

A 8001

BESOIN AZOTE GLOBAL DU PORC EN CROISSANCE : RÉSULTATS SUR FEMELLES ET SYNTHÈSE

Y. HENRY (*)

I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs - 78350 JOUY-EN-JOSAS

INTRODUCTION

L'amélioration de l'équilibre en acides aminés du régime alimentaire du porc en croissance, notamment par la voie de la supplémentation, se traduit par un abaissement du taux global de matières azotées, ce qui se concrétise par une économie substantielle de protéines, principalement sous la forme de sources azotées complémentaires. Cette possibilité d'épargne de protéines est cependant limitée par la nécessité d'assurer la couverture du besoin azoté indifférencié, en complément des besoins spécifiques en acides aminés indispensables. Ceci nous a conduit à déterminer, chez le porc, le taux minimal de protéines équilibrées pour la croissance, une fois couverts les besoins en acides aminés indispensables. Pour cela nous avons considéré des porcs de race Large White des deux sexes (femelles et mâles castrés), nourris d'un régime de type maïs-tourteau de soja et soumis à un même plan de rationnement libéral en fonction du poids vif, au cours de l'une des deux périodes d'engraissement 20-50 kg et 50-100 kg de poids vif. Les résultats obtenus ont permis de préciser le taux optimal de protéines équilibrées durant la phase de finition (50-100 kg de poids vif), suivant le sexe (HENRY, 1977), puis pendant la première phase de croissance, entre 20 et 50 kg de poids vif (HENRY, 1979). Dans cette dernière étude, toutefois, le besoin azoté global des porcs femelles n'avait pu être déterminé avec précision, en raison d'une réponse favorable à un accroissement de l'apport azoté sur la croissance jusqu'au taux azoté le plus élevé.

La présente expérience a précisément pour objet de préciser le taux optimal de protéines équilibrées dans la ration des porcs femelles entre 20 et 50 kg de poids vif, dans les conditions expérimentales précédemment exposées. En outre, il nous est apparu intéressant de quantifier la réponse du porc à une supplémentation du régime en lysine sous forme libre. Dans une deuxième partie, nous présenterons un bilan global des résultats concernant l'apport optimal de protéines équilibrées dans le régime du porc en croissance, dans les conditions d'un rationnement libéral.

I - EXPÉRIENCE SUR PORCS FEMELLES ENTRE 20 ET 50 KG DE POIDS VIF

1 - Matériel et Méthodes

L'expérience porte sur 7 lots de 8 porcs femelles de race Large White, d'un poids vif moyen initial de 22 kg répartis suivant la méthode des blocs, en loges individuelles, à l'issue d'une période préexpérimentale commune d'une à deux semaines.

Les régimes utilisés sont à base de maïs et de tourteau de soja. Dans les lots 1, 2-3, 4-5 et 6-7, ils renferment, dans l'intervalle de poids 22-50 kg, respectivement 17,16,15 et 14 % de matières azotées. Dans les régimes 3, 5 et 7 il est procédé en outre à une supplémentation en L-lysine industrielle, aux doses respectives de 0,05-0,12 et 0,19 % de lysine base, les teneurs en cet acide aminé étant ajustées au niveau des recommandations formulées pour le porc en croissance (HENRY, PION et RERAT, 1976), soit 2,5 g de lysine/Mcal d'énergie digestible (ED). Au cours de l'essai antérieur (HENRY, 1979), il avait été montré qu'une supplémentation en

(*) Avec la collaboration technique de G. CONSEIL, A. GRATON, J.-C. RISSEL, Chantal BLONDEL et Régine CALMES.

lysine seule suffisait pour assurer la couverture des besoins pour les différents acides aminés indispensables. Un apport supplémentaire de tryptophane, facteur limitant secondaire, en complément de la lysine, ne procurait aucun effet sur les performances de croissance, aux taux de matières azotées considérés (c'est-à-dire à 14 % et au-delà).

Entre 50 et 100 kg de poids vif, tous les animaux reçoivent un même régime de finition à base de maïs-tourteau de soja renfermant 14 % de matières azotées et bénéficiant d'un apport supplémentaire de lysine base à la dose de 0,04 %, de manière à couvrir assez largement le besoin en cet acide aminé. La composition des régimes, qui sont distribués sous forme de granulés de 5 mm de diamètre, est rapportée dans le tableau 1.

TABLEAU 1
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX ET RÉSULTATS D'ANALYSE

LOT OU RÉGIME	1	2	3	4	5	6	7	FINITION
M. Azotées, % (teneur théorique)	17	16	16	15	15	14	14	14
L-lysine supp., % (2)	—	—	0,05	—	0,12	—	0,19	0,04
Maïs, % (3)	72,7	75,2	75,2	77,7	77,7	80,2	80,2	80,8
T. soja 50, % (4)	21,3	18,8	18,8	16,3	16,3	13,8	13,8	13,7
Résultats d'analyse, %								
Mat. sèche	85,4	85,2	86,0	85,3	85,5	85,4	85,3	87,7
Mat. azotées (N x 6,25)	17,9	16,6	15,9	15,1	15,6	14,7	14,8	15,0
Lysine	0,76	0,74	0,82	0,69	0,76	0,63	0,76	0,65
Thréonine	0,63	0,62	0,59	0,54	0,56	0,52	0,53	0,54
Tryptophane (teneur estimée)	0,18	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14
Ac. aminés soufrés (teneur estimée)	0,64	0,61	0,61	0,58	0,58	0,55	0,55	0,55
Mat. azotées, g/Mcal ED (5)	54	50	48	46	47	45	45	45

(1) En complément du maïs et du tourteau de soja, les régimes renferment 3 % de mélasse, respectivement 3 et 2,5 % de mélange minéral (HENRY, 1977) dans les lots 1 à 7 et "Finition", ainsi qu'un mélange vitaminique (HENRY, 1977) introduit avec la L-lysine, sous forme d'un prémélange à base de maïs.

