

LA GRAINE DE COLZA ENTIÈRE CRUE OU EXTRUDÉE : UNE NOUVELLE SOURCE D'ÉNERGIE ET DE PROTÉINES DANS L'ALIMENTATION DES PORCELETS

Tercia REIS DE SOUZA (1), J.P. MELCION (2), D. BOURDON (1), G. GIBOULOT (2), J.any PEINIAU (1), A. AUMAITRE (1)

Institut National de la Recherche Agronomique

(1) IStation de Recherches Porcines, Saint Gilles, 35590 L'HERMITAGE.

(2) Laboratoire de Technologie Appliquée à la Nutrition, BP 527, 44026 NANTES Cédex.

avec la collaboration de J.C. HULIN (1), R. VILBOUX (1), M. MASSARD (1) et M. LEFEVRE (1)

On a étudié l'influence d'un traitement de cuisson-extrusion à 150°C appliqué à la graine entière de colza 00 en mélange avec un pois (30/70) ou avec un blé (47/53) préalablement broyés. L'extrusion élimine 40 à 20 % des glucosinolates totaux et diminue de 60 et 46 % le taux de progoitrine du colza en présence de pois ou de blé respectivement. Elle fait apparaître des glucosinolates inconnus et détruit 20 à 40 % des facteurs antitrypsiques du pois.

La graine de colza incorporée à raison de 20 % apporte environ 9 % de lipides dans une ration destinée aux porcelets sevrés précocément vers 21 jours. Elle entraîne des performances zootechniques (gain de poids, indice de consommation) similaires à celles observées avec un mélange contenant de l'huile de maïs. La digestibilité apparente des lipides du colza (70,1 et 80,5 %) à la 4^{ème} et à la 7^{ème} semaine d'âge est similaire à celle observée pour l'huile de maïs; elle n'est pas affectée par le taux de glucosinolates.

Le mélange pois-colza graine entière extrudé constitue une bonne source mixte d'énergie (lipides) et de protéines pour la formulation des aliments de sevrage du porcelet.

Raw VS extruded whole rapeseed : a raw source of energy and protein in the diet for weaned piglets

Whole 00 rapeseed was extruded at 150° C in association either with pea (30-70 %) or with wheat meal (47/53 %) . The treatment extrusion-cooking destroyed 40 and 20 % of total glucosinolates and 60 and 46 % of progoitrin when associated with pea or wheat, respectively. Unknown glucosinolates appeared during treatment but 20 to 40 % of antitrypsic factors were destroyed.

Inclusion of 20 % of rapeseed supplied 9 % of lipids in a starter diet for piglets weaned at 21 days of age. Growth rate and feed conversion ratio of the piglets were identical to those fed maize oil. The apparent digestibility of rapeseed oil (70.1 and 80.5 % at 4 and 7 weeks of age respectively) was similar to that of maize oil and was not affected by the level of glucosinolates.

The inclusion of extruded whole rapeseed in association with pea meal could be recommended as a mixed energy protein feedstuff in the starter of early weaned piglets.

INTRODUCTION

Les lipides du lait de truie qui représentent plus de 30 pour cent de sa matière sèche ont une digestibilité très élevée chez le porcelet allaité. Le sevrage s'accompagne d'un changement dans la nature de la source énergétique puisque la ration concentrée est au contraire très riche en amidon. Toutefois, il est souvent recommandé d'incorporer des lipides dans l'aliment de premier âge (EUSEBIO et al, 1965; AUMAITRE, 1969). En effet, en raison des bouleversements physiologiques consécutifs au sevrage (KIDDER et MANNERS, 1978), l'apport de lipides très digestibles peut permettre à la fois d'assurer une transition dans les fonctions de digestion et de pallier à la carence énergétique consécutive à la limitation de l'appétit chez les jeunes. Malgré de nombreuses approches expérimentales, on ne connaît pas encore tous les facteurs susceptibles de favoriser une bonne utilisation digestive des lipides. D'une manière générale, on ignore encore quelle est la source la plus appropriée et quel est le taux maximum d'incorporation. Les lipides d'origine animale sont peu digestibles (EUSEBIO et al, 1965), au contraire les huiles végétales riches en acides gras insaturés sont mieux digérées.

