

INFLUENCE DES TAUX DE PROTÉINES ET DE LYSINE DU RÉGIME SUR L'INGESTION ALIMENTAIRE, LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET LA COMPOSITION CORPORELLE CHEZ LE PORC EN FINITION

Y. HENRY

INRA, Station de Recherches porcines, 35590 L'HERMITAGE

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

L'étude des effets distincts des teneurs en protéines et en lysine, acide aminé limitant primaire, sur l'ingestion alimentaire, les performances de croissance et les caractéristiques de composition corporelle, chez le porc en finition, de race Large White, entre 42 et 101 kg de poids vif, a fait l'objet d'une expérience portant sur 120 animaux, moitié femelles et mâles castrés, répartis entre 6 traitements, suivant un dispositif factoriel 2x3, en alimentation à volonté :

- 2 taux de lysine : 0,55 et 0,65%, choisis en dessous des recommandations pour la croissance chez les animaux des deux sexes ;

- 3 taux de protéines : 13% d'un régime à base de blé-tourteau d'arachide et tourteau de soja ; 15,6% d'un régime apportant le même profil de composition en acides aminés indispensables que le précédent ; 15,2% (Nx6,25) d'un régime apportant les mêmes taux d'acides aminés indispensables que celui à 13% de protéines, après addition d'un mélange d'acides aminés non indispensables (acide L-glutamique HCl et L-glutamate monosodique, H₂O).

Les variations disjointes des taux de lysine et de protéines font apparaître pour l'ensemble des critères une relative indépendance de leurs effets sur les performances de croissance et la composition corporelle. Le gain journalier de muscle est accru à la suite d'une supplémentation en lysine, l'efficacité de cette dernière semblant amoindrie au taux inférieur de protéines (13%).

Pour un même taux de lysine (0,55 ou 0,65%), l'augmentation du taux de protéines de 13 à 15,6% entraîne un effet dépressif sur la vitesse de croissance et l'indice de consommation de l'ordre de 2,5%, sans modification du niveau d'ingestion alimentaire. La réduction de l'efficacité alimentaire peut être expliquée par le coût supplémentaire d'énergie résultant du catabolisme des protéines excédentaires.

L'effet des protéines supplémentaires sur les performances de croissance dépend de leur nature, en l'occurrence des proportions respectives d'acides aminés indispensables et non indispensables. L'addition seule d'acides aminés non indispensables, sous forme d'acide glutamique, entraîne, par rapport au régime à 13% de protéines, une diminution de l'ingestion alimentaire, mais l'indice de consommation n'est pas modifié. Ces résultats montrent que l'effet dépressif des protéines en excès sur l'efficacité alimentaire chez le porc est atténué lorsqu'on leur substitue une source d'acides aminés non indispensables.

Effects of dietary protein and lysine levels on feed intake, growth performance and carcass characteristics in the finishing pig.

The effects of excess dietary protein and lysine, as the limiting amino acid, on feed intake, growth performance and carcass characteristics were investigated in a study involving 120 finishing pigs, of the Large White breed, between 42 and 101 kg live weight, with an equal number of females and castrated males. Six treatments were compared according to a 2x3 factorial design, under ad libitum feeding :

- 2 levels of lysine : 0.55 and 0.65%, selected below the recommended levels for both sexes,
- 3 levels of protein : 13% of a diet based on wheat - peanut meal and soybean meal ; 15.6% of a diet providing the same amino acid pattern as that of the basal diet ; 15.2% (Nx6.25) of a diet providing the same levels of essential amino acids as in the 13% protein diet, after addition of a mixture of non essential amino acids (L-glutamic acid, HCl and L-glutamate mono Na, H₂O).

After separate changes in dietary lysine and protein levels, there was a relative independency of their effects on growth performance and body composition. Muscle gain increased with supplementary lysine, with a lower response at the lower level of protein (13%).

At the same level of lysine (0.55 or 0.65%), increasing protein level from 13 to 15.6% exerted a depressive effect on growth rate and feed conversion ratio amounting to around 2.5%, while mean daily feed intake was unchanged. The decreased feed efficiency could be explained by the additional energy cost resulting from the catabolism of protein in excess.