(2) L-lysine base, représentant 78 % du produit commercial.

(3) M. azotées % M.S. : 11,1.

(4) M. azotées % M.S. : 55,3.

(5) Pour une valeur énergétique de 3,30 Mcal ED/kg (3,75 Mcal d'énergie brute et CUD de l'énergie estimé à 88 % d'après les essais de digestibilité).

Les animaux sont soumis à un même plan de rationnement de type libéral en fonction du poids vif, comparable à celui pratiqué au cours des essais précédents, avec cependant un apport légèrement plus élevé jusqu'à 30 kg de poids vif (respectivement 1,2 - 1,3 et 1,45 kg d'aliment par jour aux poids de 20,25 et 30 kg au lieu de 1,0-1,2 et 1,4 kg). L'eau est laissée à discrétion dans un abreuvoir automatique.

TABLEAU 2
PLAN DE RATIONNEMENT

Poids vif, kg	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80 et au-delà
Alliment frais kg/l (1)	1,2	1,3	1,45	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,75	2,8

(1) 85 % M. sèche et 3,3 Mcal ED/kg.

Les porcs sont pesés tous les 14 jours. A l'issue de la période expérimentale on procède à la mesure de l'épaisseur du lard dorsal aux ultra-sons, au dos, au rein et au cou (à 5 cm de part et d'autre de la ligne médiane). Au poids vif de 100 kg \pm 2 kg, ils sont abattus et on procède à la découpe parisienne normalisée des carcasses.

2 - Résultats et discussion

Sur les 56 animaux de départ, un seul (dans le lot 7) n'a pas terminé l'expérience : il a été abattu pour cause de rhinite. Pour faciliter l'analyse statistique des résultats, la donnée manquante a été remplacée par la moyenne du lot correspondant. Il est à remarquer par ailleurs que dans le lot 4 un animal a particulièrement souffert d'une entérite hémorragique dans la période de finition ; il en est résulté un amoindrissement des performances moyennes de croissance.

Les résultats d'analyse chimique des aliments (tableau 1) font ressortir des teneurs en matières azotées légèrement supérieures à celles prévues initialement, en relation avec des teneurs en matières azotées également relativement élevées dans le maïs et le tourteau de soja. Sur la base d'une valeur en énergie digestible (ED) de 3,3 Mcal/kg d'aliment frais, les quantités de matières azotées, en g par Mcal ED, ressortent à 54, 49,47 et 45 respectivement dans les lots 1, 2-3, 4-5 et 6-7.

Les résultats généraux de l'expérience sont présentés dans le tableau n° 3. L'analyse statistique comporte une évaluation de la réponse à la supplémentation en Lysine (Lys.) et à la variation du taux azoté (N), ainsi que de l'effet d'interaction entre ces deux facteurs.

TABLEAU 3
RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE CROISSANCE ET COMPOSITION CORPORELLE

LOTS	1	2	3	4	5	6	7	SIGNIFICATION STATISTIQUE (3)
Intervalle 22-51,5 kg								
M. azotées, % alt frais,	17,9	16,6	15,9	15,1	15,6	14,7	14,8	
g/Mcal ED	54	50	48	46	47	45	45	
L-lysine supp. %	—	—	0,05	—	0,12	—	0,19	S \bar{x}
Intervalle 22-100 kg								
Gain moy./j.g.	526	511	513	510	507	450	504	10,6 (6,0) Lys. * (lys. x N)* N (0,25)
Aliment consommé/j, kg	1,48	1,46	1,48	1,48	1,47	1,44	1,46	
Indice de consommation (1)	2,80	2,86	2,90	2,91	2,91	3,22	2,90	0,054 (5,3) Lys. * (lys. x N) **
Épaisseur du lard dorsal à 51,5 kg (ultra sons, mm) :								
— cou	16,0	16,9	15,5	16,5	15,6	18,8	17,8	1,1 (19,3) NS
— rein	12,3	12,9	11,4	14,4	12,6	14,1	13,8	0,7 (5,9) Lys. (0,10) N (0,10)
— dos	9,8	10,1	9,1	10,8	10,1	11,3	10,4	0,7 (19,7) NS
Compositions corporelle à 100 kg								
Gain moy./j., g	642	645	642	618	642	580	643	14,8 (6,7) Lys. ** (lys. x N) (0,25)
Aliment consommé/j, kg	1,98	1,99	1,99	1,96	1,98	1,94	1,99	
Indice de consommation (1)	3,09	3,11	3,11	3,17	3,09	3,34	3,10	0,078 (6,9) lys. *
Rendement, % (2)	81,4	80,6	79,9	80,7	81,3	80,9	80,3	0,4 (1,4) NS
% demi-carasse découpée sans tête :								
— Jambon	22,7	22,7	23,2	23,0	22,6	23,0	22,6	0,35 (4,4) NS
— Longe	31,8	30,4	32,1	30,6	32,3	31,2	31,0	0,5 (4,5) Lys *
— Bardière	13,4	14,1	12,7	14,3	13,5	13,0	14,7	0,6 (12,4) (Lys x N) *
— Panne	2,6	2,6	2,2	2,5	2,2	2,3	2,3	0,16 (19,1) Lys (0,10)
Rapport Longe/Bardière	2,28	2,24	2,55	2,18	2,41	2,45	2,15	0,13 (15,6) (Lys x N) *
Épaisseur du lard dorsal mm :								
— dos	21,9	22,1	21,3	21,4	20,5	21,5	21,9	1,2 (16,3) NS
— rein	23,0	24,1	20,0	23,8	23,5	23,4	24,9	1,5 (18,4) (LYs x N) (0,10)

