

PRISE EN COMPTE DE L'EXCÈS ALIMENTAIRE D'ACIDES AMINÉS NEUTRES POUR LA CORRECTION DE L'ÉQUILIBRE DU TRYPTOPHANE PAR RAPPORT À LA LYSINE CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

Y. HENRY, B. SÈVE

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

avec la collaboration de G. CONSEIL, A.AMET, Y. BÉNARD et J.C. RISSEL pour l'expérimentation sur animaux, R. VILBOUX pour la fabrication des aliments expérimentaux, M. ALIX ET P. SUREL pour les observations à l'abattage, Nadine MÉZIERE pour l'analyse des régimes.

L'expérience avait pour objet d'étudier, chez le porc en croissance-finition, l'influence d'un excès d'acides aminés neutres de grande taille (AAN: leucine + isoleucine + valine + phénylalanine + tyrosine) par rapport au tryptophane (TRP) sur l'ingestion alimentaire et les performances de croissance. Cent-vingt porcs croisés Piétrain x Large White, avec un nombre égal de femelles et de mâles castrés, entre 40 et 100 kg de poids vif, sont répartis entre 6 traitements, correspondant à des régimes renfermant 15 % de protéines et offerts à volonté. En dehors du régime témoin à base de blé et de tourteau de soja, les 5 régimes expérimentaux sont à base de maïs, tourteau de soja, pois et gluten de maïs supplémentés par du L-tryptophane à dose croissante sous forme libre à partir d'un taux basal de 0,12 % et jusqu'à 0,20%, tandis qu'au taux supérieur de TRP on procède à un apport supplémentaire de DL-méthionine pour en tester la réponse en présence d'un excès d'AAN. Les résultats montrent que, dans un régime à teneur élevée en AAN, les meilleures performances (ingestion alimentaire, vitesse de croissance et indice de consommation) en réponse à la supplémentation en TRP sont obtenues au taux de 0,17 % (rapport TRP/AAN de 4,1 % et TRP/lysine de 0,22), supérieur à celui (0,14 %) correspondant au rapport TRP/lysine de 0,18 recommandé pour la protéine idéale. Par contre, l'augmentation du rapport méthionine/AAN au delà de 6,0 % est sans effet sur les performances. En conclusion, la prise en compte, lors de la formulation des aliments pour le porc, d'un rapport minimum tryptophane/ acides aminés neutres de 4 % permet de prévenir le risque d'effet dépressif d'un excès d'acides aminés neutres et/ou de protéines sur l'appétit et la croissance.

Correcting tryptophan to lysin ratio in growing-finishing pig diet with excess of large neutral amino acids

The experiment was designed to study, in growing-finishing pigs, the incidence of a dietary excess of Large Neutral Amino Acids (LNAA : leucine + isoleucine + valine + phénylalanine + tyrosine) relative to tryptophan (TRP) on voluntary feed intake and growth performance. One hundred and twenty crossbred Piétrain x Large White pigs, with an equal number of females and castrated males, between 40 and 100 kg live weight, were assigned to six treatments, corresponding to diets containing 15 % CP and fed ad libitum. In addition to a control diet based on wheat and soybean meal, the five experimental diets were based on maize, soybean meal, pea and maize gluten meal supplemented with increasing level of L-tryptophan in free form from a basal level of 0.12 % and up to 0.20 %. At the highest TRP level, supplementary DL-methionine was provided, to test the eventual response in the presence of excess LNAA. The results showed that in a diet containing a high level of LNAA optimum performance (daily feed intake, daily gain, feed conversion ratio) in response to supplementary TRP is obtained at the level of 0.17 % (TRP/LNAA ratio= 4.1 % and TRP/lysine ratio= 0.18, which is higher than the level (0.14 %) corresponding to the recommended TRP/lysine of 0.18 for «ideal protein». Conversely, increasing methionine/LNAA ratio above 6.0 % had no effect on feed intake and growth performance. To conclude, in formulating diets for pigs, it may be recommended to adjust TRP level at a minimum of 4 % of LNAA to prevent the risk of depressive effect of excess LNAA and/or crude protein on appetite and growth in pigs.