Par ailleurs, le mode d'incorporation peut affecter la digestibilité des lipides, mais dans ce domaine, on est réduit à des hypothèses : le mélange à sec des graisses concrètes (comme le suif) peut être à l'origine d'une mauvaise utilisation digestive ; le mélange des huiles liquides en fines gouttelettes à la température ordinaire peut augmenter au contraire le CUD apparent.

L'utilisation de graines entières d'oléagineux a été proposée. Ainsi, depuis de nombreuses années on a essayé d'utiliser la graine de soja entière après destruction partielle des facteurs antitrypsiques qu'elle contient (BAYLEY et SUMMERS, 1975; NOLAND et al, 1976; AUMAITRE et BOURDON, 1982). La graine de colza riche en lipides (40 à 45 %) peut être une bonne source d'énergie potentielle pour le porcelet. Mais on peut craindre comme inconvénient la présence de glucosinolates connus pour leur effet dépressif sur la digestibilité de l'huile (SALO, 1980 a,b). L'extrusion est un traitement technologique qui permet de réduire la teneur en glucosinolates du colza (FENWICK et al, 1986; MELCION et al, 1988; AUMAITRE, et

al. 1989). Ainsi la graine de colza pourrait après détoxification partielle constituer une source mixte de lipides et de protéines pour le porcelet en remplacement des graisses et du tourteau de soja. De plus, l'extrusion s'est avérée efficace pour débarrasser la graine de pois, utilisée comme source de protéines, de ses facteurs antinutritionnels (antitrypsiques) selon BENGALAFREIRE, 1989.

On a testé dans ce travail la possibilité d'utiliser la graine entière de colza, seule ou en association avec le pois de printemps, dans les aliments pour les porcelets. Nous avons évalué l'effet de l'extrusion sur la digestibilité totale des éléments de la ration, et sur les performances zootechniques des jeunes porcelets dès le sevrage. Au préalable, on a vérifié que l'extrusion du mélange pois-colza constitue un moyen de réduire à la fois les facteurs antitrypsiques et les glucosinolates comme l'ont observé MELCION et al (1988).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

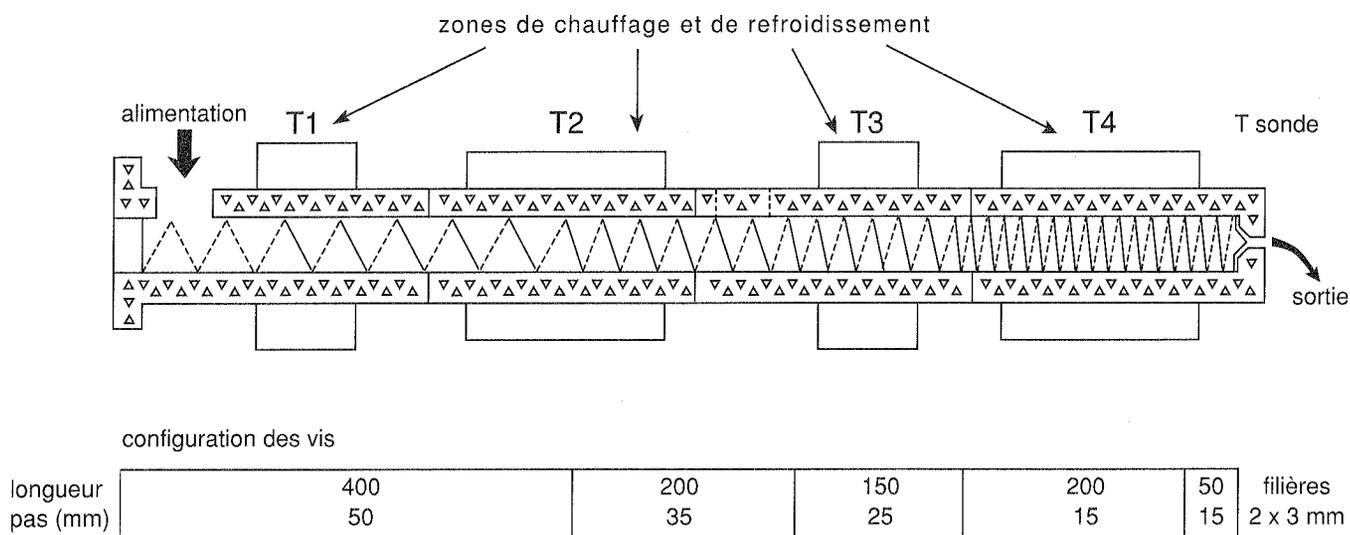
On a étudié une graine de colza 00 d'origine française apportant théoriquement 9% d'huile de colza au mélange.

