

A 8005

VALEUR ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉE D'UN CONCENTRÉ DE PROTÉINES DE LUZERNE, LE « PX₁ », ET UTILISATION PAR LE PORC EN CROISSANCE-FINITION

D. BOURDON, J.M. PEREZ, Y. HENRY et Régine CALMES ()*

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

INTRODUCTION

Parmi les légumineuses, la luzerne est sans nul doute, la culture qui procure la production de protéines brutes à l'hectare la plus importante : 2 000 à 2 500 kg, soit trois fois plus qu'une culture de soja, le double d'une culture de pois et de féverole, quatre fois plus qu'un ha de blé et environ cinq fois la quantité fournie par un ha de colza.

Au sein de nos préoccupations, dans la recherche de sources de protéines complémentaires, d'origine métropolitaine, pour le porc, sans exclure les solutions déjà proposées, il est logique que la luzerne et ses produits dérivés après traitement technologique soient envisagés comme autre solution possible.

C'est pourquoi au cours de travaux antérieurs (RERAT et HENRY, 1969 ; HENRY et GAYE, 1969 ; HENRY et BOURDON, 1971 ; HENRY et al., 1973), nous nous sommes d'abord intéressé à l'utilisation de la farine de luzerne deshydratée riche en protéines 18 à 20 % comme source de protéines complémentaire dans des régimes simplifiés à base de céréales, simplement supplémentés en lysine. Cette solution, compte tenu des résultats obtenus chez le porc, ne s'avérait possible que pour le porc en finition de 60 à 100 kg de poids vif. De plus le taux d'introduction pour l'obtention de bonnes performances était limité à 10-12 %. Plusieurs facteurs limitants de l'utilisation massive de farine de luzerne deshydratée, même riche en protéines 18-20 %, ont été mis en évidence :

- Une valeur en énergie digestible faible pour le porc (1 900 à 2 000 Kcal par kg), en raison d'une teneur en cellulose élevée (20 à 25 %) qui déprime par ailleurs l'utilisation digestive globale de la ration.
- La faible acceptabilité du produit même sous forme deshydratée à taux élevé, qui permet de fixer comme taux d'incorporation maximal 15-20 % dans la ration du porc à l'engrais selon CHEEKE (1976), CHEEKE et al. (1978), LEEMASTER ET CHEEKE (1979).
- Ces mêmes auteurs et STONE et al. (1976) ont également incriminé la présence de facteurs dans la luzerne qui dépriment le niveau d'ingestion et son utilisation par l'animal, en particulier les saponines et les tanins sans que les résultats des études réalisées chez le porc soient très concluants.
- Le goût amer très prononcé de la farine de luzerne deshydratée la rend peu appétible sans que l'on puisse incriminer un composé déterminé.
- Enfin la fraction protéique de la luzerne sous forme deshydratée est peu digestible chez le porc (40 %) selon CHEEKE (1976).

C'est pourquoi, afin de s'abstraire de ces facteurs limitants, FERRANDO (1970), CHEEKE (1976), CHEEKE et al. (1977), MYER et CHEEKE (1975), MYER et al. (1975), RYS et al. (1977), ont envisagé la possibilité de l'utilisation de protéines de luzerne obtenues par extrac-

(*) Avec la collaboration technique de : G. CONSEIL, J.P. HAUTDUCOEUR, Jany PEINIAU, A. GRATON, R. LEVREL, G. DUCHASTEL, J.C. RISSEL et J.P. ALBERT.

tion et concentration, selon des processus technologiques variés. Le produit obtenu, à teneur en cellulose réduite 1 à 2 %, riche en xanthophylles et en pigments caroténoïdes, enrichi en protéines (30 à 60 %) est nettement amélioré. Il est essentiel au cours du processus technologique de préserver une bonne digestibilité et une disponibilité correcte de la fraction protéique et de son contenu en acides aminés.

Les études récentes conduites chez le porc et/ou chez le rat (SAUNDERS et al., 1973 ; CARR et PEARSON 1974 ; MYER et al. 1975 ; MYER et CHEEKE 1975 ; CHEEK et al. 1977, CHEEKE et al. 1978), permettent de mieux préciser l'utilisation des concentrés de protéines de luzerne. Mais ces études, notamment sur porcs, sont d'une durée limitée. Les produits testés sont variables dans leur type et leur composition étant donné la nature du processus technologique subi, qui dans de nombreux cas n'est pas précisé. De plus, l'obtention du produit, reste dans bien des situations au stade pilote.

C'est pourquoi, à la faveur de la fourniture par une firme française, d'un concentré de protéines de luzerne, obtenu selon un processus technologique standardisé, utilisé à l'échelon industriel, nous avons pu réaliser chez le porc à l'engrais :

- Une étude de digestibilité - Bilan azoté afin de déterminer la valeur énergétique et azotée du « PX₁ » (ED, EM, CUDE, CUDN) chez le porc en croissance compte tenu des carences de la bibliographie sur ces points.
- Parallèlement nous avons envisagé, par la réalisation d'une expérience en lot sur la période totale d'engraissement chez le porc, les possibilités d'utilisation « PX₁ » au sein de régimes à base de céréales (Blé et Maïs).

A - ÉTUDE DE DIGESTIBILITÉ - BILAN AZOTÉ

Valeur Énergétique et azotée du concentré de protéines de luzerne PX₁.

1 - Objet :

L'expérience a pour but de déterminer la valeur énergétique et azotée d'un concentré de protéines de luzerne (« PX₁ ») utilisable comme source de protéines complémentaires au sein d'un régime à base de céréales chez le porc à l'engrais, par la mesure de la digestibilité directe selon la méthode de substitution : le « PX₁ » est introduit aux taux respectifs de 10 et 20 % dans un régime simplifié uniquement à base de blé ; les valeurs énergétiques (Énergie digestible et Énergie métabolisable), sont calculées selon la méthode par différence et par régression ; le coefficient de digestibilité apparente de l'énergie, se déduit du calcul par différence et par régression, alors que celui de l'azote est estimé seulement à partir du calcul par différence.

2 - Matériel et méthodes :

a) Nature et références des matières premières - Résultats d'analyse.

	MATIÈRE SÈCHE %	% MATIÈRE SÈCHE		ÉNERGIE BRUTE Kcal/kg MS
		Matière organique	Matière azotées	
Blé	86,3	98,1	13,9	4 426
PX ₁	89,9	84,8	54,8	5 137

A l'examen des résultats d'analyse d'acides aminés, rapportés au tableau 1, le concentré de protéines de luzerne « PX₁ », apparaît, comparé au tourteau de soja 50, plus riche en thréonine (26,2 g/kg de MS contre 21,3 g), d'une teneur double en tryptophane (12,9 g/kg de MS contre 6,5 g) et d'une teneur équivalente en lysine (32,9 g/kg de MS contre 33,8 g). Ces caractéristiques de composition en acides aminés indispensables majeurs (lysine, thréonine et tryptophane), en font une source azotée complémentaire de choix au sein d'un régime à base blé pour le porc à l'engrais.

TABEAU 1
COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS DU PX₁ COMPARÉE A CELLE DU TOURTEAU DE SOJA 50
(% de la M.S.)

	PX ₁ (1)	TOURTEAU DE SOJA 50 (2)
• Acide aspartique	5,19	6,08
• Thréonine	2,62	2,13
• Sérine	2,33	2,76
• Acide glutamique	6,06	9,78
• Proline	2,46	2,70
• Glycine	2,83	2,29
• Alanine	3,17	2,34
• Valine	3,57	2,76
• Isoleucine	3,05	2,60
• Leucine	4,93	4,06
• Tyrosine	2,46	2,00
• Phenylalanine	3,16	2,68
• Histidine	1,31	1,40
• Lysine	3,29	3,38
• Arginine	3,34	3,85
• Cystine	0,57	0,91
• Méthionine	1,13	0,78
• Tryptophane	1,29	0,65

(1) Dosage effectué par Régine Calmes, excepté pour le tryptophane dosé par J. Baudet, 1979.
(2) Résultats obtenus par Pion, 1971.

b) Composition des régimes expérimentaux

Le régime correspondant au lot 1 est un régime simplifié à base de blé seul (97 %) simplement supplémenté en minéraux et vitamines. Les régimes des lots 2 et 3 diffèrent par une introduction respective de 10 et 20 % de PX₁ en remplacement d'une fraction équipondérale de blé. La composition des aliments expérimentaux figure au tableau 2.