INTRODUCTION

Dans les conditions pratiques de l'alimentation du porc, l'équilibre en acides aminés du régime est obtenu en ajustant les teneurs en acides aminés limitants par rapport à la lysine, suivant des rapports considérés comme constants, indépendamment du profil de composition en acides aminés des protéines alimentaires. Or, nos observations récentes (HENRY et SEVE, 1991; HENRY et al, 1992b), ont permis de mettre en évidence pour certains acides aminés, notamment pour le tryptophane, une relation de spécificité avec d'autres aminés (acides aminés neutres de grande taille) dont l'excès par rapport au tryptophane se traduit par des effets défavorables sur l'appétit et la croissance. Précisons que les acides aminés neutres de grande taille regroupent les acides aminés ramifiés (leucine + isoleucine + valine) et aromatiques (phénylalanine + tyrosine) qui utilisent le même système de transport (de type L) que le tryptophane, également un acide aminé neutre.

La présente étude a précisément pour objectif de tester, chez le porc en croissance-finition, l'influence d'un excès d'acides aminés neutres de grande taille (AAN) par rapport au tryptophane (TRP) sur l'ingestion alimentaire et les performances de croissance, de manière à corriger éventuellement le rapport TRP/AAN à l'aide d'une supplémentation en TRP, par référence à un régime témoin normalement pourvu en TRP et à teneur modérée en AAN.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cent-vingt porcs croisés Piétrain x Large White, d'un poids vif moyen initial de $39,8 \pm 1,2$ kg et comprenant un nombre égal de femelles et de mâles castrés, sont répartis entre 6 traitements selon le schéma des blocs complets équilibrés par sexe. Les 6 traitements (tableau 1) correspondent à des régimes alimentaires renfermant aux alentours de 15 % de matières azotées totales (MAT : N x 6,25), et dont l'équilibre en acides aminés par rapport à l'énergie a été réalisé sur la base de l'énergie nette (EN) pour la croissance (NOBLET et al., 1990) et des digestibilités iléales vraies des acides aminés (MARISCAL-LANDIN et al, 1990; MARISCAL-LANDIN, 1992). Le taux de 15 % de MAT a été choisi pour mieux tester l'effet des AAN, en évitant l'interférence avec une teneur globale excessive en protéines. Le régime témoin 1 est à base de blé et tourteau de soja. Il bénéficie d'une addition supplémentaire de L-Lysine HCl (0,165 %), L-thréonine (0,07 %) et DL-méthionine (0,02 %). Il renferme 0,70 % de lysine digestible (0,80 % de lysine totale), 2300 kcal EN et présente un rapport TRP/AAN optimum de 5,1 %.

Les régimes 2 à 6 sont composés de maïs, tourteau de soja, pois et gluten de maïs, de manière à induire un déséquilibre par excès d'AAN relativement au tryptophane. Cette association est représentative de la complexité de composition des aliments utilisés dans le commerce.

Le régime expérimental 2 constitue un témoin négatif avec une teneur suboptimale en TRP digestible (0,10 %), un excès d'AAN (rapport TRP/AAN = 2,7 %) pour des concentrations en lysine digestible (0,67 %) et en EN (2175 Kcal/kg) légèrement inférieures à celles du régime témoin, pour égaliser les rapports lysine/EN. Le taux de lysine a été choisi à la limite du taux optimum pour la croissance, afin que le rapport TRP/lysine garde sa pleine signification pour l'adéquation de l'apport de tryptophane relativement à la lysine.

Les régimes 3, 4 et 5 sont supplémentés en L-tryptophane aux

Tableau 1 - Composition des régimes expérimentaux (%)

Régimes	1	2 et suivants
Blé (10,8 % MAT)	77,745	-
Maïs (9,2 % MAT)	-	54,67
T. soja 48 (45,1 % MAT)	15	4
Pois de printemps (22 % MAT)	-	20
Gluten feed de maïs (21 % MAT)	-	12
Gluten de maïs 60 «Glutalis»	-	2
Mélasses de canne	3	3
Phosphate bicalcique	1,7	1,7
Craie broyée	1,3	1,3
Sel marin	0,5	0,5
Mél.oligoéléments-vitamines (1)	0,5	0,5
L-Lysine HCl	0,165	0,15
L-tryptophane	-	- (2)
L-thréonine	0,07	0,02
DL-méthionine	0,02	- (3)
Ac.L-glutamique	-	0,16 (4)
TOTAL	100	100

(1) Selon HENRY et al. (1992b).