The effect of supplementary protein on growth performance depends on their content in essential and non essential amino acids. After single addition of non essential amino acids, in the form of glutamic acid, there was a decrease in daily feed intake, but without any change in feed conversion ratio, compared to the 13% protein diet. This result shows that the depressive effect of excess dietary protein on feed efficiency in the pig is not observed after substituting with a source of non essential amino acids.

INTRODUCTION

L'élévation de la teneur en protéines dans l'alimentation du porc est connue pour exercer un effet freinateur sur l'ingestion alimentaire et favoriser le dépôt de tissus maigres dans la carcasse au détriment du gras (HENRY, 1985). En réalité, dans les conditions habituelles d'alimentation, l'influence du taux de protéines sur les performances de croissance et la composition corporelle du porc est confondue avec celle du taux d'acide aminé limitant, généralement la lysine, de sorte que les nombreux travaux réalisés sur ce point n'ont pas permis de dissocier l'effet propre des protéines supplémentaires de celui de l'acide aminé limitant. Ceci a été également le cas dans les essais portant sur l'utilisation de taux croissants d'une «protéine idéale» avec des rapports constants entre la lysine et les autres acides aminés indispensables, et l'ensemble des protéines (YEN et al., 1986 a,b). Or, il est maintenant bien établi qu'en dehors de l'acide aminé limitant l'équilibre en acides aminés indispensables entre eux et par rapport aux protéines peut modifier à la fois le niveau d'ingestion alimentaire (HENRY, 1988) et le rendement d'utilisation de l'énergie du régime (NOBLET et al., 1987a, b), et par voie de consé-

quence les performances de production.

La présente étude a précisément pour objet d'analyser chez le porc en finition, entre 42 et 100 kg de poids vif, les effets respectifs des taux de protéines et de lysine (acide aminé limitant), sur l'ingestion alimentaire, les performances de croissance et la composition corporelle, en maintenant constants, avec l'addition des protéines, soit le profil de composition en acides aminés du régime, soit les taux d'acides aminés indispensables sous la forme d'un supplément d'acide glutamique comme source d'azote non indispensable.

1. MODALITÉS EXPÉRIMENTALES

Un effectif de 120 porcs de race Large White est réparti entre 6 traitements à un poids vif moyen initial de 42,4 kg, suivant la méthode des blocs complets équilibrés intra sexe, à raison de 10 femelles et 10 mâles castrés par traitement. La mise en lots est effectuée à l'issue d'une période préexpérimentale, au cours de laquelle les animaux recevaient un même régime standard selon un même plan de rationnement (125 g/kg^{0,75}).

Les 6 traitements expérimentaux correspondent à 6 régimes élaborés selon un schéma factoriel de type 2x3 comportant :

- 2 taux de lysine, l'un déficient (0,55%), l'autre suboptimal (0,65%) pour la croissance du porc alimenté à volonté entre 42 et 100 kg de poids vif d'après les recommandations habituelles (INRA, 1984), compte tenu des besoins en acides aminés plus faibles chez les mâles castrés comparativement aux femelles,

- 3 taux de protéines : 12% d'un régime de base rendu adéquat pour tous les acides aminés indispensables à l'exception de la lysine ; 15% d'un régime présentant le même profil de composition en acides aminés que le précédent ; 15% d'un régime renfermant les mêmes taux d'acides aminés indispensables que le régime de base à 12% de protéines après addition d'un mélange de L-glutamate monosodique, H₂O (60%), et d'acide L-glutamique HCl (40%), à raison de 3 points d'équivalent-protéines (Nx6,25).

Le régime de base est composé de blé, tourteau d'arachide et tourteau de soja, avec un complément d'amidon de maïs pour maintenir le même profil de composition en acides aminés aux 2 taux de protéines considérés (12 et 15%), au taux de 0,55% de lysine. Le tourteau d'arachide, choisi pour sa faible teneur en lysine, est quasiment exempt d'aflatoxine (respectivement 18 et 10 ppb d'aflatoxines B1 et B2).

Les taux de lysine (0,55 et 0,65%) sont obtenus après supplémentation du régime de base à 12% de protéines (0,44% de lysine) par la L-lysine HCl aux doses de 0,14 et 0,27% d'un produit commercial à 78,5% de lysine base, respectivement dans les régimes 1-3-5 et 4-6. A la suite des apports supplémentaires de L-lysine et de L-thréonine, les teneurs en matières azotées (Nx6,25) des régimes sont équilibrées par addition de L-glycine. Les proportions de glutamate monosodique et d'acide L-glutamique HCl ont été fixées pour limiter les excès d'ions Na et Cl, dont les teneurs respectives ont été équilibrées à 0,57 et 0,56% du régime en moyenne, en ajustant les apports de sel marin et de bicarbonate de sodium. Le bilan électrolytique moyen (Na+K-Cl) s'élevait à 245 méq./kg.