(1) Kg aliment/kg gain.

(2) Poids carcasse avec tête % poids vif.

(3) S \bar{x} : écart-type de la moyenne (entre parenthèses : coefficient de variation).

Lys. : Effet lysine. N : Effet du taux azoté après supplémentation en lysine.

(Lys. x N) : interaction lysine x taux azoté (après supplémentation en lysine).

Seuils de signification : ** : 0,01 - * : 0,05 - (0,10) : 0,10. NS : non significatif.

2.1 INFLUENCE DE LA SUPPLÉMENTATION EN LYSINE

La réponse à la supplémentation en lysine fait ressortir une interaction significative avec le taux azoté.

Il en est ainsi notamment des performances de croissance au cours de la période expérimentale (22 - 51,5 kg de poids vif) : à 14,8 % de matières azotées (lot 7), la lysine ajoutée entraîne une amélioration significative du gain moyen journalier (+ 12 %) accompagnée d'une diminution de l'indice de consommation (— 10 %), mais elle est sans effet aux taux de matières azotées supérieurs (15,9 et 15,6 % respectivement dans les lots 3 et 5). Sur l'ensemble de la période d'engraissement (22 - 100 kg de poids vif), on retrouve l'influence favorable de la lysine supplémentaire, et ceci bien que les animaux aient été soumis au même régime alimentaire au-delà de 50 kg de poids vif.

Les résultats de composition corporelle font apparaître une réduction de l'épaisseur du lard au dos (seuil 0,10) sous l'action de la lysine à l'issue de la période expérimentale (51,5 kg de poids vif). L'effet de la lysine est retrouvé pour certains critères au stade d'abattage (100 kg) : augmentation du pourcentage de longe (seuil 0,05), diminution de la proportion de panne (seuil 0,10). En réalité, d'une façon générale on observe à ce stade une interaction entre la lysine et le taux azoté : ainsi le rapport longe/bardière est plus faible dans le lot 7, à 14,8 % de matières azotées, tandis que la proportion de bardière est accrue, de même que l'épaisseur du lard au rein. Ceci laisserait supposer une certaine accentuation de l'état d'adiposité, en raison d'une meilleure utilisation nette de l'énergie pour la formation des dépôts gras quand l'amidon remplace les matières azotées dans la ration (HENRY et ETIENNE, 1978). Cette constatation est à rapprocher des conclusions d'un essai antérieur (HENRY, 1977), où il avait été remarqué que les mâles castrés, contrairement aux femelles, réagissaient à un abaissement du taux de matières azotées (les besoins en acides aminés restant couverts) par une amélioration de l'indice de consommation : ceci est l'indice d'une meilleure utilisation nette de l'énergie, une fraction plus importante demeurant disponible pour la formation des dépôts gras. Il en résulte également que l'équilibre optimal lysine (acide aminé limitant) - énergie est vraisemblablement modifié d'une certaine manière, lorsque le régime bénéficie d'une amélioration de l'équilibre en acides aminés, parallèlement à une réduction du taux de matières azotées. En d'autres termes, l'emploi d'un régime mieux équilibré en acides aminés devrait se traduire, pour des caractéristiques de carcasses comparables, par une possibilité de réduction du niveau de rationnement en énergie digestible, donc par une épargne d'énergie alimentaire. Il conviendrait par là même de nuancer la notion de besoin relatif d'acide aminé par rapport à l'énergie, lorsque celle-ci est exprimée sous forme digestible (ou métabolisable). En clair, l'énergie nette pour la croissance constituerait la meilleure référence pour exprimer les besoins en acides aminés.

En définitive, les résultats obtenus confirment l'efficacité d'une supplémentation en lysine dans un régime maïs-tourteau de soja, à un taux de matières azotées (14,8 %) faisant apparaître un déficit primaire en cet acide aminé. L'absence de réponse significative sur le gain pondéral aux taux supérieurs de matières azotées (au-delà de 15,1 % dans le régime 4) indique que la teneur correspondante en lysine (0,69 % ou 2,1 g par Mcal ED) permet d'assurer convenablement la couverture du besoin en cet acide aminé, pour le critère envisagé, dans l'intervalle de poids 20-50 kg chez les porcs femelles soumis à un plan de rationnement libéral. Toutefois, une élévation du taux de lysine jusqu'à 0,82 % (lot 3) prolonge son effet favorable sur le dépôt de tissus maigres, comme le fait ressortir la réduction de l'épaisseur du lard au dos à la fin de la période expérimentale. La valeur ainsi observée se rapproche de la norme recommandée dans l'intervalle de poids considéré, assortie d'une certaine marge de sécurité tenant compte des potentialités génétiques pour la formation des tissus maigres (HENRY, PION et RERAT, 1976).