(2) % L-tryptophane dans les régimes 3,4,5 et 6, respectivement 0,02-0,05-0,08 et 0,08.

(3) 0,05 % DL-méthionine dans le régime 6.

(4) L'addition d'acide L-glutamique aux régimes 3,4 et 5, respectivement 0,135-0,09 et 0,05 %, est destinée à égaliser les teneurs en azote. Les pourcentages de maïs dans les régimes 3,4,5 et 6 sont respectivement 54,675-54,69-54,7 et 54,7.

doses respectives de 0,02-0,05 et 0,08 % (soit 0,12-0,15 et 0,18 % de TRP digestible), de manière à obtenir un rapport TRP/lysine de 0,18 dans le régime 3 selon les recommandations (INRA,1984), tandis que dans le régime 5 le rapport TRP/AAN est relevé à un niveau (4,9 %) comparable à celui du régime témoin, et dans le régime 4 le rapport TRP/AAN est fixé à un niveau intermédiaire (4,1 %) pour un rapport TRP/lysine de 0,22.

Le traitement 6 est destiné à vérifier l'existence ou non d'un déséquilibre éventuel entre un excès d'AAN et la méthionine qui, comme le tryptophane fait partie du groupe des acides aminés neutres. Pour cela, on procède à un apport supplémentaire de 0,05 % de DL-méthionine, de manière à relever le rapport méthionine/AAN de 6,0 (traitement 5) à 7,4 % (traitement 6), niveau comparable à celui du traitement témoin 1.

La composition chimique des régimes est détaillée dans le tableau 2.

Pendant la période pré-expérimentale, les animaux reçoivent un aliment standard et sont soumis au même plan de rationnement (125g d'aliment/kg poids vif ^{0,75}) afin d'uniformiser les animaux d'un même bloc au départ de l'expérience.

Les aliments sont distribués sous forme de granulés de 4mm de diamètre. Les animaux sont élevés en loge individuelle. Ils sont nourris à volonté et disposent de l'eau à volonté dans un abreuvoir automatique. Le bilan des consommations d'aliments et les contrôles de croissance sont effectués toutes les semaines.

Au poids vif moyen de $101,0 \pm 2,3$ kg, les porcs sont abattus. Les observations concernant la composition corporelle et l'es-

Tableau 2 - Caractéristiques de composition des régimes expérimentaux

Régimes	1	2	3	4	5	6
Tryptophane (TRP), %:						
- total	0,19	0,12	0,14	0,17	0,20	0,20
- digestible (1)	0,17	0,10	0,12	0,15	0,18	0,18
TRP/lysine (dig), %	0,24	0,15	0,18	0,22	0,27	0,27
TRP/AAN, %	5,1	2,7	3,3	4,1	4,9	4,9
Méthionine, %:						
- totale (2)	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,31
- digestible	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27
Méthionine/AAN, %	6,7	6,0	6,0	6,0	6,0	7,4
Lysine, %:						
- totale	0,80	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
- digestible	0,70	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Thréonine, %						
- totale	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
- digestible	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Résultats d'analyse, %:						
Matière sèche	86,5	86,5	87,6	87,0	86,5	86,8
Matières azotées totales ou MAT (Nx6,25)	15,5	15,3	15,5	15,4	15,2	15,4
Matières minérales	5,3	5,4	5,3	5,4	5,3	5,4
Matières grasses	1,3	2,7	2,6	2,6	2,7	2,6
Amidon	47,1	45,0	45,5	46,0	45,6	45,8
Cellulose brute	2,6	3,4	3,4	3,3	3,2	3,4
Énergie brute Kcal/kg	3677	3727	3794	3765	3734	3758
Énergie nette, Kcal/Kg(3)	2300	2175	2175	2175	2175	2175

(1) Les teneurs en acides aminés sont calculées à partir des résultats de dosage dans les matières premières.

Les teneurs en acides aminés digestibles sont calculées et exprimées en digestibilité iléale vraie selon MARISCAL-LANDIN (1992), en supposant une digestibilité de 100 % pour les acides aminés ajoutés sous forme libre.

