

A 8605

# **EFFETS DE LA SUPPLÉMENTATION EN LYSINE, ASSOCIÉE A UNE RÉDUCTION DU TAUX DE PROTÉINES, DANS DES RÉGIMES A BASE DE MAÏS OU DE BLÉ SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DU PORC**

*Y. HENRY, J.M. PEREZ*

*I.N.R.A., Station de Recherches Porcines - 35590 L'HERMITAGE*

*avec la collaboration technique de Catherine DUCHATEAU, G CONSEIL, J.C. HULIN, J.C. RISSEL,*

## **INTRODUCTION**

La supplémentation en lysine sous forme libre dans des régimes à base de maïs et de tourteau de soja nous a permis de conclure à la possibilité de réduire le taux de protéines dans l'alimentation du porc en croissance-finition sans modification du niveau des performances (gain pondéral), efficacité alimentaire) tant que le besoin en l'acide aminé limitant secondaire (tryptophane) est satisfait (HENRY, 1980). L'amélioration de l'équilibre en acides aminés procurée par la simple supplémentation en lysine nous a ainsi conduit, dans les conditions d'un rationnement alimentaire de type libéral, à proposer des recommandations minimales en protéines « équilibrées » (INRA, 1984), qui permettent d'assurer la couverture du besoin en l'acide aminé limitant secondaire, dont la nature varie selon les associations de matières premières dans le régime.

Il convenait de vérifier dans quelles conditions les normes minimales d'apport de protéines après supplémentation en lysine, obtenues à partir du modèle maïs-tourteau de soja, peuvent être transposées à des associations alimentaires présentant des profils de composition en acides aminés particuliers, notamment au niveau de l'acide aminé limitant secondaire. C'est le cas par exemple du modèle blé-tourteau de soja, secondairement déficient en thréonine.

La présente expérience a précisément pour objet d'étudier, chez le porc en croissance-finition, les effets d'une supplémentation en L-lysine industrielle, associée à une réduction du taux de protéines, sur les performances de croissance et les caractéristiques des carcasses, à partir de régimes à base de maïs ou de blé complétés par du tourteau de soja, dans le cas d'un rationnement alimentaire différencié selon le sexe (libéral chez les femelles et plus sévèrement restreint en finition chez les mâles castrés).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cent quarante-quatre porcs de race Large White, issus du troupeau expérimental de l'INRA-La Minière, d'un poids vif moyen initial de 27 kg et d'un âge moyen de 79 jours, sont répartis entre 4 traitements, à raison de 3 groupes de 6 porcs de chacun des deux sexes (femelles, mâles castrés) par traitement, suivant la technique des blocs complets équilibrés, constitués à partir de l'âge et du poids des animaux au départ de l'expérience.

Les 4 traitements consistent dans la comparaison de 4 régimes, dont 2 à base de maïs (1 et 2) et 2 à base de blé (3 et 4), en association avec le tourteau de soja. Pour chacune des céréales, l'un des régimes renferme un taux de protéines ( $N \times 6,25$ ) ajusté sur le besoin en lysine (traitements 1 et 3 à taux Normal de protéines), suivant les recommandations de l'INRA (1984) : 2,5 et 2,2 g de lysine/Mcal d'énergie digestible (ED), respectivement dans les intervalles de poids vif 27-50 kg (période dite de « croissance ») et 50-100 kg (période de « finition »). Dans l'autre régime le taux de protéines est abaissé à 45 et 40 g/Mcal ED respectivement dans les intervalles de poids considérés, grâce à un apport supplémentaire de L-lysine HCl, en quantité ajustée pour satisfaire le besoin en cet acide aminé (traitements 2 et 4 à taux réduit de protéines). La composition des régimes expérimentaux et les résultats d'analyse chimique sont rapportés dans les tableaux 1 et 2 pour les périodes de croissance et de finition.

Le plan de rationnement alimentaire est commun aux femelles et mâles castrés jusqu'à 60 kg de poids vif (tableau 3). Au-delà de ce stade, l'apport journalier d'aliment est progressivement accru jusqu'à 80 kg chez les femelles, tandis qu'il est maintenu au même niveau chez les mâles castrés. Le plan de rationnement des porcs femelles recevant les aliments à base de maïs est le même que celui mis en œuvre dans les essais antérieurs (HENRY, 1980). Avec les régimes à base de blé, la distribution d'aliment est augmentée dans le rapport inverse de celui des valeurs énergétiques estimées des régimes blé et maïs (respectivement 3,2 et 3,3 Mcal ED), sur la base d'un même apport d'ED en fonction du poids vif.

