

## LE TOURTEAU DE COLZA EXEMPT DE THIOGLUCOSIDES OU DÉTOXIQUÉ PAR FERMENTATION

### I. — UTILISATION DIGESTIVE DES GLUCIDES ET DE L'ÉNERGIE PAR LE PORC EN CROISSANCE

L. P. BORGIDA et Marie-Thérèse TOLLIER\*  
avec la collaboration technique de  
G. LECANNU, Michèle FISZLEWICZ et Muriel ESTIVAL\*

*Laboratoire de Technologie des Aliments des Animaux,  
Centre de Recherches de Nantes, I. N. R. A.,  
Chemin de la Géraudière,  
44072 Nantes*

*\* Laboratoire de Technologie Alimentaire,  
I. N. R. A., au CERDIA,  
91305 Massy*

---

### RÉSUMÉ

Deux tourteaux de colza dépourvus de substances toxiques, l'un (B) par sélection d'une variété de graine « Bronowski », l'autre (F) par fermentation industrielle contrôlée (Brevet Staron-I.N.R.A.), ont été incorporés dans des régimes semi-purifiés du Porc en croissance.

L'utilisation digestive de la matière sèche, de la matière organique et de l'énergie des régimes est indépendante du taux d'incorporation (12, 24 ou 36 p. 100) des tourteaux; le calcul, par différence, des coefficients d'utilisation digestive (C.U.D.) de ces constituants des tourteaux conduit à des valeurs similaires, respectivement 72,1; 74,1 et 73,5 p. 100.

La teneur en énergie digestible qui en résulte, estimée à 3 490 Kcal/kg/MS, est faible à la fois en raison de la disponibilité limitée des glucides solubles et de la teneur élevée des constituants membranaires.

L'évaluation de ces derniers par différentes techniques (WEENDE, insoluble formique, SALO, VAN SOEST) recoupe bien les valeurs obtenues par cette dernière: la cellulose (B: 9,2 F: 11,1 p. 100) a un C.U.D. de 44,7 en moyenne les hémicelluloses (B: 16,2; F: 17,8 p. 100) un C.U.D. de 60,3 et 69,6 respectivement et la lignine (B: 15,7; F: 11,0) est totalement (0 à 1 p. 100) indigestible.

Sur la base de l'énergie digestible, la teneur plus élevée du tourteau « Bronowski » en glucides solubles, soit 7,7 contre 2,4 pour le fermenté, compense la meilleure utilisation digestive des matières azotées de ce dernier (77,7 contre 75,9 p. 100).

---

## INTRODUCTION

Sous-produit de la délipidation de la principale graine oléagineuse cultivée en France, le tourteau de colza est connu pour sa teneur élevée en protéines de composition en acides aminés favorable à la supplémentation des régimes du Poulet et du Porc (PION et FAUCONNEAU, 1966). Mais sa mauvaise acceptabilité, particulièrement sensible chez le Porc (BELL, 1955 ; FÉVRIER, 1957), limite son emploi pour cette espèce à 4 p. 100 des rations de croissance et 8 p. 100 de celles de finition (BOWLAND, CLANDININ et WETTER, 1965). Les substances responsables de ses effets défavorables sont connues (NORFELDT *et al.*, 1954 ; OSTROWSKI et RYS, 1972) : il s'agit d'hétérosides particuliers, les thioglucosides, et de leurs produits de dégradation (VAN ETTEN, 1969).

Afin d'accroître les quantités de tourteau de colza dans les rations du Porc, il est donc nécessaire d'éliminer ses substances toxiques ou inappétibles. Des techniques d'amélioration génétique du colza et des traitements technologiques du tourteau ont été mises en œuvre.

Grâce au cultivar « Bronowski » de *Brassica napus*, à très faible teneur en thioglucosides, cette espèce de colza cultivée en Europe pourrait être améliorée pour fournir des tourteaux encore moins goitrigènes que ceux des variétés canadiennes actuelles, de l'espèce *Brassica campestris* (MARANGOS et HILL, 1975). De fait, le tourteau de colza « Bronowski » est bien toléré par le Porc et ses protéines ont une valeur biologique proche de celles du soja (DELORT-LAVAL et BORGIDA, 1971).

Des procédés technologiques ont également été proposés pour éliminer les thioglucosides ou leurs produits de dégradation, mais sont peu efficaces (cuisson) ou éliminent une partie des protéines (extractions par eau chaude ou solvants), ou les dénaturent (procédés chimiques d'alcalinisation ou d'oxydation). La fermentation par une culture de levure (*Geotrichum candidum*) dans des conditions évitant la désamination des protéines est préconisée par STARON (1970) et permet d'obtenir un tourteau détoxiqué de bonne qualité azotée, mais dont certaines fractions glucidiques ont vraisemblablement été modifiées.

L'emploi en alimentation animale de produits non toxiques comme le tourteau de graines « Bronowski » ou le tourteau fermenté, de valeur protéique élevée, ne peut être limité que par la disponibilité de leur énergie. Les références les plus anciennes, fondées sur des calculs de régression à partir de données de digestibilité (BECKER et NEHRING, 1965), mesurées avec des régimes à faible pourcentage de tourteau proposent des valeurs d'énergie digestible (en kcal/kg MS) proches de 2 860 (N.R.C., 1969), confirmées par les mesures de BAYLEY, CHO et SUMMERS (1969) : 2 740. Ces valeurs sont nettement différentes de celles obtenues lorsque le tourteau est introduit dans le régime en quantité élevée. Ainsi avec des taux allant de 25 à 50 p. 100, les estimations sont de 3 720 (DELORT-LAVAL et BORGIDA 1971) ; 3 120 (SABEN, BOWLAND et HARDIN, 1971 a) ; 3 435 (MAY et BELL, 1971) ; 3 470 (BAYLEY et HILL, 1975).