2.2 TAUX OPTIMAL DE PROTÉINES ÉQUILIBRÉES

L'élévation du taux de matières azotées au delà de 15 % entre 20 et 50 kg de poids vif, le besoin en lysine étant couvert par ailleurs (lot 7 comparé aux lots 1, 2-3 et 4-5), ne procure aucun effet global significatif sur les performances de croissance (à 50 ou 100 kg), ni sur les caractéristiques de composition corporelle au poids d'abattage de 100 kg, les animaux ayant été soumis aux mêmes conditions d'alimentation au-delà de 50 kg de poids vif. Remarquons cependant une légère tendance à l'amélioration du gain moyen journalier avec le taux azoté après supplémentation en lysine, dans l'intervalle de poids 22 - 51,5 kg (au seuil 0,25). Les différences dans les mesures latérales d'épaisseur du lard aux ultra-sons, à l'issue de la période

expérimentale (51,5 kg de poids vif moyen), atteignent le seuil de signification (0,10) au niveau du rein. Ainsi, les animaux recevant les régimes les moins riches en matières azotées (15 % dans le lot 7) présentent une épaisseur de lard plus élevée au rein et au cou, où les dépôts gras sont plus précoces qu'au niveau du dos (HENRY, 1966), et où, par conséquent, on peut s'attendre à des effets plus marqués au cours de la première phase de la croissance.

Le taux optimal de protéines équilibrées, dans les conditions de l'expérimentation, se situe ainsi aux alentours de 15 % d'un aliment frais à 85 % de matière sèche, correspondant à 45 g de matières azotées totales par Mcal d'énergie digestible. Cette valeur est tout à fait comparable à celle trouvée précédemment pour les mâles castrés dans le même intervalle de poids (HENRY, 1979). Nous avons alors supposé, ce qui paraît vraisemblable, que le besoin azoté global des femelles, relativement à l'énergie, était légèrement supérieur à celui des mâles castrés, même au cours de la première phase de la croissance (20 - 50 kg de poids vif). Cet écart paraît cependant difficile à mettre en évidence dans les conditions habituelles de l'expérimentation en lots, où la variabilité entre animaux constitue une réalité à laquelle on ne peut se soustraire.

II - BILAN DES RÉSULTATS : BESOIN AZOTE GLOBAL POUR LA CROISSANCE DU PORC

1 - Signification du besoin azoté global

La notion de besoin azoté est interprétée en général de diverses manières, ce qui crée parfois des incompréhensions sur le véritable sens qu'on veut bien lui donner. Il arrive souvent que le besoin azoté soit assimilé à un simple apport de matières azotées, ne faisant aucune référence à la qualité de ces dernières, c'est-à-dire à leur composition en acides aminés. Dans ce cas, l'idée que l'on se fait de l'apport azoté n'est que partielle : on oublie de considérer que ce qui est véritablement en cause est le niveau de l'acide aminé limitant primaire (généralement la lysine dans le cas du porc). Déjà, en 1961, RERAT insistait sur la nécessité de substituer à la notion de besoin en protéines celle plus spécifique de besoins en acides aminés.

Il est maintenant bien établi que le besoin azoté pour la croissance du porc est défini par un ensemble de besoins spécifiques en chacun des acides aminés indispensables et un besoin complémentaire indifférencié pour l'ensemble des acides aminés non indispensables. On sait en effet que le porc ne tire qu'un avantage très limité de l'azote non protidique : l'urée ne présente pratiquement pour lui aucune valeur nutritionnelle (RERAT et BOURDON, 1972, 1974), tandis que les sels ammoniacaux (phosphate et citrate diammoniques par exemple) ne sont utilisés que d'une manière très partielle (VELASQUEZ, PRESTON et MACLEOD, 1970 ; WEHRBEIN et al., 1970).

L'étude du besoin global en acides aminés non indispensables nécessite le recours à des régimes purifiés, ou tout au moins semi-purifiés, bénéficiant d'une addition d'un mélange d'acides aminés non indispensables (acide glutamique, acide aspartique, glycolcolle...) ou même d'un seul acide aminé non indispensable (généralement l'acide glutamique...). En raison des difficultés expérimentales qui en résultent (coût excessif des régimes notamment), le besoin strict en acides aminés non indispensables chez le porc en croissance n'a fait l'objet d'aucune détermination précise. Il en est également du rapport optimal entre l'azote non essentiel et celui apporté par les acides aminés indispensables. Chez le rat, qui a été relativement bien étudié sur ce point (N.R.C., 1978), le rapport N non essentiel/N essentiel se situe aux alentours de 1,3 - 1,4. Pour ce qui est du porc en croissance, les besoins en acides aminés indispensables totaux ne représentent qu'une faible proportion des régimes (4,4 % entre 20 et 50 kg de poids vif, soit un peu moins de 30 % des matières azotées totales, d'après HENRY, PION et RERAT, 1976).