Les animaux sont élevés en loges collectives par groupes de 6 de même sexe et pesés tous les 14 jours. Les régimes sont distribués une fois par jour sous forme de granulés de 5 mm de diamètre. L'eau est laissée à discrétion dans un abreuvoir automatique.

Au poids vif moyen de 100 kg, les porcs sont abattus et on procède à la découpe parisienne normalisée des carcasses, complétée par la mesure de l'épaisseur du lard sur la fente au dos et au rein.

Les teneurs en acides aminés des régimes, dont la lysine totale et la thréonine, sont contrôlées au laboratoire par la technique habituelle de chromatographie sur colonne échangeuse d'ions. Les données expérimentales sont traitées par l'analyse de variance sur les moyennes de groupes, en dissociant, dans les traitements, les effets principaux céréale (C) et taux de protéines (P), et l'interaction taux de protéines  $\times$  céréales (P  $\times$  C), et en prenant en compte les interactions avec le sexe : céréale  $\times$  sexe (C  $\times$  S), taux de protéines  $\times$  sexe (P  $\times$  S). Ces effets sont testés par rapport à la résiduelle entre groupes (14 degrés de liberté, compte tenu de l'effet répétitions). L'analyse des résultats de croissance est limitée aux intervalles de poids vif 27-50 kg et 27-100 kg, pour éviter le caractère redondant des résultats observés en finition avec ceux de la période totale. L'indice de consommation par loge est calculé à partir de la quantité totale d'aliment consommée et le gain de poids vif de l'ensemble des animaux de la loge.

**TABLEAU 1**  
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX : PÉRIODE DE CROISSANCE

Céréale de base	Maïs		Blé	
	Régime	1 C	2 C	3 C
<b>COMPOSITION CENTÉSIMALE</b>				
- Maïs	73	77	-	-
- Blé (10,6 % MAT)	-	-	74,5	81
- Tourteau de soja 50 (47,7 % MAT)	20	16	18,5	12
- Mélasse de betterave	3	3	3	3
- Mélange minéral (1)	3	3	3	3
- Mélange vitaminique (2)	1	1	1	1
- L-lysine HCl (3) supp.	-	0,15	-	0,23
<b>RÉSULTATS D'ANALYSE</b>				
- Matières azotées, %	16,0	14,7	16,9	14,8
- Lysine totale, %	0,78	0,77	0,78	0,82
- Thréonine, %	0,61	0,55	0,58	0,50

(1) Phosphate bicalcique, 2,4 % ; sel marin, 0,5 % ; mélange oligoéléments (HENRY et BOURDON, 1973), 0,1 %.

(2) Mélange vitaminique (HENRY et BOURDON, 1973) sur support à base de maïs ou de blé.

(3) Produit renfermant 78,5 % de lysine base.

**TABLEAU 2**  
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX : PÉRIODE DE FINITION

Céréale de base	Maïs		Blé	
	Régime	1 F	2 F	3 F
<b>COMPOSITION CENTÉSIMALE</b>				
- Maïs	76,5	81,5	-	-
- Blé (10,6 % MAT)	-	-	78,5	86
- Tourteau de soja 50 (47,7 % MAT)	17	12	15	7,5
- Mélasse de betterave	3	3	3	3
- Mélange minéral (1)	2,5	2,5	2,5	2,5
- Mélange vitaminique (2)	1	1	1	1
- L-lysine HCl (3) supp.	-	0,18	-	0,27
<b>RÉSULTATS D'ANALYSE</b>				
- Matières azotées, %	14,7	13,6	15,7	13,4
- Lysine totale, %	0,70	0,70	0,72	0,74
- Thréonine, %	0,57	0,48	0,54	0,42

(1) Phosphate bicalcique, 2,0 % ; sel marin, 0,4 % ; mélange oligoéléments (HENRY et BOURDON, 1973), 0,1 %.

(2) Voir tableau 1.

(3) Voir tableau 1.

**TABLEAU 3**  
PLAN DE RATIONNEMENT ALIMENTAIRE. QUANTITÉ D'ALIMENT/ANIMAL/JOUR

Poids vif (kg)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80 et au-dessus
<b>TRAITEMENTS</b>												
1-2 maïs												
F	1,3	1,45	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,75	2,8
MC	1,3	1,45	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
3-4 (blé)												
F	1,34	1,5	1,65	1,85	2,05	2,25	2,45	2,55	2,65	2,75	2,8	2,85
MC	1,34	1,5	1,65	1,85	2,05	2,25	2,45	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55

F : Femelles ; MC : Mâles castrés.

