

Valorisation du tourteau de colza

1. — Influence de l'élimination des glucosinolates, du dépellucelage et de l'extraction des alpha galactosides sur sa valeur nutritive

Étude sur le rat en croissance

par M. VERMOREL, J. C. FAYET *, J. J. BAUDET **

avec la collaboration technique de Y. ANGLARET, Françoise DUBOISSET, J. P. DONNAT, Simone GASNET, M. GENEST *, C. LEOTY, Marinett MARTINAUD, R. SOUCHET

Laboratoire d'Etude du Métabolisme Energétique

** Laboratoire d'Écopathologie*

I.N.R.A., Theix, Saint-Genès-Champanelle, 63110 Beaumont

*** Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains*

174, avenue Victor-Hugo 75116 Paris.

Summary. *Valorization of rapeseed meal. 1. — Nutritive value in growing rat after glucosinolate elimination, dehulling and galactoside extraction.*

Eight samples of rapeseed meal (RSM) or ethanolic extracts were studied for their toxicity, digestibility, protein and energy value (table 1) in 176 growing rats. The samples were conventional untoasted rapeseed meal (HGRSM), its ethanolic extract and its residue after ethanol extraction ; low glucosinolate rapeseed meal (LGRSM) with hulls or dehulled, the ethanolic extract of the dehulled and its residue. LGRSM provided 100 p. 100 of dietary protein without any reduction of body gain or symptom of toxicity (tables 3, 5), whereas LGRSM could not supply more than 30 or 40 p. 100 of this protein. The addition of HGRSM ethanolic extract in the control diet (herring meal protein) caused a considerable drop in body gain, dry matter intake (table 3) and plasma tetraiodothyronin (table 4).

N digestibilities of LGRSM and HGRSM were similar (table 3). Ethanolic extraction of the latter increased N digestibility by 6 p. 100 units. For the same ME intake, rats fed the LGRSM diet or the diet with the HGRSM residue retained as much energy and 10 or 15 p. 100 more protein than those fed the control diet (table 5).

Dehulling LGRSM increased protein content by 32 p. 100 and N and energy digestibility by 8 and 18 p. 100 units, respectively (table 3). For the same ME intake, energy retention was similar and protein gain was 10 p. 100 higher than in the control group (table 5).

The ethanolic extraction of dehulled LGRSM led to a further increase in protein content (+ 22 p. 100) and N digestibility (+ 6,6 p. 100 units) (table 7). Addition of the ethanolic extract of dehulled LGRSM in the control diet caused a similar decrease in N digestibility. The effects of the different samples on the weight and volatile fatty acid content of the caecum were also investigated.

Dehulling LGRSM and galactoside extraction gave a feed with digestible protein and digestible energy contents similar to those of soya bean meal but with a better balance of amino acids.

Introduction.

Le tourteau de colza constitue une source de protéines intéressante, car ces dernières sont assez bien équilibrées en acides aminés indispensables (Pion, 1971). Il renferme malheureusement différents composés qui limitent son utilisation en alimentation animale (Bowland, 1974 ; Clandinin et Robblee, 1976). Les teneurs élevées en cellulose brute (13 à 15 p. 100), en glucides complexes (alpha galactosides, Tollier et Ribaillet, 1979) et en tanins (Yapar et Clandinin, 1972) réduisent sa digestibilité et sa valeur énergétique pour les monogastriques. Enfin, le colza contient des glucosinolates (thiogluco-sides) qui donnent naissance à des composés goitrigènes et à des nitriles, dérivés de l'acide cyanhydrique, très toxiques (Srivastava *et al.*, 1974 ; Josefsson, 1975). Ces derniers provoquent une réduction importante des performances, des perturbations au niveau du foie, des reins et des surrénales (Lo et Hill, 1971) et peuvent entraîner la mort des animaux (Josefsson et Munck, 1972).

De nombreux travaux ont été réalisés au cours des dernières années pour éliminer ces glucosinolates par extraction (Agren et Eklund, 1972), par fermentation (Staron, 1970), par ensilage (Borgida et Viroben, 1976) ou par sélection à partir de la variété Bronowski pauvre en glucosinolates. Les produits obtenus ont une valeur nutritive très supérieure à celle du tourteau de colza classique (Lo et Hill, 1971 ; Oliver *et al.*, 1971 ; Agren et Eklund, 1972 ; Josefsson et Munck, 1972 ; Gorrill *et al.*, 1974 ; Bowland, 1974 ; Petersen et Schultz, 1976).

Nous avons donc étudié la valeur nutritive d'un tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates et sans acide érucique (Morice, 1975) comparativement à celle d'un tourteau de colza classique, ainsi que les influences respectives du dépelliculage de la graine et de l'extraction des alpha galactosides.

L'étude a été réalisée chez le Rat en croissance, en raison à la fois des faibles quantités de produits disponibles et de la sensibilité de cet animal à la présence de glucosinolates, de tanins et de substances cellulosiques dans la ration. Elle se compose de 3 essais complémentaires (tabl. 1) destinés à déterminer l'appétibilité (taux maximum d'incorporation dans la ration) et la toxicité des différents échantillons de tourteau ou celles des fractions extraites à l'éthanol 80° ainsi que leur utilisation digestive et métabolique. Les résultats sont présentés de façon synthétique pour les 3 essais.

Matériel et méthodes.

1. *Echantillons.* — On a étudié les effets de l'incorporation de 8 échantillons du tourteau de colza ou d'extrait alcoolique de ces échantillons dans un régime de base. Ces échantillons remplaçaient soit une partie soit la totalité des matières azotées du régime. Les 5 premiers échantillons ont été testés dans les essais 1 et 2 et les 3 derniers dans l'essai 3. L'origine de ces échantillons sera indiquée ultérieurement (Tollier et Ribaillet, 1979).

- 135-01 : tourteau de colza d'hiver classique non toasté (*Brassica Napus* L.) ;
- 135-02 : gâteau résiduel après extraction du tourteau précédent à l'éthanol 80° ;
- 135-03 : extrait éthanolique du tourteau de colza classique, lyophilisé ;

- 137-N : tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates, de type « printemps » (*O. Thio* normal) ;
- 137-D1 : tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates, dépelliculé (*O. Thio* dépelliculé, 1^{re} fabrication) ;
- 137-D2 : tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates, dépelliculé, (*O. Thio* dépelliculé, 2^o fabrication) ;
- 137-D1 E : gâteau résiduel obtenu après extraction du tourteau 137-D1 à l'éthanol 80° ;
- 137-D1 03 : extrait éthanolique du tourteau 137-D1, lyophilisé.

TABLEAU 1

Tableau synoptique des études réalisées dans les 3 essais

(le taux d'incorporation correspond : a) au pourcentage de matières azotées du régime apporté par le tourteau ou b) au pourcentage d'extrait éthanolique apporté dans le régime).

Régimes	N°	Tourteau (g/kg MS)	Taux d'inc. (p. 100)	Nbre d'anim.	Durée (j)	Mesures
<i>Premier essai</i>						
Témoïn	1	0	0	6	19	— Appétibilité — Taux maximum d'incorporation — Toxicité — Activité thyroïdienne — Vitesse de croissance — Efficacité alimentaire — Digestibilité
Tourteau classique non toasté (135-01)	2	131	35 ^a	5	19	
	3	168	45 ^a	5	19	
Gâteau résiduel (135-02)	4	235	70 ^a	6	19	
	5	335	100 ^a	4	19	
Témoïn + Extrait éthanolique de 135-01 (135-03)	6	0	5 ^b	7	19	
	7	0	10 ^b	6	19	
Tourteau O Thio normal (137-N)	8	0	15 ^b	7	3	
	9	252	70 ^a	6	19	
Tourteau O Thio Dépelliculé (137-D1)	10	360	100 ^a	6	19	
	11	213	70 ^a	6	19	
	12	304	100 ^a	6	19	
<i>Deuxième essai</i>						
Témoïn	13	0	0	14	21	— Vitesse de croissance — Efficacité alimentaire — Bilans énergétiques et azotés — Acides gras volatils du caecum
Tourteau classique (135-01)	14	106	30 ^a	14	21	
Gâteau résiduel (135-02)	15	281	100 ^a	14	21	
Tourteau O Thio normal (137-N)	16	326	100 ^a	14	21	
Tourteau O Thio dépelliculé (137-D1)	17	281	100 ^a	14	21	
<i>Troisième essai</i>						
Tourteau O Thio dépelliculé (137-D2)	18	297	100 ^a	6	13	— Vitesse de croissance — Efficacité alimentaire — Digestibilité — Activité thyroïdienne
Gâteau résiduel (137-D1E)	19	258	100 ^a	6	13	
Témoïn	20	0	0	6	13	
Témoïn + Extrait éthanolique (137-D1 03)	21	0	8,5 ^b	6	13	
Témoïn + Extrait éthanolique (137-03)	22	0	15 ^b	12	3 à 10	