TABEAU 2
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX *

RÉGIME	1	2	3
	RÉGIME A BASE BASE DE BLÉ	RÉGIME DE BASE +	
		10 % PX ₁	20 % PX ₁
• Blé	97	87	77
• PX ₁	—	10	20
• Mélange minéral (1)	3	3	3
• Mélange vitaminique (2)	+	+	+
TOTAL	100	100	100
Résultats d'analyse			
• Matière sèche P 100	87,24	87,74	87,99
• P 100 Mat. sèche	13,72	17,87	22,78
• Matières azotées	4,90	6,31	7,67
• Cendres	4269	4309	4413
• Énergie brute Kcal/kg M. sèche			
Teneurs estimées en acides aminés (P 100 Mat. Fraîche)			
• Lysine	0,30	0,56	0,84
• Acides aminés soufrés (méthionine + cystine)	0,41	0,52	0,62
• Thréonine	0,03	0,51	0,72
• Tryptophane	0,11	0,22	0,33

* Mode présentation : sous forme de farine-grille de broyage 3 mm.
(1) **Composition du mélange minéral P 100 du régime** : Phosphate bicalcique, 1,4 ; craie broyée, 1,0 ; sel marin, 0,5 ; mélange oligoéléments, 0,1 dont P 100 ; iodure de potassium, 0,03 ; sulfate de cuivre, 4,0 ; sulfate de zinc, 15,0 ; sulfate de manganèse, 16,0 ; sulfate de fer, 40,0 ; craie broyée, 24,97.
(2) **Prémélange vitaminique sur support de blé 4 kg qsp.** renfermant pour 100 kg aliment qté en g. : concentrat vit. A (500 000 UI./g), 0,8 ; concentrat vit. D₃ (100 000 UI./g), 0,4 ; riboflavine, 0,2 ; Panthoténate de calcium, 0,5 ; acide nicotinique, 1,0 ; concentrat de choline 50 P 100, 20,0 ; concentrat vit. B₁₂, 500 mg kg, 2,0.

c) Animaux - schéma expérimental

Douze porcs mâles castrés de race LARGE WHITE, issus du troupeau expérimental de la Minière de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs d'un poids vif moyen de 40-45 kg et 117 jours d'âge en moyenne sont répartis selon un schéma en blocs complets randomisés comportant 3 lots de 4 animaux. Le schéma expérimental est le suivant :

- lot 1 - Régime de base Blé seul
- lot 2 - Régime de base Blé + 10 % de PX₁
- lot 3 - Régime de base Blé + 20 % de PX₁

d) Mode de conduite de l'expérience

La technique utilisée est voisine de celle préconisée par HENRY et RERAT (1966) : de 35 kg environ à 40-45 kg de poids vif, durant 8 à 10 jours, les 12 porcs sont placés en cage à métabolisme et reçoivent tous un régime identique sans antibiotique, distribué sous forme humide à raison de 3 repas par jour. Cette période permet aux porcs de s'accoutumer à la vie en cage à métabolisme. A l'issue de cette période, les animaux sont soumis durant 7 jours à une période de précollecte afin de les accoutumer à leurs régimes expérimentaux respectifs. Ils les reçoivent en alimentation égalisée à raison de 3 repas par jour, sous forme humide, bien que l'eau seule soit fournie à volonté au cours d'une distribution supplémentaire. Après cette semaine d'adaptation, la collecte des urines et des fécès est réalisée, durant une période expérimentale de collecte de 10 jours. La quantité d'aliment fournie égalisée d'un lot à l'autre est constante durant 10 jours de collecte. Les conditions d'entretien et d'alimentation des animaux sont identiques à la période de précollecte. Les consommations individuelles d'aliments sont enregistrés quotidiennement avec estimation des refus qui sont pesés et déshydratés à l'étuve. Les animaux sont pesés au début et à la fin de chacune des périodes expérimentales.

3 - Résultats

a) Croissance - Consommation

Compte tenu de la brièveté de la période expérimentale (17 jours), dans l'étude de digestibilité métabolisme azoté, les performances de croissance consommation ne sont présentées au tableau 3 qu'à titre indicatif. Il est évident que les régimes sont simplifiés pour des raisons purement expérimentales en vue d'une meilleure maîtrise des facteurs à tester. C'est pourquoi, le régime à base de blé seul simplement supplémenté en minéraux et vitamines (lot 1) fournit les plus faibles performances (397 g/j de gain moyen journalier et 3,44 d'IC*). Avec l'introduction de PX₁ au taux de 10 % (lot 2), les performances sont nettement améliorées (494 g/j de GMQ et 2,80 d'IC*), mais restent suboptimales, essentiellement du fait d'une carence en lysine. En revanche, avec 20 % de PX₁ (lot 3), en dépit d'un rationnement sévère, les performances sont normales (620 g de GMQ et 2,19 d'IC*), le régime étant parfaitement apte à couvrir les besoins du porc en croissance

b) Résultats de digestibilité - Métabolisme azoté

Les résultats obtenus par mesure directe de digestibilité chez le porc en croissance sont rapportés au tableau 4.

- Utilisation de l'énergie

On observe une diminution linéaire du coefficient d'utilisation digestible apparente (CuDa) de l'énergie quand le taux de PX₁ dans le régime s'accroît, absence de PX₁ dans le lot 1, 10 % dans le lot 2 et 20 % dans le lot 3, correspondant à des CuDa E respectifs de 87.7, 86.4, 83.9. Les CuDa de la matière sèche et de la matière organique évoluent parallèlement. Ce phé-

(*) L'Indice de consommation est exprimé en kg de MS/kg gain

TABLEAU 3
RÉSULTATS GÉNÉRAUX DE CROISSANCE - CONSOMMATION
- NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 4 MÂLES CASTRÉS

	Poids moyen vif, kg	Age moyen, j
Début précollecte	40,4	117,2
Début collecte	43,8	124,2
Fin collecte	49,0	134,2

LOT OU RÉGIME	1	2	3	SIGNIFICATION STATISTIQUE Sx () (1)
	R. DE BASE BLÉ SEUL	R. DE BASE + 10 % PX ₁	20 % PX ₁	
Période de précollecte durée 7 jours				
Gain moyen, j. g.	357 B	478 AB	614 B	30,8 ** (12,7)
Cons. moyenne, j. g. M.S.	1296	1309	1274	— —
I.C. kg M.S./kg gain	3,75 b	2,78 a	2,09 a	0,23 (16,3)
Période de collecte durée 10 jours				
Gain moyen, j. g.	425 B	505 AB	625 A	21,3 ** (8,2)
Cons. moyenne, j. g. M.S.	1407	1414	1416	— —
I.C. kg M.S./kg gain	3,32 b	2,85 b	2,28 a	0,11 * (8,0)
Période totale durée 17 jours				
Gain moyen, j. g.	397 B	494 AB	620 A	21,8 ** (8,6)
Cons. moyenne, j. g. M.S.	1362	1371	1358	— —
I.C. kg M.S./kg gain	3,44 B	2,80 AB	2,19 A	0,13 ** (9,3)

(1) Sx Écart-type de la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation.

TABLEAU 4
RÉSULTATS MOYENS DE DIGESTIBILITÉ DES RÉGIMES
- NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 4 MÂLES CASTRÉS
- DURÉE DE LA PÉRIODE DE COLLECTE, 10 JOURS

	Poids moyen vif, kg	Age moyen, j
Début collecte	43,83	124,25
Fin collecte	49,01	134,25

LOT OU RÉGIME	1	2	3	SIGNIFICATION STATISTIQUE Sx () (1)
	R. DE BASE BLÉ SEUL —	R. DE BASE + 10 % PX ₁	20 % PX ₁	
1. Utilisation de l'Énergie				
— C.U.D.a Mat. sèche	87,80 A	86,12 B	83,59 C	0,21 ** (0,5)
— C.U.D.a Mat. organ.	89,70 A	88,80 A	86,91 B	0,22 ** (0,5)
— C.U.D.a Énergie	87,72 A	86,37 A	83,91 B	0,26 ** (0,6)
— E.D.a kcal/kg régime frais	3293 ± 13,1 (0,80)	3290 ± 7,8 (0,47)	3283 ± 12,9 (0,78)	— —
— E.D.a kcal/kg matière sèche	3745 ± 15 (0,80)	3721 ± 8,8 (0,47)	3703 ± 14,6 (0,79)	— —
— E.D.a kcal/kg matière organique	3938 ± 15,8 (0,80)	3972 ± 9,4 (0,47)	4011 ± 15,9 (0,79)	— —
— E.M. _n kcal/kg régime frais	3155 ± 10,8 (0,68)	3132 ± 7,6 (0,49)	3097 ± 26,8 (1,73)	— —
— E.M. _n kcal/kg matière sèche	3588 ± 12,3 (0,68)	3543 ± 8,4 (0,47)	3494 ± 30,2 (1,73)	— —
— E.M. _n kcal/kg matière organique	3779 ± 12,3 (0,65)	3782 ± 9,0 (0,48)	3784 ± 32,8 (1,74)	— —
— E.M. _n % E.D.	96,95	97,11	96,86	
2. Utilisation de l'Azote				
— C.U.D.a N	86,99	88,10	87,55	1,39 NS (3,2)
— C.R.N.	40,74 b	51,65 a	53,93 a	1,81 * (7,4)
— C.U.P.N	35,45 b	45,50 a	47,18 a	1,62 * (7,2)
— N retenu en g/jour	10,92 c	18,29 B	24,35 A	0,81 ** (9,1)

(1) Sx Écart-type de la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation.

nomène indique que le PX₁ présente une digestibilité de sa fraction énergétique inférieure à celle du blé. Néanmoins, en dépit d'une digestibilité plus faible de sa fraction énergétique, le PX₁ ayant un contenu en énergie brute plus élevé que le blé (+ 16 %) et introduit à taux limité (10 et 20 %) le contenu en énergie digestible des régimes ne diffère pas. Les conclusions sont identiques pour le contenu énergétique des régimes exprimé en EMna kcal par kg de MS.