La composition des régimes expérimentaux et les résultats d'analyse sont rapportés dans le tableau 1. Les teneurs en matières azotées des régimes 1 et 4 sont supérieures d'un point environ aux estimations initiales (respectivement 13,1 et 13,0% au lieu de 12%), tandis que dans les régimes 2 et 5 elles s'établissent respectivement à 15,8 et 15,4%, soit un accroissement moyen de 2,6 points de protéines au lieu des 3 prévus initialement. Dans les régimes 3 et 6, supplémentés en acide glutamique, les teneurs en matières azotées sont respectivement de 15,4 et 15,0%, soit seulement un écart moyen de 2,2 points par rapport au régime de base à 13% de protéines. Dans les 6 régimes les résultats des dosages de lysine sont conformes aux prévisions du protocole. La valeur énergétique des régimes est fixée en moyenne à 3230 kcal ED/kg.

Les animaux sont élevés en loges individuelles et alimentés à volonté, à l'aide d'un nourrisseur. Les aliments sont distribués sous forme de granulés de 5 mm de diamètre et l'eau est offerte à volonté dans un abreuvoir automatique. Les porcs sont pesés toutes les semaines et abattus à un poids vif moyen de 101,3 kg après un jeûne de 16 heures en moyenne. Sur les carcasses chaudes, on procède aux mesures linéaires de gras et de maigre à l'aide de l'appareil Fat-O-Meater (FOM), en vue de l'estimation des teneurs en muscle et en gras à partir des

équations de prédiction établies par DESMOULIN et al. (1984) pour le muscle et DESMOULIN et al. (1976) pour le gras.

TABLEAU 1
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX

Régimes	1	2	3	4	5	6
Teneurs estimées, %						
Lysine	0,55	0,55	0,55	0,65	0,65	0,65
Protéines	12	15	15	12	15	15
Ac. glutamique	-	-	+	-	-	+
Composition centésimale, %						
Blé (1)	60,9	76,2	60,9	60,9	76,2	60,9
T. Arachide(2)	8,0	10,0	8,0	8,0	10,0	8,0
T. soja (3)	4,8	6,0	4,8	4,8	6,0	4,8
Amidon de maïs	18,3	-	13,9	18,3	-	13,9
Mélasse de betteraves	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Mél. minéral :						
P. bicalcique	1,8	1,4	1,8	1,8	1,4	1,8
Craie broyée	1,2	1,45	1,2	1,2	1,45	1,2
Sel marin	0,8	0,85	-	0,75	0,8	-
Bicarbonate Na	0,8	0,7	-	0,85	0,75	-
Mélange						
Oligoéléments (4)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Acides aminés :						
L-Lysine HCl (5)	0,14	-	0,14	0,27	0,14	0,27
L-thréonine	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
L-glycine	0,10	0,21	0,10	-	0,11	-
L-glutamate mono Na, H2O	-	-	3,9	-	-	3,9
Ac. L-Glutamique HCl	-	-	2,1	-	-	2,1
Mélange						
vitaminique (4)	+	+	+	+	+	+
Résultats d'analyse, %						
M. Sèche	85,9	85,7	86,7	85,4	85,6	86,4
M. minérales	5,9	6,1	5,4	5,4	6,1	5,2
Protéines	13,1	15,8	15,4	13,0	15,4	15,0
Lysine	0,56	0,53	0,54	0,65	0,64	0,66
Thréonine	0,43	0,53	0,41	0,43	0,53	0,43
Méthionine	0,16	0,20	0,17	0,17	0,21	0,16
Méth. + Cyst.	0,43	0,58	0,42	0,45	0,58	0,43
Tryptophane (6)						
(teneur estimée)	0,13	0,17	0,13	0,13	0,17	0,13
Acide glutamique	3,29	3,88	4,90	3,24	3,93	5,01
Valeur énergétique estimée (kcal/kg)(6)	3230	3190	3280	3230	3190	3280

