

A8109

## UTILISATION DE NOUVEAUX TYPES DE TOURTEAUX DE COLZA PAR LE PORC EN CROISSANCE-FINITION : Influence des glucosinolates et du dépelliculage

*D. BOURDON (1), J.M. PEREZ (1), J.J. BAUDET (2) (\*)*

*(1) I.N.R.A. Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, Centre de Rennes-St Gilles, 35590 L'HERMITAGE*

*(2) C.E.T.I.O.M. Service Études et Recherches Section Technologie, rue Monge, 33600 PESSAC*

### I - INTRODUCTION

Le tourteau de colza constitue une source de protéines bien équilibrée en acides aminés indispensables, relativement aux besoins du porc (PION, 1971 ; JUNG, 1976 ; DUEE, 1980) et susceptible de bénéficier à moyen terme d'améliorations de sa valeur alimentaire par voie génétique et/ou technologique. En effet, le tourteau de colza renferme différents composés indésirables dérivés des glucosinolates, (thioglucosides : I.T.C., V.T.O., Nitriles) (LO et HILL, 1972 ; JOSEFSSON, 1975 b ; PAIK et al., 1980), dont l'action néfaste se caractérise chez le porc par :

- une réduction de la consommation, si le tourteau est introduit dans le régime à taux élevé (supérieur à 10-15 %),
- une action goitrigène et un hypertrophie du foie et des reins.

En outre sa teneur élevée en constituants membranaires (11 à 16 % de cellulose brute de WEENDE), réduit la digestibilité du produit et sa valeur énergétique (BAYLEY et HILL, 1975 ; BOURDON et BAUDET, 1979). Par ailleurs la présence de tanins dans les téguments de la graine déprime notablement la digestibilité de la fraction azotée du tourteau.

Ainsi, globalement il en résulte pour le porc une diminution sensible des performances zootechniques si le tourteau est utilisé à taux élevé (supérieur à 10 %). Dans ce contexte, le taux d'introduction d'un tourteau de colza classique se limite, dans les conditions pratiques à 5-10 % dans les aliments pour le porc en croissance-finition (de 25 à 100 Kg de poids vif). Afin d'améliorer la valeur nutritionnelle du tourteau de colza classique, de nombreux travaux ont été réalisés récemment, avec des fortunes diverses, en vue d'éliminer les facteurs antinutritionnels (I.T.C., V.T.O.) :

- par voie fermentaire (STARON, 1970) ou simplement par ensilage (KOZLOWSKI, 1975 ; BORGIDA et VIROBEN, 1976 ; BORGIDA et al., 1977). Dans cet esprit, la voie de progrès la plus sûre reste sans nul doute la sélection de variétés de colza à faible teneur en glucosinolates, associée pour d'autres raisons nutritionnelles à une faible teneur en acide érucique (DELORT LAVAL et BORGIDA, 1971 ; JOSEFSSON et MUNCK, 1972 ; JOSEFSSON, 1975 a ; MORICE, 1975 ; BOWLAND, 1975 b ; Mc KINNON et BOWLAND, 1977 ; PEARSON et BOWLAND, 1977 ; SCHULZ et PETERSEN, 1978 ; PETERSEN et SCHULZ, 1978 ; PEARSON et BOWLAND, 1978 ; SINGAM et LAWRENCE, 1979 ; Mc KINNON et BOWLAND, 1979 ; NIDENBERG, 1979 ; OCHETIM et al., 1980 ; SAUER et CICHON, 1980 ; SAUER et al., 1980).

- par réduction de la teneur en cellulose après dépelliculage des graines avant trituration (CHANET, 1972 ; BOWLAND, 1974 b ; BAYLEY et HILL, 1975 ; VERMOREL et FAYET, 1977 ; EVRARD, 1978 a, 1978 b ; KENNELLY et al., 1978 ; BOURDON et BAUDET, 1979).

(\*) Avec la collaboration technique de G. CONSEIL, J-P HAUTDUOEUR, J-P PRIGENT et Jany PEINIAU.

C'est pourquoi, suite à l'étude de digestibilité et du métabolisme azoté, réalisée chez le porc en croissance (BOURDON et BAUDET, 1979), avec des tourteaux de colza dépelliculés ou à faible teneur en glucosinolates, nous avons effectué une expérience en lots sur porcs en croissance-finition, dans le but de préciser les conditions d'utilisation pratique de 4 types de tourteaux de colza \* :

- un tourteau de colza commercial normal,
- un tourteau de colza français à faible teneur en glucosinolates normal (Zéro-thio français normal) \*\*,
- un tourteau de colza français à faible teneur en glucosinolates dépelliculé (Zéro-thio français dépelliculé),
- un tourteau de colza canadien (variété REGENT) à faible teneur en glucosinolates dépelliculé (Zéro-thio canadien dépelliculé).

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1 - Caractéristiques des matières premières

La composition et les résultats analytiques du maïs et des tourteaux de soja et de colza sont rapportés dans le tableau 1.

**TABLEAU 1**  
COMPOSITION CHIMIQUE DES MATIÈRES PREMIÈRES

Nature et référence	Matière sèche %	% MATIÈRE SÈCHE				Énergie brute, Kcal/Kg M.S.
		Matières grasses (1)	Cendres	Cellulose brute	Mat. azot. (N x 6,25)	
— Maïs	89,4	—	1,34	—	10,9	4632
— T. soja 50	91,5	—	6,78	—	55,8	4826
— Tourteaux de colza *						
1 - Commercial normal	89,6	2,70	7,45	12,76	39,25	4631
2 - Zéro-thio (2) français normal	90,0	2,46	7,22	15,80	37,65	4669
3 - Zéro-thio français dépelliculé	88,4	7,23	8,25	7,48	44,41	4845
4 - Zéro-thio canadien Régent dépelliculé	91,7	4,50	8,09	7,93	47,71	4742

(1) Matières grasses extraites à l'hexane.

(2) Zéro-thio : à faible teneur en glucosinolates.

\* Résultats analytiques sur les tourteaux réalisés par les laboratoires du C.E.T.I.O.M.

Dans le tableau 2 sont mentionnées les teneurs en Isothiocyanates (I.T.C.) et en Vinyl-thio-oxazolidone (V.T.O.) des tourteaux de colza utilisés.

**TABLEAU 2**  
TENEURS DES TOURTEAUX DE COLZA EN I.T.C. ET V.T.O.

Type de Tourteau de colza	I.T.C. (1)	V.T.O. (1)
1 - Commercial normal	2,22	5,18
2 - Zéro-thio Français normal	0,85	1,58
3 - Zéro-thio Français dépelliculé	1,48	2,38
4 - Zéro-thio Canadien Régent dépelliculé	0,60	1,40

(1) exprimé en mg/g de matière sèche.

Résultats obtenus par les laboratoires du C.E.T.I.O.M.

\* Le traitement et la trituration des tourteaux ont été réalisés dans la même entreprise.

\*\* Le terme Zéro-thio qualifie une variété à faible teneur en glucosinolates.