- Utilisation de l'azote

Quel que soit le taux d'introduction de PX₁ dans le régime, le CuDa de l'azote est pratiquement constant. En revanche lorsque l'on passe du régime à base de blé seul, en améliorant le niveau azoté au plan quantitatif et qualitatif par l'introduction de PX₁ à 10 % (lot 2) et à 20 % (lot 3) on assiste à un accroissement de l'utilisation métabolique de la fraction azotée estimée par le coefficient de rétention azotée (CRN) et le coefficient d'utilisation pratique de l'azote (CUPN) qui évoluent parallèlement. Corrélativement la quantité journalière d'azote retenu en g. s'accroît pour passer de 10,9 g/j avec le régime 1 à base de blé seul à 18,3 g/j avec le régime 2 à 10 % de PX₁ pour atteindre 24,3 g/j avec le régime 3 à 20 % de PX₁.

c) Calcul de la valeur énergétique (Énergie digestible apparente EDa et Énergie métabolisable apparente corrigée pour un bilan azoté ml EMna) des Matières Premières : Blé et PX₁.

• Valeur EDa et EMna du Blé

A partir des résultats bruts de digestibilité, obtenus par mesure directe chez le porc, avec le régime simplifié à base de blé seul simplement supplémenté en minéraux et vitamines du lot 1, il est possible, selon la technique préconisée par HENRY (1968), de calculer selon la méthode directe, la valeur en EDa et en EMna du blé, représentant la seule source de matière organique du régime :

- à partir de la valeur EDa et EMna kcal/kg de produit frais du régime

Les valeurs ainsi obtenues pour le blé à 87,9 % de matière sèche sont respectivement :

- EDa kcal/kg frais	- EMna kcal/kg frais
3 395 kcal	3 253 kcal
± 13.6 (0.80)*	± 11.0 (0.67)
- EDa kcal/kg Mat. Sèche	- EMna kcal/kg Mat.. Sèche
3 862 kcal	3 700 kcal
± 15.3 (0.79)	± 12.7 (0.69)

- à partir de la valeur EDa et EMna kcal/kg de matière organique du régime

Les valeurs ainsi obtenues pour le blé par kg de matière sèche sont respectivement :

- EDa kcal/kg de matière sèche	- EMna kcal/kg de matière sèche
3 865 kcal	3 707 kcal
± 15,6 (0,81)	± 12,1 (0,65)

• 2 - Valeur EDa et EMna du PX₁

Le calcul des valeurs énergétiques EDa et EMna du PX₁ sont réalisables après mesure directe de digestibilités des régimes 2 et 3 renfermant respectivement 10 et 20 % de PX₁. A partir des valeurs énergétiques EDa et EMna du blé estimées précédemment nous obtenons par différence selon la méthode par substitution les résultats suivants pour le concentré de protéines de luzerne.

(*) ± Écart type de la moyenne (entre parenthèses coefficient de variation)

— EDa

Valeur ED /kg frais du PX₁

au taux de 10 % lot 2
3 380 kcal
± 78,2 (4,6)

au taux de 20 % lot 3
3 349 kcal
± 64,4 (3,8)

Valeur EDa kcal/kg de matière sèche du PX₁

pour un produit à 89,9 % de matière sèche

au taux de 10 % lot 2
3 759 kcal/kg M.S.
± 87,1 (4,6)

au taux de 20 % lot 3
3 725 kcal/kg M.S.
± 71,5 (3,8)

soit en moyenne pour les 2 taux 10 et 20 % de PX₁

ED kcal/kg frais
3 364 kcal
± 47 (4,0)

ED kcal/kg M.S.
3 741 kcal
± 52 (4,0)

— EMna

EMna, kcal/kg frais, du PX₁

au taux de 10 % lot 2
3 032 kcal/kg
± 76,4 (5,0)

au taux de 20 % lot 3
2 967 kcal/kg
± 134 (9,0)

EMna kcal/kg M.S. - du PX₁ pour un produit à 89.91 % de matière sèche

au taux de 10 % lot 2
3 372 kcal/kg
± 85,1 (5,0)

au taux de 20 % lot 3
3 300 kcal/kg
± 149 (9,0)

soit une valeur moyenne pour les 2 taux d'introduction 10 et 20 %

EMna kcal/kg frais
3 000 kcal
± 72,5 (6,8)

EMna kcal/kg de MS
3 336 kcal
± 80,7 (6,8)

- **Le calcul des valeurs énergétiques (EDa et EMna), du blé et du PX₁, par mesure directe, est également possible par régression :** (selon une méthode préconisée par HENRY et BOURDON, 1973).

A partir de l'équation $Y = AX_1 + BX_2$ où Y est la valeur énergétique en EDa ou EMna par kg de produit frais des régimes, X₁ et X₂ les pourcentages respectifs de PX₁ et de Blé. Pour chaque valeur individuelle obtenue, en divisant chacun des termes par X₂, on obtient la relation simple linéaire suivante :

$$Y/X_2 = AX_1/X_2 + B$$

Ainsi il est possible de déterminer par simple calcul de régression les termes A (valeurs énergétiques du PX₁ en frais) et B (valeur énergétique du blé en frais) en EDa et en EMna, X₁ variant de 0 - 10 à 20 % et X₂ variant de 96, 9751 - 86, 9751 - à 76, 9751 %. Selon ce mode de calcul, les valeurs estimées EDa et EMna du blé et du PX₁ exprimées en frais et par kg de matière sèche sont rapportées dans le tableau 5.

L'ensemble des résultats obtenus et des valeurs estimées sont regroupées dans le tableau 6.

TABLEAU 5
VALEURS ÉNERGÉTIQUES (E.D.a, E.M.na) DU BLÉ ET DU PX₁ CALCULÉES PAR RÉGRESSION

MATIÈRE PREMIÈRE	BLÉ A.713	PX ₁	VALEUR DU COEFFICIENT DE CORRÉLATION
— E.D.a kcal/kg produit frais	3395	3345	r = 0,998
— E.D.a kcal/kg matière sèche	3862	3720	
— E.M.n kcal/kg produit frais	3256	2963	r = 0,993
— E.M.n kcal/kg matière sèche	3703	3295	

TABLEAU 6
VALEURS ÉNERGÉTIQUES ESTIMÉES (E.D.a ET E.M.na)* DES MATIÈRES PREMIÈRES BLÉ ET PX₁ (KCAL/KG MATIÈRE SÈCHE) SELON LES DIVERS MODES DE CALCUL

MATIÈRE PREMIÈRE	BLÉ A 713	PX ₁		T. SOJA	
		10 %	20 %	44	50
— Énergie brute kcal/kg Mat. sèche	4426	5137		4621	4726
— E.D.a kcal/kg M.S.	Calcul Direct	Mesure directe = méthode par substitution Calcul par différence			
• Calcul à partir valeur E.D.a kcal/kg frais Régime à base de blé seul ou blé + PX ₁	3862 ± 15,3 (0,79)	3759 ± 87,1 (4,6)	3725 ± 71,5 (3,8)	—	—
• Calcul à partir valeur E.D.a kcal/kg de matière organique	3865 ± 12,1 (0,65)	—	—	—	—
• Calcul par régression	3862	3720		—	—
Moyenne	3863	3735		4100	4000
C.U.D.a Énergie	87,28	72,71		88,73	84,64
— E.M.na kcal/kg M.S.		Mesure directe = méthode par substitution Calcul par différence			
• Calcul à partir valeur E.M.na kcal/kg frais Régime à base de blé seul ou blé + PX ₁	3700 ± 12,7 (0,69)	3372 ± 85,1 (5,0)	3300 ± 149,1 (9,04)	—	E.M. (1) 3750
• Calcul à partir valeur E.M.na kcal/kg de matière organique	3707 ± 12,1 (0,65)	—	—	—	—
• Calcul par régression	3703	3295		—	—
Moyenne	3703	3322		—	—
E.M.na % E.D.a	95,86	88,94		—	—
Source				HENRY BOURDON 1973	PASTUS-ZEWSKA et al., 1974

* E.D.a Énergie digestible apparente

* E.M.na Énergie métabolisable apparente corrigée pour un bilan azoté nul

Il est à remarquer que pour chacune des matières premières Blé ou PX₁, les valeurs estimées par les différentes méthodes sont en parfait accord ce qui démontre clairement la fiabilité des méthodes utilisées.