Sur la base de la valeur optimale du rapport N non essentiel/N essentiel trouvée pour le rat, on peut donc en déduire que le taux global de matières azotées dans la ration du porc en croissance peut être abaissée dans des proportions très notables, sous réserve bien entendu d'une parfaite disponibilité des acides aminés et d'un équilibre convenable entre ces derniers. Les travaux déjà anciens de MERTZ, BEESON et JACKSON (1952) ont montré qu'il est possible d'obtenir un très bon niveau de performances chez des jeunes porc nourris d'un régime purifié à base d'un mélange d'acides aminés libres comme seule source azotée au taux de 11,3 % de

matières azotées (N x 6,25). Utilisant des régimes de type semi-purifié (à base de farine de hareng de Norvège, supplémentée par des acides aminés indispensables et un mélange d'acides aminés non indispensables), nous avons observé de la même façon (HENRY et RÉRAT, 1971) que des jeunes porcs nourris à volonté sont capables d'extérioriser leurs potentialités maximales de croissance avec des taux de 12 à 13 % de matières azotées. Ces observations confirment l'intérêt d'une réévaluation du besoin azoté indifférencié chez le porc en croissance, notamment avec des types modernes à croissance rapide et à fort développement musculaire.

Sur un plan plus pratique, pour se rapprocher des conditions normales d'alimentation dans les élevages, il nous a paru intéressant de déterminer, avec des régimes naturels (à base de céréales et de sources azotées complémentaires), **le taux global de matières azotées** nécessaire pour la croissance, une fois couverts les besoins en acides aminés indispensables, ce que nous pouvons exprimer par le **taux de protéines équilibrées** (tout au moins dans le sens d'un équilibre approché). Pour cela, nous avons circonscrit notre étude du besoin azoté global dans des conditions bien précises :

- le type de régime : maïs-Tourteau de soja,
- le type de porc : animaux de race Large White selon le sexe (femelles, mâles castrés) et le stade de croissance (20-50 kg et 50-100 kg de poids vif).
- le mode d'alimentation : rationnement de type libéral, pour éviter une interférence possible du taux azoté et de l'équilibre en acides aminés au niveau de l'appétit (NOBLET et HENRY, 1977).

Le besoin azoté global ainsi défini, en intégrant les besoins en acides aminés indispensables précisés par ailleurs et le besoin total en acides aminés non indispensables, peut être exprimé en apport journalier pour un âge ou un poids vif donné, ou exprimé par rapport à la valeur énergétique du régime : énergie digestible (ou métabolisable) ou mieux énergie nette, qui tient compte de la véritable utilisation de l'énergie pour la croissance. Les variations de disponibilité des acides aminés et tout au moins de l'utilisation digestive globale des matières azotées d'un type de régime à l'autre, peuvent être contrôlées en exprimant le besoin en matières azotées digestibles.

2 - Possibilités de réduction du taux azoté du régime par supplémentation à l'aide des acides aminés les plus limitants

Sur la base du modèle maïs-tourteau de soja et partant d'un taux azoté ajusté pour assurer la couverture du besoin pour l'acide aminé le plus limitant (lysine), nous avons cherché à réduire progressivement le taux de matières azotées, tout en maintenant le même niveau de performances de croissance et les caractéristiques de carcasse désirables, grâce à un apport supplémentaire de lysine, d'abord seule puis en combinaison avec le tryptophane (acide aminé limitant secondaire). Les résultats obtenus (HENRY, 1977, 1979) ont fait apparaître l'efficacité d'une supplémentation du tryptophane (après la lysine), mais seulement à un taux de matières azotées trop faible (13 % dans l'intervalle de poids 20-50 kg et 12 % entre 50 et 100 kg de poids vif) pour assurer la croissance optimale. Cela signifie que dans les conditions d'alimentation à base de maïs et de tourteau de soja l'apport azoté indifférencié constitue, après la lysine et avant le tryptophane, le facteur limitant secondaire de la croissance.

Il est à noter que la réduction du taux de matières azotées rééquilibrées en acides aminés (en premier lieu en lysine), pour un même apport d'énergie digestible, aurait tendance à accentuer l'état d'adiposité des carcasses à l'abattage, en raison précisément d'une meilleure utilisation de l'énergie digestible pour la formation de dépôts gras lorsque l'amidon prend la place des matières azotées économisées. Cet effet est d'ailleurs plus apparent chez les mâles castrés que chez les femelles.

Avec d'autres types de régimes, selon leur profil de composition en acides aminés indispensables, la diminution du taux de matières azotées fait apparaître, après la lysine, un déficit secondaire en d'autres acides aminés : en l'occurrence la thréonine dans les rations à base d'orge ou de blé. Dans ce cas, lorsqu'il s'agit notamment de blés riches en protéines, le rééquilibrage des teneurs en acides aminés consécutivement à l'abaissement du taux azoté

peut nécessiter un apport supplémentaire de thréonine, acide aminé limitant secondaire, alors qu'avec les régimes maïs-tourteau de soja, initialement mieux équilibrés en acides aminés, il n'y avait pas lieu de procéder à une supplémentation en tryptophane, facteur limitant secondaire de ce type de ration. Une étude complémentaire est d'ailleurs en cours pour préciser les possibilités d'amélioration de l'équilibre en acides aminés à base de céréales, selon la nature de ces dernières (maïs, blé), en relation avec la réduction du taux azoté.