La composition en acides aminés des tourteaux est déterminée par chromatographie sur colonne échangeuse d'ions, dans les conditions analytiques décrites par PION et FAUCONNEAU (1966), les acides aminés soufrés étant oxydés au préalable par l'acide performique. Les teneurs en acides aminés des tourteaux de colza sont comparées à celle d'un tourteau de soja 50 pris comme référence. Les résultats sont mentionnés au tableau 3.

**TABLEAU 3**  
COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS DES TOURTEAUX DE COLZA \*  
ET D'UN TOURTEAU DE SOJA 50 \*\* DE RÉFÉRENCE (en pourcentage de la matière sèche)

\* P.H. DUEE, 1980, pour les tourteaux de colza - \*\* J. JUNG, 1976, pour le tourteau de soja

TYPE DE TOURTEAU	TOURTEAU DE COLZA				Tourteau de soja 50
	Commercial normal	Zérothio français normal	Zérothio français dépêlliculé	Zérothio canadien Régent dépêlliculé	
— Acide aspartique	3,00	2,77	3,29	3,87	5,81
— Thréonine	1,72	1,61	1,82	2,02	2,02
— Serine	1,74	1,65	1,86	2,03	2,57
— Acide Glutamique	7,01	6,78	8,35	8,95	9,18
— Proline	2,55	2,35	2,83	2,97	2,85
— Glycine	2,18	2,01	2,18	2,50	2,18
— Alanine	1,94	1,89	2,27	2,54	2,26
— Valine	2,38	2,17	2,51	2,79	2,57
— Isoleucine	1,77	1,68	1,92	2,12	2,54
— Leucine	2,85	2,73	3,28	3,54	3,86
— Tyrosine	1,45	1,36	1,60	1,74	1,94
— Phenylalanine	1,70	1,56	1,90	2,07	2,62
— Lysine	2,24	1,98	2,46	2,69	3,16
— Histidine	0,97	1,02	1,11	1,21	1,43
— Arginine	2,38	2,39	2,85	3,02	3,65
— Méthionine	0,77	0,81	0,87	1,12	1,02
— Cystine	0,95	0,89	1,07	1,12	0,78
— Matière sèche sur produit broyé (%)	93,88	92,94	93,76	94,72	—

\* après rebroyage et hydrolyses pendant 24 h et 48 h + oxydation performique pour les acides aminés soufrés.

## 2 - Composition des régimes

La composition des régimes est rapportée dans le tableau 4. Le régime témoin est à base de maïs - tourteau de soja 50, ce dernier étant incorporé au taux de 21 % (lot 1). Les tourteaux de colza commercial normal (lot 2) et Zéro-thio français normal (lot 3) sont inclus dans le régime au taux de 10 % en substitution partielle du tourteau de soja.

**TABLEAU 4**  
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX (\*)

Lot ou régime	1	2	3	4	5	6
Type de tourteau	T. Soja Témoin	T. Colza commercial Normal	T. Colza Zéro-thio Français		T. Colza Zéro-thio Canadien "Régent" dépelliculé	
			Normal	dépelliculé		
Taux d'introduction	—	10	10	20	20	20
<b>Composition centesimale</b>						
— Maïs	73	70	70	70	70	70
— T. Soja 50	21	14	14	4	4	4
— T. Colza Commercial Normal	—	10	—	—	—	—
— T. Colza Zéro-thio Français Normal	—	—	10	20	—	—
— T. Colza Zéro-thio Français dépelliculé	—	—	—	—	20	—
— T. Colza Zéro-thio Canadien "Régent" dépelliculé	—	—	—	—	—	20
— Mélasse	3	3	3	3	3	3
— Mélange Minéral (1)	3	3	3	3	3	3
— Mélange vitaminique (2)	+	+	+	+	—	+
Lysine supplémentaire % (3)	—	—	—	0,13	0,09	—

(1) Composition du mélange minéral et du mélange oligo éléments n° 3. (BOURDON et al., 1980).

(2) Mélange vitaminique (BOURDON et al. 1980).

(3) Produit Eurolysine à 78,84 % de pureté, exprimé en L-Lysine Base.

(\*) Régimes présentés sous forme de granulés 5 mm.

En revanche le tourteau de colza Zéro-thio français normal (lot 4) ou dépelliculé (lot 5) ainsi que le tourteau de colza Zéro-thio canadien "Régent" dépelliculé sont introduits au taux de 20 % en complément de 70 % de maïs et 4 % de tourteau de soja 50.

**TABLEAU 4 bis**  
RÉSULTATS ANALYTIQUES ET TENEURS ESTIMÉES DES RÉGIMES

Lot ou régime	1	2	3	4	5	6
Type de tourteau	T. Soja Témoin	T. Colza commercial Normal	T. Colza Zéro-thio Français		T. Colza Zéro-thio Canadien "Régent" dépelliculé	
			Normal	dépelliculé		
Taux d'introduction	—	10	10	20	20	20
<b>Résultats d'analyse :</b>						
M.S. %	88,8	88,8	89,0	89,0	88,8	88,6
<b>% Matière sèche</b>						
• Matières azotées (N x 6,25)	19,0	19,1	18,9	17,4	18,5	19,0
• Cendres	5,9	6,1	6,0	6,0	5,9	6,0
• Énergie brute, Kcal/Kg M.S.	4338	4330	4344	4310	4374	4360
<b>Teneurs et valeurs estimées % produit brut</b>						
Cellulose brute	2,5	3,4	3,7	4,7	3,2	3,3
Lysine	0,80	0,79	0,78	0,78	0,79	0,77
Méthionine + cystine	0,58	0,64	0,64	0,67	0,72	0,77
Thréonine	0,63	0,65	0,64	0,60	0,65	0,68
Tryptophane	0,20	0,20	0,20	0,17	0,19	0,20
E.D., Kcal/Kg	3300	3200	3300	3200	3300	3300

Nous n'avons pas cherché dans le cas précis de cette expérience à rendre les régimes isoénergétiques en énergie digestible, ce qui aurait exigé l'incorporation de graisse animale (du suif par exemple) dans les régimes les moins énergétiques (lots 2 et 4). Cette hypothèse de travail fera l'objet d'une expérience complémentaire ultérieure.

En revanche, pour obtenir un niveau d'ingestion énergétique journalier équivalent d'un lot à l'autre, nous avons tenté d'appliquer un plan de rationnement plus libéral, accru de 5 % dans les lots où les régimes ont une valeur calculée en énergie digestible réduite de 5 % environ (lots 2 et 4) d'après les données obtenues pour les tourteaux de colza dans une expérience antérieure (BOURDON et BAUDET, 1979).

Par contre, les régimes sont formulés non seulement pour être isoazotés mais également isolysine par l'addition de synthèse dans les régimes des lots 4 et 5, les besoins des autres acides aminés indispensables étant couverts par ailleurs avec les différents ingrédients des régimes.

### 3 - Animaux - schéma expérimental

Nous avons retenu volontairement pour cette expérience uniquement des porcs femelles étant donné leur sensibilité accrue aux facteurs antinutritionnels présents à divers degrés dans les tourteaux de colza comme l'ont déjà signalé BORGIDA et al. (1977).