1.1. Traitement des matières premières

Les graines sont broyées à l'état pur à l'aide d'un broyeur à marteaux muni respectivement d'une grille de 2 mm pour le colza et 2,5 mm pour le pois et le blé avant mélange. La taille moyenne des particules, mesurée par tamisage en double sur 100 g de mélange est de 560 μm (colza + pois), 594 μm (colza + blé) et de 545 μm pour la farine de pois.

La farine de pois et les deux mélanges (20 kg de graine de colza associée à 47 kg de pois ou 20 kg de graine associée à 22,5 kg de blé) sont extrudés à l'aide d'un cuiseur-extrudeur bi-vis corotatives CLEXTRAL BC 45, muni de 2 filières de 3 mm de diamètre. Les vis sont à filet simple, et de section trapézoïdale. Leur longueur totale est de 1 m. Un contre-filet à fente de 3 mm (mélanges à base de colza) ou 6 mm (pois) est placé en position terminale (figure 1). Le produit est hydraté à l'entrée de l'appareil (9,5 à 16 % d'eau selon les traitements) ; la tem-

FIGURE 1
SCHÉMA DU CUISEUR-EXTRUDEUR (Clextral BC 45)



pérature de régulation du fourreau est 200° C (pois seul) et 210° C. Les produits extrudés sont ensuite refroidis dans un séchoir à lit fluidisé à température ambiante durant 15 mn. On a mesuré le taux de matière sèche et de lipides des principaux mélanges soumis à l'extrusion avant et après le traitement.

1.2. Animaux, régimes et mesures

L'expérience a été réalisée sur 100 porcelets (50 F et 50 M) sevrés aux environs de 21 jours. Ils sont répartis en 5 lots de porcelets logés individuellement (10 F et 10 M) sélectionnés

dans 20 portées successives soit 20 répétitions du dispositif. Les porcelets sont soumis à une période d'adaptation de 4 jours suivie de 3 semaines à l'aliment 1er âge et 3 semaines à l'aliment 2ème âge (figure 2) contenant 20 pour cent de graine de colza entière.

Tous les régimes (tableau 1) sont équilibrés par supplémentation en tourteau de soja et acides aminés industriels de façon à être isoazotés, isolysine, méthionine + cystine, tryptophane et thréonine (INRA, 1984). Ils sont sensiblement isoénergétiques par rapport au régime témoin qui contient 8 % d'huile de maïs.

FIGURE 2
SCHÉMA EXPÉRIMENTAL DES COLLECTES D'EXCRÉTA

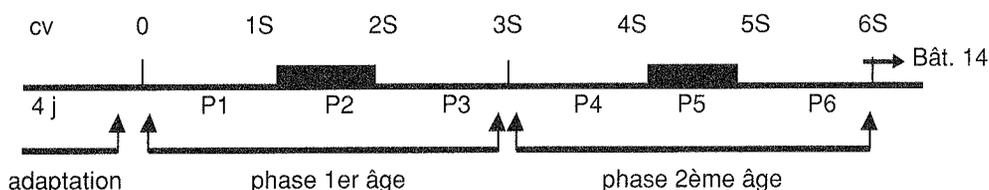


TABLEAU 1
COMPOSITION CENTÉSIMALE DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX

MATIÈRES PREMIÈRES	RÉGIMES				
	1	2	3	4	5
Mélanges expérimentaux communs (1)					
- Graine de colza %	-	20,0 B	20,0 E	20,0 B	20,0 E
- Pois	-	-	47,0 E	47,0 E	47,0 B
- Prémélanges Acides Aminés	1,0a	1,0b	1,0c	1,0c	1,0cc
- Minéraux	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
- Oligoéléments, Vitamines	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
- Ti O ₂	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Aliment 1er âge :					
- Blé	57,5	53,5	22,5	22,5	22,5
- Tourteau de soja	24,0	16,0	-	-	-
- Huile de maïs	8,0	-	-	-	-
- CPSP 80	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Aliment 2ème âge :					
- Blé	59,5	55,5	24,5	24,5	24,5
- Tourteau de soja	27,0	19,0	3,0	3,0	3,0
- Huile de maïs	8,0	-	-	-	-

(1) Utilisés dans les aliments de 1er et 2ème âge à taux identique.

E : Extrudé ; B : Broyé.

a, b, c : Trois prémélanges différents calculés sur la base des teneurs moyennes en acides aminés selon INRA, 1984.

Pour la mesure de la digestibilité, on a incorporé 0,5 % d'oxyde de titane (Ti O₂) dans les aliments, et on a fait des collectes journalières de fèces entre la 1ère et la 2ème semaine qui suivent le sevrage et entre la 4ème et la 5ème semaine (P2 et P5 de la figure 2). Les fèces et les rations sont soumises à l'analyse de laboratoire pour mesurer la matière sèche, l'azote et l'énergie à l'aide d'une bombe calorimétrique adiabatique. Les lipides sont déterminés par une extraction à l'éther (SOXTEC) après une hydrolyse acide. Le dosage du Ti O₂ est

fait après une minéralisation, par la réaction colorimétrique de NJAA, (1961).

On a mesuré la quantité d'aliment consommé par jour et les animaux sont pesés individuellement en début d'expérience et chaque semaine pour calculer l'indice de consommation et le gain de poids moyen par période d'âge et pour l'ensemble jusqu'à environ 25 kg.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Conséquences du traitement technologique des mélanges

Les principales caractéristiques physiques du traitement technologique sont rapportées au tableau 2. La température des produits oscille entre 140 et 150° à la sortie de la filière. La durée du séjour dans l'extrudeur peut être caractérisée à partir du débit relatif de l'appareil : les mélanges pois-colza ou blé-colza ont, malgré leur teneur en huile, une durée de séjour supérieure à celle de pois. A la sortie de la filière, les produits contiennent encore une forte proportion d'eau, mais une perte notable est observée au cours du séchage. Le pois extrudé perd moins d'eau, mais la teneur finale du produit est réduite par rapport à celle de la matière première (tableau 2). La teneur

TABLEAU 2
CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES MÉLANGES
LORS DE L'EXTRUSION ET STABILITÉ DES TENEURS
EN EAU ET EN LIPIDES.

Mélange	Pois	Blé + Colza	Pois + Colza
Condition d'extrusion			
T. à a sortie filière ° C	142-158	135-148	141-150
Débit (kg/h)	94,6	75,3	75,2
Teneur en MS (%)			
Avant extrusion	85,0	87,7	86,6
Sortie filière	86,0	81,6	83,2
Après séchage	88,6	87,1	87,2
A l'atelier de mélange	85,6	87,6	86,9
Teneur en M.G (% MS)			
Avant extrusion	2,7	25,4	17,3
Après extrusion	2,7	24,7	15,2

en lipides est très légèrement réduite dans le cas du mélange blé-colza. La perte d'huile est cependant notable dans le cas de l'extrusion des mélanges pois-colza dans un appareil expérimental.