(2) Teneur en acides aminés soufrés totaux (méthionine + cystine): 0,51 % dans les régimes 1 à 5; 0,56 % dans le régime 6.

(3) Selon NOBLET et al. (1990).

timination des gains journaliers de muscle et de gras ont été décrites précédemment (HENRY ET SÈVE, 1991). L'analyse statistique des résultats est réalisée à l'aide du logiciel SAS (1990).

2. RÉSULTATS

D'une façon générale, pour l'ensemble des critères considérés, on n'observe pas d'effet d'interaction entre les traitements (taux de tryptophane) et le sexe, ce qui permet de regrouper les résultats des deux sexes.

2.1. Ingestion alimentaire et performances de croissance (tableau 3)

Les résultats du traitement 2 (0,12 % TRP) soulignent l'effet dépressif d'une déficience en tryptophane sur l'ingestion alimentaire et les performances de croissance. Cet effet dépressif est plus important chez les femelles que chez les mâles castrés : par rapport au traitement 1, la vitesse de croissance

est abaissée de 41 % chez les femelles (de 976 à 576g/j) contre 33 % chez les mâles castrés (de 1032 à 635 g/j), bien que l'interaction avec le sexe ne soit pas significative.

L'augmentation de la teneur en tryptophane entre 0,12 % et 0,20 % entraîne une amélioration de la consommation d'aliment et de la croissance. On peut remarquer que les performances optimales sont obtenues à partir d'un taux de 0,17 % de TRP, correspondant à un rapport TRP/lysine de 0,22 et à un rapport TRP/AAN de 4,1 %. Ce niveau de réponse est supérieur à celui procuré par le taux intermédiaire de 0,14 % de TRP, correspondant au rapport TRP/lysine de 0,18 généralement recommandé, qu'il s'agisse de la consommation d'aliment, du gain pondéral et des dépôts de muscle et de gras, ou de l'indice de consommation (contraste traitement 3 vs 4). Les performances optimales obtenues avec le régime expérimental ne sont pas significativement différentes de celles procurées par le régime témoin à base de blé et de tourteau de soja.

Pour le gain journalier de muscle, on note une interaction significative ($P < 0,05$) entre le contraste traitement 3 vs 4 et le

Tableau 3 - Résultats moyens de consommation et de croissance (1)

Traitement	1	2	3	4	5	6	Sexe		s \bar{x}	Effets P< (2)	
							F	MC		Sexe	3vs4
TRP, %:											
- total	0,19	0,12	0,14	0,17	0,20	0,20					
- digestible	0,17	0,10	0,12	0,15	0,18	0,18					
TRP/lysine (dig.)	0,24	0,15	0,18	0,22	0,27	0,27					
TRP/AAN, %	5,1	2,7	3,3	4,1	4,9	4,9					
Méthionine dig., %	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27					
Méthionine/AAN, %	6,7	6,0	6,0	6,0	6,0	7,4					
Aliment ingéré/j:											
- kg	2,83 a	2,11 b	2,55 c	2,66 a,c	2,74 a	2,74 a	2,47	2,74	0,047	0,0001	0,1038
- g/kg PV 0,75	116 a	87 b	105 c	109 c,d	112 a,d	113 a,d	101	113	1,8	0,0001	0,0733
Gain moy./j, g	1004 a	635 b	858 c	921 a,d	956 a,d	964 a,d	852	928	18,4	0,0002	0,0169
Ind. consommation	2,81 a	3,36 b	2,98 c	2,89 a,c	2,87 a,c	2,84 a,c	2,94	2,98	0,039	-	-
Gain de muscle/j,g (3)	424 a	290 b	376 c	406 a	416 a	421 a	383	395	8,7	0,0001	0,0171
Dépôt gras/j, g	200 a	111 b	169 a	179 a	200 a	193 a	147	203	8,8	0,0001	-

(1) 20 animaux (10 femelles, F; 10 mâles castrés, MC) par traitement. Poids moyen initial: $39,8 \pm 1,2$ kg; final : $101,0 \pm 2,3$ kg. PV: poids vif.

(2) Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas différentes significativement au seuil $P < 0,05$ (test de Student - Neuman - Keuls).