60 porcelets femelles de race LARGE WHITE de type conventionnel issus du troupeau expérimental de la Station, d'un poids vif moyen initial de 30,1 Kg et d'un âge moyen initial de 90 jours, sont répartis à l'issue d'une période préexpérimentale de 8 à 10 jours, selon un schéma en blocs complets randomisés comportant 6 lots de 10 animaux. Le schéma expérimental est le suivant :

- Lot 1 - Régime témoin maïs-tourteau de soja 50 (21 %)
- Lot 2 - Maïs-tourteau de soja 50 (14 %)  
Tourteau de colza commercial normal (10 %)
- Lot 3 - Maïs-tourteau de soja 50 (14 %)  
Tourteau de colza Zéro-thio français normal (10 %)
- Lot 4 - Maïs-tourteau de soja 50 (4 %)  
Tourteau de colza Zéro-thio français normal (20 %)
- Lot 5 - Maïs-tourteau de soja 50 (4 %)  
Tourteau de colza Zéro-thio français dépelliculé (20 %)
- Lot 6 - Maïs-tourteau de soja 50 (4 %)  
Tourteau de colza Zéro-thio canadien "Régent" dépelliculé (20 %)

### 4 - Conduite de l'expérience

Les animaux sont élevés en loges individuelles, munies d'un abreuvoir automatique, sur sol nu, en l'absence de litière. Durant une période de 8 à 10 jours, ils reçoivent tous en quantité limitée, selon le plan de rationnement rapporté au tableau 5, un régime croissance standard sous forme de granulés de 5 mm de diamètre, à raison d'une seule distribution journalière le matin. Cette période permet aux animaux de s'adapter à leurs nouvelles conditions d'environnement.

A l'issue de cette période, la mise en lot des animaux est réalisée au poids vif moyen de 30,1 Kg et à un âge de 93 jours. Les animaux sont répartis en 10 blocs de 6 porcelets femelles homogènes, de même âge et de poids vif identique. A l'intérieur de chaque bloc les 6 animaux sont affectés au hasard à l'un des 6 lots mentionnés au schéma expérimental.

**TABLEAU 5**  
**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	
	Lots 1-3-5-6	Lots 2-4		Lots 1-3-5-6	Lots 2-4		Lots 1-3-5-6	Lots 2-4
	(1)							
20-24		1,2	40-44	2,0	2,1	60-64	2,5	2,6
24-28		1,4	44-48	2,1	2,2	64-68	2,6	2,7
	(2)							
28-32	1,6	1,7	48-52	2,2	2,3	68-72	2,7	2,8
32-36	1,8	1,9	52-56	2,3	2,4	72-76	2,8	2,9
36-40	1,9	2,0	56-60	2,4	2,5	76-80	2,9	3,0

(1) aliment préexpérimental.

(2) aliments expérimentaux.

Les porcs reçoivent le régime correspondant au lot auquel ils ont été affectés sous forme de granulés de 5 mm de diamètre, à raison d'un seul repas par jour distribué le matin, selon l'échelle de rationnement établie en fonction du poids vif rapportée au tableau 5.

Pour l'ensemble des lots, l'aliment est unique durant l'ensemble de la période d'engraissement de 30,1 à 99,2 Kg de poids vif en moyenne.

La consommation réelle d'aliment est enregistrée quotidiennement. Les porcs sont pesés chaque semaine et sont abattus au poids vif moyen de 99,2 Kg à 182 jours d'âge en moyenne. Une demi-carrosse est découpée selon la technique parisienne.

De plus, lors de l'abattage, la thyroïde, le foie et les 2 reins de chaque animal sont prélevés et pesés afin d'estimer les effets physiopathologiques engendrés par les facteurs toxiques dérivés des glucosinolates présents naturellement à divers degrés dans les 4 types de tourteaux de colza :

- hypertrophie de la thyroïde, phénomène le plus couramment observé,
- hypertrophie des organes de détoxification et/ou d'excrétion (le foie et les reins) occasionnée par la présence de facteurs toxiques (I.T.C., V.T.O., Nitriles), métabolites dérivés des glucosinolates, contenus dans les tourteaux de colza, phénomène déjà maintes fois signalé.

### III - RÉSULTATS

#### 1 - Bilan sanitaire - Élimination et pertes

En début de période de finition (de 60 à 100 Kg de poids vif), un porc femelle du lot 5 a été éliminé de l'expérience, mort au poids vif de 61 Kg, suite à une hémorragie intestinale. Cette perte est indépendante du traitement appliqué. De ce fait, pour la période de finition, la période totale d'engraissement et les données de composition corporelle, pour chaque critère, le résultat manquant relatif à cet animal est remplacé par la valeur moyenne du lot. Afin de pouvoir réaliser l'analyse statistique des résultats, compte tenu de ce handicap, les degrés de liberté de la résiduelle sont réduits d'une unité.

Par ailleurs, au cours de cette expérience, réalisée avec des porcs de race LARGE WHITE de type conventionnel, sans relation directe avec les traitements expérimentaux appliqués, les animaux ont eu à souffrir de façon aléatoire de quelques cas de diarrhée, pneumonie, arthrite, problèmes locomoteurs. En dépit de ces nuisances courantes en cours d'engraissement, les porcs ont réalisé de très bonnes performances.

## 2 - Performances zootechniques

Pour les périodes de croissance (30-60 Kg de poids vif) et de finition (60-100 Kg de poids vif), les résultats relatifs à la période totale d'engraissement (30-100 Kg de poids vif) sont rapportés au tableau 8.

### 2.1 - Période de croissance (30-60 Kg de poids vif)

#### a) Consommation d'aliment

Durant la période de croissance (30-60 Kg de poids vif), le plan de rationnement ayant été correctement appliqué, il n'apparaît pas de différence notable dans les quantités moyennes d'aliment ingéré journalièrement entre les lots 1, 3, 5 et 6 où le plan de rationnement est identique.

En revanche, contrairement à ce qui était initialement prévu au protocole expérimental, l'accroissement de 5 % de la quantité moyenne journalière d'aliment ingéré dans les lots 2 et 4, s'est trouvé réduit respectivement à 3,6 % et 2 % durant la première phase d'engraissement du fait de la présence dans le régime de tourteau de colza normal au taux de 10 % (lot 2) ou de tourteau de colza Zéro-thio français normal au taux de 20 % (lot 4).

Compte tenu de la valeur énergétique moindre de ces régimes, la consommation la plus faible est enregistrée avec le régime du lot 4, contenant 20 % de tourteau de colza Zéro-thio français normal.

Néanmoins, le niveau d'ingestion des aliments avec ces 2 régimes reste compatible avec l'obtention de bonnes performances de croissance et d'efficacité alimentaire pour des porcs LARGE WHITE de type conventionnel.