3 - Taux optimum de matières azotées pour la croissance après supplémentation par les acides aminés limitants

Les recommandations en matière d'apport minimum de matières azotées (équilibrées) pour la croissance, dans les conditions expérimentales définies précédemment (régime maïs-tourteau de soja, porcs Large White femelles et mâles castrés, intervalles de poids 20-50 kg et 50-100 kg, rationnement libéral) sont récapitulées dans le tableau 4, compte tenu des résultats publiés (HENRY et BOURDON, 1976 ; HENRY, 1977, 1979). Elles sont exprimées en apport de matières azotées totales (dans la matière sèche, par Mcal d'énergie digestible) ou en apport de matières azotées digestibles, sur la base d'un coefficient d'utilisation digestive apparent des matières azotées de 87 % pour le type de régime considéré, d'après les résultats de digestibilité.

TABLEAU 4
APPORTS RECOMMANDÉS DE LYSINE ET DE MATIÈRES AZOTÉES POUR LA CROISSANCE DU PORC,
RELATIVEMENT A L'ÉNERGIE DANS LES CONDITIONS D'UN RATIONNEMENT LIBÉRAL

INTERVALLE DE POIDS (KG)	20 - 50	50 - 100
Lysine, g/Mcal ED		
Femelles	2,5	2,2
Mâles castrés		2,0
Matières azotées équilibrées, g/Mcal ED (1)		
Femelles	45 (39) (2)	40 (35)
Mâles castrés		36 (31)

(1) Régime maïs-tourteau de soja

(2) Entre parenthèses, matières azotées digestibles.

Dans l'intervalle de poids 20-50 kg, il est vraisemblable que le besoin azoté global relativement à l'énergie soit légèrement plus élevé chez les femelles que chez les mâles castrés. Une telle différence est cependant de faible importance et de toute façon difficile à chiffrer expérimentalement, compte tenu de la variabilité des performances des animaux. D'un point de vue pratique, on peut donc retenir, durant cette période, la même recommandation pour les femelles et les mâles castrés, soit 45 g de matières azotées (ou 39 g de matières azotées digestibles) par Mcal ED.

Dans l'intervalle de poids 50-100 kg, par contre, on enregistre un écart important dans les exigences azotées entre les femelles et les mâles castrés, ceci en relation avec une évolution différente du profil de croissance tissulaire pendant la phase de finition. Ainsi, chez les femelles, le dépôt journalier de tissus maigres se maintient au cours d'une période prolongée de la croissance, tandis que chez les mâles castrés, il décline fortement au détriment des dépôts gras, correspondant à une forte diminution du besoin azoté relativement à l'énergie, pour un même plan de rationnement. La quantité minimale de matières azotées par Mcal ED, pour les femelles, se situe ainsi à 40 g (35 g de matières azotées digestibles) contre 36 g pour les mâles castrés (31 g de matières azotées digestibles).

Dans la plupart des situations (hormis le cas d'un risque de déficience en l'acide aminé secondaire : thréonine en particulier), le besoin azoté est satisfait sous réserve d'un apport suffisant de lysine (facteur limitant primaire) et d'azote indifférencié taux minimal de protéines équilibrées).

Les normes recommandées pour la lysine figurent dans le tableau 4, parallèlement à celles établies pour les protéines équilibrées, dans les deux cas par rapport à l'énergie. La norme de lysine entre 20 et 50 kg de poids vif peut être considérée comme étant la même pour les femelles et les mâles castrés : 2,5 g/Mcal ED (HENRY, PION et RERAT, 1976). En finition (entre 50 et 100 kg de poids vif) elle a été portée à 2,2 g/Mcal ED chez les femelles contre 2,0 g pour les mâles castrés, soit 10 % d'écart. Pour ces derniers, en effet, lorsqu'il sont issus d'un type génétique amélioré, WIESEMÜLLER et al (1978) ont conclu à un besoin du même ordre jusqu'à la phase terminale de l'engraissement (abattage à 120 kg de poids vif) et pour un rationnement relativement libéral.

Il faut rappeler que les recommandations formulées pour l'apport azoté global impliquent que l'équilibre en acides aminés du régime soit assuré par ailleurs. En l'absence de supplémentation en lysine industrielle, le taux global de matières azotées doit être ajusté en premier lieu sur le besoin en lysine. On peut remarquer que le besoin en lysine exprimé en pourcentage des protéines équilibrées se situe aux alentours de 5,5 %. Il est d'ailleurs vraisemblable que le besoin en lysine et le besoin azoté différencié évoluent d'une façon synchrone en fonction des potentialités de croissance, ce qui pourrait traduire une certaine constance dans le rapport lysine/azote indifférencié. D'une manière plus générale, les relations au niveau des besoins des différents acides aminés sont cependant moins évidentes, compte tenu de leur contribution variable dans les processus d'entretien et les métabolismes (HENRY, DUEE et SEVE, 1978).

Il reste à considérer le problème de la transposition de ces recommandations aux autres types de régimes, selon le plan de rationnement, ou à d'autres types de porcs (génotypes plus performants sur le plan de la croissance musculaire, mâles entiers).

On peut raisonnablement penser que les recommandations exprimées en matières azotées digestibles par Mcal ED sont également valables pour les différents types d'associations alimentaires (céréales-tourteaux), une fois prise en compte l'interférence possible au niveau de l'utilisation digestive de la fraction azotée de la ration. Il resterait cependant à vérifier si, dans les cas de profils très particuliers de composition en acides aminés (régimes à base de blés riches en protéines par exemple), un apport supplémentaire de l'acide aminé limitant secondaire (thréonine) ne serait pas nécessaire, en plus de la lysine, au taux azoté considéré comme minimal. Il pourrait alors en résulter une modification dans la hiérarchie des déficits par rapport à ce qui a été observé avec le régime maïs-tourteau de soja.