(3) Interaction (3 vs4) x sexe: $P < 0,05$. Traitement 3 et 4, respectivement 389 et 390g chez les femelles, contre 362 et 421g chez les mâles castrés.

sexe : augmentation du gain de muscle seulement chez les mâles castrés entre 0,14 et 0,17 % de TRP.

La comparaison des traitements 5 et 6 ne fait apparaître aucun effet de l'apport supplémentaire de méthionine sur l'appétit et les résultats de croissance.

2.2. Composition corporelle (tableau 4)

Les seuls effets marquants observés au niveau des caractéristiques de composition des carcasses se limitent à une forte diminution de l'état d'adiposité chez les animaux du traitement 2, qui ont subi une déficience en tryptophane, en relation avec la réduction du niveau d'ingestion alimentaire. Cet effet est associé à un allongement des carcasses, à une augmentation du poids de la tête, ainsi que des morceaux maigres (jambon) et de la masse musculaire.

Seule la teneur en gras dans la carcasse fait ressortir une interaction significative ($P < 0,10$) entre le contraste traitement 3 vs 4 et le sexe : l'élévation du taux de TRP de 0,14 à 0,17 % entraîne une diminution de la teneur en gras chez les mâles castrés (en relation avec une augmentation du gain de muscle), alors que cette dernière a tendance à augmenter chez les femelles.

2.3. pH musculaire (tableau 5)

Après prise en compte de l'effet jour d'abattage, on observe dans le traitement 4, correspondant au taux optimal de 0,17 % de TRP pour la croissance, des valeurs de pH ultime des muscles semi-membraneux (SM) et adducteur (ADD) plus faibles que dans les autres traitements (contraste traitement 4 vs 1-2-3-5) : respectivement $P < 0,05$ et $P < 0,01$. Compte tenu des corrélations positives entre les 3 mesures de pH ($r = 0,70$ pour SM-ADD; 0,61 pour ADD-Long Dorsal (LD); et 0,47 pour

ADD-LD), l'application du test d'analyse de variance multivariante sur les 3 valeurs de pH (critère λ de WILKS) fait apparaître globalement un effet significatif au seuil $P < 0,0414$. Autrement dit, que ce soit en cas de carence ou de surcharge en TRP, le pH ultime du muscle est plus élevé qu'au taux optimal pour la croissance.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de la présente étude confirment en tout point ceux publiés récemment par notre laboratoire (HENRY et SÈVE, 1991 ; HENRY et al., 1992b) à propos de l'effet fortement dépressif d'une carence alimentaire en tryptophane sur l'appétit et les performances de croissance du porc.

Il est maintenant bien établi (HENRY et al., 1992b) que la présence d'un excès d'acides aminés neutres de grande taille relativement au tryptophane dans l'alimentation du porc se traduit par un effet d'antagonisme au niveau du système de transport des acides aminés à travers la barrière hémato-encéphalique. Moins de tryptophane est ainsi disponible pour la synthèse de sérotonine cérébrale dont il est le précurseur, ce qui peut avoir pour conséquence de perturber la régulation centrale de l'ingestion alimentaire. L'effet dépressif sur l'appétit entraîne du même coup une détérioration des performances de croissance et de l'efficacité alimentaire. Il est intéressant de noter que l'effet d'un déséquilibre par excès des AAN par rapport au tryptophane, en diminuant l'appétit, affecte à la fois le gain de muscle et le dépôt gras, de sorte que la composition tissulaire du gain est peu modifiée, si ce n'est en faveur des tissus maigres dans le cas d'une déficience prononcée (traitement 2).

L'apport principal de ce travail a été de montrer que le rapport optimum tryptophane/lysine choisi pour la formulation de l'ali-

Tableau 4 - Résultats moyens de composition corporelle (1)