Même en ne tenant compte que des valeurs les plus élevées, la teneur en énergie digestible du tourteau de colza reste de plus de 20 p. 100 inférieure à celle du soja, en raison d'un taux élevé en cellulose (12 à 16 p. 100) et d'un extractif non azoté

digéré à 62 p. 100 au lieu de 99 p. 100 dans le cas du soja (DELORT-LAVAL et BORGIDA, 1971). La raison de cette faible disponibilité des glucides, dont la teneur dans la matière sèche, estimée par l'extractif non azoté, est de près de 50 p. 100, reste mal connue ainsi qu'il apparaît dans les études de RAO et CLANDININ (1972) chez le Poulet.

Si les glucides solubles sont un peu mieux connus (SIDDIQUI, WOOD et KHANZADA, 1973), les composants membranaires le sont beaucoup moins, d'après la revue de BECKER et NEHRING (1965) et les travaux, les plus récents, de HRDLICKA *et al.* (1965), RAO et CLANDININ (1972), THÉANDER et AMAN (1974). Ces travaux ont d'ailleurs porté sur des variétés ou espèces de crucifères oléagineuses dont la composition glucidique est sensiblement différente des variétés françaises de *Brassica napus* (TOLLIER et GUILBOT, 1974).

On a évalué, chez le Porc, la valeur énergétique et la disponibilité des glucides de deux tourteaux particuliers, l'un provenant de graines de la variété « Bronowski » à très faible teneur en thioglucosides, l'autre détoxiqué par fermentation industrielle. La fermentation réduit la teneur du tourteau en fractions glucidiques solubles facilement dégradables mais pourrait avoir un rôle favorable en éliminant certains oligosides pouvant avoir des effets de flatulence, comme il a été montré par WORTHINGTON et BEUCHAT (1974) dans le cas de la fermentation du tourteau d'arachide.

## MATÉRIEL, ET MÉTHODES

### *Aliments*

Les deux tourteaux étudiés, finement broyés, sont les produits d'une délipidation industrielle que nous n'avons pas contrôlée. L'un provient de graines de variété « Bronowski », génétiquement dépourvue de thioglucosides, dont la valeur alimentaire a été testée par rapport à un soja de référence dans un essai antérieur (DELORT-LAVAL et BORGIDA, 1971). L'autre est obtenu par un procédé de fermentation contrôlée (Brevet Staron-I.N.R.A., n° 2079 709) d'un lot de tourteau commercial.

L'aliment protéoprive semi-synthétique, contenant les glucides purifiés suivants : amijel 36,4 p. 100 ; amidon de maïs 9,1 p. 100 ; sucre 3,6 p. 100 ; cérélose 25,4 et cellulose de bois 13,5 p. 100, est celui décrit antérieurement (DELORT-LAVAL, CHARLET-LÉRY et ZELTER, 1963), légèrement modifié ; le taux de cellulose purifiée est accru de 8 à 13,5 p. 100 pour l'ajuster à la teneur en cellulose brute des tourteaux, aux dépens de l'amidon de maïs.

### *Animaux et alimentation*

Huit porcs de race *Large White*, mâles castrés, provenant de deux portées contemporaines, sont maintenus en cage à métabolisme (FARRIES et OSLAGE, 1961) entre les poids vifs de 27 à 49 kg.

La quantité totale d'aliment distribuée chaque jour en deux repas égaux est limitée à 35 g de matière sèche (MS) par kg de poids vif. Elle est réajustée chaque semaine après la pesée des animaux. La ration consiste en l'aliment protéoprive auquel est substitué 12, 24 ou 36 p. 100 de tourteau sur la base de la matière sèche. Elle est présentée en soupe contenant 82 p. 100 d'eau.

### *Schéma expérimental*

Durant trois périodes de cinq jours de prélèvement, précédées chacune d'au moins neuf jours d'adaptation, les fèces sont collectées sur les huit porcs A à H, suivant un schéma permettant, en alternant type et pourcentage de tourteau dans les régimes successifs de chaque animal, de tenir compte de la variabilité individuelle, toujours élevée, de l'utilisation digestive des glucides les moins dégradables.

Tourteau type	Période	Pourcentage de tourteau			Régime protéoprive
		12	24	36	
« Bronowski »	I	A B	C	D	C B D
	II	H	E	F G	
	III	—	A	—	
« Fermenté »	I	E F	G	H	G F H
	II	D	A	B C	
	III	—	E	—	

#### *Collecte des fèces et échantillonnage*

Les fèces, recueillies plusieurs fois par jour, sont pesées et maintenues à 0°C. Les quantités cumulées pendant cinq jours sont pesées, homogénéisées, leur teneur en matière sèche déterminée à l'étuve infrarouge à 70°C jusqu'à poids constant. Un échantillon frais représentatif des aliments et des fèces est congelé et lyophilisé avant analyse.