Les recommandations en matière d'apport azoté global (toujours dans l'hypothèse d'un apport suffisant de tous les acides aminés indispensables) sont par ailleurs susceptibles de modifications en fonction du mode d'alimentation (à volonté, restreint) et selon le profil de rationnement lui-même. Les normes proposées se réfèrent à un mode de rationnement libéral, le même pour les femelles et les mâles castrés. Dans la mesure où on préconise une différenciation du profil de rationnement selon le sexe (femelles nourries libéralement et mâles castrés sévèrement restreints), il y a lieu de se demander s'il ne convient pas de moduler le rapport matières azotées/énergie digestible en fonction du degré de sévérité du plan de rationnement et selon le sexe. Dans une étude antérieure (RERAT, HENRY et DESMOULIN, 1971), nous avons montré qu'une restriction de l'apport énergétique chez des porcs femelles en croissance devait être accompagnée d'un accroissement (quoique proportionnellement moins élevé) du rapport matières azotées/énergie digestible. Il est apparu par ailleurs (HENRY, DESMOULIN et BOURDON, 1974) que le besoin relatif de lysine chez les mâles castrés sévèrement restreints en période de finition est sensiblement le même que celui des femelles nourries presque à volonté. Il est probable qu'il en soit de même pour les autres acides aminés indispensables, ainsi que pour le besoin global de matières azotées. En raison du changement inévitable du rapport matières azotées/énergie digestible en fonction de l'intensité de restriction alimentaire, ceci confirme l'intérêt de formuler les normes minimales d'apport azoté en quantités journalières pour un poids vif donné, ainsi qu'il apparaît dans le tableau 5.

TABLEAU 5
APPORTS JOURNALIERS RECOMMANDÉS DE LYSINE ET DE MATIÈRES AZOTÉES
POUR LA CROISSANCE DU PORC, DANS LES CONDITIONS D'UN RATIONNEMENT LIBÉRAL

Poids vif, kg	30	50	80
Lysine, g/j			
Femelles	12,0	16,0	20
Mâles castrés			18
Matières azotées équilibrées, g/j (1)			
Femelles	180	300	360 (315)
Mâles castrés	(160) (2)		(260)

(1) Régime maïs-Tourteau de soja.

(2) Entre parenthèses, matières azotées digestibles.

Il faut s'attendre enfin à une modulation des normes minimales d'apport azoté global selon le type de porc :

- d'abord, s'il s'agit d'apports journaliers, compte tenu de l'importance plus ou moins grande du dépôt journalier de tissus maigres,
- *a fortiori* s'il s'agit de normes relatives (taux azoté, rapport matières azotées/énergie digestible), puisqu'une réduction de l'état d'adiposité est accompagnée d'une diminution du contenu énergétique du gain de poids, et donc du besoin énergétique journalier, pour une vitesse de croissance donnée (HENRY et ETIENNE, 1978).

Pour ce qui est du mâle entier, le besoin azoté relativement à l'énergie est probablement légèrement plus élevé que chez la femelle (vitesse de croissance supérieure, état d'adiposité plus faible). Quoiqu'il en soit, l'écart est sans doute faible, et on peut penser que les recommandations formulées pour les femelles sont également valables en première approximation pour les mâles entiers.

L'utilisation de génotypes de plus en plus performants sur le plan de l'intensité de croissance et de développement musculaire devrait également aller dans le sens d'un accroissement du besoin azoté (acides aminés indispensables, azote indifférencié), en apport journalier et relativement à l'énergie, principalement pendant la phase de finition, correspondant au maintien d'un potentiel élevé de croissance musculaire. Ceci montre que les normes azotées de finition (en valeur relative) se rapprochent d'autant plus de celles de la première phase de la croissance que le porc est plus apte à produire une carcasse maigre, comme c'est le cas des femelles comparativement aux mâles castrés. Le corollaire est que si le maintien d'un taux azoté unique pendant toute la durée de l'engraissement pouvait ne pas se justifier à un certain moment pour des raisons d'économie de protéines, il risque de ne pas en être tout à fait de même lorsque le potentiel génétique moyen des élevages justifiera un apport azoté plus libéral en période de finition.

4 - Économie de protéines réalisable par l'amélioration de l'équilibre en acides aminés de la ration

La connaissance du besoin minimum en protéines équilibrées pour la croissance du porc, les besoins en acides aminés indispensables (et notamment en lysine) étant couverts par ailleurs, permet de chiffrer, selon le type de régime, l'économie de protéines (totales ou complémentaires des céréales), réalisable en contrepartie toutefois d'un apport supplémentaire de lysine industrielle.