Traitement	1	2	3	4	5	6	Sexe		s \bar{x}	Sexe P<
							F	MC		
TRP, % :										
- total	0,19	0,12	0,14	0,17	0,20	0,20				
- digestible	0,17	0,10	0,12	0,15	0,18	0,18				
TRP/lysine (dig.)	0,24	0,15	0,18	0,22	0,27	0,27				
TRP/AAN, %	5,1	2,7	3,3	4,1	4,9	4,9				
Méthionine dig., %	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27				
Méthionine/AAN, %	6,7	6,0	6,0	6,0	6,0	7,4				
Longueur totale carcasse, cm	96,4 _a	98,9 _b	97,7 _{a,b}	97,1 _{a,b}	96,1 _a	97,1 _{a,b}	97,7	96,7	0,60	0,0562
Épaisseur de lard, mm:										
- X ₂	18,7 _{a,b}	16,9 _b	19,7 _a	18,8 _{a,b}	20,0 _a	19,9 _a	17,2	20,8	0,68	0,0001
- X ₄	17,2 _{a,b}	14,7 _b	17,1 _{a,b}	16,9 _{a,b}	18,6 _a	17,3 _{a,b}	15,4	18,4	0,67	0,0001
Poids tête % carcasse	5,82 _{a,b}	6,05 _a	5,82 _{a,b}	5,74 _b	5,70 _b	5,81 _{a,b}	5,95	5,70	0,069	0,0010
Poids morceaux, % carcasse sans tête:										
- longe	33,4 _a	35,4 _b	34,3 _a	34,2 _a	33,7 _a	33,6 _a	34,7	33,5	0,29	0,0001
- bardière	10,0 _a	8,7 _b	9,9 _a	9,8 _a	10,3 _a	9,9 _a	8,9	10,6	0,39	0,0001
- longe/bardière	3,43 _a	4,24 _b	3,62 _a	3,62 _a	3,36 _a	3,45 _a	4,00	3,24	0,13	0,0001
Muscle (DPN), % carcasse	55,5 _a	58,2 _b	56,3 _a	56,4 _a	55,8 _a	55,8 _a	57,7	54,9	1,13	0,0001
Gras (DPN), % carcasse (2)	22,2 _a	19,8 _b	22,0 _{a,b}	21,7 _{a,b}	22,7 _a	22,0 _{a,b}	20,2	23,3	0,60	0,0001

(1) 20 animaux (10 femelles, F; 10 mâles castrés, MC) par traitement. Poids moyen carcasse chaude avec tête : 84,1 ± 2,0 kg; froide après ressuyage de 24 heures : 81,9 ± 1,9 kg. Pertes au ressuyage : 2,53 %. Longueur restreinte de la carcasse : 81,3 cm. Épaisseur de maigre X⁵ : F:67,3; MC: 64,6 (sexe: P<0,045). Panne % carcasse: F : 0,605; MC : 0,711 (sexe: P<0,0060). Hachage % carcasse : 6,1. Poitrine % carcasse : 4,1. DPN: découpe parisienne normalisée.

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas différentes significativement au seuil P<0,05 (test de Student Neuman-Keuls).

(2) Traitements 3 et 4, respectivement 19,3 et 20,6 chez les femelles, contre 24,7 et 22,8 chez les mâles castrés.

Tableau 5 - pH ultime musculaire (1)

Traitement	1	2	3	4	5	6	Sexe			Effets P<		
							F	MC	s \bar{x}	Sexe	Jour abattage	4 vs 1-2-3-5
TRP, %:												
- total	0,19	0,12	0,14	0,17	0,20	0,20						
- digestible	0,17	0,10	0,12	0,15	0,18	0,18						
TRP/lysine (dig.)	0,24	0,15	0,18	0,22	0,27	0,27						
TRP/AAN, %	5,1	2,7	3,3	4,1	4,9	4,9						
Méthionine dig., %	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27						
Méthionine/AAN, %	6,7	6,0	6,0	6,0	6,0	7,4						
M. semi-membraneux	5,70 _{a,b}	5,74 _a	5,75 _a	5,64 _b	5,69 _{a,b}	5,73 _a	5,71	5,71	0,0244	-	0,0002	0,0214
M. adducteur	5,88 _a	5,89 _a	5,85 _a	5,75 _b	5,85 _a	5,90 _a	5,84	5,86	0,0072	0,0198	0,0003	0,0077
M. Long Dorsal	5,67 _{a,b}	5,71 _a	5,70 _a	5,62 _b	5,69 _{a,b}	5,70 _a	5,70	5,67	0,0265	-	0,0013	-

(1) 20 animaux (10 femelles, F; 10 mâles castrés, MC) par traitement. Une donnée manquante: un mâle castré dans le traitement 6.