#### *Analyses*

L'analyse des constituants bruts des aliments et des fèces est faite suivant les normes officielles (*J. O.*, 1975). La teneur en énergie est évaluée par combustion à la bombe calorimétrique adiabatique. La composition glucidique est déterminée ; pour les glucides solubles de faible poids moléculaire, par extractions successives à l'éthanol 80° et 40° GL et dosage par la méthode à l'anthrone sulfurique (LOEWUS, 1952 ; TOLLIER, 1965) ; pour les hémicelluloses, la cellulose et la lignine, soit par des méthodes globales utilisant les détergents acide ou neutre (VAN SOEST, 1963 ; VAN SOEST et WINE, 1967) ou l'acide formique (GUILLEMET et JACQUOT, 1943) soit, après fractionnement, par une méthode d'hydrolyses acides successives (TOLLIER et GUILBOT, 1974).

Les polysides solubles extraits ou présents dans les fractions hydrolysées sont caractérisés par chromatographie en couche mince (STEFANIS et PONTE, 1968) et sur colonne de polyacrylamide (Biogel P<sub>2</sub>) d'après JOHN, TRENEL et DELLWEG (1969). Le glucose est dosé par la méthode spécifique de LLOYD et WHELAN (1969).

## RÉSULTATS

### *I. — Composition analytique brute et composition glucidique des aliments*

La composition centésimale des tourteaux de colza et de l'aliment semi-synthétique protéoprive est présentée dans le tableau I.

Les teneurs en matières azotées, calculées d'après le pourcentage d'azote des acides aminés de chaque tourteau (VIROBEN., communication personnelle), et en cellulose brute, sont plus élevées pour le tourteau fermenté que pour le « Bronowski », respectivement de 2,1 et 1,8 points.

Cette différence peut s'expliquer par la disparition presque totale des glucides de faible poids moléculaire, mise en évidence par chromatographie en couche mince et sur colonne de polyacrylamide. Les hémicelluloses solubles dans HCl 0,7 N, exprimées globalement par un pouvoir réducteur, sont constituées principalement

TABLEAU I

Composition centésimale brute (p. 100 MS) et teneur en énergie des aliments

Composants	Échantillons		
	Type de tourteau		Aliment protéoprive
	« Bronowski »	« Fermenté »	
Matières azotées (N × 5,7) .	36,5	38,6	0,4
Matières minérales.....	7,2	7,5	6,7
Extrait étheré.....	0,8	0,8	2,3
Glucides éthanolo-solubles 80°GL.....	7,3	1,9	36,5
Glucides éthanolo-solubles 40°GL.....	0,4	0,5	24,8
Amidon.....	0,2	0,2	10,8
Cellulose brute (WEEDE) ..	12,6	14,4	11,9
Lignine brute (VAN SOEST) ..	15,7	11,0	0,2
Énergie (kcal/kg matière sèche) .....	4 655	4 840	3 910

TABLEAU 2

Comparaison des teneurs en polysides de structure et lignine obtenues par diverses méthodes (p. 100 MS)

Composants dosés	Méthodes	Tourteau		Aliment protéoprive
		« Bronowski »	« Fermenté »	
Hémicelluloses Cellulose Lignine (résidu membranaire)	Détergents neutres (VAN SOEST)	31,9	28,6	23,8
Cellulose + lignine (lignocellulose)	Détergents acides (VAN SOEST)	24,9	22,1	13,9
	Acide formique	26,0	22,3	13,9
Cellulose	VAN SOEST	9,2	11,1	13,7
	SALO	6,6	11,1	11,1
	WEEDE	12,6	14,4	11,9
Lignine	VAN SOEST	15,7	11,0	0,2
	SALO	31,0	26,0	6,3
Hémicelluloses	VAN SOEST	7,0	6,5	9,9
	SALO	8,3	14,9	36,8

de pentoses (arabinose et xylose, dans le rapport approximatif de 2/1), d'hexoses (surtout galactose, un peu de mannose et de glucose) et de quantités plus faibles de méthylsoses où l'on identifie du rhamnose.

Le glucose, dosé spécifiquement dans cet hydrolysate acidosoluble, reste en quantité faible ; il ne correspond qu'à 10 p. 100 de cette fraction du tourteau « Bronowski » et 7 p. 100 de celle du tourteau fermenté.

Dans le tableau 2, sont rassemblées les teneurs en polysides de structure et lignine déterminées par diverses méthodes. Il faut remarquer le taux élevé de lignine et de lignocellulose, quelle que soit la technique d'estimation de ces fractions. La lignine brute, non défalquée des matières protéiques, est en quantité particulièrement importante dans le tourteau « Bronowski ». Les estimations de la lignine sont très fortement en excès avec la technique de SALO (1965), aussi bien dans les tourteaux que dans l'aliment purifié semi synthétique. Si la lignine est fortement surestimée, en revanche, les glucides obtenus par hydrolyse sulfurique sont constitués pour 88/95 p. 100 de glucose, ce qui est proche du rendement maximum et laisse penser que cette fraction est bien de la cellulose presque pure.