2. *Animaux.* — Des rats mâles Sprague Dawley sevrés à l'âge de 3 semaines reçoivent un aliment du commerce puis les régimes expérimentaux à partir des poids moyens de 94 g (essai 1), 90 g (essai 2), 80 g (essai 3) ou 130 g (régime n° 22). Pendant toute la durée des expériences, ils sont placés individuellement en cages d'élevage ou en cage à digestibilité.

3. *Essai 1* (tabl. 1). — Cet essai a pour but d'étudier la toxicité des différents échantillons du tourteau de colza et de l'extrait éthanolique et de déterminer le taux maximum d'incorporation de ces composés dans les régimes, permettant d'obtenir une vitesse de croissance supérieure ou égale à 4,5 g/jour. L'apport de tourteau dans le régime est augmenté progressivement pendant 9 jours jusqu'au taux maximum d'incorporation. Ensuite, des rations de composition constante sont distribuées aux rats pendant 10 jours, en vue de la mesure de l'efficacité alimentaire et de la digestibilité des régimes. A l'abattage, on prélève les thyroïdes des rats pour examen histologique, et du sang artériel en vue du dosage de la tétraidothyronine (T4) plasmatique.

4. *Essai 2* (tabl. 1). — But : étude de l'utilisation métabolique des nutriments énergétiques et azotés des régimes grâce à des bilans énergétiques et azotés réalisés par la méthode des abattages. On cherche à obtenir des croissances élevées (6 à 7 g/j) ; cependant, les quantités d'aliment distribué sont contrôlées régulièrement de façon qu'en moyenne les animaux des 5 lots ingèrent des quantités voisines d'énergie métabolisable (EM) pour faciliter l'interprétation des différences observées entre les quantités d'énergie et de protéines fixées dans les différents lots. A l'abattage, on prélève, comme dans l'essai 1, du sang artériel et, sur 5 animaux de chaque lot, la thyroïde ainsi que du contenu de cæcum en vue du dosage des acides gras volatils (AGV).

5. *Essai 3* (tabl. 1). — Cet essai a 2 buts :

a) étudier l'influence de l'extraction des alpha galactosides du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates, dépelliculé, sur les digestibilités de l'énergie et de l'azote ; réaliser une contre-expérience en introduisant l'extrait éthanolique précédent dans le régime témoin, en quantité correspondant à 50 p. 100 de ce tourteau dans le régime. A l'abattage, on prélève du contenu de cæcum en vue du dosage des AGV ;
b) Vérifier la toxicité de l'extrait de tourteau de colza classique introduit à raison de 15 p. 100 dans le régime témoin (régime n° 22). Les animaux sont sacrifiés par groupes de 3 au bout de 3-6-8 ou 10 jours d'expérience et on prélève du sang artériel, ainsi que la thyroïde et des échantillons d'estomac et d'intestin grêle à 3 niveaux pour examen histologique.

6. *Régimes.* — Les régimes semi-synthétiques (présentés en pâtée) à base d'amidon de blé, comportent tous 40 g de mélange minéral, 18 g de mélange vitaminique et 20 g d'huile de maïs (+ vitamines A, D et E) par kg de matière sèche (MS). Les protéines sont fournies en totalité ou partiellement (taux d'incorporation, tabl. 1) par les différents tourteaux de colza, le complément azoté étant éventuellement apporté par de la farine de harengs de Norvège, comme dans le régime témoin. Le taux azoté du régime témoin est de 12,7 p. 100 de la matière sèche. Ceux des régimes expérimentaux sont

déterminés de façon que les rapports : matières azotées digestibles/énergie métabolisable soient voisins de 27 mg MAD/kcal EM, comme pour le régime témoin. Ce dernier et les régimes contenant des extraits éthanoliques (n° 1-6-7-8-13-20-21-22) sont supplémentés par 2,50 g de d. l. méthionine et les autres par 0,60 g de monochlorhydrate de l. lysine par kg de MS, de façon à satisfaire les besoins en acides aminés du rat en croissance.

7. Mesures.

Quantités d'aliment ingéré et gain de poids vif. — Les quantités d'aliment ingéré sont déterminées quotidiennement après séchage à l'étuve à 80 °C. Les animaux sont pesés 2 fois par semaine, le matin à heure fixe, avant la distribution de la ration, ainsi que la veille et le jour du début ou de la fin de l'expérience.

Digestibilité. — Les fèces des rats sont récoltées pendant des périodes de 10 jours (essai 1) ou de 7 jours (essai 3) après une période d'adaptation aux régimes. La digestibilité de la MS est déterminée individuellement. En raison de la variabilité réduite du CUD entre les rats d'un même lot dans nos travaux antérieurs (0,5 p. 100 pour l'énergie et la MS, 1,2 p. 100 pour l'azote), les fèces des animaux d'un même lot sont lyophilisées séparément puis mélangées, broyées et analysées ensemble. Pour calculer les CUD de l'énergie des tourteaux à partir de ceux des régimes correspondants, on utilise les valeurs des CUD de l'énergie de l'amidon et de l'huile de maïs (99) obtenues avec le régime témoin dans cette expérience et dans des expériences antérieures.

Dosage des hormones thyroïdiennes. — Sur les animaux anesthésiés, un échantillon de sang est prélevé par ponction à la ramification de l'aorte abdominale et immédiatement centrifugé. Les échantillons de plasma sont pris individuellement (essai 3) ou regroupés par 3 (essais 1 et 2) ; la tétraiodothyronine (T4) est dosée par compétition (trousse Abbott, tétrasorb 125) ainsi que le pourcentage de fixation de la triiodothyronine (T3) (trousse Abbott, triosorb 125).

Dosage des acides gras volatils du cæcum. — A l'abattage, les cæcums sont prélevés et pesés. Les teneurs en acides gras volatils (AGV) du cæcum sont déterminées par chromatographie en phase gazeuse après centrifugation et dissolution dans de l'acide orthophosphorique dilué, en utilisant l'acide isobutyrique comme étalon interne (Remesy et Demigne, 1974).

Détermination de la composition corporelle des rats. — Dans le deuxième essai, les carcasses des rats d'un même lot sont broyées ensemble après congélation à l'azote liquide. Un échantillon du mélange obtenu est rebroyé et 2 prises de 120 g sont de nouveau broyées à l'aide d'un broyeur Vertec après congélation à l'azote liquide, et analysées séparément (dosage de l'azote par la méthode makrokjeldahl et de l'énergie brute à l'aide d'un calorimètre adiabatique). Pour l'analyse statistique des résultats, les coefficients de variation des teneurs en énergie et en azote des carcasses sont estimés égaux à 6 p. 100 d'après les résultats obtenus précédemment pour des lots d'une quinzaine de rats.

Résultats.

1. Influence de l'élimination ou de l'apport de glucosinolates

a) *Composition chimique* (tabl. 2). — L'échantillon de tourteau de colza sélectionné présente des teneurs très faibles en glucosinolates (Tollier et Ribaillet, 1979). Ses teneurs en matières azotées et en cellulose brute sont comparables à celles du tourteau classique. En revanche, sa teneur en matières grasses (et par suite en énergie) est supérieure, en raison des difficultés de leur extraction sur un petit échantillon. Enfin, la composition en acides aminés indispensables (déterminée sur l'échantillon dépelliculé) est la même que celle du tourteau de colza classique : thréonine 4,30 g, méthionine 3,00 g, cystine 2,15 g, valine 4,80 g, lysine 5,70 g pour 16 g d'azote (Pion et Prugnaud, communication personnelle).