## RÉSULTATS

Le changement de régime est intervenu au poids vif moyen de 52 kg. Comme l'indiquent les résultats d'analyse des régimes à base de maïs, l'apport supplémentaire de L-lysine pure aux taux respectifs de 0,12 et 0,14 % dans les intervalles de poids 27-52 et 52-100 kg, entraîne une diminution correspondante de la teneur en protéines de 16 à 14,7 % et de 14,7 à 13,6 %, ce qui traduit par une économie moyenne de 1,2 point de protéines. Avec le blé, cette économie de protéines est presque doublée : en moyenne 2,2 points avec une supplémentation de L-lysine base de 0,18 et 0,21 % respectivement en croissance et en finition ; les taux correspondants de protéines sont réduits de 16,9 à 14,8 % et de 15,7 à 13,4 %. Les teneurs en lysine se situent à 0,77 % ou légèrement au-dessus pendant la période de croissance et à 0,70 - 0,72 % pendant la phase de finition. La teneur minimale en thréonine est enregistrée dans le traitement 4 (régime blé à taux réduit de protéines) : 0,50 et 0,42 % respectivement en croissance et en finition.

Au cours de la première période (27-52 kg) on a enregistré un cas de mortalité (une femelle dans le traitement 3). Pour des raisons principalement d'ordre sanitaire (diarrhée hémorragique, pneumonie) 9 animaux n'ont pas atteint le poids normal d'abattage de 100 kg (2 mâles castrés dans le traitement 1, 2 femelles et un mâle castré dans le traitement 2, une femelle et un mâle castré dans les traitements 3 et 4) et n'ont pas été retenus dans les résultats de composition corporelle, de même que dans ceux relatifs à la vitesse de croissance sur l'ensemble de la période expérimentale.

L'application du plan de rationnement en fonction du poids vif s'est déroulée dans l'ensemble comme prévu. Le niveau moyen d'ingestion alimentaire avec les régimes à base de blé est de 3 % plus élevé qu'avec ceux à base de maïs, correspondant à l'écart de valeur énergétique entre les deux types de régimes, de sorte que le niveau de l'apport énergétique est comparable avec les deux céréales. En ce qui concerne le sexe, la différenciation du plan de rationnement au-delà de 60 kg de poids vif se traduit par un niveau moyen de consommation d'aliment 3 % plus élevé chez les femelles que chez les mâles castrés.

**TABLEAU 4**  
RÉSULTATS MOYENS DE CROISSANCE DANS L'INTERVALLE DE POIDS VIF 27-52 KG (1)

Céréale	Maïs		Blé		Moy. Sexe	Signification Statistique Effets significatifs $\bar{S}_x$ (CV) (2)
Traitement	1	2	3	4		
L-lysine base supp. %	—	0,12	—	0,18		
MAT %	16,0	14,7	16,9	14,8		
Lysine totale %	0,78	0,77	0,78	0,82		
Aliment consommé/j (kg)						
F	1,58	1,60	1,64	1,64	1,62	
MC	1,60	1,52	1,63	1,61	1,59	
Moy.	1,59	1,56	1,63	1,63		
Gain moy./j (g)						
F	579	594	573	604	588	13,8 (5,8) NS
MC	566	559	570	587	570	
Moy.	573	577	571	596		
Indice de consommation						
F	2,74	2,78	2,87	2,72	2,78	0,07 (6,0) NS
MC	2,84	2,71	2,85	2,76	2,79	
Moy.	2,79	2,75	2,86	2,74		

(1) Dans l'intervalle d'âge moyen 79-105 jours. F : Femelles ; MC : Mâles castrés.

(2) Ecart-type de la moyenne (6 groupes de 6 porcs des 2 sexes par traitement) ; entre parenthèses, coefficient de variation. NS : Effet non significatif.

**TABEAU 5**  
RÉSULTATS MOYENS DE CROISSANCE DANS L'INTERVALLE DE POIDS VIF 27-100 KG (1)

Céréale	Maïs		Blé		Moy. Sexe	Signification Statistique Effets significatifs $\bar{S}_x$ (CV) (3)
Traitement	1	2	3	4		
L-lysine base supp. % (2)	—	0,12-0,14	—	0,18-0,21		
MAT % (2)	16,0-14,7	14,7-13,6	16,9-15,7	14,8-13,4		
Lysine totale % (2)	0,78-0,70	0,77-0,70	0,78-0,72	0,82-0,74		
Aliment consommé/j (kg)						
F	2,17	2,17	2,24	2,23	<b>2,20</b>	
MC	2,10	2,09	2,17	2,20	<b>2,14</b>	
Moy.	<b>2,14</b>	<b>2,13</b>	<b>2,20</b>	<b>2,21</b>		
Gain moy./j (g)						
F	716	727	700	737	<b>720</b>	17,1 (0,6) S*
MC	681	674	680	684	<b>680</b>	
Moy.	<b>699</b>	<b>701</b>	<b>690</b>	<b>711</b>		
Indice de consommation						
F	3,04	3,10	3,33	3,16	<b>3,16</b>	0,04 (3,3) C**
MC	3,25	3,17	3,31	3,33	<b>3,26</b>	
Moy.	<b>3,14</b>	<b>3,13</b>	<b>3,32</b>	<b>3,25</b>		

(1) Dans l'intervalle d'âge moyen 79-184 jours. F : Femelles ; MC : Mâles castrés.