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas différentes significativement au seuil P<0,05 (test de Student- Neuman - Keuls).

ment varie en fonction du profil de composition en acides aminés des composants de la ration, et en particulier de leurs teneurs en acides aminés neutres de grande taille. Le rapport tryptophane/lysine de 0,18, généralement recommandé pour le porc en croissance (INRA, 1984), a été défini à partir de modèles de régimes expérimentaux se rapprochant de la «protéine idéale», dont le rapport TRP/AAN se situe aux alentours de 5,0 %. Or, l'évolution qui s'est opérée dans le domaine de l'approvisionnement en matières premières a été marquée par un accroissement du taux d'incorporation des produits de substitution des céréales (PSC) et des protéagineux, dont certains présentent une surcharge en acides aminés neutres. Le modèle de régime utilisé dans la présente expérience est représentatif des associations de matières premières qui contribuent à accroître les taux d'AAN au détriment du tryptophane. De la même façon, l'utilisation accrue de sous-produits d'une disponibilité moindre en acides aminés que les céréales, en favorisant l'accroissement du taux de protéines, contribuent à accentuer la surcharge en acides aminés neutres (acides aminés ramifiés et aromatiques), les moins limitants parmi les acides aminés indispensables. Il en résulte ainsi un accroissement du besoin relatif de tryptophane à mesure qu'augmente la surcharge en AAN, ce qui a pour effet d'élever le rapport optimum tryptophane/lysine. Sur le plan pratique, compte tenu des résultats précédents et avec l'emploi de régimes complexes à forte teneur en AAN, on peut proposer, lors de la formulation des aliments, d'inclure comme contrainte supplémentaire un ratio minimum TRP/AAN de 4 % correspondant au profil de composition en acides aminés des types de régimes utilisés dans la pratique courante de l'alimentation du porc. Cela revient à corriger le rapport tryptophane/lysine en fonction de la teneur en AAN, grâce à un accroissement de la teneur en tryptophane, notamment sous forme libre. Dans le cas considéré, le rapport TRP/lysine préconisé est ainsi de 0,22 au lieu de 0,18, comme le suggèrent les recommandations en vigueur. D'une façon plus générale, ceci conduit à relativiser la constance des rapports acides aminés/lysine recommandés pour la croissance du porc en fonction des particularités de leurs métabolismes. Quoi qu'il en soit, comme nous l'avons rapporté précédemment (HENRY, 1990 ; HENRY et al., 1992a), il est rassurant de constater que dans le cas particulier de la lysine il n'y a pas lieu de craindre ce risque d'interaction avec l'excès de protéines sur l'ingestion alimentaire et les performances de croissance. Cette relative indépendance entre le rapport lysine/protéines dans le régime, avec des fluctuations en pourcentage oscillant entre 4,5 et 7,0 % (correspondant au profil de la protéine idéale), et l'ingestion alimentaire, confirme la stabilité de cet acide amené comme référence pour l'expression des relations d'équilibre avec les besoins pour les autres acides aminés indispensables pour la croissance du porc.

Il est intéressant de noter que l'effet favorable d'une addition de tryptophane sur l'ingestion alimentaire est maintenu en poursuivant la correction du déséquilibre TRP/AAN entre le traitement 3 (rapport TRP/lysine = 0,18, considéré comme optimum) et le traitement 4 (rapport TRP/AAN=4,1 %). Ceci montre qu'un excès d'AAN, comme de protéines, pour un taux quasi-optimal de tryptophane, contribue à limiter la consommation d'aliment et, par voie de conséquence, à limiter quelque peu l'état d'engraissement. Nous serions tentés d'en déduire que le rapport optimum TRP/lysine pourrait être modulé en fonction du potentiel de croissance musculaire des animaux, et en particu-

lier en fonction de leurs aptitudes génétiques. Ainsi, la correction du rapport TRP/lysine paraît devoir s'imposer pour stimuler l'appétit souvent limité des porcs de type maigre et à croissance rapide. Inversement, il serait hasardeux d'en déduire que chez les animaux de type gras, lorsqu'ils sont nourris à volonté, le recours à un rapport TRP/lysine marginal, en réduisant légèrement la consommation d'aliment, pourrait servir à limiter l'état d'engraissement des carcasses à l'abattage.

