de gain de poids vif entre 28 et 100 kg de l'ordre de 20%, et donc une réduction correspondante des rejets azotés.

REMERCIEMENTS

À la Société EUROLYSINE pour la fourniture des acides aminés nécessaires à l'expérimentation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOURDON D., HENRY Y., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 409-414.
- DLG, 1992. DLG - Mischfutter - standards für Geflügel, Schweine und Rinder. Teil 2. Deutsche Landwirtschafts - Gesellschaft e.v., Frankfurt a. M., Deutschland, 39 pp.
- FULLER M.F., 1991. In Proc. 6th Internat. Symp. Protein metabolism and Nutrition (B.O. EGGUM, S. BOISEN, C. BORSTING, A. DANFAER and T. HVELPLUND, Ed.). Nat. Inst. Anim. Sci., Foulum, Denmark, EAAP. Pub. N°59. Vol. 1. Main Reports, pp. 116-126.
- GATEL F., BERTIN J.M., GROSJEAN F., 1991. Journées Rech. Porcine en France, 23, 85-90.
- HENRY Y. 1988. INRA, Prod. Anim., 1, 65-74.
- HENRY Y., 1991. Bull. Acad. Vét. de France. 64 (Suppl n°4), 119-139.
- HENRY Y., DOURMAD J.Y., 1992. 2nd International Feed Production Conference, Piacenza, Facoltà di Agraria (Italie).
- HENRY Y., PEREZ J.M., 1986. Journées Rech. Porcine en France, 18, 57-66.
- HENRY Y., SÈVE B., 1991. Journées Rech. Porcine en France, 23, 119-126.
- HENRY Y., ARNAL A., OBLED C., RÉRAT A., 1988. In: Protein metabolism and nutrition, EAAP. Pub. n° 35, Wiss Zeitsch. Univ. Rostock, N. Reihe, 1, S9-18.
- HENRY Y., SÈVE B., COLLEAUX Y., GANIER P., SALIGAUT C., JEGO P., 1992. J. Anim. Sci., 70, 1873-1887.
- INRA, 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA, Paris, 282 pp.
- IVAN M., FARRELL D.J., EDEY T.N., 1975. Anim. Prod., 20, 267-276.
- LENIS N.P., 1992. Pig News and Information, 13 (1), 31N-39N.
- LENIS N.P., VAN DIEPEN J.T.H. M., 1990. Netherlands J. Agric. Sci., 38, 609-622.
- LENIS N.P., VAN DIEPEN J.T.H. M., GOEDHART P.W., 1990. Netherlands J. Agric. Sci., 38, 577-595.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUPIRE C., DUBOIS S., 1990. Journées Rech. Porcine en France. 22, 175-183.
- RPAN, 1989. Nutrition guide. Formulation des aliments en acides aminés digestibles. Rhône-Poulenc Animal Nutrition, Antony, 35 pp.
- SAS, 1990. SAS. User's Guide : Statistics. SAS Inst., Cary. NC.
- SCHUTTE J.B., BOSCH M.W., LENIS N.P., DE JONG J., VAN DIEPEN J. TH. M., 1990. Netherlands J. Agric. Sci., 38, 597-607.