Les résultats concernant les caractéristiques nutritionnelles sont présentés au tableau 3 : toutes les valeurs sont rapportées à la matière sèche déshuillée de la graine en tenant compte de leur proportion et de leur teneur en huile.

L'extrusion réduit significativement la teneur de certains glucosinolates de la graine de colza brute, en accord avec les résultats obtenus par FENWICK et al (1986) et AUMAITRE et al (1989), et surtout avec ceux de MELCION et al (1988) dans le cas d'un mélange similaire pois-graine de colza extrudé sur le même appareil. Parmi les glucosinolates biologiquement actifs, c'est la progoitrine qui est la plus réduite : 60 % en présence de pois, et 46 % en présence de blé. Le traitement en présence de pois réduit de 40 % les glucosinolates totaux, mais de seulement 20 % lorsqu'elle est conduite en présence de blé. Toutefois, l'extrusion fait apparaître des glucosinolates inconnus représentant jusqu'à 50 % des glucosinolates résiduels ainsi que l'ont observé FENWICK et al (1986). Certains épithionitriles peuvent en effet être produits à partir de la progoitrine (FENWICK et al, 1986), ce que nous n'avons pu vérifier dans notre expérience.

Le traitement d'extrusion en présence d'huile qui ne produit pratiquement pas d'expansion, s'avère beaucoup plus efficace, pour diminuer le taux de glucosinolates, qu'un traitement à l'eau chaude ou par micro-ondes comme l'ont montré (ALVES PEREIRA et al, 1981) avec une autre graine de crucifère, le Crambe d'Abyssinie. Avant de conclure à l'efficacité et à l'utilité de l'extrusion, il reste à vérifier que les glucosinolates ainsi transformés n'ont plus les propriétés goitrogéniques provoquées par l'ingestion de la graine brute.

L'extrusion peut aussi réduire les taux des facteurs antitrypsiques présents dans le pois (tableau 3) en accord avec BENGALAFREIRE (1989). Cette réduction est plus accentuée dans le cas de mélanges contenant du colza (40 %) par rapport au pois

TABLEAU 3
EFFET DU TRAITEMENT TECHNOLOGIQUE SUR LES TAUX DE GLUCOSINOLATES
DE LA GRAINE DE COLZA ET LES FACTEURS ANTITRYPSIQUES.

Glucosinolates µmol GLS/g MS délipidée	Graine de colza			
	Brute	Broyée	Extrudée + Blé	Extrudée + Pois
Alkényls				
Progoitrine	8,89	8,05	4,82	3,57
Gluconapoléiférine	0,71	0,55	0,27	0,40
Gluconapine	3,02	2,74	1,61	1,19
Glucobrassicinapine	1,07	0,91	0,54	0,40
Inconnus	-	-	7,50	5,55
TOTAL	13,69	12,25	14,74	11,11
Aromatiques indols				
4-OH GBS	6,40	6,58	1,61	1,19
GBS	0,36	0,37	-	-
TOTAL	6,76	6,95	1,61	1,19
TOTAL Glucosinolates	20,45	19,20	16,35	12,30
Facteurs antitrypsiques UI/mg	Pois B 1,90	Pois E 1,50	Pois+Colza B 2,30	Pois+ Colza E 1,40

B : Broyé ; E : Extrudé

seul (21 %). Enfin, l'extrusion du mélange pois-colza, tout en retenant les lipides sur la partie amylacée, peut réduire en même temps les teneurs en glucosinolates et en facteurs antitrypsiques comme l'ont observé MELCION et al (1988).

Ces deux caractéristiques technologiques et nutritionnelles renforcent l'intérêt d'appliquer l'extrusion au mélange des deux produits associés.

2.2. Digestibilité totale des éléments de la ration

Les coefficients d'utilisation digestive apparente totale (CUDA) des éléments des régimes sont présentés au tableau 4.