(1) 11% MAT

(2) 39% MAT ; teneurs en aflatoxines : B1, 18ppb ; B2, 10ppb

(3) 47,5% MAT

(4) Selon BOURDON et HENRY (1985)

(5) 78,5% lysine base

(6) à partir des tables INRA (1984)

Après une période de ressuyage de 24 heures, chaque demi-carcasse gauche est fractionnée en pièces suivant la découpe parisienne normalisée (DPN). Les résultats de découpe ont servi au calcul des teneurs en muscle et en gras à partir des équations de prédiction établies par DESMOULIN et al. (1985). Les gains journaliers de muscle et de gras, selon les deux méthodes (FOM et DPN), sont calculés à partir des quantités finales de muscle et de gras dans la carcasse et des quantités

initiales de tissus estimées à partir des équations de prédiction établies par NOBLET et KAREGE (communication personnelle) pour les animaux de race Large White et des deux sexes provenant du même troupeau expérimental.

Afin de prendre en compte l'incidence éventuelle des différences de consommation d'aliment sur l'importance des viscères et des contenus digestifs, il est procédé, après abattage à la pesée des compartiments digestifs (estomac, intestin grêle et gros intestin) pleins et vides, en vue du calcul du gain de poids vif vide et de l'indice de consommation sur la base du gain de poids vif vide.

Les données expérimentales sont traitées par l'analyse de variance prenant en compte les effets principaux (sexe, lysine, protéines et nature des protéines) et les interactions, en utilisant le logiciel AMANCE (BACHACOU et al., 1981). Afin de corriger les effets dus aux variations d'ingestion alimentaire, notamment à la suite de l'addition d'acide glutamique, il a été procédé en outre à une analyse de covariance selon la procédure SEEBECK.

2. RÉSULTATS

L'analyse statistique des résultats, qui sont rapportés dans les tableaux 2 et 3, ne fait ressortir que dans un nombre limité de cas des effets d'interaction entre les facteurs étudiés (sexe, lysine, protéines et nature des protéines), notamment entre les teneurs en lysine et les protéines, et la nature de ces dernières. Le niveau des performances est dans l'ensemble élevé (en moyenne 1004 g de gain journalier pour un indice de consommation de 3,19). Comme l'expression des données de croissance et d'indice de consommation sur la base du poids vif vide a été sans incidence sur leur variabilité et leur signification statistique, seuls sont mentionnés les résultats se rapportant au poids vif. L'effet du sexe (femelles versus mâles castrés) est conforme à ce qui est habituellement observé, comme l'atteste l'examen des tableaux de résultats.

2. 1. Influence de la lysine

L'élévation de la teneur en lysine de 0,55 à 0,65% chez des porcs en finition nourris à volonté entraîne une amélioration du gain moyen pondéral, ainsi que des dépôts journaliers de muscle et de gras. Cet accroissement du développement musculaire et du dépôt de gras est associée à une augmentation de l'ingestion alimentaire. Au niveau des caractéristiques de composition corporelle, on note principalement une diminution de la longueur de la carcasse, restreinte et totale, et une augmentation de l'épaisseur de muscle au niveau de la longe (mesure X'5), au seuil 0,05, tandis que les effets observés au seuil 0,10 concernent l'augmentation de l'épaisseur du lard dorsal (X1) et la diminution du poids des viscères (estomac + intestin) vides.

En ce qui concerne les effets d'interaction, seule apparaît une interaction entre les taux de lysine et de protéines au niveau du gain journalier de muscle, significative au seuil 0,10, lorsque ce dernier est calculé à partir des mesures FOM. L'augmentation du gain de muscle consécutive à l'apport de lysine supplémentaire n'est effective qu'en présence de protéines additionnelles, que ces dernières soient fournies par le régime de base ou sous forme d'acides aminés non indispensables. Les résultats obtenus à partir des mesures DPN vont dans le même sens, mais sans atteindre le seuil de signification.

2. 2. Influence du taux de protéines

L'augmentation du taux global de protéines de 13 à 15,4% (régimes 2-3-5 et 6 versus 1 et 4) ne modifie pas l'ingestion alimentaire mais entraîne une diminution de la vitesse de croissance de 5%, accompagnée d'une augmentation de l'indice de consommation de 2,5% (seuil 0,05). Le gain journalier de muscle est diminué (seuil 0,10), tandis que l'on observe la même tendance, quoique non significative, au niveau du dépôt de gras journalier. D'une façon générale, les protéines excédentaires sont sans effet significatif sur les caractéristiques de composition corporelle.