Étant donné la similitude des valeurs estimées pour chacune des matières premières, Blé et PX₁, par les différentes méthodes de calcul utilisées, nous avons pu calculer une valeur moyenne en EDa et EMna, exprimée en kcal/kg de matière sèche à partir de la totalité des données obtenues. Ainsi les valeurs moyennes estimées s'élèvent respectivement à : 3 863 kcal/kg de MS EDa, 3 703 kcal/kg de MS EMna, correspond à un CUDa E de 87,3 % pour le blé ; 3 735 kcal/kg de M.S. EDa, 3 322 kcal/kg de M.S EMna, correspondant à un CUDa E de 72,7 % pour le PX₁.

Dans le tableau 6 les valeurs EDa du PX₁ sont comparées à celles obtenues antérieurement selon la même technique (HENRY et BOURDON, 1973 ; PASTUSZEWSKA et al., 1974) pour les tourteaux de soja 44 et 50 %. La valeur en énergie digestible apparente du PX₁ EDa 3 735 kcal/kg de M.S. est de 7 à 9 % inférieure à celle du tourteau de soja 44 et 50.

D'un point de vue pratique, sont rapportées dans le tableau 7, les valeurs énergétiques estimées (EDa, EMna) calculé pour un blé à 87 % de matière sèche, pour le PX₁ et les tourteaux de soja pour un produit à 90 % de matière sèche.

TABEAU 7
VALEURS ÉNERGÉTIQUES ESTIMÉES POUR UN PRODUIT FRAIS A 87 P 100 DE MATIÈRE SÈCHE
DANS LE CAS DU BLÉ ET A 90 P 100 DE MATIÈRE SÈCHE POUR LE PX₁ ET LE TOURTEAU DE SOJA
UTILISATION DIGESTIVE DE LA FRACTION ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉE

MATIÈRE PREMIÈRE	BLÉ A 713	PX ₁	TOURTEAU DE SOJA 44 50	
— Utilisation de l'énergie				
• Énergie brute kcal/kg	3 851	4 623	4 159	4 253
• Énergie Digestible apparente, kcal/kg	3 361	3 361	3 690	3 600
• C.U.D.a Énergie	87,28	72,70	88,73	84,64
• E.M. _{na} ou E.M.	3 222	2 989	—	3 375 (E.M.)
• E.M. _{na} ou E.M., p. 100 E.D.a	95,89	88,93	—	93,75
— Utilisation de l'Azote				
• C.U.D.a N	86,99	89,35	88,60	89,0
Source	Nos Résultats		HENRY BOURDON 1973	PASTUS- ZEWSKA et al. 1974

4 - Valeur azotée du blé et du PX₁

Les valeurs des CUDaN figurent dans le tableau 7. Par mesure directe sur le régime du lot 1 à base seul, nous obtenons un coefficient de digestibilité apparente de l'azote pour le blé de 87,0 %. Par mesure directe, et calcul selon la méthode par différence, pour le PX₁ introduit à deux taux 10 % dans le lot 2 et 20 % dans le lot 3. Selon la méthode de substitution la valeur moyenne du CUDaN est de 89,35 %, c'est-à-dire très voisine de celle estimée selon la même technique pour le tourteau de soja 50, 89 % par PASTUSZEWSKA et al. (1974).

CONCLUSION

Les valeurs obtenues pour le blé dans la présente étude : 3 863 kcal/kg MS d'EDa, 3 703 kcal/kg de MS d'EMna, CUDaE de 87,3 %, CUDaN de 87 % sont en accord avec les valeurs déterminées par HENRY (1968), et les valeurs moyennes calculées à partir d'une compilation de résultats (une dizaine seulement pour le porc) disponibles dans la bibliographie, rapportées par PEREZ et al. (1978).

En fait l'originalité de cette étude réside essentiellement dans la détermination des valeurs estimées pour le concentré de protéines de luzerne le PX₁ chez le porc : 3 735 kcal/kg MS d'EMna, CUDa E de 72,7 %, CUDaN 89,4 %. En effet, pour le porc, aucune donnée n'est disponible dans la bibliographie.

Le PX₁ avec un contenu en énergie brute très élevé 5 137 kcal/kg MS, en raison d'une teneur en lipides élevée (11 à 12 %), présente une digestibilité faible de l'énergie 72,7 %, en dépit d'une fraction en cellulose Weende réduite (1,4 à 2 %). Ce phénomène n'est explicable qu'en fonction de la nature particulière des fractions glucidiques (20 % d'extractif non azoté) dont la composition serait à préciser et qui sont vraisemblablement peu digestibles. Ce point mériterait de faire l'objet d'études complémentaires. Des résultats similaires ont été trouvés

par GUILLAUME et CALET qui estiment la valeur EM du PX₁ pour le poulet à 2 600 kcal/kg de MS selon les données rapportées par TRUCHETTO (1977). Néanmoins le PX₁ est mieux utilisé par le porc en croissance que par le poulet.

En revanche, dans nos conditions expérimentales, l'utilisation digestive de la fraction azotée du PX₁ est élevée chez le porc à 89,4 % de CUDaN. Elle est nettement supérieure aux valeurs, citée par TRUCHETTO, (1977) (80 %) pour le poulet, déterminée par CHEEKE et al., (1977) pour le X-PRO chez le rat, mais similaire à celle mesurée également chez le rat par le même auteur pour le concentré de protéines de luzerne lyophilisé. Cette valeur s'insère également parmi les meilleurs résultats obtenus par SAUNDERS et al., (1973) qui ont testé chez le rat les différentes fractions des protéines de luzerne.

Ces variations dans les nombreuses estimations de la digestibilité de l'azote pour des produits similaires, s'expliquent facilement par la nature des différentes fractions testées, dont le procédé technologique d'obtention varie notablement d'une étude à l'autre. A cet égard, dans nos conditions expérimentales nous disposons d'un échantillon homogène en quantité importante, d'un excellent concentré de protéines de luzerne, ayant subi une technologie bien définie qui préserve notamment la fraction protéique et qui est aussi digestible que celle d'un tourteau de soja 50.

B - EXPÉRIENCE EN LOTS

1 - Objet :

Le but de l'expérience est l'étude de l'utilisation d'un concentré de protéines de luzerne le « PX₁ » comme source complémentaire de protéines d'un régime à base de céréale chez le porc à l'engrais de 25 à 100 kg de poids vif. Le « PX₁ » est introduit non seulement au sein d'un régime à base de blé, en remplacement partiel (10 % de PX₁) ou total (20 % de PX₁ ou 10 % de PX₁ + lysine) du tourteau de soja, mais également associé au maïs en remplacement total de la fraction tourteau de soja par 20 % de PX₁ + 0,03 % de tryptophane. Comme nous l'avons mis en évidence dans les résultats de l'étude précédente, par sa richesse en lysine (32,9 g/kg de M.S.) en thréonine (26,2 g/kg de M.S) et en tryptophane (12,9 g/kg de M.S.) le « PX₁ » représente le complément azoté idéal d'un régime à base de blé pour le porc ; cette céréale ayant un déficit marqué en lysine et en thréonine. En revanche, avec le maïs, en dépit d'une teneur élevée du « PX₁ » en tryptophane (12,9 g/kg de M.S.) il s'avère nécessaire pour couvrir les besoins du porc d'apporter un supplément de tryptophane sous forme synthétique.