La teneur en glucosinolates n'affecte pas la digestibilité totale des éléments nutritifs en accord avec AUMAITRE et al 1989, mais l'inclusion de 20 % de graine de colza s'accompagne d'une légère baisse de la digestibilité de la matière sèche et de l'énergie probablement en raison de l'enrichissement de la ration en constituants pariétaux, conformément aux observations de BOURDON et AUMAITRE (1989).

Pour les lipides, la digestibilité totale de l'huile de colza qui est la source dominante de lipides du régime est similaire à celle de l'huile de maïs (figure 3); elle est en accord avec les données de OZIMECK et al (1984) sur le porc en croissance. La teneur en glucosinolates n'affecte pas la digestibilité des lipides confirmant les données de LAWRENCE (1978),

TABEAU 4
EFFET DE LA NATURE DU RÉGIME SUR LA DIGESTIBILITÉ TOTALE DES ÉLÉMENTS DE LA RATION

COLZA		-	Broyé	Extrudé	Broyé	Extrudé	Analyse de variance	ETR (CVR)
POIS		-	-	Extrudé	Extrudé	Broyé		
CUDA Total	Période	1	2	3	4	5		
MS	P1	81,8 A	76,1 A	78,3 A	79,8 A	80,3 A	Pt * R *** Per **	4,1 (5,13)
	P2	84,8 B	81,4 B	79,4 A	80,2 A	81,8 A		
	\bar{x}	83,3 a	78,8 b	78,9 b	80,0 b,c	81,0 c		
MO	P1	84,9 A	79,4 A	82,1 A	83,4 A	83,3 A	Pt NS R *** Per ***	3,7 (4,37)
	P2	88,1 B	85,1 B	83,8 A	84,4 A	85,5 A		
	\bar{x}	86,5 a	82,2 b	82,9 b,c	83,9 c,d	84,4 d		
N	P1	76,3 A	67,9 A	71,3 A	74,4 A	72,2 A	PT NSN R *** Per ***	6,4 (8,6)
	P2	81,9 B	76,7 B	73,4 A	74,3 A	76,2 A		
	\bar{x}	79,1 a	72,3 b	72,4 b	74,4 b	74,2 b		
Lipides	P1	69,1 A	66,7 A	71,9 A	73,9 A	68,9 A	Pt ** R NS Per ***	7,9 (10,7)
	P2	79,4 B	81,7 B	79,0 B	80,5 B	81,8 B		
	\bar{x}	74,3 a	74,2 a	75,5 a	77,2 a	75,4 a		
Energie	P1	82,2 A	76,2 A	79,7 A	81,7 A	80,5 A	Pt * R *** Per ***	4,3 (5,2)
	P2	86,2 B	83,8 B	82,7 B	83,1 A	84,4 B		
	\bar{x}	84,2 a	79,9 b	81,2 b,c	82,4 c	82,4 c		

A,B : différences significatives suivant les périodes.

Effets : Pt = portée ; R = Régime ; Per = Période ;

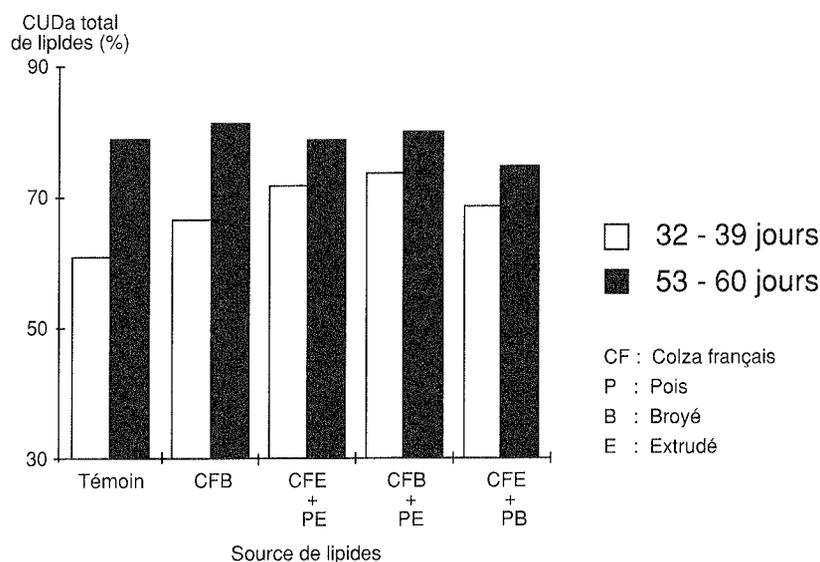
ETR : Ecart type de la résiduelle ; CVR : Coefficient de variation de la résiduelle.

a,b : différences significatives suivant les régimes.