TABLEAU 2

Composition chimique des échantillons étudiés (par rapport à la MS)

Echantillons	Références	Cellulose brute p. 100	Matières * grasses p. 100	N × 6,25 p. 100	N soluble p.100	Energie brute (kcal/g)
Tourteau classique	135-01	12,10	3,20	37,71	22,95	4,623
Gâteau résiduel	135-02	15,98	0,60	45,37	7,03	4,561
O Thio normal	137-N	13,69	5,10	39,95	23,70	4,941
O Thio dépelliculé	{ 137-D1	7,55	8,67	46,57	28,22	5,221
	{ 137-D2	5,72	4,88	49,87		5,313
O Thio dépelliculé, extrait à l'alcool 80°	137-D1 E		3,32	56,75		5,269

* Dosées par la méthode de Drapron, 1975 (cf. Tollier et Ribaillet, 1979).

b) *Appétibilité des tourteaux et performances des animaux.* — Le tourteau de colza classique non toasté ne peut pas remplacer plus de 40 p. 100 des protéines du régime sans réduire considérablement la vitesse de croissance des animaux (tabl. 3). Au taux de 30 p. 100 seulement (essai 2), la quantité de MS ingérée est inférieure de 7 à 15 p. 100 à celles des autres lots et le gain de poids vif vide est réduit de 8 p. 100 par rapport au lot témoin (tabl. 5).

En revanche, la totalité des protéines du régime peut être apportée par le tourteau à faible teneur en glucosinolates (137-N) sans réduire la vitesse de croissance des animaux par rapport aux témoins ; l'indice de consommation est significativement supérieur de 7,7 p. 100 en raison probablement de la teneur élevée en cellulose du tourteau. Le « gâteau résiduel » (135-02), obtenu après extraction éthanolique des glucosinolates du tourteau classique, peut également fournir la totalité des protéines du régime ; la vitesse de croissance est significativement supérieure de 10 p. 100 à celle du lot témoin et l'indice de consommation est le même (tabl. 5).

c) *Toxicité des différents tourteaux et des extraits alcooliques.* — Avec le tourteau à faible teneur en glucosinolates et le « gâteau résiduel » il n'apparaît pas de signe de

TABLEAU 3

Essai 1. Performances des animaux et digestibilité des régimes et des tourteaux (10 jours)

Régimes	N°	Taux* de p. 100	Nombre de rats	MS ingérée (g/l)	Gain de poids vif (g/l)	MS ingérée par g de gain poids	CUD régime		CUD tourteau		
							MS	Energie N	MS	Energie N	
Témoin	1	0	6	18,0 ± 1,2	6,2 ± 0,5	2,91 ± 0,29	94,9 ± 0,3	96,9	87,7		
Tourteau classique (135-01)	2	35	5	16,2 ± 1,0	4,6 ± 0,6	3,55 ± 0,32	91,0 ± 1,3	93,1	82,0	65,2	68,2
	3	45	5	15,5 ± 1,5	4,8 ± 0,6	3,26 ± 0,34					
Gateau résiduel (135-02)	4	70	6	19,7 ± 1,0	5,6 ± 0,25	3,50 ± 0,16	84,8 ± 1,0	87,3	78,0	61,6	64,7
	5	100	4	16,9 ± 2,1	4,4 ± 0,4	3,82 ± 0,29					
Extrait éthanolique (135-03)	6	5	7	13,9 ± 1,0	3,5 ± 0,3	4,05 ± 0,57					
	7	10	5	9,1 ± 1,0	1,6 ± 0,4	6,01 ± 1,18					
O Thio normal (137-N)	9	70	6	20,2 ± 0,7	5,7 ± 0,4	3,35 ± 0,25	81,0 ± 0,7	82,7	72,9	56,4	58,6
	10	100	6	18,8 ± 1,8	5,4 ± 0,6	3,47 ± 0,12					
O Thio dépellulé (137-D1)	11	70	6	19,5 ± 1,0	6,4 ± 0,7	3,09 ± 0,18	89,1 ± 0,3	90,5	80,8	75,5	76,2
	12	100	6	17,0 ± 1,0	5,7 ± 0,7	2,99 ± 0,35					
			PPDS	1,25	0,6	0,33**	1,0	1,0	1,5		

* Le taux est le pourcentage de matières azotées du régime apporté par le tourteau. Dans le cas des régimes 6 et 7, c'est le pourcentage de MS de l'extrait alcoolique dans le régime.

PPDS : plus petite différence significative au seuil de 5 p. 100. Pour les CUD de l'énergie et de l'azote, la PPDS a été calculée en admettant que les coefficients de variations étaient égaux à 0,5 p. 100 et 1,2 p. 100 respectivement.

** PPDS pour régimes 1-2-3-4-5-9-10-11-12.

toxicité sur les courtes périodes expérimentales. En revanche, avec le tourteau classique non toasté, la toxicité se traduit par une réduction des performances des animaux.

L'introduction de l'extrait éthanolique (135-03) dans le régime témoin, aux taux de 5 et 10 p. 100 provoque une réduction considérable de la vitesse de croissance des rats et de la quantité de MS ingérée, surtout au cours des premiers jours (tabl. 3). Au taux de 15 p. 100, qui est équivalent à environ 75 p. 100 de tourteau de colza classique dans le régime, on observe dans l'essai 1 la mort de quelques animaux dès le 3^e jour ; les autres sont sacrifiés et l'examen macroscopique met en évidence des lésions graves de l'estomac et de l'intestin (amincissement et fragilisation de la paroi ; congestion dans la région duodénale) qui font penser à une mort par septicémie.

Dans l'essai 3, l'addition d'extrait alcoolique au taux de 15 p. 100 n'entraîne la mort d'aucun rat, même au bout de 10 jours, mais il s'agit d'animaux plus lourds (130 g contre 94 g en moyenne au début de l'essai). Cependant, la quantité de matière sèche ingérée est réduite de 20 g à 5 g par jour et les rats perdent en moyenne 10 g de poids vif par jour au cours des 3 premiers jours, puis 2,8 g par jour les 2 jours suivants et ils ne reprennent pas de poids au cours des 5 jours suivants. L'examen histologique ne révèle aucune lésion au niveau de l'estomac ou de l'intestin.

En ce qui concerne l'activité de la thyroïde, l'examen histologique de la glande ne met pas en évidence de différence marquée quant à la hauteur des cellules et à l'importance de la colloïde, entre les animaux témoins et ceux qui ont reçu les différents échantillons de tourteau de colza. En revanche, chez les animaux ayant reçu de l'extrait alcoolique dans la ration, on peut signaler une tendance de l'épithélium à bourgeonner. Au taux de 15 p. 100, on peut voir des images de stimulation nette au bout de 3 jours : épithélium élevé, vacuoles de résorption, peu de colloïde. Ces modifications sont beaucoup plus accusées chez les animaux sacrifiés ultérieurement (vésicules collabées, colloïde absente, phénomène particulièrement visible au centre de la glande) (fig. 1).

Chez les rats recevant le tourteau de colza classique non toasté, la thyroïdémie est inférieure à celle des témoins. En revanche, il n'y a pas de différence dans le cas du tourteau à faible teneur en glucosinolates et dans celui du « gâteau résiduel » (tabl. 4).