2 - Modalités expérimentales :

Soixante porcelets de race LARGE WHITE, issus du troupeau expérimental de LA MINIERE de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, d'un poids vif moyen initial de 25,3 kg et âgés en moyenne de 78 jours, sont répartis en 5 lots de 12 animaux (6 mâles castrés et 6 femelles) selon un schéma en blocs complets randomisés. Au sein de chaque lot les animaux reçoivent un régime unique pendant toute la période d'engraissement de 20 à 100 kg de poids vif, excepté dans le lot 4 où le régime blé T. soja (5 %), PX₁ (10 %) + lysine est remplacé par le régime blé PX₁ 10 % + lysine dès le stade de 40 kg de poids vif.

Les 5 lots correspondent aux régimes suivants :

- Lot 1 : Régime témoin blé - tourteau de soja (20 %)
- Lot 2 : Régime blé - tourteau de soja (10 %). PX₁ (10 %)
- Lot 3 : Régime blé - PX₁ (20 %)
- Lot 4 : **croissance** : 25-40 kg de poids vif
Régime blé - T. soja (5 %). PX₁ 10 % + lysine
finition : 40-100 kg de poids vif
Régime blé - PX₁ (10 %) + lysine
- Lot 5 : Régime maïs - PX₁ (20 %) + tryptophane

Ces régimes, dont la composition est rapportée dans le tableau 8, ont été calculés de façon à couvrir les besoins du porc en croissance non seulement en énergie mais également en matières azotées et plus spécifiquement en acides aminés indispensables (lysine et tryptophane) ce qui explique que les régimes des lots 4 et 5 sont rééquilibrés respectivement en lysine et tryptophane d'origine industrielle.

TABEAU 8
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX *

RÉGIME	1	2	3	4	5	
Composition p. 100				C*	F*	
— Blé	74	74	74	79	84	—
— Maïs	—	—	—	—	—	74
— T. Soja 50	20	10	—	5	—	—
— PX ₁	—	10	20	10	10	20
— Mélasse	3	3	3	3	3	3
— Mélange Minéral (1)	3	3	3	3	3	3
— Prémélanges vitaminés (2)						
Acides aminés						
M V A 1	+	+	+	—	—	—
M V A 2	—	—	—	+	—	—
M V A 3	—	—	—	—	+	—
M V A 4	—	—	—	—	—	+
TOTAL	100	100	100	100	100	100
Résultats d'analyse						
Matière sèche p. 100	87,93	88,72	88,88	89,27	87,73	89,09
P. 100 Matière sèche						
• Matières Azotées	21,93	21,01	20,64	18,81	16,63	18,15
• Cendres	6,34	7,01	7,63	6,68	6,08	7,11
• Énergie Brute kcal/kg M.S.	4 280	4 232	4 341	4 301	4 341	4 460
E.D. estimée kcal/kg Frais	3 200	3 150	3 130	3 150	3 150	3 200
Teneurs en acides Aminés estimées p. 100 Frais						
• Lysine	0,83	0,83	0,83	0,81	0,71	0,78
• Acides Aminés soufrés (Méthionine + Cystine)	0,59	0,60	0,62	0,57	0,50	0,59
• Thréonine	0,61	0,55	0,71	0,59	0,50	0,72
• Tryptophane	0,22	0,22	0,23	0,20	0,17	0,16

* Mode présentation - granulés de 5 mm de diamètre C : Croissance
Finesse de broyage grille de 3 mm de diamètre. F : Finition

- (1) **Composition du Mélange Minéral p. 100 du régime :**
Phosphate bicalcique : 1,4 ; Craie broyée : 1,0 ; Sel Marin : 0,5 ; Mélange oligoéléments : 0,1 (dont p. 100 : Iodure de Potassium : 0,03 ; Sulfate de cuivre : 40,0 ; Sulfate de Zinc : 15,0 ; Sulfate de Manganèse : 16,0 ; Sulfate de Fer : 40,0 ; Craie broyée : 24,97).
- (2) **Prémélanges Vitamines - Acides Aminés sur support de blé (lots 1, 2, 3 et 4) ou de Maïs lot 5. 4 kg q.s.p. Qté en g pour 100 kg d'aliment :**
Concentrat Vit A (500 000 UI/g) : 0,8 ; Concentrat Vit D₃ (100 000 UI/g) : 0,4 ; Riboflavine : 0,2 ; Panthoténate de calcium : 0,5 ; Acide nicotinique : 1,0 ; Concentrat de choline 50 p. 100 : 20,0 ; Concentrat Vit. B₁₂ 5090 mg/kg : 0,2.
Pour les MVA₂ et MVA₃ respectivement 130 g et 260 g de L-Lysine HCl (Eurolysine à 78,84 p. 100 de pureté. Pour le MVA₄ 30 g de L-Tryptophane.

La composition des matières premières introduites dans les aliments est indiquée au tableau 9. Nous avons utilisé dans cette expérience un excellent tourteau de soja 50 (55,37 % de MAT/M.S.), un maïs courant (10,6 % de MAT/M.S.), un blé moyennement riche en protéines (13,94 % de MAT/M.S.), un concentré de protéines de luzerne le « PX₁ » (54,8 % de MAT/M.S.). Ces deux matières premières, blé et PX₁ sont identiques à celles utilisées dans l'expérience précédente de digestibilité-Bilan azoté.

TABEAU 9
COMPOSITION CHIMIQUE DES MATIÈRES PREMIÈRES

NATURE ET RÉFÉRENCE	« PX ₁ »	T. SOJA 50	BLÉ	MAÏS
Matière sèche %	89,92	89,50	86,31	88,60
% Matière sèche				
Cendres	15,20	7,31	1,89	1,55
Matières Azotées	54,76	55,37	13,94	10,65
Énergie Brute kcal/kg M.S.	5137	4693	4426	4436

Les animaux sont élevés en loges individuelles munies d'abreuvoir automatique, en l'absence de litière. Durant une période de 8 à 10 jours, ils reçoivent tous en quantité limitée selon un plan de rationnement rapporté au tableau 10, le régime témoin (lot 1) blé-T. soja, à raison d'une seule distribution journalière le matin. Cette période permet aux animaux de s'adapter à leurs nouvelles conditions d'environnement.

TABLEAU 10
PLAN DE RATIONNEMENT

POIDS VIF (kg)	QUANTITÉ D'ALIMENT FRAIS kg/j	POIDS VIF (kg)	QUANTITÉ D'ALIMENT FRAIS kg/j	POIDS VIF (kg)	QUANTITÉ D'ALIMENT FRAIS kg/j
20-24	1,2	40-44	2,0	60-64	2,5
24-28	1,4	44-48	2,1	64-68	2,6
28-32	1,6	48-52	2,2	68-72	2,7
32-36	1,8	52-56	2,3	72-76	2,8
36-40	1,9	56-60	2,4	76-100	2,9

* Pour mâles castrés et femelles - changement hebdomadaire après pesée des animaux.

A l'issue de cette période, la mise en lot des animaux est réalisée au poids vif moyen de 25,3 kg et à un âge moyen de 78 jours. Ils reçoivent selon les mêmes modalités que durant la période précédente, l'aliment correspondant au lot auquel ils sont affectés sous forme de granulés de 5 mm. Pour l'ensemble des lots, l'aliment est unique de 25,3 kg de poids vif à 99,9 kg de poids vif, excepté pour le lot 4 où le régime croissance est remplacé par le régime finition lorsque les porcs atteignent le poids vif moyen de 40 kg. La consommation d'aliment est contrôlée quotidiennement. Les porcs sont pesés chaque semaine et sont abattus au poids vif moyen de 99,9 kg à 193,9 jours d'âge. Une demi-carcasse est découpée selon la technique Parisienne.

3 - Résultats - Discussion :

a) croissance - consommation :

Pour les périodes de croissance (25-60 kg de poids vif) et de finition (60-100 kg de poids vif), les résultats obtenus dans la présente expérience figurent au tableau 11.

Les résultats relatifs à la période totale d'engraissement (25-100 kg de poids vif) sont présentés au tableau 12.

• Consommation d'aliment :

Le plan de rationnement ayant été correctement appliqué, il n'apparaît pas de différence importante dans les quantités moyennes d'aliment ingéré journalièrement entre les différents lots. Cependant il est à remarquer que les mâles castrés du lot 3 (régime blé à 20 % de « PX₁ ») consomment une quantité d'aliment légèrement plus faible durant la période de croissance (de 25 à 60 kg de poids vif). Cette effet se répercute sur l'ensemble de la période d'engraissement (de 25 à 100 kg de poids vif) où l'on enregistre un ingéré moyen de 2,14 kg/j, pour les mâles castrés du lot 3 contre 2,22 kg/j en moyenne pour les animaux de même sexe des autres lots. De même les porcs femelles de lot 5 (régime maïs à 20 % de PX₁ supplémenté en tryptophane au taux de 0,03 %) ingèrent une quantité journalière d'aliment plus faible, réduite de 100 g/j comparé aux castrats soumis à un régime identique (1,79 kg/j contre 1,89 kg/j).