(2) Dans les intervalles de poids vifs moyens respectifs 27-52 et 52-100 kg.

(3) Ecart-type de la moyenne (6 groupes de 6 porcs des 2 sexes par traitement) ; entre parenthèses, coefficient de variation. Seuils de signification : \*\* : 0,01 ; \* : 0,05 ; S : Effet Sexe ; C : Effet céréale (traitements 1-2 vs 3-4).

(4) Gain moyen/j (g) entre 52 et 100 kg de poids vif :

Traitement	1	2	3	4	Moy. Sexe	
F	816	819	784	836	<b>814</b>	$\bar{S}_x = 19,8$ (CV : 6,2 %)
MC	761	758	758	743	<b>755</b>	S**
Moyenne	<b>789</b>	<b>789</b>	<b>771</b>	<b>789</b>		

Les résultats moyens de croissance et d'indice de consommation dans les intervalles de poids 27-52 kg et 27-100 kg sont regroupés dans les tableaux 4 et 5. La réduction du taux de protéines consécutivement à la supplémentation en lysine ne provoque dans l'ensemble aucun effet significatif sur le gain moyen pondéral, de même que sur l'indice de consommation. Par contre, la substitution du blé au maïs entraîne une augmentation significative de l'indice de consommation ( $P < 0,01$ ) sur l'ensemble de la période expérimentale (+ 4,8 %). De la même façon, l'influence du sexe sur le gain moyen journalier atteint le seuil de signification ( $P < 0,05$ ) lorsqu'on prend en compte la période totale d'engraissement : pour un niveau alimentaire plus élevé en finition, les femelles expriment une vitesse de croissance supérieure à celle des mâles castrés, et a fortiori dans l'intervalle de poids 52-100 kg ( $P < 0,01$ ), comme l'indique l'analyse particulière effectuée au cours de cette période.

Au niveau des caractéristiques de composition corporelle (tableau 6), la réduction du taux de protéines, associée à la supplémentation en lysine, conduit à une augmentation du rendement en carcasse (80,9 % contre 80,5 ;  $P < 0,10$ ) et une diminution du pourcentage de panne dans la demi-carcasse découpée (2,45 % contre 2,72 ;  $P < 0,05$ ). En réalité, la réduction du taux de protéines interagit avec les autres facteurs expérimentaux, en particulier la nature de la céréale et le sexe. En ce qui concerne la nature de la céréale, on observe globalement une accentuation de l'état d'engraissement consécutivement à la réduction du taux de protéines (et supplémentation en lysine) dans les régimes à base de blé, alors que l'évolution inverse apparaît dans le cas du maïs. Ceci est particulièrement net si l'on considère l'épaisseur du lard au rein ( $P < 0,10$ ), le pourcentage de bardière dans la carcasse ( $P < 0,05$ ) et le rapport longe/bardière ( $P < 0,05$ ). Pour ce qui est du sexe, l'état d'engraissement est accru dans l'ensemble à la suite d'une diminution du taux de protéines (et supplémentation en lysine) chez les porcs femelles, tandis que chez les mâles castrés, la réponse évolue dans le sens opposé, quoiqu'avec une intensité moindre. Ce type d'interaction est observé avec les critères suivants : épaisseur du lard au dos ( $P < 0,01$ ), pourcentage de longe ( $P < 0,01$ ) et de bardière ( $P < 0,01$ ) dans la carcasse, rapport longe/bardière ( $P < 0,01$ ).

En dehors des interactions avec le taux de protéines, l'influence du sexe sur la composition corporelle se traduit notamment par un accroissement du pourcentage de longe dans la carcasse chez les femelles comparativement aux mâles castrés (30,7 contre 29,7 ;  $P < 0,05$ ).