TABLEAU 4

Concentrations en tétraiodothyronine (T₄ : mg/100 ml de plasma) observées dans les différents lots au cours des 3 essais

Régime	N ^o	Taux * p. 100	Essai 1	Essai 2	Essai 3		
Témoin	1-13	0	4,4-4,5	4,5			
O Thio normal (137-N)	10-16	100	4,9-5,5	5,12 ± 0,87	4,75		
O Thio dépelliculé (137-D1)	12-17	100	6,1-6,6		4,5		
Gâteau résiduel (135-02)	5-15	100	4,1-4,9		3,6		
Tourteau classique (135-01)	3-14	45-30	3,6-4,1		3,1		
Extrait éthanolique (135-03)	{	6	5	2,5-3,25	2,94 ± 0,63	4 ^e jour : 2,90 ± 0,50	
		7	10	2,0-3,5-3,75			7 ^e jour : 3,83 ± 1,74
		8	15	2,5-3,1			9 ^e jour : 3,15 ± 0,49
	22	15	→		11 ^e jour : 3,53 ± 0,15		

* Le taux est le pourcentage de matières azotées du régime apporté par le tourteau. Dans le cas des régimes 6-7-8 et 22, c'est le pourcentage de MS de l'extrait éthanolique dans le régime.

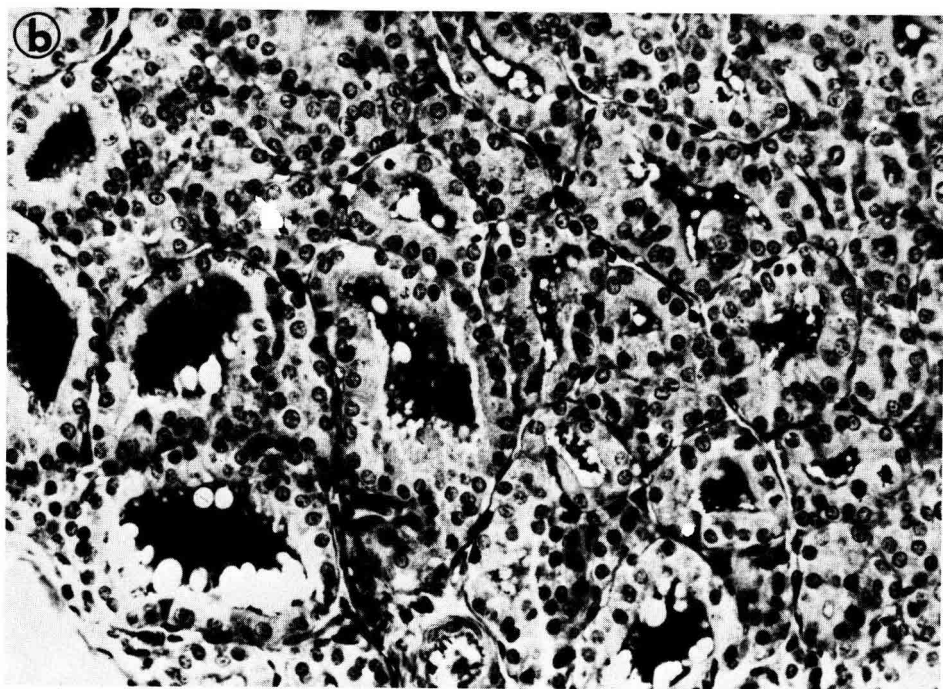
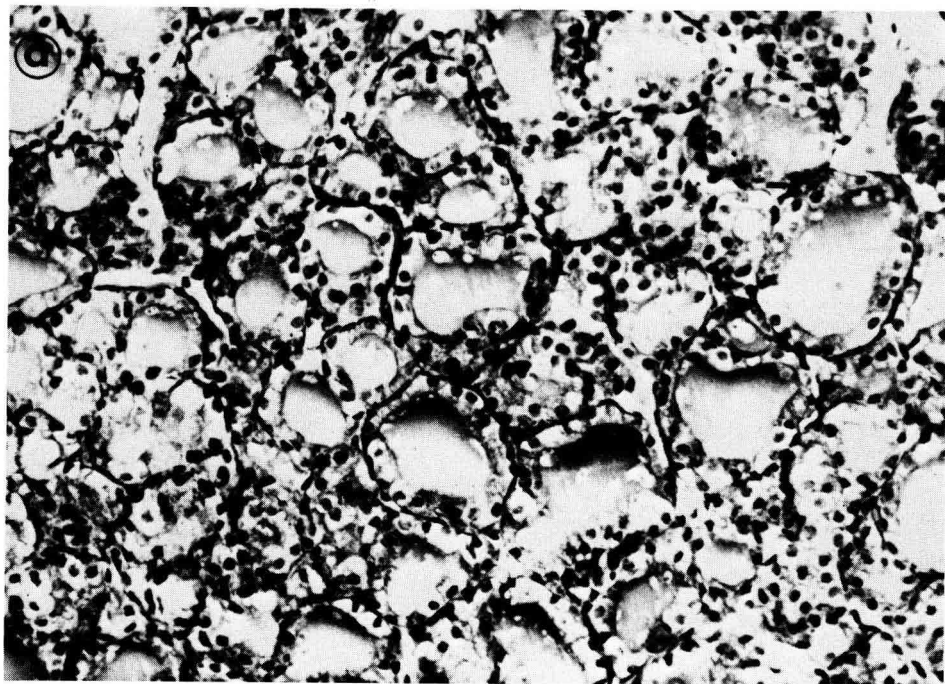


FIG. 1. — Coupes de thyroïdes de rat témoin (a) et de rat (b) ayant reçu le régime n° 22 (15 p. 100 d'extrait éthanolique 135-03) pendant 10 jours (grossissement 250).

L'incorporation de l'extrait éthanolique dans le régime témoin provoque une diminution importante et hautement significative de la teneur en T4 plasmatique, même au taux de 5 p. 100. L'effet est important dès le 3^e jour au taux de 15 p. 100 ; cependant la thyroïdémie aurait tendance à augmenter de nouveau par la suite (tabl. 4) mais les différences observées ne sont pas significatives. Par ailleurs, le pourcentage de fixation de T3 reste constant (environ 44 p. 100) ; le taux de T4 libre est en relation directe avec la concentration de T4 totale.

d) *Utilisation digestive des régimes et des tourteaux* (tabl. 3). — Les digestibilités de la MS et de l'énergie des régimes comportant du tourteau de colza sont toutes significativement inférieures à celle du régime témoin. De plus, le CUD de l'énergie du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates et celui du « gâteau résiduel » sont inférieurs à celui du tourteau de colza classique ; ces différences peuvent s'expliquer par leurs teneurs en cellulose brute supérieure et leur taux d'incorporation plus élevé dans les régimes.

Le CUD de l'azote du tourteau de colza classique et celui du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates sont comparables. L'extraction éthanolique du tourteau de colza classique entraîne une augmentation de 6 points du CUD de l'azote.

L'introduction du tourteau de colza dans le régime provoque des modifications importantes des fermentations au niveau du cæcum et probablement au niveau du colon (tabl. 6). Le poids du cæcum est augmenté de 69 et 54 p. 100 et l'acidité totale (mM/l) du contenu, de 33 et 62 p. 100 respectivement avec les régimes « O Thio normal » et « Gâteau résiduel » qui comportent approximativement 4,5 p. 100 de cellulose brute. Le poids du cæcum est accru de 38 p. 100 mais l'acidité totale n'est pas significativement modifiée dans le cas du régime « tourteau classique » qui comporte moins de tourteau et seulement 2,1 p. 100 de cellulose brute.

Le pourcentage molaire d'acide acétique (C2, tabl. 6) est voisin de 66 p. 100 sauf dans le cas du régime « tourteau classique » où il est de 61,6 p. 100 ($P < 0,05$). Les pourcentages molaires d'acide propionique (C3) et butyrique (C4) observés avec le régime témoin sont respectivement presque le double et la moitié de ceux observés avec les régimes ayant du tourteau de colza comme seule source de protéines.