L'analyse de l'aliment protéoprive rend compte de 97,6 p. 100 de sa MS ; l'amijel est en forte proportion soluble dans l'éthanol 80° et une partie importante est éliminée par l'extraction éthanolique 40° GL, préalable à la détermination de l'amidon, avec lequel il n'est donc dosé qu'en faible quantité. Il faut aussi noter qu'environ 10 p. 100 de la cellulose purifiée n'ont pas été retrouvés par le dosage de la cellulose brute, observation déjà faite sur ce même produit par ZELTER (non publié).

## 2. — *Utilisation digestive de l'énergie des constituants bruts et des fractions glucidiques des régimes*

### a) *Des constituants bruts et de l'énergie (tabl. 3).*

L'amélioration du C.U.D. apparent de l'azote total des tourteaux avec l'augmentation du taux protéique, est liée à la réduction de la part relative de l'excrété endogène fécal, élevé en raison du taux de cellulose du régime. Au taux azoté le plus élevé, les valeurs mesurées, 77,7 pour les matières azotées du tourteau « Bronowski », et 75,9 pour celles du fermenté diffèrent significativement ( $P < 0,05$ ) et sont très proches de celles obtenues avec des régimes similaires par DELORT-LAVAL, STOICA et VIROBEN (1972, données non publiées).

Les coefficients d'utilisation digestive (C.U.D.) de la matière sèche, de la matière organique et de l'énergie des régimes varient peu avec la quantité de tourteau introduite, mais restent inférieurs à ceux de l'aliment protéoprive.

### b) *Des fractions glucidiques.*

Les C.U.D. de l'extractif non azoté (E.N.A.) sont faibles (tabl. 3) pour les régimes azotés si on les compare à celui (94,1 p. 100) de l'aliment protéoprive. Ils varient peu avec le degré de substitution de cet aliment par les tourteaux, ce qui indique que la digestion de l'E.N.A. de l'aliment purifié et des tourteaux est le résultat d'un phénomène associatif, mais non proportionnel.

Les C.U.D. des glucides bruts non cellulosiques des régimes estimés par : glucides = extractif non azoté + cellulose brute — insoluble formique diffèrent peu

TABLEAU 3

Coefficients d'utilisation digestive apparente (moy.  $\pm$  S) de l'énergie et des constituants des régimes

Constituant	Régimes										Aliment synthétique protéoprive
	Tourteau de colza					Fermenté					
	« Bronowski »		Tourteau de colza			Fermenté		Aliment synthétique protéoprive			
Tourteau (MS p. 100) .....	12	24	36	12	24	36	12	24	36	0	
Nombre de données .....	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	
Énergie .....	74,4 $\pm$ 0,3	75,0 $\pm$ 1,1	76,2 $\pm$ 4,2	74,0 $\pm$ 0,9	76,0 $\pm$ 4,2	76,0 $\pm$ 4,2	74,0 $\pm$ 0,9	76,0 $\pm$ 4,2	76,0 $\pm$ 4,2	77,4 $\pm$ 1,4	
Matière sèche .....	74,1 $\pm$ 0,5	73,9 $\pm$ 1,0	74,6 $\pm$ 4,0	74,1 $\pm$ 0,4	74,1 $\pm$ 0,6	75,2 $\pm$ 4,6	74,1 $\pm$ 0,4	74,1 $\pm$ 0,6	75,2 $\pm$ 4,6	76,3 $\pm$ 1,1	
Matière organique .....	77,3 $\pm$ 0,1	77,4 $\pm$ 1,2	77,8 $\pm$ 4,2	77,4 $\pm$ 0,8	78,5 $\pm$ 4,0	78,4 $\pm$ 4,5	77,4 $\pm$ 0,8	78,5 $\pm$ 4,0	78,4 $\pm$ 4,5	80,3 $\pm$ 0,9	
Matières azotées .....	62,6 $\pm$ 3,1	73,9 $\pm$ 1,6	77,7 $\pm$ 0,5	61,2 $\pm$ 1,8	71,6 $\pm$ 2,1	75,9 $\pm$ 1,4	61,2 $\pm$ 1,8	71,6 $\pm$ 2,1	75,9 $\pm$ 1,4	—	
Extractif non azoté .....	75,8 $\pm$ 3,5	76,8 $\pm$ 2,3	76,4 $\pm$ 5,5	83,2 $\pm$ 5,1	79,2 $\pm$ 5,1	78,2 $\pm$ 7,5	83,2 $\pm$ 5,1	79,2 $\pm$ 5,1	78,2 $\pm$ 7,5	94,1 $\pm$ 0,5	
Cellulose brute (C.B.) .....	20,7 $\pm$ 3,4	28,2 $\pm$ 1,1	36,2 $\pm$ 3,8	23,3 $\pm$ 5,3	32,3 $\pm$ 11,6	44,1 $\pm$ 9,2	23,3 $\pm$ 5,3	32,3 $\pm$ 11,6	44,1 $\pm$ 9,2	12,7 $\pm$ 3,0	
Cellulose (VAN SOEST) .....	3,9 $\pm$ 5,0	16,0 $\pm$ 9,0	19,3 $\pm$ 3,8	8,5 $\pm$ 0,3	24,2 $\pm$ 13,6	33,1 $\pm$ 13,8	8,5 $\pm$ 0,3	24,2 $\pm$ 13,6	33,1 $\pm$ 13,8	2,8 $\pm$ 4,9	
Insoluble formique (I.F.) .....	2,8 $\pm$ 3,2	15,0 $\pm$ 4,1	27,9 $\pm$ 8,0	3,8 $\pm$ 1,7	20,0 $\pm$ 7,2	22,9 $\pm$ 13,8	3,8 $\pm$ 1,7	20,0 $\pm$ 7,2	22,9 $\pm$ 13,8	0,5 $\pm$ 2,6	
Extractif non azoté + C.B. — I.F. .	93,1 $\pm$ 3,1	96,2 $\pm$ 2,2	94,4 $\pm$ 0,4	93,7 $\pm$ 4,2	96,4 $\pm$ 1,5	93,5 $\pm$ 3,9	93,7 $\pm$ 4,2	96,4 $\pm$ 1,5	93,5 $\pm$ 3,9	98,4 $\pm$ 1,8	