Un effet d'interaction entre les protéines et le sexe sur l'indice de consommation est observé au seuil 0,10, l'effet dépressif de l'addition de protéines sur ce critère étant surtout marqué dans le cas des femelles (3,21 contre 3,08, soit + 4,2%), alors que pour les mâles castrés on n'observe pratiquement pas de différence (respectivement 3,22 et 3,20).

2. 3. Influence de la nature des protéines (addition d'acide glutamique)

L'addition d'acide glutamique au régime de base (régimes 3 et 6 versus régimes 2 et 5) entraîne une diminution significative du niveau d'ingestion alimentaire, tandis que le gain moyen pondéral n'est pas modifié. Il en résulte une nette diminution (seuil 0,01) de l'indice de consommation, associée à une augmentation du gain journalier de muscle (seuil 0,10) et une tendance à la réduction du dépôt de gras. En ce qui concerne la composition corporelle, on observe quelques effets significatifs au seuil 0,10 : augmentation du pourcentage de muscle (FOM), diminution de certains critères d'adiposité (épaisseur de lard dorsal X1, pourcentages de bardière et de gras dans la demi-carcasse).

L'analyse de covariance sur la consommation journalière d'aliment conduit à une contribution significative de la covariable uniquement pour le gain moyen journalier, ainsi que pour les gains journaliers de muscle et de gras. La comparaison des moyennes ajustées ne fait apparaître aucun effet significatif de l'apport d'acide glutamique sur le gain pondéral : 1026 g/j contre 969. Le gain journalier de muscle demeure plus élevé : 358 g/j contre 323 pour l'estimation FOM et 359 g/j contre 334 pour l'estimation DPN. Les valeurs moyennes ajustées du dépôt de gras (299 g/j contre 295 pour l'estimation FOM, et 305 g/j contre 301 pour l'estimation DPN) ne sont pas différentes.

3. DISCUSSION

Il ressort des résultats moyens de l'expérience que des niveaux d'apport de Na et Cl s'élevant à près de 0,6% du régime, soit plus du double des recommandations habituelles, ont été sans incidence défavorable sur l'état sanitaire et les performances des animaux, ce qui est en accord avec les données récentes de la bibliographie (Patience et al., 1987). Selon ces auteurs, les performances de croissance chez des porcelets de 8 à 12 semaines étaient maintenues à leur niveau optimum à l'intérieur d'une zone très étendue de variation du bilan électrolytique (Na+K-Cl), soit entre 0 et 341 még/kg. Dans la présente étude, le bilan Na+K-Cl était fixé à 245 még/kg de régime en moyenne.

L'effet dépressif d'un accroissement du taux de protéines du

TABLEAU 2
RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE CROISSANCE, CONSOMMATION ET COMPOSITION CORPORELLE (1)