Les quantités de C3 présentes dans le cæcum des rats des différents lots ne sont pas significativement différentes ; dans le cas des régimes à base de tourteau de colza, la faible proportion molaire est compensée par l'acidité totale plus importante et surtout par le volume plus important du cæcum. En revanche, les quantités de C2 présentes sont 2,3 à 2,5 fois plus importantes avec les régimes à base de tourteau de colza qu'avec le régime témoin. Les différences sont encore plus importantes dans le cas du C4 car les effets s'ajoutent ; les quantités présentes sont 3,3, 5,5 et 6,4 fois plus élevées respectivement pour les régimes « tourteau classique », « O Thio normal » et « gâteau résiduel » que pour le régime témoin.

e) *Utilisation métabolique de l'azote et de l'énergie des régimes* (tabl. 5). — Les rats recevant les régimes à base de « gâteau résiduel » ou de tourteau de colza « O Thio normal » ont fixé davantage de protéines que ceux du lot témoin. Cependant, les quantités moyennes d'EM ingérée sont légèrement différentes. Pour en tenir compte, nous avons calculé les quantités de protéines qui auraient été fixées pour une même ingestion d'EM en estimant, d'après les données obtenues précédemment au laboratoire,

TABLEAU 5

Essai 2. Performances des animaux ; utilisation métabolique de l'énergie et de l'azote des régimes (moyennes et écarts-types)

Régime	Dénomination (N°)	Témoin 13	Tourteau classique 14	Gâteau résiduel 15	O Thio		F ***	PPDS ***	
					normal 16	dépêliculé 17			
Nombre d'animaux		14	14	14	14	14			
MS ingérée (g/rat/j)		17,42 ± 0,24	16,17 ± 1,21	17,20 ± 0,72	19,06 ± 0,33	18,88 ± 0,82	17,42 ± 0,38	45,7	0,48
N ingéré (mg/rat/j)		351 ± 5	348 ± 26	370 ± 16	389 ± 7	410 ± 18	376 ± 8	45,7	11
EM (kcal/rat/j)		68,0	61,7	65,7	67,3	64,5	66,0		
Gain de poids vif vide (g/j)		5,82 ± 0,37	5,37 ± 0,45	5,66 ± 0,32	6,43 ± 0,30	5,86 ± 0,32	6,06 ± 0,30	18,0	0,27
MS ingérée/g gain de poids vif vide		2,99 ± 0,18	3,01 ± 0,15	3,04 ± 0,08	2,97 ± 0,09	3,22 ± 0,13	2,88 ± 0,10		0,09
N fixé (mg/rat/j)		182	169	178	207	187	192	23,3	9
N fixé corrigé * (mg/rat/j)		175	180	180	203	193	192	22,4	9
CUPN = N fixé × 100/N ingéré		51,8	48,5	48,1	53,2	45,6	51,2		
CRN = N fixé × 100/N absorbé		59,1	59,2	58,8	68,3	62,5	63,2		
Energie fixée (kcal/rat/j)		14,59	11,46	12,09	13,81	11,87	13,12	36,4	0,62
E. fixée corrigée * (kcal/rat/j)		13,29	—	12,46	13,00	13,07	13,20	7,64	0,62
E. lipides p. 100 Energie fixée		53,1	47,5	48,5	44,4	47,4	48,1		
Lipides fixés corrigés * (mg/rat/j)		743	636	636	607	652	668		

* Pour une même ingestion d'EM (66,2 kcal/j).

** Les 7 rats qui ont eu les consommations les plus élevées.

*** En tenant compte seulement des 7 animaux du lot 14 qui ont le plus consommé. Pour le calcul de la PPDS dans le cas de l'azote fixé et de l'énergie fixée, le coefficient de variation a été admis égal à 6 p. 100.

que pour des vitesses de croissance comprises entre 5 et 7 g par jour, 13 ± 3 p. 100 de l'accroissement d'EM ingérée sont fixés sous forme de protéines. Par ailleurs, dans le lot « tourteau classique » les quantités d'aliment ingéré sont très variables et on peut distinguer 2 groupes de 7 rats : l'un ayant une quantité moyenne d'EM voisine de celles des autres lots et l'autre ayant ingéré en moyenne 13 p. 100 de moins d'EM que les autres lots.

Pour une même quantité d'EM ingérée et pour des quantités très voisines de matières azotées digestibles, les rats des lots « O Thio normal » et « gâteau résiduel » auraient fixé respectivement 10 p. 100 et 16 p. 100 de plus de protéines que ceux du lot témoin. En revanche, les 7 rats du lot « tourteau classique » qui ont consommé le plus, ont, dans ces conditions, fixé des quantités de protéines non significativement différentes de celle du lot témoin. Le coefficient de rétention de l'azote ($N \text{ fixé} \times 100/N \text{ absorbé}$) est le même pour le lot témoin et pour le lot « colza classique ». En revanche, il est supérieur dans le lot « O Thio normal » (+ 6 p. 100) et surtout dans le lot « gâteau résiduel » (+ 15 p. 100).

En ce qui concerne l'utilisation de l'énergie, les rats du lot témoin ont fixé en moyenne davantage d'énergie que ceux des autres lots. Cependant, les quantités d'EM ingérée ne sont pas identiques ; pour en tenir compte, nous avons corrigé les quantités moyennes d'énergie fixée par chacun des lots en estimant à 70 p. 100 le rendement de l'EM pour la croissance (Vermorel et Keller, 1967).

Pour une même ingestion d'EM, les quantités d'énergie fixée par les rats des lots « O Thio normal » et « gâteau résiduel » ne sont pas significativement différentes de celle du lot témoin ; seuls les 7 rats du lot « tourteau classique » ont fixé significativement moins d'énergie que les autres. Cependant les quantités de lipides fixés par les rats du lot témoin sont supérieures à celles des autres lots, en particulier à celles du lot « gâteau résiduel ». De même, le pourcentage d'énergie fixée sous forme de lipides, qui est un critère de l'engraissement des animaux, est plus élevé pour les rats du lot témoin que pour ceux des lots recevant du tourteau de colza.

2. Influence du dépelliculage de la graine de colza

a) *Composition chimique* (tabl. 2). — Le dépelliculage du colza à faible teneur en glucosinolates a permis de réduire de 45 p. 100 (première fabrication) ou de 58 p. 100 (deuxième fabrication) la teneur en cellulose brute du tourteau. Par suite, sa teneur en matières azotées se trouve augmentée respectivement de 23 et 32 p. 100.

b) *Appétibilité, toxicité du tourteau et performances des animaux*. — L'appétibilité du tourteau « O Thio dépelliculé » est excellente. Il a fourni la totalité des protéines du régime sans entraîner de signe de toxicité ni d'effet sur l'activité thyroïdienne (tabl. 4). La quantité de MS ingérée est égale à celle observée avec le régime témoin, le gain de poids vif vide est légèrement supérieur et l'indice de consommation est significativement inférieur de 4 p. 100 (tabl. 5).

c) *Utilisation digestive* (tabl. 3). — Le dépelliculage du colza « O Thio » entraîne une amélioration de 18 points de CUD de l'énergie et de 8 points du CUD de l'azote du tourteau. L'amélioration semble un peu moins importante dans le troisième essai (tabl. 7) mais on n'a pas la comparaison directe avec le tourteau « O Thio normal ».

Les modifications des fermentations au niveau du cæcum sont un peu moins importantes que dans le cas du tourteau non dépelliculé (tabl. 6). Par rapport au lot témoin, le poids du cæcum est augmenté de 50 p. 100 et l'acidité totale (mM/l) du contenu, de 28 p. 100 ; les quantités de C2 et de C4 présents dans le cæcum sont respectivement 1,9 et 4,7 fois plus importantes.