et restent élevés. Cependant, bien que les différences ne soient pas significatives, il faut noter que ces glucides bruts sont digérés le plus complètement au taux de 24 p. 100 de tourteau, mais qu'ils sont en moyenne nettement (3,2 points) moins bien digérés que ceux du régime sans tourteau.

Le C.U.D. de la cellulose, qu'elle soit estimée par la méthode de VAN SOEST ou celle de WENDE ou par l'insoluble formique, augmente fortement avec la proportion des tourteaux, bien que les régimes soient approximativement isocellulosiques (cellulose brute).

### 3. — *Utilisation digestive des constituants bruts, de l'énergie et des fractions glucidiques des tourteaux*

#### a) *Utilisation digestive des constituants bruts et de l'énergie.*

Le calcul des C.U.D. des constituants des tourteaux nécessite d'estimer ceux, correspondants, de l'aliment protéoprive. Ces derniers peuvent être mesurés directement ou évalués par régression en retenant comme variable explicative le pourcentage de l'élément du régime qui provient du tourteau (CHARLET-LÉRY et LEROY, 1955).

Notre dispositif expérimental permet d'utiliser ces deux procédés de calcul ; le C.U.D. de la MS des régimes est en très faible corrélation ( $r = 0,11$  ;  $n = 18$ ) avec le taux de tourteau et l'on peut postuler l'indépendance entre ces deux variables. Le C.U.D. de la MS de l'aliment protéoprive est alors identique à la moyenne de ceux de l'ensemble des régimes, soit  $74,5 \pm 2,1$  ( $m \pm S$  ;  $n = 18$ ), valeur inférieure ( $P < 0,10$ ) à celle mesurée ( $76,3 \pm 1,1$ ) à partir de cinq bilans avec l'aliment protéoprive seul.

L'effet de l'incorporation de tourteau sur l'utilisation digestive des éléments de l'aliment protéoprive est également observé avec la matière organique.

Dans le cas de l'énergie, la légère amélioration du C.U.D. avec le taux d'énergie du régime provenant du tourteau n'est pas significative ( $r = 0,33$  ;  $n = 18$ ). La moyenne des C.U.D. de l'énergie des régimes azotés est de  $75,3 \pm 2,3$ , celle du régime protéoprive obtenu par régression de  $73,4$ , la même mesurée, étant de  $77,4 \pm 1,5$  ; toutes ces valeurs diffèrent significativement ( $P < 0,025$ ) entre elles.

En raison de la faible signification des calculs, par régression linéaire, des C.U.D. des constituants de l'aliment protéoprive, nous avons préféré procéder à un calcul par différence en estimant le C.U.D. de la MS de l'aliment protéoprive à  $74,5$  et la composition de l'excrété fécal en régime protéoprive comme représentative de celle de cet aliment incorporé dans les régimes azotés. Cependant, au bas niveau azoté, où les quantités provenant des tourteaux sont faibles, nous n'avons considéré qu'une seule valeur de C.U.D., obtenue en ne tenant compte que de la somme des quantités ingérées et excrétées par les trois animaux nourris avec le même tourteau.

Les C.U.D. de la MS, de la matière organique et de l'énergie, calculés de cette manière, sont respectivement ( $m \pm S$  ;  $n = 7$ ) ;  $73,2 \pm 7,0$  ;  $76,0 \pm 9,7$  et  $74,4 \pm 8,9$  pour le tourteau « Bronowski » et  $71,1 \pm 8,4$  ;  $73,4 \pm 11,5$  et  $72,6 \pm 10,8$  pour le fermenté. Ils ne diffèrent pas significativement d'un tourteau à l'autre et on peut estimer à  $3\,490 \pm 480$  kcal/kg ( $m \pm S$  ;  $n = 14$ ) la teneur en énergie digestible de leur matière sèche.



b) *Utilisation digestive des fractions glucidiques* (tabl. 4).

La technique de calcul précédente fait apparaître que le C.U.D. de l'extractif non azoté (E.N.A.) du tourteau « Bronowski » ( $58,5 \pm 15,8$ ) est très légèrement inférieur à celui du fermenté ( $61,7 \pm 22,1$ ).

