

## **Efficacité d'utilisation du tryptophane cristallisé, sous forme libre ou protégée, pour le dépôt protéique chez le porcelet**

M. L. SAWADOGO (1), A. PIVA (2), A. PANCIROLI (2), E. MEOLA (2), A. MORDENTI (2), B. SÈVE (1)

(1) I.N.R.A., Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles

(2) Università di Bologna, Dipartimento di morfofisiologia Veterinaria e Produzioni Animali  
via Tolara di Spra, 50 - 40064 Ozzano Emilia (Bologna) - Italie

Avec la collaboration de G. ZACCHARINI (2), Y. COLLÉAUX (1) et Y. LEBRETON (1)

### **Efficacité d'utilisation du tryptophane cristallisé, sous forme libre ou protégée, pour le dépôt protéique chez le porcelet**

Un essai est conduit dans le but de déterminer, chez des porcelets à 4 kg de poids vif, l'efficacité d'utilisation du tryptophane pour l'accrétion protéique. Cinq régimes sont comparés au cours d'une période de 18 jours après sevrage, un régime de base contenant 23,4 % de protéines et 0,14 % de tryptophane et 4 régimes obtenus par substitution de 0,06 % et 0,12 % de tryptophane cristallisé sous forme libre ou protégée à de la maltodextrine du régime de base. Les quantités des aliments expérimentaux sont administrées et égalisées par gavage au moyen d'un tube intra-gastrique. Aucune différence significative n'est mise en évidence entre les deux formes d'apport de tryptophane pour les différents paramètres mesurés. La supplémentation en tryptophane provoque une augmentation linéaire, du gain de poids ( $P < 0,1$ ), de l'efficacité alimentaire ( $P < 0,05$ ) et du tissu protéique formé par jour ( $P < 0,01$ ). La rétention journalière et le rendement d'utilisation nette (RUN) de la quasi totalité des acides aminés augmentent linéairement ( $P < 0,05$ ) avec l'apport de tryptophane. La rétention journalière de tryptophane augmente également de façon linéaire ( $P < 0,05$ ). Par contre le RUN maximum (40,1 %) est obtenu avec le régime de base puis baisse linéairement avec la supplémentation ( $P < 0,01$ ). Cette baisse est la conséquence des rendements marginaux faibles du tryptophane cristallin libre ( $13,4 \pm 4,6$  %) ou protégé ( $13,8 \pm 4,8$  %).

### **Efficiency of dietary crystalline tryptophan, free or protected for protein accretion in baby pigs**

An experiment was conducted to determine the efficiency of dietary tryptophan retention for protein accretion in the baby pig (4 kg live weight). Five tryptophan deficient diets were used for 18 days after weaning. A basal diet contained 23,4 % of protein and 0,14 % of tryptophan. The four other diets were supplemented by substituting 0,06 and 0,12 % of free or protected crystalline tryptophan for maltodextrin in the basal diet. No differences were found between the two crystalline tryptophan forms for all parameters under study. Equal amounts of all diets were fed by intragastric tube feeding. Daily weight gain ( $P < 0,1$ ), gain per feed ( $P < 0,05$ ), and daily protein retention ( $P < 0,01$ ) increased linearly according to dietary tryptophan. Similarly, retention and net efficiency (retained per intake) of almost all the amino acids were increased. Tryptophan retention also was linearly increased ( $P < 0,05$ ) but net efficiency was maximal (40,1 %) with protein-bound tryptophan from the basal diet and decreased linearly according to dietary tryptophan. This important reduction was the result of low marginal efficiencies for crystalline free ( $13,4 \pm 4,6$  %) and protected tryptophan ( $13,8 \pm 4,8$  %).

## INTRODUCTION

La qualité d'une protéine est l'un des principaux facteurs qui influencent son utilisation. Cette qualité est déterminée par l'équilibre et la disponibilité des acides aminés qui la composent (ARC, 1981). La réponse du dépôt corporel de protéines aux apports de la protéine étudiée ou d'un acide aminé du régime constitue une mesure de cette qualité (HEGER ET FRYDRYCH, 1975). Cette réponse selon les cas est curvilinéaire (SÈVE et al., 1995), linéaire plateau (CAMPBELL et al., 1985) ou asymptotique (FULLER et GARTHWAITE, 1993). Elle est d'abord liée à l'efficacité d'utilisation de l'acide aminé limitant primaire de la protéine étudiée et mesure ainsi la disponibilité de cet acide aminé dans la protéine (WILSON et al., 1981). Celle-ci peut être estimée par le rapport du dépôt corporel d'acide aminé à la quantité d'acide aminé limitant ingérée. Ce rapport rend compte des effets des facteurs digestifs et métaboliques. Le rapport dépôt corporel sur acide aminé digestible vrai rendrait compte spécifiquement des facteurs métaboliques influençant la disponibilité. C'est le cas d'une mesure de rendement marginal de l'acide aminé limitant lorsque celui-ci est ajouté sous forme cristallisée libre dans la ration, car on admet alors que sa digestibilité vraie est de 100% (SÈVE, et al., 1993). Toutefois, on pense que l'acidité du contenu gastrique peut rendre indisponible une partie du tryptophane. Par ailleurs, la vitesse d'absorption trop rapide des acides aminés cristallisés libres par rapport aux acides aminés liés dans les protéines du régime peut affecter leur disponibilité (BATTERHAM, 1979). L'utilisation d'un tryptophane protégé contre l'acidité gastrique et dont le transit digestif