**TABLEAU 6**  
RÉSULTATS DE COMPOSITION CORPORELLE (1)

Céréale	Maïs		Blé		Moy. Sexe	Signification statistique Effets significatifs $\bar{S}_x$ (CV) (3)
	Traitement	1	2	3		
L-lysine base supp.%(2)	-	0,12-0,14	E	0,18-0,21		
MAT % (2)	16,0-14,7	14,7-13,6	16,9-15,7	14,8-13,4		
Lysine totale % (2)	0,78-0,70	0,77-0,70	0,78-0,72	0,82-0,74		
<b>Rendement carcasse chaude avec tête (%)</b>						
F	80,5	81,3	80,6	81,1	<b>80,9</b>	0,25 (0,76) P (0,10)
MC	80,4	80,6	80,3	80,7	<b>80,5</b>	
Moyenne	<b>80,5</b>	<b>80,9</b>	<b>80,5</b>	<b>80,9</b>		
<b>Epaisseur du lard au dos (mm)</b>						
F	21,4	22,1	20,0	22,7	<b>21,6</b>	0,75 (8,3) PxS**
MC	25,0	21,1	22,7	21,9	<b>22,7</b>	
Moyenne	<b>23,2</b>	<b>21,6</b>	<b>21,3</b>	<b>22,3</b>		
<b>Epaisseur du lard au rein (mm)</b>						
F	24,8	22,7	22,7	25,6	<b>24,0</b>	1,31 (13,2) PxC (0,10)
MC	28,2	21,8	24,3	23,5	<b>24,5</b>	
Moyenne	<b>26,5</b>	<b>22,3</b>	<b>23,5</b>	<b>24,6</b>		
<b>Jambon (% demi-carcasse) (4)</b>						
F	22,0	22,1	22,5	22,1	<b>22,2</b>	0,23 (2,5) NS
MC	21,8	22,8	22,0	22,1	<b>22,2</b>	
Moyenne	<b>21,9</b>	<b>22,4</b>	<b>22,3</b>	<b>22,1</b>		
<b>Longe (% demi-carcasse) (4)</b>						
F	30,5	30,8	31,5	29,9	<b>30,7</b>	0,41 (3,3) S* PxS**
MC	29,1	31,2	28,3	30,3	<b>29,7</b>	
Moyenne	<b>29,8</b>	<b>31,0</b>	<b>29,9</b>	<b>30,1</b>		
<b>Bardière (% demi-carcasse) (4)</b>						
F	14,7	15,1	13,6	15,3	<b>14,7</b>	0,33 (5,4) PxC* PxS**
MC	16,2	13,9	15,3	14,6	<b>15,0</b>	
Moyenne	<b>15,4</b>	<b>14,5</b>	<b>14,5</b>	<b>14,9</b>		
<b>Panne (% demi-carcasse) (4)</b>						
F	2,68	2,40	2,52	2,31	<b>2,48</b>	0,12 (11,8) P*
MC	2,85	2,47	2,82	2,60	<b>2,68</b>	
Moyenne	<b>2,76</b>	<b>2,43</b>	<b>2,67</b>	<b>2,46</b>		
<b>Longe/bardière</b>						
F	2,11	2,07	2,38	1,97	<b>2,13</b>	0,067 (7,8) PxC* PxS**
MC	1,85	2,29	2,02	2,11	<b>2,07</b>	
Moyenne	<b>1,98</b>	<b>2,18</b>	<b>2,20</b>	<b>2,04</b>		

(1) Poids vif moyen à l'abattage : 100,1 kg ; âge moyen : 184 jours ; F : Femelles ; MC : Mâles castrés.

(2) Dans les intervalles de poids vifs moyens respectifs 27-52 et 52-100 kg.

(3) Ecart-type de la moyenne (6 groupes de 6 porcs des deux sexes par traitement) ; entre parenthèses, coefficient de variation. Seuils de signification : \*\* : 0,01 ; \* : 0,05 ; (0,10) : 0,10 ; S : Sexe ; C : Céréale ; P : Taux de protéines ; PxC, PxS : Effets d'interaction ; NS : Effet non significatif.

(4) Demi-carcasse découpée sans tête, après un ressuage de 24 heures.

## DISCUSSION

La confrontation des résultats obtenus avec les régimes à base de maïs et de blé, pour un même niveau d'ingestion d'ED et une teneur en lysine comparable, confirme l'équivalence des deux céréales pour l'obtention d'un même gain pondéral. Par contre, la différence d'indice de consommation (+ 4,8 %), en défaveur du blé, n'est que partiellement expliquée par l'écart de valeur énergétique entre les deux céréales (3 %). A cet égard, on peut signaler un comportement particulier des femelles du traitement 3 qui présentent une vitesse de croissance plus faible que dans les autres traitements et un indice de consommation supérieur. Il est bon de noter que l'influence de la céréale est partiellement confondue avec la réduction du taux de protéines, cette dernière étant plus marquée avec le blé qu'avec le maïs, à la suite de la supplémentation en lysine.