TABLEAU 4

*Coefficient d'utilisation digestive des constituants glucidiques et de la lignine (L) des tourteaux (moyenne, n = 7)*

Constituant	Cellulose		Cellulose + L	L	E.N.A. <sup>(1)</sup> — (Cell. + L)		E.N.A. <sup>(1)</sup>
	WEENDE	VAN SOEST	I.F. <sup>(2)</sup>	VAN SOEST	I.F. <sup>(2)</sup>	VAN SOEST	
« T. Bronowski »	22,5	44,8	34,7	0	67,5	60,3	58,3
« T. Fermenté »	36,3	44,6	38,6	— 1	72,2	69,6	61,7
S (n = 14)	6,2	9,0	7,3	2,8	3,8	3,0	5,0

<sup>(1)</sup> E.N.A. = matière organique — matière azotée — extrait étheré.

<sup>(2)</sup> I.F. = insoluble formique.

La teneur très faible de glucides éthanolosolubles dans les fèces, correspondant à une utilisation digestive pratiquement totale de cette fraction, n'explique pas cette légère différence qui est due à une meilleure utilisation des hémicelluloses du tourteau fermenté. Celles-ci, estimées par différence entre E.N.A. et lignocellulose, les glucides solubles étant en faible proportion, ont un C.U.D. qui dépasse 60 p. 100 et qui est supérieur de 4,7 ou 9,2 points suivant la technique de dosage de la lignocellulose (insoluble formique ou détergent acide) à celui obtenu avec le tourteau « Bronowski » (tabl. 4).

L'utilisation digestive de la cellulose des tourteaux est élevée et, malgré la forte variabilité des résultats, il faut noter l'excellente concordance des chiffres moyens obtenus avec la méthode de VAN SOEST par rapport à ceux de la méthode de WEENDE dont on sait qu'elle n'est pas très sélective de la cellulose. Malgré tout, les différences entre tourteaux sont très faibles et si l'on tient compte que la lignine dont les tourteaux sont riches paraît totalement indigestible, le dosage de l'insoluble formique concorde avec les résultats obtenus par la méthode de VAN SOEST : on peut donc penser que la lignine du tourteau « Bronowski » dosée avec la cellulose par la méthode de WEENDE est en plus grande quantité que dans le tourteau fermenté.

## DISCUSSION

L'utilisation digestive des différents constituants, notamment glucidiques, des tourteaux ne diffère pas significativement, sauf celle des matières azotées sans doute en raison d'un traitement de séchage inadéquat du tourteau fermenté. Il est à noter que des taux croissants d'incorporation des tourteaux modifient fort peu l'utilisation digestive de la matière sèche des régimes, beaucoup plus faible que celle de l'aliment protéoprive seul. Il y a là un phénomène de digestibilité associative qui peut s'expliquer à la fois par l'augmentation de la teneur et du C.U.D. de l'azote, de celui des membranes avec la proportion de tourteau dans le régime et par la nature des glucides apportés par celui-ci.

Il est probable que la présence de coques dures très difficiles à broyer accroisse la vitesse de transit, faible avec les régimes semi-synthétiques protéoprives (RÉRAT et LOUGNON, 1963). Dans ces conditions, une plus grande quantité des glucides provenant de l'aliment semi-synthétique sont susceptibles d'arriver jusque dans la partie distale de l'intestin lorsque les tourteaux ont été incorporés au régime. De ce fait, l'activité microbienne a pu être plus intense dans le cæcum et le gros intestin, où parviennent la plus grande partie des 40 p. 100 du tourteau sous forme de glucides ( $\alpha$ -galactosides et hémicelluloses) que seules les enzymes microbiennes peuvent dégrader.

Il semblerait y avoir, pour les deux tourteaux, un taux optimal d'incorporation (24 p. 100) qui permette une utilisation digestive maximale des hémicelluloses, celle des glucides solubles étant quasi totale à tous les taux ; au contraire, l'utilisation digestive de la cellulose est en relation linéaire avec le taux de tourteau incorporé. Il n'y aurait pas, dans ce cas, d'interaction entre l'utilisation digestive de la cellulose de bois purifiée de l'aliment synthétique et celle, plus dégradable quoique associée à des quantités élevées de lignine totalement indigestible, des tourteaux. Seule la nature de la cellulose conditionnerait sa digestibilité, comme le pensent HENRY et ÉRIENNE (1969), celle du tourteau de colza paraissant être bien utilisée par le Porc. Dans ces conditions, la digestibilité apparente des hémicelluloses du colza n'est pas beaucoup plus élevée que celle de sa cellulose, comme le montre aussi HENRY (1971), dans le cas d'aliments qui en sont riches (son de blé et farine de luzerne). Ceci s'explique à la fois par la faible dégradation d'une partie de ces polysides et par la formation de glucides microbiens analogues (SALO, 1965).

L'emploi d'un aliment semi-synthétique accuse les phénomènes d'interaction entre constituants du régime, comme le notent SABEN, BOWLAND et HARDIN (1971 *b*) en discutant les résultats de C.U.D. d'énergie obtenus chez le Porc et le Poulet avec des régimes de ce type et des régimes à base de céréales. Nos déterminations de teneur de la matière sèche des tourteaux en énergie digestible nous conduisent, avec les mêmes méthodes de calcul que MAY et BELL (1971), BAYLEY et HILL (1975), aux mêmes résultats, soit environ 3 490 kcal/kg de matière sèche.