TABLEAU 6

Essai 2. Teneurs en acides gras volatils (AGV) du contenu de caecum (moyennes et écarts types)

Régime	N ^o	Poids du caecum (g)	Acidité (mM/l)	p. 100 molaire			Teneurs en AGV (μ M par caecum)			
				C2	C3	C4	Total	C2	C3	C4
Témoin	13	2,70 ± 0,23	77,7 ± 17,8	67,4 ± 2,0	23,9 ± 2,0	8,7 ± 1,7	210 ± 57	142 ± 39	50 ± 14	18 ± 6
Tourteau classique (135-01)	14	3,72 ± 0,28	83,9 ± 13,3	61,6 ± 1,6	19,5 ± 2,0	18,9 ± 2,0	310 ± 40	191 ± 24	60 ± 8	59 ± 12
Gâteau résiduel (135-02) ...	15	4,16 ± 0,53	125,7 ± 14,1	67,2 ± 1,7	10,8 ± 1,5	22,0 ± 2,7	526 ± 103	354 ± 72	56 ± 11	116 ± 27
O Thio normal (137-N)	16	4,56 ± 0,58	103,4 ± 15,4	67,3 ± 2,2	12,2 ± 2,3	20,5 ± 3,5	478 ± 102	318 ± 64	62 ± 15	99 ± 35
O Thio dépelliculé (137-D1)	17	4,06 ± 0,40	99,4 ± 12,7	65,3 ± 4,2	13,6 ± 2,5	21,1 ± 5,2	404 ± 63	264 ± 51	54 ± 12	84 ± 21
F		16,2	9,7	5,9	46,7	16,5	16,4	16,4	0,9	68,4
PPDS		0,51	17,5	3,0	2,4	3,9	124	63	NS	27

d) *Utilisation métabolique de l'énergie et de l'azote du régime* (tabl. 5). — Pour les mêmes quantités d'EM et de MAD ingérées, les rats du lot « O Thio dépelliculé » ont fixé 10 p. 100 de plus de protéines que les rats du lot témoin, de même que les rats du lot « O Thio normal ». Cette amélioration est en conformité avec l'augmentation du gain de poids vif vide observée. Le coefficient de rétention de l'azote est également supérieur de 6 p. 100 à celui du lot témoin et le coefficient d'utilisation pratique de l'azote ($CUP = N \text{ fixé} \times 100/N \text{ ingéré}$) est le même dans les 2 lots. Pour une même quantité d'EM ingérée, la quantité d'énergie fixée par les rats du lot « O Thio dépelliculé » est la même que celle du lot témoin mais la quantité de lipides fixés est inférieure de 10 p. 100, donc l'engraissement des animaux est moins intense, comme le traduit bien le pourcentage d'énergie fixée sous forme de lipides (48,1 contre 53,1 p. 100).

3. Influence de l'extraction des alpha galactosides du tourteau de colza « O Thio dépelliculé »

Les composés du tourteau « O Thio dépelliculé » extraits par l'éthanol 80° sont constitués en grande partie d'alpha galactosides (Tollier et Ribaillet, 1979). Leur élimination entraîne une augmentation de 22 p. 100 de la teneur en matières azotées du

tourteau (tabl. 2). Cependant, une partie (8 à 9 points) de cette amélioration résulte de l'extraction des matières grasses du tourteau.

La période expérimentale n'a duré que 13 jours en raison du manque d'extrait alcoolique (137-D 03). Les quantités de MS ingérée par les rats des 4 lots ne sont pas significativement différentes. Les gains de poids vif vide moyens sont élevés (5,4 à 6,7 g/j) (tabl. 7). L'extraction des alpha galactosides du tourteau de colza « O Thio dépelliculé » permet une augmentation de 10 p. 100 du gain de poids vif ($P < 0,10$) et une réduction de l'indice de consommation de 5 p. 100 ($P < 0,20$). Inversement, l'incorporation des alpha galactosides extraits, dans le régime témoin, entraîne une réduction de 20 p. 100 du gain de poids vif vide et une augmentation de 12 p. 100 de l'indice de consommation ($P < 0,01$).

TABLEAU 7

Essai 3. Performances des animaux (6 par lot) et digestibilité des régimes (moyennes et écarts types)

Régimes	N°	MS ingérée (g/j)	Gain de poids vif vide (g/j)	MS ing/g de gain poids vif vide	CUD MS	CUD énergie	CUD N
O Thio dépelliculé (137-D2)	18	15,00 ± 1,19	5,92 ± 0,39	2,53 ± 0,12	88,01 ± 0,21	90,40	78,12
Tourteau 137-D1 extrait à l'étha- nol 80° (137-D1 E)	19	15,68 ± 1,17	6,51 ± 0,59	2,41 ± 0,11	89,63 ± 0,58	91,37	84,71
Témoin	20	16,67 ± 1,27	6,68 ± 0,37	2,50 ± 0,13	94,51 ± 0,23	97,02	87,49
Témoin + Extrait éthanolique de 137-D1 (137-D1 03)	21	14,93 ± 1,17	5,37 ± 0,83	2,80 ± 0,22	92,77 ± 0,58	95,00	81,27
F		2,7	7,2	7,7	316	332	74
PPDS		NS	0,66	0,18	0,47	0,48 *	1,40 *

* Pour les calculs de la PPDS dans le cas des CUD de l'énergie et de l'azote, les coefficients de variation ont été estimés égaux à 0,5 p. 100 et 1,2 p. 100 respectivement.

Les alpha galactosides modifient l'utilisation digestive de l'énergie et de l'azote des régimes. Leur élimination permet une augmentation de 6,6 points du CUD de l'azote du régime (et du tourteau). Il est intéressant de noter que l'on retrouve ici l'amélioration de 6 points du CUD de l'azote obtenue par l'extraction à l'éthanol 80° de l'échantillon de tourteau de colza classique non toasté (essai 1, tabl. 3). Inversement, l'incorporation de l'extrait alcoolique dans le régime témoin provoque une réduction significative des CUD de la matière sèche et de l'énergie (— 2 points) et du CUD de l'azote (— 6,2 points).

L'extraction des alpha galactosides (et autres composés alcoolo-solubles) du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates ne modifie ni le poids du cæcum, ni la composition molaire des AGV (tabl. 8). En revanche, elle entraîne une diminution significative de 25 p. 100 en moyenne des quantités d'AGV présentes dans le cæcum (sauf pour le C4).

L'incorporation dans le régime témoin des composés alcoolosolubles en quantité correspondant à 50 p. 100 de tourteau de colza « O Thio dépelliculé » dans le régime, provoque une augmentation significative de 62 p. 100 du poids du caecum et des modifications significatives de la composition molaire du mélange d'AGV : les pourcentages de C2 et de C4 sont augmentés de 4 points environ et le pourcentage de C3 est diminué de 8 points ; ce dernier est comparable aux valeurs observées avec les régimes à base de tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates. En conséquence, les quantités d'AGV présentes dans le caecum sont supérieures, au total, de 78 p. 100 en moyenne à celles observées avec le régime témoin, et respectivement de 86 et 140 p. 100 dans le cas de C2 et C4.

TABLEAU 8

Essai 3. Teneurs en acides gras volatils (AGV) du caecum (moyennes et écarts-types)

Régime	N°	Poids du caecum (g)	Acidité (mM/l)	p. 100 molaire			Teneurs en AGV (μ M par caecum)			
				C2	C3	C4	Total	C2	C3	C4
O Thio dépelliculé (137-D2)	18	3,23 ^b ± 0,37	107,1 ± 17,3	65,8 ^a ± 2,8	14,3 ^a ± 1,1	20,4 ^c ± 2,8	346 ^b ± 70	227 ^b ± 45	49 ^b ± 10	69 ^b ± 20
137-D1 Extrait à l'éthanol (137-D1 E)	19	3,33 ^b ± 0,33	80,2 ± 15,4	63,0 ^a ± 2,2	14,1 ^a ± 1,6	22,9 ^c ± 2,4	265 ^a ± 42	166 ^a ± 25	37 ^a ± 6	61 ^b ± 14
Témoin	20	2,45 ^a ± 0,30	86,3 ± 27,5	66,3 ^a ± 2,8	22,5 ^b ± 2,8	11,2 ^a ± 0,7	211 ^a ± 75	142 ^a ± 55	46 ^{ab} ± 12	24 ^a ± 9
Témoin + extrait éthanolique de 137-D1	21	3,98 ^c ± 0,47	95,0 ± 8,3	70,1 ^b ± 4,3	14,9 ^a ± 2,1	15,0 ^b ± 4,3	377 ^b ± 51	264 ^b ± 37	56 ^b ± 11	57 ^b ± 17
F		17,1	2,41	5,43	24,3	20,5	9,2	10,7	3,61	9,96
PPDS		0,45	NS	3,7	2,4	3,4	74	51	12	19

Deux lettres différentes (^a, ^b, ^c, ^d) dans une même colonne indiquent des différences significatives ($P < 0,05$)

Discussion.