**TABLEAU 6**  
RÉSULTATS MOYENS DE CROISSANCE - CONSOMMATION  
PÉRIODE DE CROISSANCE 30 - 60 KG DE POIDS VIF  
NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 10 PORCS FEMELLES

	Poids vif moyen, Kg	Age moyen, j
Début d'Expérience	30,1	93
Fin période de croissance	60,1	137

Lot ou régime	1	2	4		5	6	Moyenne	Signification statistique $S\bar{x}$ ( ) (*)
	Témoin T. Soja	T. Colza commercial Normal	T. Colza Zéro-thio Français		T. Colza Zéro-thio canadien dépêlliculé			
			Normal	dépêlliculé				
		10 %	10 %	20 %	20 %	20 %		
- Gain moyen journalier, g	710	683	682	639	676	671	677	16,4 (7,6)
- Consommation moyenne journalière, Kg	1,98	2,03	1,98	2,00	1,95	1,94	1,98	— —
- Indice de consommation	2,79	2,97	2,94	3,15	2,89	2,91	2,94	0,08 (8,8)

(\*)  $S\bar{x}$  Écart type de la moyenne - Entre parenthèses : Coefficient de variation.

### b) Vitesse de croissance

Durant la première phase d'engraissement (de 30 à 60 Kg de poids vif), les performances de croissance obtenues sont d'un excellent niveau (677 g/jour de gain moyen journalier en moyenne pour l'ensemble des lots), les vitesses de croissance ne diffèrent pas significativement selon le type de régime pour des consommations journalières voisines mais qui sont légèrement supérieures dans les lots 2 et 4. Néanmoins, il est à noter qu'avec 10 % de tourteau de colza dans le régime, de type commercial normal ou Zéro-thio français normal, on enregistre une réduction des performances de croissance de 5 % (682 g/j en moyenne dans les lots 2 et 3, contre 710 g/j avec le régime témoin maïs-t. soja). La dépression de la croissance moyenne journalière semble plus marquée (639 g/j), avec 20 % de tourteau de colza Zéro-thio normal dans le régime (lot 4), soit 9 % de réduction. En revanche, avec des tourteaux à faible teneur en glucosinolates dépelliculés, introduits au taux de 20 % dans le régime (lots 5 et 6), les performances de croissance ne sont déprimées que de 5 % (673 g/j contre 710 g/j dans le lot témoin maïs-t. soja). L'influence des glucosinolates et surtout de leurs métabolites dérivés (I.T.C. - V.T.O.) sur les performances de croissance semble réduite. Par contre, l'effet dépressif de la cellulose apportée par le tourteau de colza semble le facteur explicatif le plus plausible de la réduction des performances, l'effet direct étant une réduction marquée de la valeur en énergie digestible du régime, sans compensation possible par l'accroissement de la quantité d'aliment ingéré. L'amélioration provoquée par le dépelliculage est d'environ 50 g pour le gain moyen journalier avec les tourteaux à faible teneur en glucosinolates introduits au taux de 20 % et ce, quelle que soit leur origine, française ou canadienne.

### c) Efficacité alimentaire

La consommation journalière d'aliment étant pratiquement égale, quel que soit le lot ou le type de tourteau de colza, il s'en suit notamment avec les tourteaux provenant de graines non dépelliculées (lots 2 et 3) et plus particulièrement au taux d'introduction le plus élevé 20 % (lot 4) un indice de consommation accru respectivement de 6 % (2,95) et 13 % (3,15) comparativement au régime témoin maïs-t. soja (2,79).

Dans le cas des tourteaux de colza à faible teneur en glucosinolates, issus de graines dépelliculées et introduits au taux de 20 % (lots 5 et 6), l'indice de consommation est faiblement accru 3,9 % en moyenne (2,90) contre 2,79 avec le régime témoin maïs-t. soja.

Néanmoins aucune des différences obtenues entre régimes, n'atteint le seuil de signification statistique (au seuil 5 %).

## 2.2 - Période de finition

En période de finition (60 à 100 Kg de poids vif), l'examen des résultats obtenus suscite les mêmes commentaires, avec cependant un effet nettement plus marqué de l'accroissement du taux de cellulose dans le régime après introduction de tourteau de colza issu de graines non dépelliculées à un taux élevé de 20 % (lot 4). Dans ce cas de figure on note une réduction plus prononcée (100 g) du croît moyen journalier. Cette différence de réponse, selon la phase d'engrais des porcs, s'explique par une meilleure tolérance à un régime dilué par la cellulose chez le porc durant la phase initiale de croissance (30-60 Kg) de poids vif, comparé à la phase ultérieure de finition (60-100 Kg de poids vif) où l'effet cellulose est particulièrement néfaste et nettement plus marqué. Ce phénomène a déjà été signalé par HENRY et BOURDON (1971) malgré une moins bonne utilisation digestive de la cellulose durant la phase initiale de croissance. La valeur de l'indice de consommation de 3,39 significativement accrue de 15 % ( $P < 0,05$ ) avec le régime 4 (20 % de tourteau de colza Zéro-thio français issu de graines intactes) par rapport au régime témoin maïs-t. soja (lot 1) et celui du lot 5 renfermant 20 % de tourteau de colza Zéro-thio français issu de graines dépelliculées (respectivement 2,94 et 2,98).



**TABLEAU 7**  
RÉSULTATS MOYENS DE CROISSANCE - CONSOMMATION  
PÉRIODE DE FINITION 60 - 100 KG DE POIDS VIF  
NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 10 PORCS FEMELLES (2)

Lot ou régime	Poids vif moyen, Kg					Age moyen, j		Signification statistique $S\bar{x}$ ( ) (1)
	1	2	3		4	5	6	
	Témoin T. Soja	T. Colza commercial Normal	T. Colza Zéro-thio Français		dépêlliculé	T. Colza Zéro-thio canadien dépêlliculé	Moyenne	
	10 %	10 %	20 %	20 %	20 %			
- Gain moyen journalier, g	904	877	870	801	900	878	872	29,7 (10,8)
- Consommation moyenne journalière, Kg	2,65	2,73	2,70	2,68	2,67	2,69	2,69	— —
- Indice de consommation Kg aliment frais/Kg gain	2,94 a	3,15 ab	3,11 ab	3,39 b	2,98 a	3,09 ab	3,11	0,09 ( 9,5)*

(1) Ecart type de la moyenne - Entre parenthèse coefficient de variation.

(2) 10 porcs femelles par lot, excepté dans le lot 5 où 1 animal a dû être éliminé après 60 Kg de poids vif en période de finition.

\* différence entre moyennes traitements significative au seuil  $P < 0,05$ .

### 2.3 - Période totale

Il en résulte sur l'ensemble de la période d'engraissement (de 30 à 100 Kg de poids vif) une accentuation des tendances observées durant les phases de croissance et de finition, qui se révèlent alors significatives au niveau de la croissance moyenne journalière et hautement significatives au plan de l'efficacité alimentaire.

Compte tenu de l'inaptitude des porcs à ingérer une quantité accrue dans les lots 2 et 4, en fonction du niveau de rationnement établi, les quantités moyennes d'aliment ingérées journalièrement sont pratiquement identiques quel que soit le type de régime.