Ainsi, si l'on pouvait éliminer les interactions que nous avons notées, par broyage fin du tourteau ou ralentissement du transit, par exemple en fournissant comme ration de base des céréales ensilées (BORGIDA, DELORT-LAVAL et VIROBEN, 1975),

il serait possible d'obtenir, d'après nos calculs de régression et des données plus anciennes (DELORT-LAVAIL et BORGIDA, 1971), des teneurs d'environ 3 700 kcal/kg de matière sèche en énergie digestible. Les causes de la faible utilisation de la fraction hémicellulosique, facteur qui paraît, avec le taux de lignine, le plus limitant de la disponibilité de l'énergie du tourteau seraient à rechercher soit par l'estimation des effets du tourteau de colza sur les fermentations et le transit digestif, soit par l'étude de la composition de ces hémicelluloses et de la lignocellulose dont les taux et la nature seraient modifiés par une sélection végétale appropriée.

*Reçu pour publication en août 1976.*

## SUMMARY

### RAPESEED OIL-MEAL FREE OF GLUCOSINOLATE OR DETOXIFIED BY FERMENTATION IN THE FEED FOR GROWING PIGS. I. ENERGY AND CARBOHYDRATE DIGESTION

Rapeseed oil meal, a 380 000 tons annual production in France, is of very little use in pig rations because of its toxic compounds. Genetic improvements of the seed or adequate technology of the meal are two alternatives for detoxification. Two *Brassica napus* solvent-extracted meals, one (B) of the *Bronowski* variety, untreated, the other (F), fermented with *Geotrichum candidum* during an industrial processing patented by STARON (I.N.R.A.), were compared for energy, carbohydrate and fibre digestibility in the growing pig.

Dry matter, organic matter and energy digestibility were determined on diets based on protein-free semi-purified components, where the oilmeals were substituted for 12,24 or 36 p. 100 DM. These digestibility coefficients, independent of the oil meal level, were 72.1, 74.7 and 73.5 respectively for DM, OM and energy.

The digestible energy content of both oilmeals was estimated to be about 3 490 kcal/kg DM. This low value might be explained both by the limited content of soluble carbohydrates and low digestion of cell wall components.

Evaluated by various techniques (WEENDE, formic acid insoluble matter, acid solubilization according to SALO or detergent action by VAN SOEST) the results were coherent; with the latter technique we obtained:

Fraction	Cellulose		n.f.e.-lignocellulose		Lignin		Sol. carbohydrate	
	B	F	B	F	B	F	B	F
Content (DM p. 100) ..	9.2	11.1	16.2	17.8	15.7	11.0	7.7	2.4
Digestibility (p. 100) ..	44.8	44.6	60.3	69.6	0	—1	100	100