D'une façon générale, les possibilités d'économie de protéines sont d'autant plus grandes que le régime de départ est plus déséquilibré en acides aminés, c'est-à-dire nécessitant initialement un taux de protéines plus élevé pour un même taux de lysine (pourcentage de protéines de céréales plus élevé par rapport aux protéines totales). C'est le cas en particulier d'un régime à base de blé riche en protéines qui, comme nous l'avons indiqué par ailleurs (HENRY et al., 1979), bénéficie beaucoup plus avantageusement d'une supplémentation en lysine qu'un régime à base de maïs. Pour l'ensemble des céréales, une supplémentation modérée en lysine (de l'ordre de 0,1 % de lysine commerciale), tout en évitant le risque d'un déficit secondaire en thréonine, permet d'abaisser le taux de protéines des rations de 1 point environ, correspondant à 3 points de tourteau de soja. Cette économie peut aller jusqu'à 2 points ou plus de protéines avec les blés riches en protéines (14 % dans l'aliment frais), correspondant à 5 points ou plus de tourteau de soja. L'économie de tourteau de soja ainsi réalisée s'élève aux alentours de 30 kg par tonne de céréale, pour une consommation de l'ordre de 1 kg de lysine commerciale. Bien entendu, sur le plan pratique, les possibilités d'épargne de protéines par la supplémentation en lysine se raisonnent essentiellement en termes financiers, compte tenu du prix d'intérêt de la lysine, établi à partir de relations d'équivalence entre le tourteau de soja et l'association céréale + lysine (HENRY et al, 1979).

En dehors de son intérêt économique éventuel, l'optimisation du taux global de matières azotées grâce à l'amélioration de l'équilibre en acides aminés permet une meilleure utilisation de ces derniers pour la fixation des protéines corporelles. Il en est d'ailleurs de même de l'utilisation nette de l'énergie digestible (ou métabolisable), ce qui, pour des caractéristiques de carcasse données, peut conduire à une épargne d'énergie alimentaire (possibilité de réduire le niveau de l'apport énergétique) parallèlement à celle de protéines. Inversement, si le recours à des régimes pléthoriques en protéines a pu produire des effets favorables sur la proportion de morceaux maigres dans la carcasse, ce n'est qu'au détriment de l'efficacité de l'utilisation à la fois des acides aminés et de l'énergie disponible.

CONCLUSION

Les travaux réalisés sur la possibilité de réduction du taux de matières azotées dans la ration du porc en croissance, grâce à la supplémentation par le ou les acides aminés limitants, ont permis de préciser l'apport minimal de matières azotées pour la croissance, les besoins en acides aminés indispensables étant couverts par ailleurs, selon la période d'engraissement (20-50 et 50-100 kg de poids vif) et dans les conditions d'un rationnement de type libéral. La connaissance du besoin azoté indifférencié, outre qu'elle contribue à apprécier l'économie potentielle de protéines alimentaires, en contrepartie d'un apport supplémentaire de lysine industrielle (acide aminé limitant primaire), doit conduire à un meilleur contrôle de l'équilibre en acides aminés du régime, en vue d'une utilisation optimale non seulement de la fraction azotée mais également des substrats énergétiques.

BIBLIOGRAPHIE

- HENRY Y. (1966) - Bull. Tech., Inform., **209**, 1-14.
- HENRY Y. (1977) - Journées Rech. Porcine en France, **9**, 259-264, ITP éd. Paris.
- HENRY Y. (1979) - Journées Rech. Porcine en France, **11**, 255-261, ITP éd. Paris.
- HENRY Y., BOURDON D. (1976) - Journées Rech. Porcine en France, **8**, 37-41, ITP éd. Paris.
- HENRY Y., ETIENNE M. (1978) - Journées Rech. Porcine en France, **10**, 119-165, ITP éd. Paris.
- HENRY Y., RERAT A. (1970) - Journées Rech. Porcine en France, **2**, 73-78, ITP éd. Paris.

- HENRY Y., DESMOULIN B., BOURDON D. (1974) - Journées Rech. Porcine en France, 6, 133-144, ITP éd. Paris.
- HENRY Y., DUEE PH., SEVE B. (1978) - 29^e Réunion annuelle FEZ, Commission de Nutrition animale, Stockholm.
- HENRY Y., PION R., RERAT A. (1976) - World Rev. anim. Prod., 12, 9-32.
- HENRY Y., BERNARD M., GUILLAUME J., JESTIN L., PEREZ J.-M., PION R., POLLACSEK M., ROUSSET M. (1979) - Bull. Tech. Inf. (sous presse).
- MERTZ B.T., BEESON W.M., JACKSON H.D (1952) - Arch. Biochem. Biophys., 38, 121-128.
- NOBLET J., HENRY Y. (1977) - Ann. Zootech., 26, 379-394.
- N.R.C. (National Research Council) (1978) - **Nutrient requirements of laboratory animals**. N° 10, Nat. Acad. Sci., Washington, D.C.
- RERAT A (1961) - Colloque scientifique sur l'alimentation azotée des animaux domestiques, AFZ, Paris.
- RERAT A., BOURDON D. (1972) - Journées Rech. Porcine en France, 4, 185-195, ITP éd. Paris.
- RERAT A., BOURDON D. (1974) - Journées Rech. Porcine en France, 6, 175-185, ITP éd. Paris.
- RERAT A., HENRY Y., DESMOULIN B. (1971) - Journées Rech. Porcine en France, 3, 65-72, ITP éd. Paris.
- VELASQUEZ M., PRESTON T.R., MACLEOD N.A. (1970) - Rev. Cubana Cienc. Agric., 4, 105-110.
- WEHRBEIN G.F., VIPPERMAN P.-E. - Jr., PEO E.P.-Jr., CUNNINGHAM P.J. (1970) - J. Anim. Sci., 31, 327-332.
- WIESEMULLER W., OTTO E., POPPE S., BEHM R., HACKL W. (1978) - Archiv. Tierernähr., 28, 479-490.