et l'absorption seraient ralentis pourrait pallier à cette situation.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1 Animaux et régimes

L'expérience réalisée à la faculté vétérinaire de Bologne a porté sur une période de 18 jours après sevrage de porcelets Large-White X Duroc. Cinq régimes ont été comparés. Un régime de base à 0,14 % de tryptophane (tableau 1), 2 régimes supplémentés avec du tryptophane libre et 2 régimes supplémentés avec du tryptophane protégé. Pour chacune de ces formes d'apport, les taux de tryptophane alimentaire testés sont 0,20 et 0,26 %, obtenu par substitution de L-tryptophane cristallisé sous forme libre ou protégée (protection avec faite avec des matières grasses) à de la maltodextrine dans le régime de base. Les 5 régimes ont été comparés intra-portée par blocs de 3 porcelets dans dix blocs. Le dispositif correspondant est celui d'un plan en blocs incomplets équilibrés de type V (t=5, k=3, b=10, l=3, r=1) selon les notations de BOSE et NAIR (1939). Au total, 40 animaux issus de 5 portées (8 porcelets par portée) ont été utilisés. Dans chaque portée, 2 blocs comprenant chacun 3 animaux expérimentaux ont été constitués sur la base de leur poids vif (sans tenir compte du sexe). Les régimes ont été affectés au hasard à l'intérieur de chaque bloc. Au début de l'expérience, les 2 autres animaux de chaque portée soit 10 porcelets au total, ont été abattus immédiatement pour servir de témoins de la composition corporelle initiale.

Tableau 1- Composition des régimes expérimentaux (régime 1)

Composition centésimale		Acides aminés totaux (% du régime)	
Lait	7,00	Lys	1,64
CPSP	13,0	Thr	1,24
Gluten de maïs	24,2	Trp	0,14 (2)
Maltodextrine	42,6	Met	0,48
Huile de maïs	6,00	Cys	0,53
Oligoéléments+		Met+Cys	1,01
Vitamines (1)	1,10	Ile	1,06
Phosphate bicalcique	4,60	Leu	2,76
Craie broyée	0,80	Val	1,22
Sel marin	0,10	Phe	1,30
L-lysine	0,45	Tyr	0,36
L-thr	0,15	Phe+Tyr	1,65
<b>Analyse chimique</b>		His	1,20
Matière sèche	93,8	Arg	0,95
Énergie brute (Mcal/kg)	4,50	Asp	1,78
Protéines	23,4	Glu	3,86
		Gly	0,93
		Ala	0,08
		Ser	1,16
		Pro	0,83

(1) Apportant par kg d'aliment, 100 mg de fer, 20 mg de cuivre, 40 mg de manganèse, 100 mg de zinc, 1 mg d'iode, 2 mg de cobalt, 1 mg de sélénium, 50000 U. I. de vitamine A, 2000 U.I de vitamine B2, 50 mg de vitamine PP, 40 mg d'ac. pant., 0,05 mg de vitamine B12, 500 mg de choline, 10 mg de vitamine B1, 10 mg de vitamine B6, 0,2 mg de vitamine H, 0,2 mg d'ac. folique, 20 mg de vitamine C.

(2) - % L-tryptophane dans les régimes 2 et 3, respectivement 0,20 et 0,26 % obtenus par substitution de 0,06 et de 0,12 % de L-tryptophane cristallisé libre à la maltodextrine du régime 1.

- % L-tryptophane dans les régimes 3 et 5, respectivement 0,20 et 0,26 % obtenus par substitution de 0,06 et de 0,12 % de L-tryptophane cristallisé protégé à la maltodextrine du régime 1.