Le phénomène est difficilement explicable dans le premier cas, sinon par suite d'incidents sanitaires. En revanche dans le second cas pour les femelles du lot 5, en période de croissance, l'hypothèse émise est celle d'une réduction de la quantité d'aliment ingérée, induite en toute vraisemblance par un léger déficit en tryptophane, en dépit toutefois d'une supplémentation de 0,03 % qui se révèle insuffisante. L'exigence marquée des porcs femelles au plan azoté qualitatif, supérieure à celle des mâles castrés est un fait bien connu.

TABLEAU 11
RÉSULTATS MOYENS DE CROISSANCE-CONSOMMATION
PÉRIODE DE CROISSANCE - 20 - 60 KG DE POIDS VIF ET DE FINITION 60 - 100 KG DE POIDS VIF
— NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 12

	Poids moyen vif, kg	Age moyen, j
— Début de l'expérience	25,33	77,9
— Fin période de croissance	61,29	138,3
— Fin d'expérience	99,90	193,9

LOT OU RÉGIME						MOYENNE	SIGNIFI- CATION STATIS- TIQUE S \bar{x} () (1)	
	1	2	3	4	5			
	Témoin Blé T. soja	Blé T. soja 10 PX ₁ 10	Blé PX ₁ 20	C Blé T. soja 50 PX ₁ 10 + Lysine	F Blé PX ₁ 10 + Lysine	Maïs PX ₁ 20 + Trypto.		
— Période de Croissance 25-60 kg de Poids vif								
— Gain Moyen journalier g	Moyenne MC F	629 626 631	599 586 613	575 574 576	605 610 600	584 601 568	599 599 598	16,4 (9,5)
— Cons. Moy. journalière kg	Moyenne MC F	1,86 1,89 1,83	1,83 1,86 1,80	1,78 1,75 1,82	1,86 1,87 1,86	1,84 1,89 1,79	1,83 1,85 1,82	— —
— Indice de consom. kg mat. fraîche /kg.gain	Moyenne MC F	2,97 3,03 2,91	3,07 3,17 2,97	3,13 3,08 3,19	3,09 3,06 3,12	3,15 3,16 3,15	3,08 3,10 3,07	0,07 (7,9)
— Période de finition 60-100 kg de Poids vif								
— Gain moyen journalier g	Moyenne MC F	707 716 699	664 703 625	712 719 706	761 714 809	719 746 692	713 720 706	28,3 (13,5)
— Cons. Moy. journalière kg	Moyenne MC F	2,51 2,59 2,44	2,55 2,74 2,36	2,56 2,64 2,48	2,61 2,66 2,56	2,53 2,54 2,53	2,55 2,63 2,47	
— Indice de consom. kg mat. fraîche /kg.gain	Moyenne MC F	3,58 3,67 3,49	3,86 3,90 3,82	3,63 3,70 3,56	3,44 3,73 3,16	3,58 3,48 3,69	3,62 3,70 3,54	0,11 (11,0)

(1) S \bar{x} Écart-type de la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation.

TABLEAU 12
RÉSULTATS MOYENS DE CROISSANCE-CONSOMMATION
PÉRIODE DE CROISSANCE - 20-100 KG DE POIDS VIF
— NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 12

	Poids moyen vif, kg	Age moyen, j
— Début de l'expérience	25,33	77,9
— Fin période de croissance	99,9	193,9

LOT OU RÉGIME						MOYENNE	SIGNIFI- CATION STATIS- TIQUE S \bar{x} () (1)	
	1	2	3	4	5			
	Témoin Blé T. soja	Blé T. soja 10 PX ₁ 10	Blé PX ₁ 20	C T. soja 5 PX ₁ 10 + lysine	F Blé PX ₁ 10 + lysine	Maïs PX ₁ 20 + Trypto.		
— Période totale d'engraissement 25-100 kg de Poids vif								
— Gain Moyen journalier g	Moyenne MC F	663 669 657	624 630 618	627 623 632	684 662 707	640 662 619	648 649 647	17,0 (9,1)
— Cons. Moy. journalière kg	Moyenne MC F	2,18 2,23 2,13	2,16 2,24 2,08	2,13 2,14 2,13	2,23 2,26 2,20	2,15 2,18 2,13	2,17 2,21 2,13	— —
— I. C. kg mat. fraîche /kg.gain	Moyenne MC F	3,29 3,35 3,24	3,48 3,56 3,41	3,41 3,44 3,39	3,26 3,41 3,11	3,38 3,32 3,44	3,37 3,42 3,32	0,07 (7,8)

(1) S \bar{x} Écart-type de la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation.

- **Croissance :**

A l'examen des résultats obtenus, dans nos conditions expérimentales (porcs de type conventionnels qui réalisent un bon niveau de performances, quels que soient la phase de la période d'engraissement, le taux d'introduction du PX₁ ou la nature de la céréale de base du régime), il s'avère qu'au plan de la croissance moyenne journalière, les lots expérimentaux ne diffèrent pas entre eux, et a fortiori ils sont équivalents au régime témoin (blé + 20 % de T. soja). Ces observations nous incitent à conclure que les protéines de luzerne le « PX₁ », introduit à 10 % (lot 2) ou à 20 % (lot 3) en remplacement partiel ou total de la fraction tourteau de soja au sein d'un régime simplifié à base de blé, permettent au porc à l'engrais d'extérioriser des performances de croissance égales à celles réalisées avec un régime blé-T. soja (lot 1).

Il est possible (cas du lot 4) d'associer au blé, seulement 10 % de PX₁, 5 % de T. soja, plus un supplément de lysine (de 25 à 40 kg de poids vif) et 10 % de PX₁ supplémenté en lysine (de 40 à 100 kg de poids vif) pour obtenir des performances de croissance de niveau équivalent à celles enregistrées avec le régime témoin blé 20 % de T. soja.

En revanche l'association de 20 % de « PX₁ » avec le maïs (lot 5) nécessite une supplémentation en tryptophane de synthèse de 0,03 %, en dépit de la richesse des protéines de luzerne en tryptophane, ce qui en limite la portée pratique. Néanmoins, les performances obtenues sont bonnes et présentent un intérêt du point de vue expérimental. A l'examen de ces premiers résultats, il est permis de penser que des études ultérieures seront encore nécessaires en vue de mieux préciser l'association optimale, maïs-PX₁ au plan pratique.

Au niveau des performances de croissance, les différences, entre les valeurs extrêmes de gain moyen journalier atteignent seulement 9 %, sans toutefois se révéler statistiquement significatives (lot 3 blé renfermant 20 % de PX₁, comparé au régime témoin lot 1 blé associé à 20 % de tourteau de soja). En outre, ce phénomène n'est réellement sensible que durant la phase de croissance (de 25 à 60 kg de poids vif). En revanche, au cours de la période de finition de 60 à 100 kg de poids vif, où le porc consomme les 2/3 de la quantité d'aliment nécessaire pour l'ensemble de la période d'engraissement, les performances de croissance sont d'un niveau comparable, quelle que soit la nature du régime (céréale de base et supplément azoté).

Il en résulte au cours de la **phase totale d'engraissement** de 25 à 100 kg de poids vif, des différences de croissance minimales qui n'atteignent pas le seuil de signification statistique (différence entre valeurs extrêmes de 6 %).

- **Efficacité alimentaire**

Le plan de rationnement appliqué est identique pour l'ensemble des régimes durant la totalité de la phase d'engraissement. Dans ces conditions, les différences d'efficacité alimentaire sont essentiellement le reflet de la valeur énergétique des régimes, réduite après introduction de PX₁, à taux élevé (20 %), dont la valeur en énergie digestible est inférieure de 6 % à celle du tourteau de soja 50.

En outre, l'indice de consommation est sensiblement accru pour le lot 5 (régime maïs + PX₁ 20 % supplémenté en tryptophane 0,03 %). Ce résultat est essentiellement explicable, par la faiblesse des performances réalisées (consommation et croissance) par les porcs femelles de 25 à 60 kg de poids vif en raison d'un léger déficit en tryptophane, le niveau de supplémentation appliqué en cet acide aminé se révélant insuffisant.