Cette étude, réalisée sur un échantillon de colza à faible teneur en glucosinolates sélectionné en France, confirme un certain nombre de résultats obtenus par des auteurs étrangers sur la toxicité des glucosinolates et sur la valeur nutritive de la variété Bronowski ou des variétés obtenues par sélection à partir de cette dernière. Elle met en évidence l'intérêt du dépelliculage de la graine de colza et apporte des informations originales sur le rôle des alpha galactosides du colza.

1. Influence des glucosinolates.

L'élimination des glucosinolates du colza par sélection ou par extraction à l'éthanol 80° permet d'apporter la totalité des protéines du régime sans réduction des performances du Rat en croissance et sans apparition de signe de toxicité, alors qu'on ne peut pas fournir plus de 30 p. 100 des protéines du régime par le tourteau classique

non toasté. Ces résultats confirment les observations de Agren et Eklund (1972), de Josefsson et Munck (1972) sur le tourteau extrait à l'éthanol, celles de Lo et Hill (1971) sur le tourteau Bronowski, et celles de Oliver *et al.* (1971), Seoane et Gorrill (1975) sur les variétés de colza à faible teneur en glucosinolates.

La réduction de l'appétibilité du tourteau de colza classique peut s'expliquer en partie par le goût amer des glucosinolates (Matheson, 1973). Mais l'extrait alcoolique présente aussi une très grande toxicité puisqu'au taux de 15 p. 100 il entraîne la mort de jeunes rats dès le troisième jour, comme l'ont également observé Josefsson et Munck (1972) chez la souris. Cette toxicité aussi violente provient probablement des nitriles (Josefsson, 1975).

La toxicité des glucosinolates s'exerce aussi au niveau de la thyroïde, par l'intermédiaire de la progoitrine. Cette dernière libère, par hydrolyse, deux antithyroïdiens (un isothiocyanate et la 5 vinyl-oxazolidine-2-thione) qui inhibent l'organification de l'iode (Liener, 1974). L'effet goitrigène ne peut donc être prévenu par un régime supplémenté en iode. D'après les observations du troisième essai, tout se passe comme si les glucosinolates bloquaient rapidement la fonction thyroïdienne et que, par suite du phénomène de feed-back, un plus grand nombre de cellules était ensuite mis en service (images histologiques d'hyperactivité) pour maintenir un taux de T4 circulante égal à celui des premiers jours. On peut imaginer ce qui se passerait si on distribuait plus longtemps ce régime aux animaux : il est probable qu'après épuisement du stock de thyroglobuline, le taux de T4 plasmatique diminuerait jusqu'à des valeurs très inférieures à celles observées ici.

2. Valeur nutritive du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates.

Les digestibilités de l'énergie et de l'azote du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates sont comparables à celles du tourteau de colza classique, compte tenu de la légère différence de teneur en cellulose brute observée dans cette étude. Cependant, les CUD de l'azote sont inférieurs à ceux obtenus par Oliver *et al.* (1971) : 72 contre 78 et 80 respectivement pour une variété riche et une variété pauvre en glucosinolates.

L'augmentation du poids du cæcum observée avec des régimes riches en cellulose et autres glucides fermentescibles est en accord avec les résultats de Remesy (1973) dans le cas de régimes comportant de la farine de luzerne, mais dans notre cas l'acidité totale est également augmentée. En conséquence, les quantités totales d'AGV présents dans le cæcum sont de 1,5 à 2,5 fois plus importantes chez les rats recevant les régimes à base de tourteau de colza que chez ceux qui reçoivent le régime témoin. Les quantités de C2 et de C4 présentes dans le cæcum dépendent directement de la teneur en cellulose brute du régime. Si l'on considère que l'absorption des AGV est proportionnelle aux quantités présentes dans le cæcum (Remesy, 1973), on constate que C2 et C4 constituent une source d'énergie 2 à 3 fois plus importante dans le cas des régimes à base de tourteau de colza.

L'utilisation de l'EM du régime à base de tourteau de colza « O Thio » n'est pas significativement différente de celle du régime témoin mais la quantité de lipides fixés est inférieure, donc l'engraissement des animaux est réduit. En revanche, la quantité de protéines fixées, pour une même ingestion d'EM, est supérieure de 10 p. 100 à celle

du régime témoin. Ce résultat est en accord avec les observations de Seoane et Gorrill (1975) chez le Rat et celles de Bowland (1974) chez le Porc. L'utilisation métabolique des matières azotées digestibles du colza à faible teneur en glucosinolates est supérieure à celle de la farine de hareng supplémentée en méthionine du régime témoin. L'apport d'acides aminés indispensables étant le même dans tous les régimes, ce résultat traduit une excellente disponibilité des acides aminés indispensables du tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates, comme l'ont montré Sarwar, Shannon et Bowland, 1975. On peut également penser au rôle des AGV (C2 et C4 en particulier) formés en quantités plus importantes dans le cæcum et le gros intestin ; nous avons, en effet, montré que C2 joue un rôle favorable dans la rétention azotée chez le Rat en croissance (Vermorel, 1968 ; Vermorel et Arousseau, 1970).

3. Influence du dépelliculage.

Le dépelliculage de la graine de colza entraîne une augmentation de la teneur en matières azotées du tourteau et améliore fortement les digestibilités de l'énergie et de l'azote. L'utilisation métabolique de l'énergie et de l'azote digestible n'est pas modifiée par le dépelliculage et les animaux fixent 10 p. 100 de plus de protéines et 10 p. 100 de moins de lipides que ceux du lot témoin. L'utilisation globale (CUP) des matières azotées du tourteau dépelliculé est égale à celle d'une bonne farine de poisson supplémentée en méthionine. Ce résultat est en accord avec les données de Seoane et Gorrill (1975) qui ont observé chez le Rat en croissance une fixation de protéines et une valeur nutritive plus élevées avec le tourteau de colza à faible teneur en glucosinolates, dépelliculé, qu'avec le tourteau de soja.

Les teneurs en énergie digestible ($ED = 3,99$ kcal/g MS) et en matières azotées digestibles (MAD = 390 g/kg MS) de l'échantillon de tourteau de colza « O Thio dépelliculé » (137-D2) sont supérieures respectivement de 39 et 34 p. 100 à celles du tourteau non dépelliculé et de 28 et 44 p. 100 à celles du tourteau classique non toasté. Les teneurs en ED et MAD sont voisines de celles du tourteau de soja 44 (Vermorel et Fayet, 1977).

4. Influence des alpha galactosides.

Nous avons défini comme alpha galactosides les composés extraits du tourteau de colza zéro thioglucosides dépelliculé, par l'éthanol 80° (Tollier et Ribaillet, 1979). Ils représentent environ 18 p. 100 du tourteau dépelliculé dont 6 p. 100 de matières grasses et contiennent d'autres produits tels que les tanins et les glucosinolates restants. Les alpha galactosides proprement dits ne constitueraient donc que 12 p. 100 environ du tourteau de colza « O Thio » dépelliculé. Ils ne sont pas digérés par voie enzymatique dans l'intestin grêle et se retrouvent au niveau du cæcum où ils sont dégradés par voie microbienne.

Correction faite pour la différence de teneurs en matières grasses, l'extraction des alpha galactosides entraîne une augmentation passive de 13 à 14 p. 100 de la teneur en matières azotées du tourteau de colza « O Thio dépelliculé ». Elle permet également une amélioration du CUD de l'azote de ce tourteau (6,6 points dans le troisième essai et 4 points si l'on compare les CUD des échantillons 137-D1 et 137-D1 E obtenus respectivement dans les essais 1 et 3). Au total, l'extraction des alpha galactosides permet d'augmenter de 20 p. 100 environ la teneur en matières azotées digestibles (MAD) du

tourteau de colza « O Thio dépelliculé » et de fournir un produit comportant environ 480 g de MAD par kg de MS, c'est-à-dire plus riche et mieux équilibré en acides aminés indispensables que le tourteau de soja à 48-50 p. 100 de matières azotées (Vermorel et Fayet, 1977).