## 1.2. Mode d'alimentation et abattage

Le premier jour d'expérimentation, au moyen d'une incision pratiquée dans le cou, un cathéter en polyuréthane (diamètre externe 4,75 mm) a été introduit dans l'estomac des animaux expérimentaux, via le pharynx. Ce cathéter a permis de gaver les porcelets 3 fois par jour (8h30, 12h30, 17h30) durant l'expérience. L'aliment est administré sous forme liquide (23 % de matière sèche) en quantité proportionnelle au poids métabolique prévisionnel de l'animal. Ce poids a été réajusté tous les 3 jours grâce à des pesées effectives des porcelets. Au terme de 18 jours d'expérimentation, les animaux à jeun depuis la veille sont abattus. De la même façon que les animaux témoins, chaque animal expérimental est séparé en 5 compartiments qui sont pesés et congelés à -20 °C. Ces compartiments sont les viscères (estomac, intestins et vessie vides), le sang et les organes (coeur, ensemble poumon+trachée, appareil génital, pancréas, rate, et reins), le foie, l'ensemble tête+queue+pieds, la carcasse. Après broyage, homogénéisation et lyophilisation de chaque compartiment, un échantillon corporel représentatif de l'animal est reconstitué.

## 1.3. Analyses de laboratoire et analyses statistiques

Les mêmes méthodes d'analyse ont été appliquées aux aliments et aux échantillons corporels. Pour l'azote, la méthode KJELDHAL a été utilisée. Pour le tryptophane, dans un tube pyrex de 20 ml, une quantité d'échantillon à analyser (environ 20 mg de N) est mélangée à 6,4 g de baryte et 15 ml d'eau distillée. Après 10 min d'ébullition au bain marie, 10 min de refroidissement au réfrigérateur et 3 min de barbotage d'azote gazeux, le tube est fermé puis mis à l'étuve (110 °C). Au terme de 22 h d'hydrolyse, le tout est porté à pH 3-4 avec du H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (5N) et centrifugé 10 min à 8000 t/min. Après reprise du précipité de BaSO<sub>4</sub> dans de l'eau distillée et une secon-

de centrifugation, les deux surnageants résultants sont réunis, évaporés et le résidu sec repris dans un tampon sodium 0,1M, pH 2,2. La séparation du tryptophane est faite par HPLC. Pour les autres acides aminés, les conditions d'hydrolyse des échantillons sont similaires à celles décrites par SEVE et al. (1995). Toutefois, le standard interne dans la présente expérience est la norleucine. Pour les analyses statistiques des résultats, nous avons utilisé l'analyse de variance suivant la procédure GLM du logiciel SAS. Les effets des régimes ont été testés par rapport à la variance résiduelle intra-triplet. De plus l'effet du tryptophane a été étudié par la méthode des contrastes polynomiaux (effets linéaire et quadratique). Les moyennes présentées sont celles ajustées, accompagnées du coefficient de variation (CV = (écart-type / moyenne) x 100).

## 2. RÉSULTATS

Sur les différents paramètres mesurés, on n'a mis en évidence aucune différence significative entre les deux formes d'apport de tryptophane. Par ailleurs, le test de l'effet quadratique n'indique jamais de déviation significative de la linéarité de la réponse au tryptophane.

### 2.1. Performances de croissance et bilans azotés corporels

La supplémentation en tryptophane n'a pas eu d'effet significatif sur l'ingestion d'aliment. Par contre, le tryptophane a provoqué une augmentation linéaire du gain de poids ( $P < 0,1$ ) et plus encore de l'efficacité alimentaire ( $P < 0,05$ ) (tableau 2). On observe également un effet linéaire ( $P < 0,01$ ) sur le dépôt journalier de protéines corporelles et sur la teneur en protéines du gain de poids. Du régime de base aux seconds niveaux de supplémentation, le dépôt de protéines corporelles augmente de 43 % et la teneur en protéines du gain de 22 %.

Tableau 2 - Influence de la teneur en tryptophane du régime sur les performances de croissance

Tryptophane (%) +Trp (1) Régime	0,14 1	0,20 Libre 2	0,20 Protégé 3	0,26 Libre 4	0,26 Protégé 5	CV (%)	Signification statistique (2)
Ingéré (g/j)	126	129	125	127	129	4,20	
Gain (g/j)	90	103	100	102	106	10,50	L*
Efficacité alimentaire	0,72	0,79	0,80	0,80	0,82	6,90	L**
Protéines retenues (g/j)	9,2	11,3	11,5	12,9	13,5	14,1	L***
(% gain de poids)	11,8	13,3	12,8	13,8	15,1	10,3	L***

(1) + Trp : L-tryptophane cristallisé supplémentaire du régime

(2) Signification statistique: L = effet linéaire; \* $P < 0,1$ ; \*\* $P < 0,05$ ; \*\*\* $P < 0,01$

### 2.2. Composition en acides aminés des protéines corporelles et des protéines du gain

D'une manière générale, les profils d'acides aminés des protéines corporelles sont peu modifiés par l'addition de

tryptophane à la ration (tableau 3). En moyenne, les protéines corporelles des animaux témoins et des animaux expérimentaux renferment respectivement 0,72 et 0,71 % de tryptophane. La teneur moyenne en tryptophane des protéines du gain de poids est estimée à 0,68 %. On note des

tendances à des teneurs plus élevées en acides aminés essentiels (thr, tyr+phe) des protéines corporelles chez les animaux expérimentaux comparativement aux témoins initiaux sans répercussion significative sur la teneur en ces acides aminés dans le gain de poids. Chez les animaux

expérimentaux, les teneurs en acides aminés ramifiés (ile, leu et val) et en proline tendent à baisser avec l'apport de tryptophane. Ceci se traduit par des réductions significatives de la teneur en ces acides aminés dans les protéines du gain de poids.