En revanche concernant les vitesses de croissance obtenues, avec un tourteau de colza Zéro-thio français issu de graines intactes non dépêlliculées, introduit au taux le plus élevé dans le régime (20 % dans le lot 4), les performances de croissance sont significativement réduites au seuil  $P < 0,05$ , (717 g/j, soit 12 % de moins qu'avec le régime témoin maïs-t. soja où les porcs réalisent un gain moyen journalier de 807 g). Par contre avec les tourteaux de colza, issus de graines à faible teneur en glucosinolates dépêlliculées, inclus également à taux élevé (20 %), dans les lots 5 et 6, les performances de croissance (780 g/j en moyenne) ne diffèrent pas significativement de celles réalisées par les animaux du lot témoin (807 g/j) et sont seulement réduites de 3 % en moyenne. Il en est de même dans les lots 2 et 3 où les tourteaux de colza, de type commercial normal ou Zéro-thio français normal sont inclus dans le régime au taux de 10 % et où les performances de croissance (774 g/j) sont plus faibles de 4 %.

En ce qui concerne l'efficacité alimentaire, c'est seulement avec le régime du lot 4, où le taux d'introduction de tourteau de colza Zéro-thio français normal est le plus élevé (20 %) que l'on enregistre une valeur d'indice de consommation de 3,28, significativement accrue au seuil  $P < 0,01$ , de 14 % supérieure à celle obtenue avec le régime témoin maïs-t. soja (2,88). En revanche, le dépelliculage de graines à faible teneur en glucosinolates, quelle que soit leur origine, française ou canadienne, fournit des tourteaux qui inclus, à taux élevé dans le régime (20 % dans les lots 5 et 6, permet l'obtention d'un indice de consommation (2,94 et 3,01) aussi favorable que celui enregistré avec le régime témoin maïs-t. soja (2,88). Des résultats intermédiaires sont obtenus avec les régimes renfermant 10 % de tourteau de colza normal issu de graines normales ou à faible teneur en glucosinolates (lots 2 et 3) avec respectivement 3,07 et 3,04 d'I.C., soit un accroissement non significatif de 5 à 7 % par rapport au témoin. Encore faut-il souligner l'excellent niveau de performances réalisé avec le régime témoin maïs-t. soja pour l'ensemble de la période d'engraissement (807 g de G.M.Q. et 2,88 d'I.C.).

**TABLEAU 8**  
RÉSULTATS MOYENS DE CROISSANCE - CONSOMMATION  
PÉRIODE TOTALE D'ENGRASSEMENT 30 - 100 KG DE POIDS VIF  
NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 10 PORCS FEMELLES (2)

Lot ou régime	Poids vif moyen, Kg					Age moyen, j		Moyenne	Signification statistique $S\bar{x} ( ) (1)$
	Début d'Expédition		30,1		93				
	Fin d'Expérience		99,2		182				
	1	2	3 4 5		6				
	Témoin T. Soja	T. Colza commercial Normal	T. Colza Zéro-thio Français			T. Colza Zéro-thio canadien dépelliculé			
		10 %	10 %	20 %	20 %	20 %			
- Gain moyen journalier, g	807 <sub>a</sub>	775 <sub>a</sub>	774 <sub>a</sub>	717 <sub>b</sub>	785 <sub>a</sub>	775 <sub>a</sub>	772	16,6 (6,8) *	
- Consommation moyenne journalière, Kg	2,32	2,37	2,34	2,34	2,30	2,32	2,33	— —	
- Indice de consommation	2,88 <sub>A</sub>	3,07 <sub>AB</sub>	3,04 <sub>AB</sub>	3,28 <sub>B</sub>	2,94 <sub>A</sub>	3,01 <sub>AB</sub>	3,04	0,06 (6,6) **	

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

(2) 10 porcs femelles par lot, excepté dans le lot 5 où 1 animal a dû être éliminé après 60 Kg de poids vif en période de finition.

\* différence entre traitements significative au seuil  $P < 0,05$ .

\*\* Différence entre traitements significative au seuil  $P < 0,01$

### 3 - Composition corporelle

L'ensemble des résultats obtenus figure au tableau 9 pour les résultats de découpe des carcasses et au tableau 10 pour la classification commerciale de ces dernières selon la grille de classement officiel C.E.E.

TABLEAU 9

## RÉSULTATS MOYENS DE COMPOSITION CORPORELLE

- NOMBRE D'ANIMAUX PAR LOT n = 10 PORCS FEMELLES (2)  
 — POIDS VIF MOYEN A L'ABATTAGE = 99,2 Kg  
 — AGE MOYEN A L'ABATTAGE = 182 jours

Lot ou régime	1	2	3		4		5		6	Moyenne	Signification statistique S $\bar{x}$ ( ) (1)
	Témoïn T. Soja	T. Colza Normal	T. Colza Zéro-thio Français		T. Colza Zéro-thio Français		T. Colza Zéro-thio canadien dépéliculé	T. Colza Zéro-thio canadien dépéliculé			
			Normal	dépéliculé	Normal	dépéliculé					
		10 %	10 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %			
- Rendement : Poids net carcasse + tête % du poids vif	79,97	78,75	79,36	79,28	78,64	78,76	79,13	0,48 ( 1,9)			
% poids net											
• Jambon	23,30	22,91	23,44	23,03	23,15	23,25	23,18	0,28 ( 3,8)			
• Longe	31,52	31,60	31,07	30,40	30,20	31,74	31,09	0,42 (12,1)			
• Bardière	13,39	13,87	13,92	14,40	14,60	14,63	14,13	0,54 (12,1)			
• Panne	2,21	2,16	2,34	2,43	2,65	2,40	2,36	0,13 (18,0)			
• Épaisseur de lard $\frac{R + D}{2}$ mm	22,8	22,6	21,4	22,5	22,8	20,7	22,1	1,10 (15,7)			
• Rapport Longe/bardière	2,38	2,34	2,26	2,13	2,10	2,28	2,25	0,10 (14,8)			

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

(2) 10 porcs femelles par lot, excepté dans le lot 5 où l'animal a du être éliminé après 60 Kg de poids vif.

TABLEAU 10

## RÉSULTATS DE COMPOSITION CORPORELLE

## CLASSEMENT DES CARCASSES SELON LA GRILLE DE CLASSEMENT OFFICIEL C.E.E.

Lot ou régime	1	2	3		4		5		6
	Témoïn T. Soja	T. Colza Normal	T. Colza Zéro-thio Français		T. Colza Zéro-thio Français		T. Colza Zéro-thio canadien Dépéliculé	T. Colza Zéro-thio canadien Dépéliculé	
			Normal	dépéliculé	Normal	dépéliculé			
		10 %	10 %	20 %	20 %	20 %	20 %		
<b>Classe commerciale</b>									
E									
I									
II	4	7	4	3	4	3			
III	3	1	2	5	3	7			
IV	3	2	4	2	2	—			
TOTAL	10	10	10	10	9*	10			

\* 1 animal a été éliminé après 60 Kg de poids vif durant la période de finition.