Lysine %	0,55			0,65			Sexe(2)		Lysine		Protéines		Acide glutamique		Sx(3)
							F	M	0,55	0,65	13,1	15,4	-	+	
Protéines % Ac. glutamique	13,1	15,8	15,4	13,0	15,4	15,0	F	M	0,55	0,65	13,1	15,4	-	+	
Gain moyen/j, g	1000	929	966	1074	1036	1020	977	1032	965	1044	1037	988	983	993	23
Aliment consommé/j, kg	3,21	3,14	3,07	3,29	3,34	3,12	3,08	3,31	3,14	3,25	3,25	3,17	3,24	3,10	0,059
Indice de consommation	3,22	3,39	3,18	3,06	3,22	3,08	3,17	3,21	3,26	3,12	3,14	3,22	3,31	3,13	0,038
Composition corporelle															
Longueur carcasse, restreinte, cm(4)	85,8	85,5	85,7	84,6	84,3	85,0	85,6	84,7	85,7	84,6	85,2	85,1	84,9	85,3	0,52
Épaisseur du lard dorsal X1, mm	24,3	25,8	23,2	26,4	26,7	25,1	24,1	26,3	24,4	26,1	25,3	25,2	26,2	24,2	1,15
Épaisseur de maigre X'5, mm	52,1	50,4	50,6	53,6	52,6	53,2	53,2	50,9	51,0	53,1	52,9	51,7	51,5	51,9	1,25
% demi-carcasse(5): longe	30,7	30,5	30,7	30,1	30,5	30,5	31,0	30,0	30,6	30,4	30,4	30,6	30,5	30,6	0,36
jambon	21,8	21,8	21,9	21,9	22,2	22,1	22,4	21,5	21,9	22,1	21,9	22,0	22,0	22,0	0,20
bardière	14,5	15,0	14,4	15,2	15,2	14,3	14,1	15,5	14,7	14,9	14,9	14,7	15,1	14,4	0,39
panne	2,13	2,05	2,15	2,10	2,12	1,97	2,08	2,10	2,11	2,06	2,12	2,07	2,09	2,06	0,083
Rapport longe/bardière	2,13	2,10	2,20	2,01	2,06	2,16	2,24	1,98	2,14	2,08	2,07	2,14	2,08	2,19	0,079
Muscle % carcasse(5) FOM	48,1	47,3	48,5	47,6	47,7	48,7	48,9	47,1	48,0	48,0	47,9	48,0	47,5	48,6	0,61
DPN	48,4	48,2	48,5	47,7	48,6	48,6	49,5	47,1	48,4	48,3	48,1	48,5	48,4	48,5	0,59
Gras % carcasse(5) FOM	30,2	30,7	29,5	31,1	31,2	29,8	29,4	31,4	30,1	30,7	30,6	30,3	31,0	29,6	0,77
DPN	30,4	31,1	30,1	31,5	31,7	30,0	29,7	31,9	30,5	31,0	30,9	30,7	31,4	30,0	0,73
Poids des viscères vides, kg	4,20	4,22	4,18	4,06	4,26	3,93	4,02	4,26	4,20	4,08	4,13	4,15	4,24	4,05	0,078

(1) Résultats entre 42,4 et 101,3 kg de poids vif ; rendement moyen des carcasses : 82,9%

(2) F: Femelles ; M: Mâles castrés.

(3) Ecart-type de la moyenne. Seuils de signification : ** : 0,01 ;

* : 0,05 ; (0,10) : 0,10. Effet d'interaction unique : protéines x sexe (0,10) pour l'indice de consommation.

(4) Entre le bord antérieur de la symphyse pubienne et le milieu de la 1ère côte

TABLEAU 3
GAINS JOURNALIERS DE MUSCLE ET DE GRAS (G)

Lysine %	0,55			0,65			Sexe(2)		Lysine		Protéines		Acide glutamique		Sx(2)
							F	M	0,55	0,65	13,1	15,4	-	+	
Protéines % Ac. glutamique	13,1	15,8	15,4	13,0	15,4	15,0	F	M	0,55	0,65	13,1	15,4	-	+	
Gain de muscle, g/j FOM (1)	351	301	332	359	355	362	345	342	328	359	355	337	328	347	11,5
DPN	358	314	335	365	362	363	354	345	336	363	361	343	338	349	11,3
Dépôt de gras, g/j, FOM	294	278	276	331	320	301	277	323	283	317	312	294	299	289	14,2
DPN	298	282	284	336	328	304	281	330	288	323	317	300	305	294	14,0

(1) F: Femelles ; M: Mâles castrés

(2) Ecart-type de la moyenne. Seuils de signification : ** : 0,01 ; * : 0,05 ; (0,10) : 0,10. Effet d'interaction unique : protéines x lysine (0,10) pour le gain de muscle (FOM).

régime, pour une même teneur en lysine, sur la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire, est imputable en premier lieu à la production d'extra-chaaleur résultant du catabolisme des acides aminés en excès. Si l'on se rapporte aux observations de NOBLET et al. (1987a,b), qui montraient que pour une même quantité d'énergie fixée il fallait 0,9% d'EM en plus par point de protéines excédentaires, on trouve la même correspondance entre les 2,6 points de protéines supplémentaires et l'augmentation de l'indice de consommation de 2,2%. Cette observation est en accord avec les résultats rapportés par FULLER et al. (1986). Pour un même taux de lysine, en alimentation équilibrée, ces derniers indiquaient qu'une élévation du taux global de protéines d'environ 2 points chez des porcs entre 18 et 65 kg de poids vif entraînait une légère diminution de la vitesse de croissance et une augmentation de l'indice de consommation, accompagnées d'une proportion plus élevée de tissus maigres dans la carcasse. Compte tenu de l'absence de détérioration de l'indice de consommation à la suite de l'addition d'acide glutamique, il convient de remarquer par ailleurs que l'incidence d'un apport de protéines en excès sur l'efficacité alimentaire est en relation avec la nature de ces dernières, selon notamment que les protéines en excès sont constituées ou non par des acides aminés indispensables. Bien entendu, on peut penser que le remplacement d'une partie des protéines des régimes 2 et 5 par l'acide glutamique et l'amidon dans les régimes 3 et 6 ait eu pour effet d'augmenter légèrement la valeur énergétique de ces derniers (de l'ordre de 2,5%), mais ceci n'est pas suffisant pour expliquer l'écart d'indice de consommation observé, même après ajustement des niveaux de consommation.