**Tableau 3** - influence de la teneur en tryptophane de la ration sur la composition en acides aminés des protéines du corps entier et des protéines du gain de poids entre 4 (porcs témoins initiaux) et 6 kg (porcs expérimentaux)

Acides aminés	g/16 g N corporel				g/16 g N du gain du poids vif					CV (%)	Signification statistique (2)
	moyennes témoins initiaux	CV (%)	moyennes groupes expérim.	CV (%)	Trp(%) +Trp (1) Rég.	0.14 1	0.20 Libre 2	0.20 Protégé 3	0.26 Libre 4		
LYS	6,70	4,80	6,79	5,95	7,07	7,12	6,90	6,97	6,90	19,28	
TRE	3,95	5,95	4,08	4,62	4,52	4,13	4,37	4,34	4,49	15,60	
TRP	0,72	7,66	0,71	5,91	0,74	0,68	0,68	0,68	0,65	21,24	
MET	1,57	12,77	1,60	5,75	1,72	1,62	1,76	1,73	1,75	23,81	
CYS	1,22	16,67	1,29	5,47	1,40	1,40	1,52	1,47	1,39	19,11	
MET+CYS	2,79	14,29	2,89	5,06	3,12	3,01	3,28	3,20	3,14	20,32	
ILE	3,20	8,82	3,27	7,03	3,85	3,46	3,47	3,03	3,19	21,39	L*
LEU	6,70	7,88	6,76	2,89	7,70	6,93	6,93	6,83	6,34	9,05	L***
VAL	4,68	10,86	4,67	4,67	5,07	4,95	4,79	3,97	4,31	15,24	L**
PHE	3,19	9,07	3,20	5,87	3,43	3,23	3,33	3,03	3,13	21,91	
TYR	1,05	12,34	1,14	10,07	1,48	1,68	1,37	1,52	1,41	37,09	
PHE+TYR	4,23	8,47	4,33	5,21	4,90	4,91	4,70	4,55	4,54	22,61	
HIS	4,50	4,60	4,44	6,03	3,88	4,87	4,67	4,66	4,50	19,35	
ARG	5,50	4,74	5,70	8,55	5,03	6,87	5,92	6,09	5,93	25,87	
ASP	6,90	9,33	7,07	6,20	10,74	9,70	9,21	9,09	9,18	19,14	
GLU	10,30	8,51	10,61	7,41	11,91	11,79	12,29	10,51	10,49	19,56	
GLY	9,70	3,29	9,77	4,70	11,10	9,73	10,46	9,55	9,23	17,87	
ALA	5,68	6,27	5,65	5,91	4,77	5,83	5,79	5,42	5,66	26,83	
SER	4,22	8,33	4,22	5,94	4,66	4,12	4,06	4,45	4,04	20,36	
PRO	7,40	7,68	7,10	6,84	7,60	6,92	7,60	6,06	5,60	18,48	L**

(1) + Trp: L-tryptophane supplémentaire du régime

(2) Signification statistique: L = effet linéaire; \* P < 0,1; \*\* P < 0,05; \*\*\*P<0,01

### 2.3. Réponses des dépôts corporels journalier d'acides aminés

Le tryptophane a un effet linéaire sur la rétention corporelle des acides aminés sauf les acides aminés ramifiés (ile, val), la tyrosine et la proline (tableau 4). Du régime de base aux seconds niveaux de supplémentation, les acides aminés soufrés (cys + met), la thréonine, la lysine et l'arginine sont les acides aminés essentiels présentant les plus fortes augmentations de dépôt corporel (> 30 %). Le dépôt de tryptophane corporel augmente de 30 %. La leucine présente une plus faible amélioration (20 %). Parmi les acides aminés non essentiels, la glycine l'alanine et la sérine présentent les plus fortes augmentations de dépôts corporels (> 20 %). Les dépôts journaliers de proline et d'acide glutamique augmentent moins, ce qui semble lié à l'absence de réponse au second niveau de supplémentation.