- Durant la période de **finition**, la valeur d'indice de consommation (3,86) obtenue pour le lot 2 (régime blé + 10 % de PX₁ et 10 % de tourteau de soja), est la moins favorable. On note chez les porcs femelles de ce lot une légère sous consommation, sans rapport avec les hypothèses expérimentales émises. La faiblesse de ce résultat est en relation avec des incidents sanitaires marqués. Néanmoins, les résultats obtenus permettent de conclure au niveau de l'efficacité alimentaire au cours de la période de **finition** à une équivalence de la valeur des sources azotées complémentaires : PX₁, PX₁ + lysine, tourteau de soja (en association avec le blé) et PX₁ + lysine + tryptophane (en association avec le maïs).

En définitive, sur la période totale d'engraissement de 25 à 100 kg de poids vif, par rapport au régime témoin blé-T. soja 20 %, on constate une détérioration de 4 % de l'indice de consommation en relation directe avec la diminution de la valeur énergétique digestible de 3 % du régime blé à taux élevé de PX₁ (20 %) lot 3. Le résultat le plus faible (détérioration de 6 % de l'indice de consommation) est observé dans le lot 2 (régime blé à 10 % de PX₁ et 10 % de tourteau de soja) en référence au lot 1 témoin (blé - tourteau de soja 20 %) ; ce résultat est sans rapport avec les hypothèses émises, mais certainement explicable par des incidents sanitaires. Ces différences d'efficacité alimentaire restent faibles et n'atteignent pas le seuil de signification statistique.

b) Composition corporelle

L'ensemble des résultats figure au tableau 13.

TABLEAU 13
RÉSULTATS MOYENS DE COMPOSITION CORPORELLE
— NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 12
— POIDS VIF MOYEN A L'ABATTAGE = 99,9 KG
— AGE MOYEN A L'ABATTAGE = 193,9 JOURS

LOT OU RÉGIME		1	2	3	4	5	MOYENNE	SIGNIFI- CATION STATIS- TIQUE S \bar{x} () (1)
		Témoin Blé T. soja	Blé T. soja 10 PX ₁ 10	Blé PX ₁ 20	C Blé T. soja 5 PX ₁ 10 + lysine	F Blé PX ₁ 10 + lysine		
Rendement Poids net * % poids vif	Moyenne	80,94	81,34	80,20	81,94	80,84	81,06	0,41 (1,8)
	MC	81,00	81,87	79,97	81,87	80,27	80,80	
	F	80,88	81,82	80,44	82,02	81,42	81,32	
% Poids net JAMBON	Moyenne	23,00	23,08	23,83	22,41	23,04	23,07	0,34 (5,2)
	MC	22,67	22,07	23,33	22,09	22,95	22,62	
	F	23,33	24,10	24,33	22,74	23,13	23,53	
LONGE	Moyenne	31,95	32,03	32,82	31,78	32,06	32,13	0,52 (5,6)
	MC	31,26	31,43	31,89	30,13	31,57	31,26	
	F	32,64	32,64	33,75	33,43	32,56	33,00	
BARDIÈRE	Moyenne	13,75	13,66	11,94	13,54	12,97	13,17	0,54 (14,2)
	MC	13,68	15,17	13,27	15,04	13,33	14,10	
	F	13,81	12,16	10,62	12,05	12,62	12,25	
PANNE	Moyenne	2,48	2,42	2,06	2,70	2,33	2,40	0,20 (29,6)
	MC	2,58	2,78	2,46	3,24	2,10	2,63	
	F	2,38	2,07	1,66	2,16	2,56	2,17	
ÉPAISSEUR DE LARD $\frac{R + D}{2}$ mm	Moyenne	22,35	23,60	19,60	22,15	22,75	22,10	1,0 (15,1)
	MC	21,80	26,40	21,12	24,10	22,75	23,23	
	F	22,90	20,90	18,08	20,20	22,75	20,97	
RAPPORT LONGE/ BARDIÈRE	Moyenne	2,38	2,39	2,86	2,09	2,51	2,44	0,13** (19,3)
	MC	2,37 ^{AB}	2,07 ^{AB}	2,47 ^B	2,02 ^A	2,39 ^{AB}	2,26	
	F	2,38	2,72	3,36	2,16	2,63	2,63	
Résultats de classement des carcasses selon la grille de classement commercial CEE								
Mâles castrés III		3	1	4	1	3		
IV		3	4		4	3		
Total		6	5	4	5	6		
Femelles II		2	4	3	2	2		
III			1	2	2	2		
IV		3		1	1	2		
Total		5	5	6	5	6		
TOTAL		11	10	10	10	12		

* Poids net - Poids carcasse chaude + tête % poids vif.

(1) S \bar{x} Écart-type de la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation.

** Différence entre moyennes traitement significative au seuil P 0,01.

Avec un bon niveau de performances sur la période totale d'engraissement de 25 à 100 kg de poids vif (648 g de gain moyen journalier et 3,37 d'indice de consommation pour l'ensemble des lots), les résultats de composition corporelle sont corrects, replacés dans leur contexte, c'est-à-dire avec des animaux de race Large White d'un type génétique moyen.

Quelle que soit la nature du supplément azoté, T-soja, PX₁ en remplacement partiel, PX₁ + acides aminés (lysine - tryptophane) ou en remplacement total la nature de la céréale de base du régime, les performances de composition corporelle, sont équivalentes.

Toutefois, il est à noter une légère dégradation de la qualité des carcasses pour les porcs du lot 4 où le taux azoté des régimes utilisés est plus faible. L'effet direct est une réduction du rapport, masse maigre/masse grasse matérialisé par le rapport, longe/bardière. La valeur obtenue pour ce critère 2,09 diffère significativement au seuil de 1 % de celle enregistrée dans le lot recevant le régime à 20 % de PX₁ qui est la plus favorable 2,86.

Par ailleurs, quand le taux de PX₁ introduit dans le régime s'accroît de 10 à 20 % (lot 2 et 3), on assiste à une réduction linéaire de la masse adipeuse de la carcasse (pourcentage de bardière, pourcentage de panne et réduction de l'épaisseur de lard). Cette diminution de la masse adipeuse de la carcasse apparaît plus que proportionnelle à la diminution de la valeur énergétique des régimes. Cette observation nous permet de formuler une hypothèse fort intéressante : n'existe-t-il pas dans le concentré de protéines de luzerne, au niveau de la fraction lipidique ou glucidique, certains composés, capables d'induire une réduction notable de la masse adipeuse corporelle des porcs recevant le PX₁ à taux élevé 10 ou 20 %.

Dans nos conditions expérimentales, avec un niveau moyen de qualité de carcasse, les améliorations obtenues après introduction de PX₁ à 10 et 20 % sont très sensibles au niveau de la classification des carcasses selon la grille de classement commerciale officielle C.E.E. Le phénomène est en outre plus net chez les porcs femelles, qui représentent un meilleur révélateur au niveau de la composition corporelle que les castrats.

c) Bilan sanitaire - Éliminations et pertes

— Durant une période de croissance de 25 à 60 kg de poids vif, un porc femelle du lot 2 a été éliminé.

— Durant la période de finition de 60 à 100 kg de poids vif, six porcs ont été éliminés (un dans le lot 1, deux dans le lot 2, deux dans le lot 3 et un dans le lot 4), dont deux morts et quatre abattus en urgence,

En effet avec des porcs conventionnels, les accidents sanitaires sont courants et sans relation directe dans nos conditions expérimentales avec les traitements appliqués (prolapsus du rectum, diarrhée, pneumonie, problèmes locomoteurs). De ce fait, les résultats incomplets relatifs à ces animaux éliminés en cours d'expérience ne sont pas retenus. Pour chaque critère, les données manquantes sont remplacées par la valeur moyenne par sexe intra-lots, avec réduction d'une unité des degrés de liberté de la résiduelle, par donnée manquante afin de pouvoir réaliser l'analyse statistique des résultats.

d) Technologie de l'aliment - État de propreté des animaux

L'aliment après introduction de PX₁ à 10 et 20 %, a une couleur verte prononcée. Par ailleurs, en l'absence de litière, dans nos conditions expérimentales, les porcs soumis à un aliment renfermant du PX₁ émettent des fécès très colorés (vert brunâtre). Comparés aux animaux témoins, recevant le régime blé - tourteau de soja, qui émettent des fécès de couleur plus neutre, les porcs recevant un régime renfermant du PX₁ ont moins bon aspect et paraissent plus sales. Ces éléments n'ont aucune incidence sur le niveau des performances obtenues (gain de poids et efficacité alimentaire). Néanmoins ces aspects peuvent avoir une incidence néfaste au niveau commercial (couleur de l'aliment) ou au niveau de l'aspect et de la propreté des locaux d'engraissement sans que ce soit objectivement justifié.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'apport original de cette étude par rapport aux travaux déjà réalisés chez le porc l'engrais, avec un concentré de protéines de luzerne « PX₁ » de composition bien définie et ayant subi un traitement technologique standardisé est essentiellement :