On the basis of digestible energy, the lack of improvement by fermentation is explained by a balance between the improvement of non-fibre carbohydrate digestibility of the fermented oil-meal (F) and its lower soluble carbohydrate content and crude protein digestibility (B : 77.7 per cent, F : 75.9).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAYLEY H. S., CHO C. Y., SUMMERS J. D., 1971. Growth and digestibility studies to evaluate rapeseed meal as a protein supplement for swine. *Can. J. Anim. Sci.*, **49**, 367-373.
- BAYLEY H. S., HILL D. C., 1975. Nutritional evaluation of low and high fibre fractions of rapeseed meal using chickens and pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, **55**, 223-232.
- BECKER M., NEHRING K., 1965. *Handbuch der Futtermittel*, vol. **2**, 230-240, Paul Parey, Berlin.
- BELL J. M., 1955. The nutritional value of rapeseed oil meal : a review. *Can. J. Anim. Sci.*, **35**, 242-251.
- BORGIDA L. P., DELORT-LAVAL J., VIROBEN G., 1975. Effet du mode de conservation du Maïs immature sur l'utilisation de ses glucides et de son azote chez le Porc en croissance-finition. *Ann. Zootech.*, **24**, 433-446.
- BOWLAND J. P., CLANDININ D. R., WETTER R. L., 1965. *Rapeseed meal in livestock and poultry*, Canada Dept of Agric. Queen's Printers, Ottawa.
- CHARLET-LÉRY Geneviève, LEROY A. M., 1955. Étude comparée de la digestibilité du son de froment par diverses méthodes. *Ann. Zootech.*, **2**, 111-120.
- DELORT-LAVAL J., CHARLET-LÉRY Geneviève, ZELTER S. Z., 1963. Efficacité de quelques protides alimentaires chez le Porc. IV. Données complémentaires sur l'action de la chlortétracycline sur le métabolisme azoté. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 369-380.
- DELORT-LAVAL J., BORGIDA L. P., 1971. Valeur énergétique et azotée d'un tourteau de colza exempt de thioglucosides. *J. Rech. Porcine en France*, 105-108, I.N.R.A., I.T.P. éd., Paris.
- FARRIES F. E., OSLAGE H. J., 1961. Zur Technik langfristiger Stoffwechselfersuche an wachsenden Schweinen. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, **16**, 11-29.
- FÉVRIER R., 1957. Le tourteau de colza dans l'alimentation du bétail. *Rev. franç. Corps Gras*, **3**, 129-142.
- GUILLEMET R., JACQUOT R., 1943. Essai de détermination de l'indigestible glucidique. *C. R. Acad. Sci.*, **216**, 508-510.
- HENRY Y., ÉTIENNE M., 1969. Effet nutritionnel de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du porc en croissance-finition. *Ann. Zootech.*, **18**, 337-357.
- HENRY Y., 1971. Essai de prévision de la valeur en énergie digestible des aliments du Porc, à partir de leur teneur en constituants membranaires. *J. Rech. porcine en France*, 57-64, I.N.R.A., I.T.P. éd., Paris.
- HRDLICKA T., KOZŁOWSKA H., POKORN J., RUTKOWSKI A., 1965. Über Rapschrote. VII. Saccharide in Extraktionschroten. *Nahrung*, **9**, 71-76.
- Journal officiel de la République française* du 15 juin 1975, p. 5979.
- JOHN M., TRENEL G., DELLWEG, 1969. Qualitative chromatography of homologous glucose oligomers and other saccharides using polyacrylamide gels. *J. Chromatogr.*, **42**, 476-484.
- LLOYD J. B., WHELAN W. J., 1969. An improved method for enzymic determination of glucose in the presence of maltose. *Anal. Biochem.*, **30**, 467-470.
- LEWIS F. A., 1952. Improvement in anthrone method for determination of carbohydrates. *Anal. Chem.*, **24**, 219.
- MARANGOS A., HILL R., 1975. The use of rapeseed meal as a protein supplement in poultry and pig diets. *Vet. Rec.*, **96**, 377-380.
- MAY R. N., BELL J. M., 1971. Digestible and metabolisable energy values of some feeds for the growing pig. *Can. J. Anim. Sci.*, **51**, 271-278.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1969. *Tables of feed composition*, Publ. n° 1684, Washington D.C., U.S.A.
- NEHRING K., SCHRAMM W., 1950. *Landwirt. Forschung*, **2**, 126, cité par BECKER M. et NEHRING K. *Handbuch der Futtermittel*, vol. **2**, 230-240, Paul Parey, Berlin.
- NORFELDT S., GELLERSTEDT N., FALKMER S., 1954. Studies of rapeseed oil meal and its goitrogenic effects in pigs. *Acta Pathol. Microbiol. Scand.*, **35**, 217-236.
- OSTROWSKI H., RYS R., 1972. Effect of heating the rapeseed meal upon the changes occurring within the internal organ of pig (en polonais). *Acta Agr Silv. (S. Zoot.)*, **12**, 37-58.
- PION R., FAUCONNEAU G., 1966. Les acides aminés des protéines alimentaires. *Cahiers de l'A.E.C. Aminoacides, peptides, protéines*, **6**, 155-175, A.E.C., 03 Commeny.
- RÉRAT A., LOUGNON J., 1963. Étude du transit digestif chez le Porc. *Ann. Zootech.*, **12**, 11.S., 21-29.
- RAO P. V., CLANDININ D. R., 1972. Chemical determination of available carbohydrate in rapeseed meal. *Poultry Sci.*, **51**, 1474-1475.
- SABEN H. S., BOWLAND J. P., HARDIN R. T., 1971 a. Digestible and metabolizable energy values for rapeseed meals and for soybean meal fed to growing pig. *Can. J. Anim. Sci.*, **51**, 419-425.

- SABEN H. S., BOWLAND J. P., HARDIN R. T., 1971 *b*. Effect of method of determination on digestible energy and nitrogen and on metabolizable energy values of rapeseed meal and soybean meals fed to growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, **51**, 427-432.
- SALO M. L., 1965. Determination of carbohydrate fractions in animal foods and faeces. *Acta Agralia Fennica*, **105**, 1-102.
- SIDDIQUI I. R., WOOD P. J., KHANZADA G., 1973. Low molecular weight carbohydrates from rapeseed (*Brassica campestris*) meal. *J. Sci. Fd. Agric.*, **24**, 1427-1435.
- STARON T., 1970. Une méthode de détoxification des tourteaux de colza par voie biologique. *Journées internationales sur le colza*, Cetiom éd., Paris, 482.
- SOEST P. J. VAN, 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J.A.O.A.C.*, **46**, 829-835.
- SOEST P. J., VAN, WINE R. M., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *J.A.O.A.C.*, **50**, 50-55.
- STEFANIS V. A. de, PONTE J. G., 1968. Separation of sugars by thin layer chromatography. *J. Chromatogr.*, **34**, 116-120.
- THEANDER O., ÅMAN P., 1974. Carbohydrates in rapeseed and turnip rapeseed meals, 429-438 ; Proc. 4th Intern. Rapeseed Cong., Giessen. Deutsche gesellschaft für Fettwissenschaft, Münster, West.
- TOLLIER Marie-Thérèse, 1965. Contribution à l'étude du rayonnement  $\gamma$  sur les caractères physico-chimiques de l'amidon et sa sensibilité aux enzymes. *Thèse d'ingénieur du C. N. A. M.*, Paris.
- TOLLIER Marie-Thérèse, GUILBOT A., 1974. Détermination de la composition glucidique de la graine de colza (*Brassica napus*) et des produits dérivés, 370-380, Proc. Intern. Rapeseed Congr., Giessen.
- VAN ETTEN C. H., 1969. Goitrogens in toxic constituents of plant foodstuffs. In « *Toxic constituents of plant foodstuffs* », Liener I.E. éd., Academic Press, New York, 103-134.
- WORTHINGTON R. E., BEUCHAT L. R., 1974. Alpha galactosidase activity of fungi on intestinal gas-forming peanut oligosaccharides. *Agric. Fd. Chem.*, **22**, 1063-1066.
-