### 2.4. Efficacités d'utilisation des protéines et des acides aminés

La même réponse linéaire obtenue avec les rétentions de protéines et d'acides aminés est retrouvée pour les rendements d'utilisation nette (RUN) des protéines et des acides aminés, exception faite des acides aminés ramifiés, de la tyrosine et de la proline (tableau 5). Le RUN des protéines augmente de 5,4 points entre le régime de base et le premier niveau de supplémentation et de 11,4 points, soit 2,1 fois plus entre le régime de base et le deuxième niveau de supplémentation. Individuellement, quel que soit le régime, la lysine et l'arginine sont les acides aminés essentiels présentant les RUN les plus élevés. En revanche, les RUN des acides aromatiques (phe et ala) ramifiés (ile, leu, val) et des acides aminés soufrés sont les plus faibles. Parmi les acides aminés non essentiels, l'alanine et la glycine présentent les

RUN les plus élevés. Ces RUN augmentent linéairement avec l'apport de tryptophane mais de façon différente selon l'acide aminé. Entre le niveau de base et les seconds niveaux de supplémentation cette amélioration est de 20 % plus élevée pour la somme des acides aminés essentiels. En revanche le RUN du tryptophane baisse linéairement ( $P < 0,01$ ). Il est de

40,1 % dans le régime de base et s'abaisse à 26,2 % aux seconds niveaux de supplémentation avec du tryptophane cristallisé. Les droites de régression du tryptophane retenu sur le tryptophane ingéré sont les suivantes:

Tryptophane libre :  $Y = 0,1338 (\pm 0,0459) X + 0,0509 R^2 = 0,88$

Tryptophane protégé :  $Y = 0,1384 (\pm 0,0476) X + 0,0513 R^2 = 0,82$

**Tableau 4** - influence de la teneur en tryptophane de la ration sur le dépôt (g/j) des acides aminés corporels du porc entre 4 et 6 kg de poids vif

Trp (%) +Trp (1) Régime	0,14 1	0,20 Libre 2	0,20 Protégé 3	0,26 Libre 4	0,26 Protégé 5	CV (%)	Signification statistique (2)
LYS	0,68	0,80	0,80	0,88	0,92	21,2	L**
THR	0,41	0,47	0,51	0,56	0,60	18,8	L***
TRP	0,065	0,075	0,075	0,084	0,086	18,2	L**
MET	0,15	0,19	0,20	0,22	0,24	16,0	L***
CYS	0,12	0,16	0,18	0,19	0,19	22,0	L***
MET+CYS	0,27	0,35	0,37	0,41	0,43	17,1	L***
ILE	0,36	0,39	0,41	0,39	0,43	28,0	
LEU	0,71	0,79	0,79	0,86	0,86	16,4	L**
VAL	0,47	0,56	0,56	0,52	0,59	21,1	
PHE	0,30	0,37	0,38	0,39	0,42	20,2	L**
TYR	0,14	0,19	0,15	0,20	0,19	36,4	
PHE+TYR	0,44	0,55	0,54	0,58	0,61	22,0	L**
HIS	0,38	0,54	0,54	0,60	0,59	21,7	L***
ARG	0,45	0,79	0,70	0,77	0,81	25,6	L***
ASP	0,97	1,10	1,07	1,14	1,22	16,8	L**
GLU	1,10	1,34	1,41	1,32	1,42	20,2	L*
GLY	0,95	1,11	1,18	1,24	1,28	20,6	L**
ALA	0,47	0,65	0,68	0,71	0,76	30,0	L**
SER	0,41	0,47	0,47	0,56	0,54	19,4	L**
PRO	0,68	0,78	0,89	0,77	0,77	24,6	

(1) + Trp : L-tryptophane cristallisé supplémentaire du régime

(2) Signification statistique: L= effet linéaire; \* $P < 0,1$ ; \*\* $P < 0,05$ ; \*\*\* $P < 0,01$

**Tableau 5** - influence de la teneur en tryptophane de la ration sur les rendements d'utilisation nette (RUN, %) des protéines et des acides aminés corporels du porc entre 4 et 6 kg de poids vif

Trp (%) +Trp (1) Régime	0,14 1	0,20 Libre 2	0,20 Protégé 3	0,26 Libre 4	0,26 Protégé 5	CV (%)	Sign.stat. (2)
Protéines	35,5	37,5	40,3	40,3	45,4	11,3	L***
LYS	33,7	38,5	39,8	43,3	44,8	19,8	L**
TRE	26,9	29,5	33,7	36,1	38,2	18,9	L***
TRP	40,1	30,6	32,4	26,5	26,2	16,2	L***
MET	25,5	29,9	34,8	36,0	38,9	15,4	L***
CYS	18,6	23,6	27,5	28,7	28,7	21,4	L***
MET+CYS	21,9	26,6	31,0	32,2	33,5	16,6	L***
ILE	28,0	29,1	31,3	29,6	31,9	25,0	
LEU	20,8	22,3	23,5	24,9	24,7	14,3	L**
VAL	31,7	35,6	36,9	33,9	37,7	19,3	
PHE	19,2	22,2	23,8	24,3	25,4	19,9	L**
TYR	31,2	41,7	35,0	44,6	40,6	39,1	
PHE+TYR	21,8	26,4	26,2	28,7	28,7	22,9	L*
HIS	25,9	35,8	37,0	40,8	39,8	23,9	L***
ARG	39,9	64,3	60,8	65,6	68,7	23,2	L***
ASP	43,8	48,3	49,1	50,9	53,7	17,4	L*
GLU	23,2	27,2	30,4	27,6	29,2	21,0	
GLY	82,9	91,7	101,8	106,7	107,0	18,6	L**
ALA	81,9	106,2	117,5	119,2	125,3	27,8	L**
SER	28,7	31,2	33,5	38,6	37,2	20,6	L**
PRO	67,0	73,2	86,3	74,2	71,3	23,5	