L'efficacité d'une supplémentation en lysine sous forme libre dans des régimes renfermant du blé comme composant principal ou exclusif, pour un taux de protéines donné mais suboptimum pour la croissance du porc, est maintenant bien établie (MULLER et MALEK, 1967 ; HACKL et POPPE, 1973 ; HENRY *et al.*, 1973 ; IVAN *et al.*, 1975 b), tandis que l'acide aminé limitant secondaire est représenté par la thréonine (MULLER et MALEK, 1967 ; IVAN *et al.*, 1975 a).

Par ailleurs, la supplémentation de régimes à base de céréales par la lysine sous forme libre, associée à une réduction de la teneur globale en protéines, a permis, dans la présente étude, de maintenir les performances de croissance et d'efficacité alimentaire à un niveau comparable à celui obtenu avec les régimes normalement pourvus en protéines. Il s'agit là d'une constatation désormais classique, bien que les conclusions soient nuancées par certains auteurs (CASTAING et LEUILLET, 1975, 1976, 1977).

Dans des essais antérieurs avec des régimes de type maïs-tourteau de soja (HENRY, 1980), nous avons montré que l'abaissement du taux de protéines à la faveur d'une supplémentation en lysine entraînait, chez les porcs soumis à un rationnement de type libéral, une légère augmentation de l'état d'engraissement des carcasses à l'abattage. Ceci pouvait être interprété par une meilleure utilisation de l'énergie disponible pour la croissance, consécutive à l'amélioration de l'équilibre en acides aminés et résultant probablement d'une diminution de la production d'extra-chaleur. Pour un dépôt équivalent de tissus maigres, l'excédent d'énergie ainsi disponible à partir de l'apport d'ED serait utilisé pour une formation de dépôts gras accrue. Cette tendance à l'accentuation de l'état d'engraissement avec la réduction de la teneur en protéines après supplémentation en lysine est confirmée dans la présente expérience dans le cas des femelles soumises à un niveau libéral d'alimentation et recevant des régimes à base de maïs ou de blé. Les résultats d'IVAN *et al.* (1975 a) portant sur la supplémentation d'un régime à 13 % de protéines à base de blé par la lysine et la thréonine, dans le cas d'animaux nourris à volonté, conduisent également à une augmentation de l'épaisseur du lard dorsal pour un niveau de croissance équivalent à celui du traitement témoin à teneur normale en protéines. En réalité, dans la présente étude, l'augmentation du pourcentage de dépôts gras dans les carcasses des porcs femelles, avec les régimes à base de blé, ne paraît pas résulter seulement de l'incidence de la supplémentation en lysine sur l'utilisation de l'énergie alimentaire. Compte tenu de la diminution du pourcentage de longe (moins 1 point) des porcs femelles du traitement 4 à taux réduit de protéines, on peut en déduire une réduction du dépôt journalier de tissus maigres, qui pourrait résulter cette fois d'un apport marginal de l'acide aminé limitant secondaire (thréonine). La teneur en thréonine dans ce traitement se situe à 0,42 % pendant la phase de finition et correspond à la norme proposée dans les recommandations INRA (1984). En dehors de variations possibles dans la disponibilité de cet acide aminé, il n'est pas exclu que le besoin en thréonine, notamment chez le porc en finition, soit légèrement sous-estimé. Cela signifie que la teneur minimale de protéines recommandée, après supplémentation en lysine, chez les femelles en finition, peut ne pas suffire dans certaines conditions pour couvrir le besoin en l'acide aminé limitant secondaire. Compte tenu de la confusion partielle entre l'effet de la céréale et celui de la réduction du taux de protéines, plus importante dans le cas du blé, il convient de préciser, en outre, qu'un apport sublimitant de thréonine dans le régime blé-tourteau de soja à taux réduit de protéines pourrait contribuer en partie à l'accroissement de l'indice de consommation, dont il a été fait état précédemment dans l'effet global de la céréale, en plus de la différence de valeur énergétique entre les régimes à base de maïs et de blé.