- L'estimation de la valeur énergétique du « PX₁ », pour le porc qui s'élève à :
 - 3 735 kcal E.D. par kg de matière sèche,
 - 3 322 kcal E.M. par kg de matière sèche,
 correspondant à un C.U.D.a de l'énergie de 72-7 %. Pour l'énergie digestible la valeur du PX₁ est de 7 % inférieure à celle du tourteau de soja.
- Nous avons mis en évidence l'excellente digestibilité de la fraction protéique du produit (89,4 %) similaire à celle déterminée selon la même méthodologie pour le tourteau de soja (89 %).
- En outre, nous avons clairement défini les possibilités d'utilisation du « PX₁ » au sein d'un régime à base de blé, dont il représente le supplément protéique idéal chez le porc à l'engrais, en remplacement partiel ou total du tourteau de soja. Dans nos conditions expérimentales le PX₁, se révèle être en association avec le blé, équivalent au tourteau de soja, qu'il soit utilisé à 10 ou 20 %.
- Nous avons également observé que l'association, maïs - « PX₁ » fournit de bons résultats, le concentré de protéines de luzerne remplaçant en totalité du tourteau de soja, soit 20 points. Mais elle se révèle moins intéressante d'un point de vue pratique du fait de la nécessité de compléter le régime par 0,03 % de tryptophane, en dépit de la richesse du « PX₁ » en cet acide aminé, ou d'accroître le taux de PX₁ au sein du régime. Des études complémentaires sont encore nécessaires, afin de mieux préciser d'un point de vue pratique l'association optimale, maïs - « PX₁ ».
- En revanche, nous n'avons pas observé de phénomènes de photosensibilisation chez les porcs recevant un régime à taux élevé de PX₁ 10 et 20 %, comme l'ont signalé MYER et al (1975), et CARR et PEARSON (1974). Les porcs étaient élevés en porcherie, semi-obscur, où seulement quelques animaux sont soumis à une exposition indirecte à la lumière solaire sans ennuis apparents. Il est évident qu'après exposition directe des animaux recevant un taux élevé de « PX₁ » dans le régime, il est bon de vérifier ce point, bien que selon CARR et PEARSON ces ennuis soient passagers.

REMERCIEMENTS

A Madame G. GASTINEAU
 Laboratoire France Luzerne
 Complexe Agricole du Mont-Bernard
 Route de Suippes
 B.P. 149 CHALONS-SUR-MARNE
 pour la fourniture du PX₁.

A Messieurs B. GIBOULOT, H. ROY et au personnel de la fabrique des Mélanges Alimentaires Expérimentaux de La Minière (I.N.R.A. GUYANCOURT) pour la fabrication des régimes expérimentaux.

A Monsieur J. BAUDET
 Laboratoire des Protéines (INRA-C.N.R.A. - 78000 VERSAILLES)
 pour le dosage du Tryptophane).

Ce travail fait partie d'une convention D.G.R.S.T. n° 78 73045.

BIBLIOGRAPHIE

- CARR J.R., PEARSON G., 1974. Nutritive value of lucerne leaf-protein concentrate and lupin seed-meal as protein supplements to barley diets for growing pigs. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.*, **34**, 95.
- CHEEKE P.R., 1973. Alfalfa protein concentrate, a new protein supplement for swine. *Feedstuffs, U.S.A.* **45.51.24.26**.
- CHEEKE P.R., 1976. Nutritional and physiological properties of saponins. *Nutr. Rep. Int.* **13** (3), 315-324.
- CHEEKE P.R., 1976. Utilization of Alfalfa by swine. *Swine Day Proceedings Report N° 3*. February 11 - Dpt of animal Science. Washington Agricultural Experiment Station. Pullman Washington.
- CHEEKE P.R., KINZELL J.H., DE FREMERY D., KOHLER G.O., 1977. Freeze-dried and commercially prepared alfalfa protein concentrate evaluation with rats and swine. *J. of Anim. Science*. **44**, 5 772-777.
- CHEEKE P.R., PEDERSEN M.W., ENGLAND D.C., 1978. Responses of rats and swine to alfalfa saponins. *Can. J. Anim. Sci.* **58**, 783-789.
- FERRANDO R., 1970. Les protéines extraites des herbes et des feuilles. *Ann. Nutr. Alim.* **24**, 145-166.
- HENRY Y., 1968. Utilisation comparée des céréales par le porc pendant la phase de finition. *Ann. Zootech.* **17**, 183-197.
- HENRY Y., 1971. Essai de prévision de la valeur en énergie digestible des aliments pour le porc à partir de leur teneur en constituants membranaires. *Journées Rech. Porcine en France*. **3**, 57-64. I.T.P., éd., Paris.
- HENRY Y., 1976. Prediction of energy values of feeds for swine from fiber content. *Proc., First International Symposium Feed Composition. Animal Requirement and computerization of diets*. Utah State University, Logan, 270-281.
- HENRY Y., BOURDON D., 1971. Utilisation de régimes à base de blé par le porc en croissance. Finition, selon la nature et la concentration de la source cellulosique, influence du mode de présentation. *Journées Rech. Porcine en France*. **3**, 117-127. I.T.P., éd., Paris.
- HENRY Y., BOURDON D., 1973. Utilisation digestive de l'énergie et des matières azotées de la féverole sous forme entière ou décortiquée, en comparaison avec le tourteau de soja. *Journées Rech. Porcine en France*. **5**, 105-114. I.T.P., éd., Paris.
- HENRY Y., GAYE A., 1969. Observations sur la détermination de la valeur énergétique des régimes à base de céréales chez le porc. *Journées Rech. Porcine en France*. **1**, 83-89. I.T.P., éd., Paris.
- HENRY Y., RERAT A., 1966. Utilisation des pommes de terre deshydratées et fraîches dans l'alimentation du porc en croissance en comparaison avec l'orge. *Ann. Zootech.*, **15**, 231-251.
- HENRY Y., BOURDON D., PALISSE-ROUSSEL M., WABNITZ P., 1973. Supplémentation du blé par la lysine et le tourteau de tournesol chez le porc en finition. *Ann. Zootech.*, **22** (2), 147-155.
- KOO N.M., JUNG O.Y., KIM D.K., 1974. The effect of graded level of alfalfa meal upon growing. Finishing swine. **16**, 51-55.
- LEAMASTER B.R., CHEEKE P.R., 1979. Feed Preferences of swine : alfalfa meal, high and low saponin alfalfa, and quinine sulfate. *Can. J. Anim. Sci.* **59** : 467-469.
- MELVILLE S.T., FROSETH J.A., 1976. High alfalfa rations for gestating sows. *Swine Days Proceedings. Report N° 7*. Dpt of animal Science Washington Agricultural Experiment Station. Pullman, Washington.
- MYER R.O., CHEEKE P.R., 1975. Alfalfa meal and Alfalfa protein concentrate by rats. *Journal of Anim. Sci.* **40**, (3) -500-508.
- MYER R.O., CHEEKE P.R., KENNICK W.H., 1975. Utilization of alfalfa protein concentrate by swine. **40**, 5 885-891.
- PEREZ J.M., BOURDON D., HENRY., 1978. Les céréales dans l'alimentation du porc. *B.T.I.*, **331**, 335-361.
- RERAT A., HENRY Y., 1969. Supplémentation des céréales par les acides aminés chez le porc pendant la période de finition. *Journées Rech. Porcine en France*. **1**, 143-149. I.T.P., éd., Paris.
- RYS R., URBANCZYK J., HANCZAKOWSKA E., SOCHA A., 1977. Wexyw koncentratu białego z lucerny na wyniki tuczu trzody chlewnej. *Zeszyty problemowe postepow nauk rolniczych* (192), 185-193.
- SAUNDERS R.M., CONNOR M.A., BOOTH N.A., BICKOFF E.M., KOHLER G.O., 1973. Measurement of digestibility of alfalfa protein concentrates by in vivo and in vitro methods. *J. Nutr.*, **103** : 530-535.
- STONE S.L., EARLY R.J., FROSETH J.A., 1976. Low saponin alfalfa in swine rations. *Swine day proceedings. Report N° 9*. Dpt of Anim. Science. Washington Agricultural Experiment Station. Pullman. Washington.
- TRUCHETTO M., 1977. L'utilisation des protéines extraites de la luzerne. *Bull. Inf. Ind. Alim. Anim.*, **12**, 23-26.
- WOODHAM A.A., 1972. Recent development in the production and utilisation of leaf protein concentrate. *Proc. 9th Int. Congr. Nutrition, Mexico, 1972*. Vol. **3**, 69-75.