(1) et (2) voir tableau 4

Sur cette base on peut estimer que les rendements marginaux du tryptophane cristallin pour le dépôt de tryptophane corporel sont de 13,4 % et 13,8 % respectivement pour le tryptophane cristallisé libre et le tryptophane cristallisé protégé. Ces valeurs ne sont pas significativement différentes.

### 3. DISCUSSION

Pour les différents paramètres étudiés, l'absence de courbure montrée par l'absence d'effet quadratique significatif indique que le tryptophane reste limitant au niveau de supplémentation le plus élevé. Nos deux niveaux de supplémentation correspondent à 68 et 88 % du besoin en tryptophane estimé à 18 % de la lysine alimentaire (WANG et FULLER, 1989).

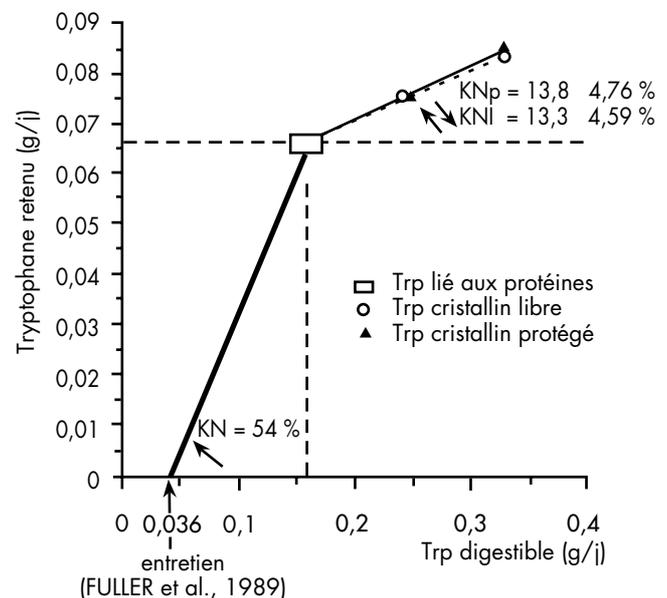
La supplémentation en tryptophane n'a pas d'effet significatif sur l'ingestion d'aliment. Ce résultat était attendu car l'alimentation par gavage était destinée à supprimer l'effet dépressif du déficit alimentaire de tryptophane habituellement observé (CORTAMIRA ET AL., 1991). De plus, l'aliment administré proportionnellement au poids métabolique prévisionnel favorise les animaux recevant les aliments plus carencés en tryptophane. En effet, leur croissance réelle était plus faible que la croissance prévisionnelle. L'accentuation de l'effet linéaire du tryptophane, du gain de poids à l'efficacité alimentaire puis au dépôt protéique ( $P < 0,01$ ), indique que l'aliment déséquilibré surconsommé est déposé sous forme de tissus autres que du muscle. Les efficacités alimentaires de nos porcelets sont comparables à celles obtenues par CORTAMIRA et al. (1991) sur des porcelets sevrés à 10 jours d'âge dans des conditions expérimentales comparables à celles du présent essai.

Comparativement aux moyennes bibliographiques (SÈVE et al., 1995), les protéines corporelles, en particulier celles de nos animaux expérimentaux ont des teneurs relativement élevées en thréonine, valine et histidine. En revanche, les teneurs en acides aminés soufrés (met+cys), acides aminés aromatiques (phe+tyr) et arginine sont faibles. Ces valeurs restent à l'intérieur des écart-types et il est difficile d'expliquer les variations observées. Nos animaux ont une teneur moyenne en tryptophane égale à 11 % de la lysine corporelle. Cette teneur est proche de la valeur 12 % mesurée sur des porcs Landrace X Large White de 45 kg de poids vif (MOUGHAN et SMITH, 1987). Elle est cependant très faible par rapport aux moyennes bibliographiques calculées par différents auteurs: 14 % et 15 % de la lysine corporelle selon SÈVE (1994) et (MOUGHAN et SMITH, 1987) respectivement. En ce qui concerne les dosages de tryptophane, de nombreux problèmes méthodologiques se posent aussi bien au niveau des méthodes d'hydrolyse que des méthodes de séparation et de détection du tryptophane (FRIEDMANN et FINLEY, 1971, SATO et al., 1984). Il conviendrait de prendre en compte les méthodes de détermination du tryptophane dans les comparaisons de résultats.