Un aspect particulièrement original dans notre étude concerne **l'interaction entre le taux de protéines et le sexe**, dont l'effet est en partie confondu avec celui du niveau de l'apport alimentaire, plus restreint chez les mâles castrés que chez les femelles entre 60 kg de poids vif et l'abattage. Alors que les femelles, soumises à un niveau de rationnement libéral, réagissent à une réduction du taux de protéines, après supplémentation en lysine, par un dépôt accru de gras dans la carcasse, les mâles castrés, plus fortement restreints en finition, semblent répondre au contraire, quoiqu'à un degré moindre, par un dépôt accru de tissus maigres. Comme précédemment, on peut invoquer une diminution de la production d'extra-chaaleur à la suite de la réduction du taux de protéines et la supplémentation en lysine, mais cette fois, dans un contexte d'apport restreint d'énergie, l'excédent d'énergie disponible pour la croissance est vraisemblablement utilisé, non plus pour le dépôt de gras comme chez les femelles, mais pour la formation de tissus maigres, et ceci d'autant plus que les mâles castrés en finition, à la différence des femelles, n'ont pas à accuser de déficit en l'acide aminé limitant secondaire, la thréonine, dans le régime à base de blé. Ce résultat s'apparente à celui résultant de l'effet favorable d'un supplément d'apport énergétique non azoté sur l'accrétion protéique (FULLER et CROFTS, 1977), étant entendu que dans le cas présent ce supplément d'énergie disponible correspond à une amélioration du rendement énergétique pour le dépôt azoté. On peut en déduire que l'incidence de la diminution du taux de protéines, résultant d'une supplémentation en lysine, sur les caractéristiques de composition corporelle, est à nuancer en fonction de la sévérité du plan de rationnement. Ceci montre aussi que dans l'évaluation de la réponse du porc aux variations conjointes des apports énergétique et azoté, il convient de ne pas raisonner simplement en termes de rapport protéines (et/ou acides aminés) - énergie, mais il faut aussi prendre en compte les niveaux absolus des apports d'énergie, de protéines et d'acides aminés, en relation notamment avec l'équilibre en acides aminés et son incidence sur l'utilisation métabolique de l'énergie. Ceci explique que l'effet d'une supplémentation en lysine, avec réduction du taux de protéines sur les caractéristiques de composition corporelle, dans le cas considéré, s'exprime par deux voies différentes avec des conséquences divergentes sur les dépôts corporels. L'amélioration de l'utilisation de l'énergie, pour un même apport d'ED, peut conduire à un dépôt supplémentaire de gras lorsqu'il s'agit d'un rationnement alimentaire libéral (cas des femelles) ou alternativement favoriser le dépôt de tissus maigres sous l'effet d'une restriction énergétique accentuée (cas des mâles castrés). En second lieu, le dépôt de tissus maigres, pour un apport énergétique libéral, peut lui-même être réduit par le niveau de l'acide aminé le plus limitant, en l'occurrence la thréonine, en dessous d'une certaine teneur en protéines (cas des femelles).

TABLEAU 7

BILAN DE LA CONSOMMATION DE TOURTEAU DE SOJA ET DE PROTÉINES SELON LA NATURE DE LA CÉRÉALE ET LA SUPPLÉMENTATION EN LYSINE

Céréale	Maïs		Blé	
	Croissance (1)	Finition (2)	Croissance (1)	Finition (2)
Gain de poids vif, kg	25	48	25	48
Indice de consommation moyen	2,77	3,35	2,80	3,46
Quantité d'aliment consommé, kg	69,25	160,8	70	166,1
Quantité de T. soja, kg				
• taux azoté normal	13,85	27,3	12,95	24,9
• avec lysine supp.	11,08	19,3	8,40	12,5
Economie de T. soja, kg (3)	2,77	8,0	4,55	12,4
	11 kg		17 kg	
Quantité totale de protéines, kg				
• taux azoté normal	11,20	24,42	11,70	25,25
• avec lysine supp.	10,29	22,59	10,25	21,55
Economie de protéines, kg	1,19	1,83	1,45	3,70
	3,0		5,1	

(1) Intervalle de poids : 27-52 kg.

(2) Intervalle de poids : 52-100 kg.

(3) En contrepartie de 0,4 kg de L-lysine HCl commerciale avec le maïs et 0,6 kg avec le blé.



En définitive, la supplémentation des régimes à base de céréales par la lysine industrielle, grâce à la diminution de la teneur en protéines qu'elle procure, conduit à une économie de protéines et de complément azoté (tourteau de soja), qui, dans les conditions de la présente expérience, a fait l'objet d'un chiffrage dans le tableau 7, à partir des consommations réelles d'aliment et du gain de poids des animaux. La quantité de tourteau de soja économisée pour produire un porc de 27 à 100 kg est environ 50 % plus élevée avec un blé à teneur moyenne en protéines (11 %) qu'avec le maïs : 17 kg contre 11 kg pour une consommation de lysine commerciale (L-lysine HCl à 78,5 % de lysine base) de 0,6 kg contre 0,4 kg avec le maïs. Les économies correspondantes de protéines sont de 5 kg avec le blé et 3 kg avec le maïs. Ces quantités correspondent à une estimation maximale, notamment dans le cas du blé à teneur moyenne en protéines, compte tenu du risque de détérioration de la qualité des carcasses avec une forte réduction du taux de protéines et dans l'hypothèse de régimes distincts au cours des deux phases d'engraissement en place d'un aliment unique. Elles montrent en tout cas que les prévisions d'économie moyenne de tourteau de soja avec les différentes céréales, dont il a été fait état dans une étude précédente (HENRY *et al.*, 1979), sont tout à fait réalisables.