D'une façon générale, pour l'ensemble des critères, les résultats de cette étude sont caractérisés par l'absence d'interaction entre les teneurs en protéines et en lysine du régime, à l'exception toutefois de celle observée au niveau du gain journalier de muscle, et seulement au seuil 0,10. L'effet propre de la lysine, en tant qu'acide aminé limitant la croissance musculaire, est ainsi dissocié de celui des protéines en excès, dont la dégradation retentit défavorablement sur le rendement de l'utilisation de l'énergie alimentaire. L'interaction entre le taux de lysine et l'apport de protéines supplémentaires sur le gain de muscle, même dans le cas d'addition d'acide glutamique, fait ressortir l'influence favorable d'un supplément d'azote non indispensable au-delà de 13% de protéines en vue d'une utilisation optimale de la dose supérieure de lysine pour la croissance. De cette observation on peut déduire que le taux de 13% de protéines chez le porc en finition alimenté à volonté semble suboptimal pour la croissance musculaire, notamment chez les femelles. Par ailleurs, la seule interaction entre les protéines et le sexe peut être interprétée par le fait que les femelles, comparativement aux mâles castrés, lorsqu'elles sont soumises à un excès de protéines, disposent de moins d'énergie pour leur croissance musculaire, ce qui a pour conséquence d'accentuer l'augmentation de l'indice de consommation. A l'appui de cette observation, l'analyse des profils de variation des teneurs en acides aminés libres plasmatiques chez les porcs femelles à l'abattage (HENRY, COLLÉAUX et SÈVE, non publié) a permis de faire ressortir qu'en réponse à la supplémentation en lysine la méthionine est, parmi les acides aminés indispensables, celui dont la teneur plasmatique se maintient en plateau aux taux de 13 et 15,6% de protéines et diminue après addition d'acide glutamique. Ceci indique que la méthionine devient le facteur limitant pour la croissance des femelles lorsque le taux de protéines est porté à 15,6% et principalement avec l'apport d'acide glutamique dans le régime 6, où la teneur en méthionine est maintenue à

0,16%. De ce résultat on peut déduire que pour un taux de 0,65% de lysine dans le régime 5, suboptimal pour la croissance des femelles, il est nécessaire de porter la teneur en méthionine à 0,21% au moins. Le rapport optimum méthionine/lysine correspondant (33%), chez les porcs femelles, se situerait ainsi légèrement au-dessus du ratio de 30% admis dans la bibliographie (HENRY et al., 1988 ; HENRY, 1988). L'effet dépressif de l'addition d'acide glutamique sur la consommation alimentaire peut être expliqué par ailleurs par un phénomène de déséquilibre par défaut entre la méthionine libre plasmatique et les autres acides aminés indispensables.

L'influence défavorable d'un apport sublimitant de lysine sur la croissance et le gain de tissus maigres chez le porc a été soulignée régulièrement dans la bibliographie (HENRY et al., 1988 ; BOURDON et HENRY, 1988). Il est intéressant de constater qu'une supplémentation en lysine pendant la phase de finition, dans la présente expérience, a eu pour effet de modifier la conformation des animaux, dans le sens d'une réduction de la longueur des carcasses à l'abattage. Dans une étude antérieure remontant à une vingtaine d'années (HENRY et al., 1971), il avait été observé de la même façon qu'un apport élevé de lysine pendant la phase initiale de la croissance (à partir de 23 kg de poids vif) favorisait le développement des régions corporelles les plus précoces (jambon et poitrine). Il est vraisemblable que le maintien de l'influence favorable d'une supplémentation en lysine en finition sur les parties à développement précoce, comme le jambon, soit la conséquence du progrès génétique vers l'obtention d'animaux à maturité de développement en longueur plus tardive.