La hiérarchie des RUN des acides aminés de la présente expérience est conforme à celle obtenue par SÈVE et al. (1995). Les améliorations de ces rendements avec l'apport

du tryptophane s'expliquent par l'augmentation des dépôts corporels alors que le niveau d'ingestion reste constant. Pour les acides aminés non essentiels, une synthèse de novo à partir des acides aminés essentiels (HEGER et FRYDRYCH, 1985, BALLÈVRE et al., 1990) contribue à expliquer certaines valeurs de RUN très élevées voire  $> 100$  %. Quant aux acides aminés essentiels, l'augmentation importante de leurs rendements avec le niveau de performance est en accord avec les observations de SMITH (1980); avec les régimes communément utilisés, les acides aminés essentiels présentent en moyenne une efficacité 25 % plus élevée que celle des acides aminés non essentiels.

**Figure 1** - Rendements marginaux de tryptophane (Trp) digestible lié aux protéines alimentaires et du Trp apporté sous forme cristallisée dans la ration



Rendements marginaux :  
 - KN : Trp lié aux protéines  
 - KNI : Trp cristallisé libre  
 - KNp : Trp cristallisé protégé

Dans le cas particulier du tryptophane, la figure 1 présente la réponse du dépôt corporel à l'ingestion de tryptophane digestible vrai recalculé à partir de tables (Rhône-Poulenc, 1993; ITCF-Eurolysine, 1995). Sur la base d'un besoin d'entretien en tryptophane de 11 mg / poids (kg)<sup>0,75</sup> (FULLER et al., 1989), le rendement marginal du tryptophane lié dans les protéines (régime de base) est estimé à 54 %. Cette efficacité est conforme à la valeur 55 % rapportée par SÈVE et HENRY (1995) et légèrement supérieure au rendement marginal (49 %) du tryptophane digestible apparent dans le régime à base de soja de l'expérience 2 de BATTERHAM et al. (1994). Ces comparaisons de rendements permettent en quelque sorte de valider les teneurs en tryptophane des protéines corporelles de nos porcelets, apparemment faibles par rapport aux données bibliographiques. Sur la base d'une digestibilité égale à 100 % de l'ingéré, le rendement marginal du tryptophane cristallisé (figure 1) est seulement de 13,4 % lorsqu'il est apporté sous forme libre et 13,8 % dans le cas d'un apport

sous forme protégée. La grande différence entre ces valeurs d'efficacité du tryptophane cristallisé et la valeur calculée plus haut de l'efficacité du tryptophane lié dans les protéines explique la diminution du RUN du tryptophane avec la supplémentation. Ces rendements sont également faibles par rapport au rendement marginal 28 % que l'on peut estimer pour le tryptophane supplémentaire du régime type soya de l'expérience 3 de BATTERHAM et al. (1994). On peut envisager au moins trois hypothèses pour expliquer ce résultat faible;

1. Une instabilité éventuelle du tryptophane cristallisé dans les régimes a été suspectée mais non confirmée. En effet, les teneurs en tryptophane de nos régimes ont été vérifiées par des extractions du tryptophane libre et des dosages du tryptophane total, réalisés plusieurs mois après l'expérience.
2. Le tryptophane se dégrade progressivement dans une solution acide (pH = 2,2) (SATO et al., 1984). Ces conditions peuvent être réalisées dans l'estomac au cours de la digestion. Toutefois, le temps de vidange gastrique relativement court, de même que la protection, devraient éviter une destruction massive du tryptophane cristallisé.
3. Selon (BATTERHAM, 1979) les acides aminés ajoutés à la ration sous forme cristalline seraient moins bien utilisés que les acides aminés liés dans les protéines. Le tryptophane libre, trop vite absorbé serait plus fortement catabolisé que le tryptophane lié dans protéines.