Dans nos conditions expérimentales, avec un type de porc de race Large White ayant réalisé d'excellentes performances d'engraissement, quel que soit le type de régime appliqué en rationnement, il n'apparaît pas de différence entre les différents lots :

— que ce soit au niveau du rendement ou du pourcentage des pièces de découpe relativement au poids net,

— ou du rang de classification de la carcasse entière selon la grille officielle de classement C.E.E.

#### 4 - Effets physiopathologiques

Les données relatives au poids moyen de la thyroïde, du foie et des reins, regroupés par le lot ou régime, sont mentionnées au tableau 11.

TABLEAU 11  
EFFETS PHYSIOPATHOLOGIQUES

Lot ou régime	Témoin T. Soja	T. Colza Normal	T. Colza Zéro-thio Français			T. Colza Zéro-thio canadien dépelliculé	Moyenne	Signification statistique S $\bar{x}$ ( ) (1)
			Normal		dépelliculé			
			10 %	20 %	20 %			
- Poids de la thyroïde, g	8,44 <sub>b</sub>	11,07 <sub>b</sub>	9,75 <sub>b</sub>	9,28 <sub>b</sub>	12,20 <sub>a</sub>	9,52 <sub>b</sub>	10,04	0,75 (23,5) *
- Poids du foie, Kg	1,63 <sub>C</sub>	2,32 <sub>A</sub>	1,96 <sub>B</sub>	1,93 <sub>B</sub>	2,14 <sub>AB</sub>	2,13 <sub>AB</sub>	2,02	0,07 (10,5) **
- Poids des reins, g	298	318	302	297	312	314	307	9,8 (10,1)

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

\* Différence entre moyennes traitement. Significative au seuil P < 0,05.

\*\* Différence entre moyennes traitement. Significative au seuil P < 0,01.

Conformément aux résultats abondamment cités dans la bibliographie, la présence de vinyl-thio-oxazolidone (V.T.O.) dans le tourteau de colza normal introduit au taux de 10 % (lot 2), entraîne une hypertrophie sensible de la thyroïde (11,07 g contre 8,44 g dans le lot témoin maïs-t. soja). Toutefois, la différence entre ces valeurs n'atteint pas le seuil de signification statistique P < 0,05. En revanche, avec le tourteau de colza Zéro-thio français, à faible teneur en glucosinolates dépelliculé (lot 5), la contrentation en vinyl-thio-oxazolidone s'accroît à l'intérieur de l'amande et l'on enregistre une augmentation significative (P < 0,05) du poids de la thyroïde (12,2 g en moyenne) comparativement aux autres types de tourteaux de colza. Les valeurs concernant le tourteau de colza normal semblent conformes à celles déjà mentionnées par BORGIDA et al., (1977) et BOURDON (1976). Le résultat original de cette étude est de retrouver l'hypertrophie thyroïdienne, chez des porcs soumis à un régime renfermant un tourteau de colza, introduit à un taux élevé 20 %, issu de graines à faible teneur en glucosinolates dépelliculées. Seule l'augmentation de teneur et la concentration en vinyl-thio-oxazolidone au niveau de l'amande des graines en l'absence de tégument permet d'expliquer cet effet néfaste.

Néanmoins, le phénomène le plus net déjà signalé par OSTROWSKI et RYS, 1973 ; KOZ-LOWSKI, 1975 ; BOURDON, 1976 ; BORGIDA et al., 1977 ; PETERSEN et SCHULZ, 1978 ; OCHETIM et al., 1980, est l'hypertrophie pondérale du foie (+ 42 %) notamment chez les porcs soumis au régime renfermant 10 % seulement de tourteau de colza commercial normal (lot 2) : 2,32 Kg contre 1,63 Kg pour le témoin 1 maïs-t. soja (différence significative au seuil P < 0,01). Par ailleurs, l'hypertrophie pondérale du foie reste également sensible et significative chez les porcs nourris avec un aliment renfermant 20 % de tourteau de colza Zéro-thio dépelliculé (lots 5 et 6) quelle que soit son origine, française ou canadienne : 2,13 Kg en moyenne (+ 31 % de poids moyen comparé au

témoin). Mais cet accroissement pondéral du foie, 1,94 Kg (+ 19 %) est nettement plus modéré chez les animaux recevant les aliments où le tourteau Zéro-thio normal est introduit à 10 ou 20 % (lots 3 et 4). Certains auteurs attribuent ce désordre physiologique au niveau du foie à la présence de nitriles, composés dérivés des glucosinolates sans que la preuve expérimentale probante ait pu être établie de façon certaine.

Par contre, le phénomène d'hypertrophie au niveau des reins est moins marqué dans cette expérience où l'on n'observe que des tendances : accroissement modéré du poids brut moyen des deux reins (318 g), soit + 7 %, dans le lot 2 où les animaux sont soumis à un régime renfermant 10 % de tourteau de colza commercial normal, et dans les lots 5 et 6 (313 g en moyenne), soit + 5 %, chez des animaux nourris avec des aliments renfermant 20 % de tourteaux de colza Zéro-thio dépelliculés.

Il est à remarquer qu'en dépit de ces désordres d'ordre physiologiques (hypertrophie du foie très marquée et de la thyroïde), les porcs destinés à l'abattage à 100 Kg de poids vif, ont réalisé en moyenne d'excellentes performances, ce qui n'entrave nullement l'utilisation à taux élevé de ce type de matières première pour le porc à l'engrais.

#### IV - DISCUSSION - CONCLUSION

Les résultats de cette expérience, relatifs à l'utilisation du tourteau de colza dans les aliments pour le porc à l'engrais (de 30 à 100 Kg de poids vif), sont riches d'enseignements. Bénéficiant des progrès génétiques et/ou technologiques, ils permettent d'envisager l'avenir avec optimisme concernant l'utilisation de cette matière première dans l'alimentation du porc à l'engrais en accord avec BOWLAND 1974 a, 1975 b, GOOLD et al., 1976 ; GRANDHI et al., 1979, 1980 ; PEARSON et BOWLAND, 1978 ; PETERSEN et SCHULZ, 1976 ; SINGAM et LAWRENCE, 1979.

En effet nous confirmons d'une part que même un tourteau de colza classique normal, introduit au taux de 10 % dans la ration est bien toléré, correctement consommé en rationnement de type libéral par le porc à l'engrais qui réalise, dans ces conditions, de bonnes performances. En dépit, des désordres physiologiques observés, (hypertrophie de la thyroïde, du foie et à un moindre degré des reins : GAWECKI, 1972 ; OSTROWSKI et RYS, 1973 ; BOURDON, 1976 ; BORGIDA et al., 1977 ; PETERSEN et SCHULZ, 1978 ; OCHETIM et al., 1980) sans incidence pour un porc destiné à l'abattage à 100 Kg de poids vif, cette solution est applicable à court terme.