## CONCLUSION

L'étude de l'influence d'une réduction du taux de protéines, après supplémentation en lysine industrielle, sur les performances de croissance et les caractéristiques de composition corporelle chez le porc à l'engraissement, selon la nature de la céréale (maïs ou blé) en association avec le tourteau de soja, et dans des conditions définies de rationnement alimentaire (apport restreint en finition chez les mâles castrés et libéral chez les femelles), nous conduit aux conclusions principales suivantes :

- L'application des normes d'apport de lysine et de protéines après supplémentation en lysine sous forme libre, dans les intervalles de poids vif 27-52 et 52-100 kg, suivant les recommandations INRA (1984), procure, avec le blé comme avec le maïs, des résultats de croissance et d'efficacité alimentaire équivalents à ceux obtenus à partir des régimes témoins non supplémentés et à teneur normale en protéines.
- Les effets d'interaction observés avec le sexe au niveau des caractéristiques des carcasses apparaissent liés à la différence de rationnement alimentaire et aux besoins en acides aminés plus élevés chez les femelles pour la formation des tissus maigres. L'accentuation de l'état d'engraissement chez les femelles semble provenir en premier lieu d'une amélioration de l'utilisation de l'énergie alimentaire à la suite d'une réduction de la teneur en protéines et de la supplémentation en lysine, et en second lieu d'un apport marginal de l'acide aminé limitant secondaire (thréonine) dans le régime blé-tourteau de soja à taux réduit de protéines. Par contre, chez les mâles castrés, l'amélioration de l'équilibre en acides aminés et l'abaissement concomitant de la teneur globale en protéines semblent conduire, dans le cas d'un apport restreint d'aliment, à un effet d'épargne d'énergie alimentaire, favorable à l'accroissement du dépôt de tissus maigres.
- La supplémentation de régime à base de céréales par la lysine industrielle autorise une économie importante de protéines pour l'engraissement du porc. Cette dernière est d'environ 50 % plus élevée avec le blé à teneur moyenne en protéines (11 %) qu'avec le maïs et peut atteindre, dans le cas du blé, 17 kg de tourteau de soja et 5 kg de protéines par porc produit entre 27 et 100 kg de poids vif, correspondant à une diminution de près de 5 points de tourteau de soja et un peu plus de 2 points de protéines dans le régime.

Compte tenu de l'incidence d'un abaissement du taux de protéines, après supplémentation en lysine, sur les caractéristiques de composition corporelle, et par voie de conséquence sur la valeur commerciale des carcasses, les résultats précédents militent en faveur d'une réévaluation des besoins en acides aminés limitants secondaires, en particulier la thréonine et le tryptophane, pour la croissance, principalement pendant la phase de finition, à un moment où les tissus maigres sont déposés avec une intensité soutenue chez les types de porcs à haut niveau de performances. En même temps, il convient d'approfondir le mécanisme de l'interaction entre l'équilibre en acides aminés (et le taux de protéines) et le niveau de l'apport énergétique, selon le sexe et vraisemblablement le type génétique.

**BIBLIOGRAPHIE**

- CASTAING J., LEUILLET M., 1975. Journées Rech. Porcine en France, **7**, 15-26.
- CASTAING J., LEUILLET M., 1976. Journées Rech. Porcine en France, **8**, 43-50.
- CASTAING J., LEUILLET M., 1977. Journées Rech. Porcine en France, **9**, 251-257.
- FULLER M.F., CROFTS R.M.J., 1977. Br. J. Nutr., **38**, 479-488.
- HACKL W., POPPE S., 1973. Arch. Tierernähr., **23**, 637-661.
- HENRY Y., 1980. Journées Rech. Porcine en France, **12**, 183-194.
- HENRY Y., BOURDON D., 1973. Journées Rech. Porcine en France, **5**, 105-114.
- HENRY Y., BOURDON D., PALISSE-ROUSSEL M., WABNITZ P., 1973. Ann. Zootech., **22**, 147-155.
- HENRY Y., BERNARD M., GUILLAUME J., JESTIN L., PEREZ J.M., PION R., POLLACSEK M., ROUSSET M., 1979. Bull. Tech. Inf., Minist. Agric., **340**, 237-251 (n° spécial Protéines, Tome 2).
- INRA, 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : Porc, Lapin, Volailles. INRA éd., Paris, 282 p.
- IVAN M., FARELL D.J., 1975 a. Anim. Prod., **20**, 267-276.
- IVAN M., FARELL D.J., 1975 b. Anim. Prod., **20**, 277-285.
- MULLER Z., MALEK I., 1967. Biologizace a chemizace vyzivy zvirat, **3** (6), 535-542.