## CONCLUSION

En conclusion, ce travail a permis de mesurer des rendements d'utilisation nette de la lysine et du tryptophane relativement faibles respectivement avec les régimes supplémentés et le

régime de base déficitaire en tryptophane (44 % et 40 %). Ces rendements s'appliquent à un porcelet tout juste sevré dont le niveau d'ingestion est de l'ordre du besoin énergétique d'entretien. En conséquence, la correction de ces données par le besoin d'entretien tel que mesuré pour ces acides aminés par FULLER et al. (1989) permet d'estimer des rendements marginaux d'utilisation des acides aminés digestibles notablement supérieurs (53 % et 54 % respectivement). Ces rendements sont compatibles avec ceux que l'on peut estimer pour la protéine idéale chez le porcelet à partir des données de CHUNG et BAKER (1992). En effet, il faut prendre en compte le fait que la valeur estimée pour la lysine est affaiblie par une couverture large du besoin alors que la valeur estimée pour le tryptophane est renforcée par le niveau déficitaire d'apport sous forme de tryptophane lié dans les protéines. En confirmant le déficit du régime basal, la réponse linéaire au tryptophane cristallisé permet de mesurer un rendement marginal d'utilisation de 13 à 14 %, très significativement plus faible que celui du tryptophane lié dans les protéines. Cette faible valeur devrait être prise en compte lorsqu'il est nécessaire de rééquilibrer les protéines de l'aliment de sevrage du porcelet du fait d'un apport insuffisant de tryptophane ou d'un excès des autres acides aminés neutres (HENRY et SÈVE, 1993). Les raisons de ce faible rendement devraient être recherchées aussi bien au niveau digestif - bien que l'on admette que la digestibilité du tryptophane cristallisé est de 100 % (CHUNG et BAKER, 1992; SÈVE et al., 1993) - qu'au niveau métabolique - l'absorption trop rapide du tryptophane cristallisé, comme celle de la lysine-HCl (BATTERHAM, 1979) comparativement à l'acide aminé lié dans les protéines pourrait compromettre son utilisation pour la synthèse protéique et favoriser son oxydation hépatique lorsque le rythme d'alimentation est trop discontinu. Enfin, les présents résultats montrent que la forme protégée du tryptophane cristallisé utilisée dans cette expérience ne permet pas d'améliorer significativement son utilisation par le porcelet.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARC, 1981. The Nutrient Requirements of Pigs. C.A.B., Farnham Royal, Slough, England, 307pp.
- BALLÈVRE O., CADENHEAD A., CALDER A. G., REES W. D., LOBLET G. E., FULLER M. F., GARLICK P. J., 1990. *Am. J. Physiol.*, 261, 748-757.
- BATTERHAM E.S., 1979. In: "Recent Advances in Animal Nutrition", W. HARESIGN and D. LEWIS (Editors), Butterworths; London, 11-22.
- BATTERHAM E.S., ANDERSON L. M., BAIGENT D. R., 1994. *Br. J. Nutr.*, 71, 345-360.
- BOSE R. C., NAIR K. R., 1939. *Sankhya*, 337-372.
- CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., CURIC D.M., 1985. *Anim. Prod.*, 40, 489-496.
- CHUNG T. K., BAKER D. H., 1992. *J. Anim. Sc.*, 70, 3102-3111.
- CORTAMIRA N. O., SÈVE B., LEBRETON Y., GANIER P., 1991. *Br. J. Nutr.*, 66, 423-435.
- FRIEDMANN M., FINLEY J., 1971. *J. Agric. Food chem.* 19, 626
- FULLER M.F., GARTHWAITE P., 1993. *J. Nutr.*, 123, 957-963.
- FULLER M. F., McWILLIAM R., WANG T. C., GILES L. R., 1989. *Br. J. Nutr.*, 62, 255-267.
- HEGER J., FRYDRYCH Z., 1985. *Br. J. Nutr.*, 54, 499-508.
- HENRY Y., SÈVE B., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 247-254.
- ITCF-EUROLYSINE 1995. Ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. ITCF, Paris, France.
- MOUGHAN P. J., SMITH W. C., 1987. *New Zealand J. Agric. R.*, 30, 301-303.
- RHONE-POULENC ANIMAL NUTRITION, 1993. Rhodimet nutrition guide. Feed ingredients formulation in digestible amino acids. Second edition, 55pp, Antony France.
- SATO H., SEINO T., KORAYASHI T., MURAI A., YUGARI Y., 1984. *Agri. Biol. Chem.*, 48, 2961-2969.
- SÈVE B., 1994. *INRA Prod. Anim.*, 7(4), 275-291.
- SÈVE B., GANIER P., HENRY Y., 1993. *Journées Rech. Porcine en France*, 25, 255-261.
- SÈVE B., HENRY Y., 1995. Protein utilization in non ruminants. VII symposium on protein metabolism and nutrition (May 24-27, 1995). *Estação Zootécnica Nacional Portugal*.
- SÈVE B., SAWADOGO M.L., GANIER P., COLLEAU Y., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 542-552.
- SMITH R. H., 1980. *Proc. Nutr. Soc.*, 39, 71-78.
- WANG T. C., FULLER M. F., 1989. *Br. J. Nutr.*, 62, 77-89.
- WILSON R. H., LEIBHOLZ J., 1981. *Br. J. Nutr.*, 45, 359-367.