La détoxification du colza par sélection de variétés à faible teneur en glucosinolates (MORICE, 1975), disponibles dans un proche avenir, apporte une amélioration nutritionnelle du tourteau dérivé (réduction d'environ 50 % de la teneur en facteurs toxiques : I.T.C. plus V.T.O.). Si cette amélioration se révèle peu sensible au taux d'inclusion de 10 % de tourteau de colza "Zéro-thio" normal dans la ration, elle est plus marquée lorsqu'on l'utilise au taux de 20 %. Dans ces conditions, en dépit d'une réduction des performances zootechniques observées, en référence à un régime témoin maïs-t. soja très performant, le gain moyen journalier et l'indice de consommation atteignent des valeurs acceptables dans les conditions pratiques de production. En outre, les effets physiopathologiques dus aux facteurs toxiques sont nettement réduits, mais non supprimés, en accord avec BOWLAND, 1975 b ; GOOLD et al., 1976 ; GRANDHI et al., 1979, 1980 ; bien que le tourteau soit détoxifié partiellement.

Mais en fait, l'aspect original et le plus intéressant de cette étude réside dans la mise en évidence de l'importance de l'amélioration nutritionnelle apportée à un tourteau de colza détoxifié, après réduction de la teneur en cellulose, par dépelliculage préalable des graines avant trituration. Dans ces conditions la teneur en cellulose brute du produit se trouve réduite de moitié (7,5 % contre 15,8 %). Corrélativement non seulement sa teneur en protéines brutes est accrue de 18 %, mais on élimine en outre les tanins présents dans les téguments. Le produit ainsi obtenu présente ainsi, une fraction protéique nettement plus digestible et sa valeur énergétique est notablement accrue (BAYLEY et HILL, 1975 ; BOURDON et BAUDET, 1979 ; PRECY, 1980) et se révèle comparable à un tourteau de soja 44. Ce type de tourteau de colza détoxifié et à teneur réduite en cellulose, introduit à taux élevé 20 % dans la ration pour le porc à l'engrais, permet l'obtention de performances zootechniques d'un excellent niveau, égales à

celles réalisées avec le régime témoin maïs-t. soja et ce quelque soit l'origine du colza, française ou canadienne. Néanmoins il est nécessaire pour couvrir les besoins du porc à l'engrais de maintenir au sein des régimes, un faible pourcentage (4 %) de tourteau de soja et de rééquilibrer en lysine en accord avec DEVILAT et SKOKNIC, (1971) ; TAVERNER et MULLANEY, (1974). Ces résultats donnent une idée des possibilités d'amélioration par voie génétique et/ou technologique du tourteau de colza, qui à moyen terme permettront une utilisation nettement accrue dans l'alimentation du porc à l'engrais notamment, comme nous l'envisagions dans une étude préliminaire (BOURDON et BAUDET, 1979 ; PRECY, 1980).

Des études sont toutefois encore nécessaires en vue de mieux préciser la valeur énergétique des différents types de tourteaux de colza, les possibilités d'utilisation non seulement chez le porc à l'engrais, mais également pour les nouveaux types de tourteaux, chez les truies reproductrices. En effet les rares études réalisées sur ce dernier sujet, avec le tourteau de colza (GAWECKI et al., 1972 ; FLIPOT et DUFOUR, 1977 ; LEWIS et AHERNE, 1978 ; MARANGOS et al., 1976 ; MEREDITH et al., 1975 ; TAVERNER et CURIC, 1974), sont peu concluantes et conduisent à des résultats bien souvent contradictoires qu'il serait souhaitable d'éclaircir.

Il est en effet plausible, que compte tenu des améliorations possibles du tourteau de colza, son utilisation en production porcine devrait être notablement accrue. Ce d'autant qu'au plan national, le tourteau de colza constitue une source de protéines disponible en quantité importante, actuellement commercialisée sous forme de tourteau classique à court terme, alors qu'à moyen terme nous pouvons disposer, compte tenu des progrès de la technologie et de la génétique de nouveaux types de tourteaux de colza (détoxifiés et/ou dépelliculés) nettement améliorés au plan nutritionnel pour le porc.

Mais concrètement, d'un point de vue pratique, cette études nous permis de montrer clairement :

- d'une part la possibilité de remplacement partiel du tourteau de soja par du tourteau de colza classique, inclus au taux de 5 à 10 % dans le régime, compatible avec l'obtention de bonnes performances chez le porc à l'engrais,

- et d'envisager d'autre part l'utilisation accrue, du tourteau de colza amélioré par voie génétique (Zéro-thio glucosinolates) et/ou dépelliculé, qui utilisé dans la ration au taux de 20 % en complément du tourteau de soja, permet le maintien d'excellentes performances chez le porc à l'engrais.

Compte tenu des résultats très encourageants dans nos conditions expérimentales et de la variabilité possible dans la qualité des tourteaux disponibles à l'heure actuelle, il est possible de recommander pour le porc à l'engrais destiné à l'abattage, l'utilisation en toute sécurité de 5 % de tourteau de colza normal et de 10 % de tourteau de colza dépelliculé détoxifié ou non.

## REMERCIEMENTS

- 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 collecte des matières premières et de la fabrication des régimes expérimentaux.

- Ce travail a reçu le soutien de la Direction Générale à la Recherche Scientifique et Technique. Convention n° 79 7 0366.