Signification : * : P < 0,05 ; ** : P < 0,01 ; *** : P < 0,001.

P1 : 32 à 39 jours ; P2 : 53 à 60 jours.

FIGURE 3
EFFET DE L'ÂGE SUR LA DIGESTIBILITÉ TOTALE DES LIPIDES DU COLZA



AUMAITRE et al (1989). Ils s'opposent au contraire à ceux de SALO (1980 a,b) qui avait utilisé un colza 0 dans ses expériences.

2.3. Performances zootechniques des animaux

Les résultats des performances pondérales présentés au tableau 5 montrent que la présence de 20 % de graine de colza n'affecte pas les performances des porcelets, en accord avec SALO (1980) et AUMAITRE et al 1989, sauf pendant le premier âge avec le colza broyé seulement. Ils sont voisins de ceux de BAIDOO et al (1987) qui observent toutefois un taux limite d'introduction de la graine entière de colza dans la ration de

sevrage, situé entre 9 et 18 %. Nos résultats permettent de recommander jusqu'à 20 % de graine associée à un régime à base de blé.

L'extrusion du pois avec le colza entraîne une amélioration des performances très significative, les rendant comparables à celles des animaux du lot témoin. Par contre, l'association colza-pois broyé ne semble pas recommandable puisque les performances en 1er et 2ème âge sont toujours inférieures à celles du lot témoin. Ces observations confirment les travaux de BENGALAFREIRE (1989) sur la grande sensibilité des porcelets récemment sevrés aux facteurs antinutritionnels du pois. Le pois semble donc être paradoxalement plus «toxique» pour les porcelets juste sevrés que la graine entière de colza.

TABLEAU 5
EFFET DE L'INCORPORATION DES GRAINES DE COLZA
SUR LES PERFORMANCES ZOOTECNIQUES DES PORCELETS.

COLZA POIS	- -	Broyé -	Extrudé Extrudé	Broyé Extrudé	Extrudé Broyé	Analyse de variance	ETR (CVR)
Gain de poids (g/j)							
1er âge	329 a,c	295 b	323 a,c	333 c	279 b	Pt *** R * Sex NS	57,9 (18,5)
2ème âge	697 a	661 a	658 a,b	690 a	606 b	Pt NS R ** Sex NS	84,6 (12,7)
TOTAL	426 a,c	407 a,b	421 a,c	437 c	390 b	Pt NS R ** Sex NS	39,4 (9,5)
Indice de consommation							
1er âge	1,52 a,b	1,63 b,c	1,47 a	1,45 a	1,73 c	Pt *** R ** Sex NS	0,24 (15,9)
2ème âge	1,57 a	1,65 a	1,64 a	1,60 a	1,77 b	Pt *** R ** Sex NS	0,19 (11,7)
TOTAL	1,56 a,b	1,65 a	1,58 a,b	1,55 a	1,75 c	Pt ** R *** Sex **	0,15 (9,3)

a,b: différences significatives suivant les régimes.

Effets : Pt = Portée ; R = Régime ; Sex = Sexe. Signification : * : P < 0,05 ; ** : P < 0,01 ; *** : P < 0,001 ;

ETR : Ecart type de la résiduelle ; CVR: Coefficient de variation de la résiduelle ; 1er âge: 24 à 45 jours ; 7,01 à 13,9 kg. 2ème âge : 45 à 66 jours ; 13,9 à 25,1 kg.