La correction du rapport TRP/lysine en fonction du rapport TRP/AAN, suggérée dans la présente étude, s'applique en premier lieu aux conditions d'alimentation à volonté, puisque l'excès d'AAN interagit avec le tryptophane en provoquant un effet dépressif sur l'appétit, et de ce fait sur les performances de croissance. On peut se poser la question de savoir ce qu'il en est dans les conditions d'alimentation restreinte. Mais, même dans ce cas, il n'est pas exclu qu'un déséquilibre TRP/AAN puisse affecter le rendement d'utilisation métabolique du tryptophane pour la formation des dépôts corporels. De plus, compte tenu des variations individuelles de consommation spontanée d'aliment entre animaux, on peut s'attendre, notamment à un niveau d'alimentation proche de celui à volonté, à ce que l'excès d'AAN par rapport au tryptophane produise également des effets défavorables sur la consommation d'aliment chez les animaux les plus sensibles aux variations d'appétit.

Un dernier point concerne l'incidence de la teneur en tryptophane du régime sur la qualité de la viande, appréciée par la mesure du pH ultime des muscles du jambon et de la longe. Assez curieusement, les valeurs les plus basses de pH ultime (24 heures après l'abattage) dans les muscles semi-membraneux et adducteur sont obtenues au taux optimal de tryptophane pour la croissance (traitement 4 : 0,17 %), comparativement au régime carencé (traitement 2 : 0,12 %) et aux régimes bénéficiant d'un apport supérieur de tryptophane. Dans notre étude précédente (HENRY et al., 1992b), nous avons fait état également d'une augmentation du pH du muscle, 45 minutes et 24 heures après l'abattage, à la suite d'une carence alimentaire en tryptophane. Par ailleurs, ADEOLA et BALL (1992) ont rapporté récemment une élévation du pH ultime du muscle consécutivement à une surcharge alimentaire en tryptophane. Il est vraisemblable que les effets du taux de tryptophane sur le pH musculaire, selon qu'il y ait carence ou surcharge, relèvent de mécanismes différents, qui font intervenir dans les deux cas la sérotonine suivant un mode d'action, probablement en relation avec l'effet anti-stress de la sérotonine, qu'il reste à élucider.

En conclusion, l'utilisation, pour le porc en croissance, de régimes à teneur élevée en acides aminés neutres (AAN), et a fortiori à forte teneur en protéines, conduit à corriger le rapport tryptophane/lysine au delà de la valeur 0,18 généralement recommandée, sur la base de la contrainte d'un taux minimum de 4 % de tryptophane par rapport aux AAN. Cette correction du rapport tryptophane/lysine en fonction du profil de composition en acides aminés des composants du régime (rapport TRP/AAN) conduit à une remise en cause des valeurs supposées constantes des ratios acides aminés/lysine dans les conditions normales d'alimentation se distinguant de celles de la protéine parfaitement équilibrée ou «idéale», ces ratios devant être modulés selon les particularités métaboliques de l'acide aminé considéré et le profil de composition en acides aminés du régime utilisé.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEOLA O., BALL R.O., 1992. *J. Anim. Sci.*, 70, 1888-1894.
- HENRY Y., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 193-199.
- HENRY Y., SÈVE B., 1991. *Journées Rech. Porcine en France*, 23, 119-126.
- HENRY T., COLLEAUX Y., SÈVE B., 1992a. *J. Anim. Sci.*, 70, 188-195.
- HENRY Y., SÈVE B., COLLEAUX Y., GANIER P., SALIGAUT C., JEGO P., 1992b. *J. Anim. Sci.*, 70, 1873-1887.
- INRA, 1984. *L'alimentation des monogastriques: porc, lapin et volailles*. INRA, Paris.
- MARISCAL-LANDIN G., 1992. *Facteurs de variation de l'utilisation digestive des acides aminés chez le porc*. Thèse Univ. Rennes I.
- MARISCAL-LANDIN G., LEBRETON Y., SÈVE B., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 215-222.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUPIRE C., DUBOIS S., 1990. *Journées Rech. Porcine en France*, 22, 175-183.
- SAS, 1990. *SAS user's guide: statistics*. SAS Inst. Inc. Cary, NC.