## BIBLIOGRAPHIE

- AHERNE F.X., LEWIS A.J., (1978) - The 57th annual Feeders day report 28 June 1978.
- BAYLEY H.S., CHO C.Y., SUMMERS J.D., (1969) - Can. J. Anim. Sci., **49**, 367-373.
- BAYLEY H.S., HILL D.C., (1975) - Can. J. Anim. Sci., **55**, 223-232.
- BELL J.M., (1975) - Can. J. Anim. Sci., **53**, 61-70.
- BELL J.M., JEFFERS H.F., (1976) - Can. J. Anim. Sci., **56**, 269-273.
- BELL J.M., SHARBY T.F., SARWAR G., (1977) - Can. J. Anim. Sci., **56**, 809-816.
- BORGIDA L.P., TOLLIER M.T., (1976) - Ann. Zootechn. **25**, 471-483.
- BORGIDA L.P., VIROBEN G., (1976) - Journées Rech. Porcine en France. **8**, 81-86 - I.T.P., Éd., Paris.
- BORGIDA L.P., DELORT LAVAL J., BOURDON D., VIROBEN G., (1977) - Journées Rech. Porcine en France. **9**, 271-276 - I.T.P., Éd., Paris.
- BOURDON D., (1976) - Données non publiées.
- BOURDON D., BAUDET J.-J., (1979) - Journées Rech. Porcine en France. **11**, 283-290 - I.T.P. Éd., Paris.
- BOURDON D., et al. (1980) - Journées Rech. Porcine en France. **12**, 245-283 - I.T.P. Éd. Paris.
- BOWLAND J.P., (1974 a) - Can. J. Anim. Sci., **54**, 679-685.
- BOWLAND J.P., (1974 b) - University of Alberta June 10., 46-48.
- BOWLAND J.P., (1975 a) - Can. J. Anim. Sci., **55**, 409-419.
- BOWLAND J.P., (1975 b) - UNiversity of ALberta. June **9**, 6-8.
- CASTELL A.G., (1977) - Can. J. Anim. Sci., **57**, 111-120.
- CHANET M., (1972) - CETIOM Service Études et Recherches. Service Technologique. 16 p.
- CHO C.Y., BAYLEY H.S., (1970) - Can. J. Anim. Sci., **50**, 521-528.
- DELORT-LAVAL J., BORGIDA L.P., (1971) - Journées Rech. Porcine en France. **3**, 105-108 - I.T.P., Éd., Paris.
- DEVILAT B.J., SKOKNIC K.A., (1971) - Agricultura technica. **31**, **3**, 155-161.
- DEVILAT B.J., SKOKNIC A., (1971) - Can. J. Anim. Sci., **51**, **3**, 715-719.
- DUEE P.H. (1980) - Communication personnelle. Résultats non publiés.
- EVRARD J., (1978 a) - Perspectives agricoles "spécial protéagineux". 72-78.
- EVRARD J., (1978 b) - Bull. CETIOM N° 16, 20.
- FLIPOT P., DUFOUR J.J., (1977) - Can. J. Anim. Sci., **57**, 567-571.
- GAWECKI K. et al., (1972) - roczniki Nauk. rolniczych. **94** (2) 15-29.
- GOH Y.K., CLANDININ D.R., and ROBLEE A.R., (1980) - Can. J. Anim. Sci., **60**, 473-480.
- GOOLD A.T., TAVERNER M.R., HODGE R.W., (1976) - J. of Exp. Agr. and Anim. Husb. **16** (**80**) 372-375.
- GRANDHI R.R., NARENDRAN R., BOWMAN G.H., SLINGER S.J., (1979) - Can. J. Anim. Sci., **59**, 323-326.
- GRANDHI R.R., NERENDRAN R., BOWMAN G.H., SLINGER S.J., (1980) - Can. J. Anim. Sci. **60**, 123-130.
- HENRY Y., BOURDON D., (1971) - Journées Rech. Porcine en France. **3**, 117-127. I.T.P. Éd., Paris.
- JOSEFSSON E., (1975 a) - J. Sci., Fd. Agric., **26**, 157-164.
- JOSEFSSON E., (1975 b) - J. Sci., Fd. Agric., **26**, 1299-1310.
- JOSEFSSON E., MUNCK L., (1972) - J. Sci., Fd. Agric., **23**, 861-869.
- JUNG J., (1976) - Résultats non publiés.
- KENNELLY J.J., AHERNE F.X., LEWIS A.J., (1978) - Can. J. Anim. Sci., **58**, 743-752.

- Mc KINNON P.J., BOWLAND J.P., (1977) - *Can. J. Anim. Sci.*, **57**, 663-678.
- Mc KINNON P.J., BOWLAND J.P., (1979) - *Can. J. Anim., Sci.*, **59**, 589-596.
- KOZLOWSKI M., (1975) - *Zes. Nauk. Akad. Roln. Techn. Olsz.* **142**, 3-78.
- LEWIS A.J., AHERNE F.X., (1978) - *The 57th annual Feeders day Report. University of Alberta June 28*, 60-61.
- LO M.T., HILL D.C., (1972) - *Can. J. of phys. and Pharm.* **50**, **4**, 373-377.
- MARANGOS A.G., DONE S.H., HILL R., (1976) - *British Vet. j.*, **132**, **4**, 380-388.
- MAY R.N., BELL J.M., (1971) - *Can J. Anim. Sci.*, **51**, 271-278.
- MEREDITH M.J., MARANGOS A.G., DONE S.H., (1975) - *British. Vet. J.*, **131**, **2**, 256-257.
- MORICE J., (1975) - *Études et Recherches*, **3**, 123-130.
- NARENDRAN R., BOWMAN G.H., SLINGER S.J., (1979) — *Can. J. Anim. Sci.*, **59**, 577-583.
- NIDENBERG S., (1979) - *Syndicat National des Industries de l'Alimentation Animale. 6 décembre 1979.*
- OCHETIM S., BELL J.M., DOIGE C.E. and YOUNGS C.G., (1980) - *Can. J. Animal Sci.*, **60**, 407-421.
- OCHETIM S., BELL J.M., and DOIGE C.E., (1980) - *Can. J. Anim. Sci.*, **60**, 423-432.
- OSTROWSKI H., RYS R., (1973) - *Roczniki Nauk Rolniczych, B*, **94** (1) 105-112.
- PAIK I.K., ROBBLEE A.R. and CLANDININ D.R., (1980) - *Can. J. Anim. Sci.*, **60**, 481-493.
- PEARSON G., BOWLAND J.P., (1977) - *The 56th Feeders day report June 7 University of Alberta.* 12-15.
- PEARSON G., BOWLAND J.P., (1978) - *N.Z.J., of Exp. Agri.*, **6**, 59-64.
- PETERSEN U., SCHULZ E., (1976) - *FETTE Seiten Anstrichmittel*, **78**, **9**, 347-350.
- PETERSEN U., SCHULZ E., (1978) — *Landwirtsch Forschung* **31**, 2-3, 269-280.
- PETERSEN U., SCHULZ E., (1978) - *Landwirtsch Forschung* **31**, 2-3, 281-289.
- PION R., (1971) - *Ind. Alim. Anim.* (6), 29-36.
- PION R., FAUCONNEAU G., (1966) - *Cahier AEC n° 6 - Amino-acides, peptides, protéines*, 157-175, AEC Ed., Commentry.
- PRECY Christine, (1980) - *Mémoire de fin d'études. Institut Supérieur Agricole de BEAUVAIS. 137 pages ronéotées + annexes.*
- SABEN H.S., BOWLAND J.P., HARDIN R.T., (1971 a) - *Can. J. Anim. Sci.*, **51**, 419-426.
- SABEN H.S., BOWLAND J.P., HARDIN R.T., (1971 b) - *Can. J. Anim. Sci.*, **51**, 427-432.
- SAUER W.C., CICHON R.M., (1980) - *University of Alberta. June 20.* 89-90.
- SAUER W.C., AHERNE F.X., BERG R., (1980) — *University of Alberta. June 20,* 94-96
- SARWAR G., and BELL J.M., (1980) - *Can. J. Anim. Sci.*, **60**, 447-459.
- SCHULZ E., PETERSEN U., (1978) - *Landwirtsch Forschung* **31**, 2-3 218-232.
- SINGAM D.R., The late ANANDA, LAWRENCE T., (1979) — *J. Sci. Food Agric.* **30**, 21-26.
- STARON T., (1974) - *L'alimentation et la vie*, **62**, **3**, 165-179.
- TAVERNER M.R., MULLANEY P.D., (1973) - *Austral. J. of Exp. Agri. and Anim. Ausb.* **13**, **63**, 375-382.
- TAVERNER M.R., CURIC D.M., (1974) - *Society for Anim. Prod.* **10**, 375-378.
- THACKER P.A., BOWLAND J.P., (1980) - *University of Alberta. June 20.* 98-100.
- VERMOREL M., FAYET J.C., (1977) - *Bull. Tech. C.R.Z.V., Theix, I.N.R.A.*, **28**, 5-8.