CONCLUSIONS

La graine de colza des variétés 00 peut constituer une bonne source d'énergie sous forme de lipides, aussi bien digérée que l'huile de maïs. Elle peut même constituer une source mixte d'énergie et de protéines utilisable dans les rations de sevrage

des porcelets à partir de 5 kg de poids vif environ.

L'extrusion est un traitement technologique efficace pour détruire certains glucosinolates de la graine de colza et les facteurs antitrypsiques du pois, mais elle n'affecte pas la digestibilité totale des lipides. Il reste toutefois à vérifier par une

expérience *in vivo* que les glucosinolates «inconnus» formés au cours de ce procédé n'ont plus d'activité biologique néfaste sur les animaux. Les proportions respectives des mélanges pois-graines de colza sont sans doute à préciser en fonction des caractéristiques nutritionnelles (teneur en énergie) que l'on souhaite au mélange à incorporer à l'aliment des animaux.

REMERCIEMENTS

A Monsieur RIBAILLIER, Laboratoire d'analyse du CETIOM Orléans pour l'analyse des glucosinolates, et à l'unité technologique du CETIOM, Pessac, pour la fourniture du lot de graine de colza.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALVES PEREIRA, J.A., KIRLEIS, A.W., CLINE, T.R., 1981. J. Anim. Sci., 53, 1278-1285.
- AUMAITRE, A., 1969. Journées Rech. Porcine en France, INRA Paris, 125-130.
- AUMAITRE, A., BOURDON, D., 1982. Journées Rech. Porcine en France, 14, 319-324.
- AUMAITRE, A., BOURDON, D., PEINIAU, J., BENGALA FREIRE, J., 1989. Anim. Feed. Sci. and Tech., 24, 275-287.
- BAIDOO, S.K., MITARU, B.N., AHERNE, F.X., BLAIR, R., 1987. Anim. Feed. Sci. Technol., 18, 45-53.
- BAYLEY, H.S., SUMMERS, J.D., 1975. Can. J. Anim. Sci., 55, 441-450.
- BENGALA FREIRE, J., 1989. La digestibilité totale et iléale des glucides chez le porcelet sevré précocément : conséquences physiologiques et métaboliques. Thèse Doctorat de l'Université de Rennes I. France, 150 pp.
- BOURDON, D., AUMAITRE, A., 1989. Effect of selection on low glucosinolate content and technological treatment of rapeseed on the chemical composition, digestible energy content and feeding value of the rapeseed meal for growing-finishing pigs. 40 th EAAP Meeting, Dublin, 15 p.
- EUSEBIO, J.A., HAYS, V.W., SPEER, V.C., McCALL, J.T., 1965. J. Anim. Sci., 24, 1001-1007.
- FENWICK, G.R., SPINKS, E.A., WILKINSON, A.P., HEANEY, R.K., LEGOY, M.A., 1986. J. Sc. Food Agric., 37, 735-741.
- INRA, 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA, Paris. 282 pp.
- KIDDER, D.E., MANNERS, M.J., 1978. Digestion in the pig. Scientifica, Bristol, 201 pp.
- LAWRENCE, T.L.J., 1978. Anim. Feed Sci. Tech., 57 : 936-942.
- MELCION, J.P., ZERNICKI, W., CONAN, L., DROUET, E., 1988. Revue de l'Alimentation Animale, 417 : 36-42.
- NJAA, 1961. Acta Agric. Scand., 9, 227-241.
- NOLAND P.R., CAMPBELL D.R., GAGE R.K., SHARPE R.N., JOHNSON Z.B., 1976. J. Anim. Sci., 43, 763-769.
- OZIMEK, L., SAUER, W.C., KOZIKOWSKI, W., JORGENSEN, H., 1984. Can. Agriculture and Forestry Edmonton ed. Bulletin Special Issue, 14-16.
- SALO, M.L., 1980a. J. Sci. Agr. Soc., Finland, 52, 1-6.
- SALO, M.L., 1980b. J. Sci. Agr. Soc. Finland, 52, 45-49.