CONCLUSION

Les résultats de la présente étude permettent de dégager les conclusions générales suivantes :

- 1 - Les variations disjointes des taux de protéines et de lysine, acide aminé limitant du régime, chez le porc en finition, entre 42 et 101 kg de poids vif, font apparaître une relative indépendance de leurs effets sur l'ingestion alimentaire, les performances de croissance et la composition corporelle.
- 2 - Pour un même taux de lysine (0,55 ou 0,65%), l'augmentation du taux de protéines de 13 à 15,6% exerce un effet dépressif sur la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire, de l'ordre de 2,5%, mais sans affecter l'ingestion alimentaire ; la détérioration de l'indice de consommation peut être expliquée par le coût supplémentaire d'énergie résultant du catabolisme des protéines excédentaires.
- 3 - L'effet des protéines supplémentaires sur les performances de croissance dépend de leur nature : lorsqu'elles sont fournies uniquement sous forme d'acides aminés non indispensables (acide glutamique), le niveau d'ingestion alimentaire est diminué, mais l'indice de consommation n'est pas modifié, ce qui traduit l'effet favorable d'une addition d'acide glutamique par rapport à un mélange d'acides aminés indispensables et non indispensables.

En définitive, dans l'effet des protéines en excès sur les performances de croissance du porc, indépendamment de l'acide aminé limitant, il convient de tenir compte de leur composition en acides aminés indispensables qui, à la diffé-

rence des acides aminés non indispensables, agissent défavorablement sur l'efficacité alimentaire. Ceci confirme l'intérêt de l'amélioration de l'équilibre en acides aminés du régime, par supplémentation en acides aminés limitants sous forme libre et réduction du taux de protéines, en vue de l'optimisation de l'efficacité alimentaire pour la croissance du porc. Par ailleurs, il sera intéressant de vérifier si l'absence d'interaction généralement observée entre la lysine et les protéines au niveau des

performances de croissance se retrouve avec les autres acides aminés limitants du régime. A l'inverse, on peut se demander si la nature spécifique de certains de ces derniers, comme c'est le cas pour le tryptophane, dont on connaît le rôle particulier dans l'ajustement de l'ingestion alimentaire (HENRY, 1988), est susceptible de modifier la réponse du porc selon le taux de protéines. Une expérimentation complémentaire méritera d'être entreprise pour généraliser cette observation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BACHACOU J., MASSON J.P., MILLIER C., 1981. Manuel de la programmation statistique AMANCE 81, INRA, Nancy.
- BOURDON D., HENRY Y., 1985. Journées Rech. Porcine en France, 17, 371-381.
- BOURDON D., HENRY Y., 1988. Journées Rech. Porcine en France, 20, 409-414.
- DESMOULIN B., GRANDSART P., TASSENCOURT L., 1976. Journées Rech. Porcine en France, 8, 89-98.
- DESMOULIN B., ECOLAN P., PEINIAU P., MÉLANI C., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 37-48.
- FULLER M.F., WOOD J., BREWERA.C., PENNIEK., MACWILLIAM R., 1986. Anim. Prod., 43, 477-484.
- HENRY Y., 1985. Livest. Prod. Sci., 12, 339-354.
- HENRY Y., 1988. INRA Prod. Anim., 1, 65-74.
- HENRY Y., ARNAL M., OBLED C., RÉRAT A., 1988. Wiss. Z. WPU. Rostock. N-Reihe, 1, 9-18.
- HENRY Y., RÉRAT A., TOMASSONE R., 1971. Ann. Zootech., 20, 521-550.
- INRA, 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles, INRA Paris, 282 pp.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987a. Journées Rech. Porcine en France, 19, 259-264.
- NOBLET Y., HENRY Y., DUBOIS S., 1987b. J. Anim. Sci., 65, 717-726.
- PATIENCE J.F., AUSTIC R.E., BOYD R.D., 1987. J. Anim. Sci., 64, 457-466.
- YEN H.T., COLE D.J.A., LEWIS D., 1986a. Anim. Prod., 43, 141-154.
- YEN H.T., COLE D.J.A., LEWIS D., 1986b. Anim. Prod., 43, 155-165.