La supplémentation d'un régime témoin par une quantité importante d'extrait éthanolique provoque une augmentation considérable de la taille du cæcum et des quantités de C2 et C4 présentes dans le cæcum. La diminution de la digestibilité apparente de l'azote peut correspondre à l'élimination des micro-organismes qui se sont développés dans le cæcum et dans le gros intestin à partir de l'ammoniac formé au cours des fermentations ; ce phénomène pourrait entraîner une réduction de l'excrétion azotée urinaire sans modification de la rétention azotée. Faute de produit, il n'a malheureusement pas été possible d'étudier l'influence des alpha galactosides sur l'utilisation métabolique de l'énergie et de l'azote du régime mais les effets des différentes fractions du tourteau de colza « O Thio » dépelliculé, extraites par l'éthanol 80° seront étudiés prochainement.

Conclusion.

L'élimination des glucosinolates du tourteau de colza par sélection ou par extraction à l'éthanol 80° permet à ce tourteau de fournir la totalité (au lieu de 30 à 40 p. 100) des protéines dans le régime du Rat en croissance et d'atteindre des performances égales ou supérieures à celles obtenues avec le régime témoin, sans altération du fonctionnement thyroïdien.

La réduction de 60 p. 100 du taux de cellulose brute du tourteau de colza par dépelliculage des graines par le procédé « CETIOM » entraîne un enrichissement en protéines et une amélioration de la digestibilité de l'énergie et des matières azotées. On obtient un aliment dont les teneurs en énergie digestible et en matières azotées digestibles sont égales à celles du tourteau de soja 44, avec un meilleur équilibre en acides aminés indispensables, en particulier en acides aminés soufrés. L'utilisation métabolique de cet aliment est excellente et les performances sont supérieures à celles obtenues avec la farine de hareng de Norvège supplémentée en méthionine.

Enfin, l'extraction des alpha galactosides par l'éthanol 80° enrichit encore cet aliment en protéines et améliore notablement la digestibilité des matières azotées. Le produit obtenu est plus riche en matières azotées digestibles et mieux équilibré en acides aminés indispensables que le tourteau de soja 48-50 ou le tourteau d'arachide. Il faut cependant vérifier expérimentalement si cette amélioration de la digestibilité n'est pas annulée par une réduction de l'utilisation métabolique des acides aminés. Il faut également préciser la nature exacte et la localisation dans la graine des composés responsables de cette diminution de la digestibilité du tourteau, en vue, éventuellement, d'entreprendre leur élimination par sélection. Enfin, les améliorations de la valeur nutritive du tourteau de colza apportées par ces traitements technologiques ne seront peut-être pas aussi importantes chez la volaille et surtout chez le Porc que chez le Rat en croissance et il est souhaitable de réaliser des travaux complémentaires chez ces espèces d'intérêt zootechnique.

Reçu en mai 1978.

Accepté en juillet 1978.

Remerciements. — Les auteurs tiennent à remercier C. Remesy et C. Demigne (Laboratoire des Maladies Métaboliques) pour les dosages d'acides gras volatils ainsi que R. Pion et J. Prugnaud (Laboratoire d'Etude du Métabolisme Azoté) pour les dosages d'acides aminés.

Références

- AGREN G., EKLUND A., 1972. Rapeseed protein fractions. III. The nutritive value of a detoxified concentrate prepared from rapeseed (*Brassica napus* L.) by hydraulic processing. *J. Sci. Fd. Agric.*, **23**, 1457-1462.
- BORGIDA L. P., VIROBEN G., 1976. Tourteau de colza pour le porc en croissance : résultats préliminaires d'un procédé de détoxification par l'ensilage. *Journ. Rech. Porcine en France*, I.T.P., Paris, 81-86.
- BOWLAND J. P., 1974. Dehulled low glucosinolate rapeseed meal as a substitute for soybean meal in diets of starting-growing pigs. *53th Feeder's Day Rep.*, 46-49.
- CLANDININ D. R., ROBBLEE A. R., 1976. Low glucosinolate rapeseed meal for poultry. *Proc. 9th annu. Meet. Rapeseed Ass.*, Canada, Winnipeg, 41-46.
- DRAPRON R., 1975. Méthode rapide de détermination quantitative des lipides totaux dans les produits céréaliers. *Ann. Tech. agric.*, **24**, 117-131.
- GORRILL A. D. L., WALKER D. M., JONES J. D., 1974. Rapeseed protein sources and amino acid supplementation of diets for weanling rats. *Can. J. Anim. Sci.*, **54**, 659-667.
- JOSEFSSON E., 1975. Influence of glucosinolates and high molecular factors on the nutritive value of low-glucosinolate rapeseed meal. *J. Sci. Fd. Agric.*, **26**, 1299-1310.
- JOSEFSSON E., MUNCK L., 1972. Influence of glucosinolates and a tentative high molecular detrimental factor on the nutritional value of rapeseed meal. *J. Sci. Fd. Agric.*, **23**, 861-869.
- LIENER I. E., 1974. Endogenous toxic factors in oilseed residues. *Proc. Trop. Prod. Inst. Conf.*, London, 179-188.
- LO M. T., HILL D. C., 1971. Effect of feeding a high level of rapeseed meal on weight gains and thyroid function of rats. *J. Nutr.*, **101**, 975-980.
- MATHESON S. W., 1973. *Intake of rapeseed thioglucosides and thyroid activity in weanling rats*. M. Sci. Thesis, Univ. Toronto, cité par SEOANE et GORRILL, 1975.
- MORICE J., 1975. Les différentes étapes de la modification de la composition chimique de la graine de colza par la sélection. Etat actuel des recherches et perspectives d'avenir. *Etud. Rech.*, **3**, 123-130.
- OLIVER S. L., Mc DONALD B. E., OPUSZYNSKA T., 1971. Weight gain, protein utilization, and liver histochemistry of rats fed low-and high-thioglucoside content rapeseed meals. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, **49**, 448-456.
- PETERSEN U., SCHULZ E., 1976. Untersuchungen über den Einsatz von Rapsextraktionsschrot (Erglu) bei Schweinen. *Fette, Seifen Anstrichm.*, **9**, 347-350.
- PION R., 1971. Composition en acides aminés des aliments. *Ind. Alim.*, **6**, 29-36.
- REMESY C., 1973. *Contribution à l'étude de la production et du métabolisme des acides gras volatils chez le rat*. Th. 3^e cycle. Univ. Clermont-Ferrand.
- REMESY C., DEMIGNÉ C., 1974. Détermination of volatile fatty acids in plasma after ethanolic extraction. *Biochem. J.*, **141**, 85-91.
- SARWAR G., SHANNON D. W. F., BOWLAND J. P., 1975. Efect of processing conditions on the availability of amino acids in soybean and rapeseed proteins when fed to rats. *Can. Inst. Food. Sci. Technol. J.*, **8**, 137-141.
- SEOANE J. R., GORRILL A. D. L., 1975. Effects of dietary flour and oil from tower rapeseed on food intake, weight gains, nutrient digestibility, energy utilization and body composition of rats. *Can. J. Anim. Sci.*, **55**, 749-757.
- SRIVASTAVA V. K., PHILBRICK D. J., HILL D. C., 1974. Toxic factors in rapeseed meal. *Proc. Nutr. Conf. Feed Manuf.*, Univ. Guelph, 93-97.
- STARON T., 1970. Une méthode de détoxification des tourteaux de colza par voie biologique. *Journ. inter. Colza*. CETIOM Ed. Paris, 482.

- TOLLIER M. T., RIBAILLET D., 1979. Valorisation du tourteau de colza. 2. Etude de la composition biochimique de tourteaux de colza normal et à faible teneur en glucosinolates. *Ann. Biol. anim. Biophys. Bioch* (sous presse).
- VERMOREL M., 1968. Utilisation énergétique de la triacétine par le rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Biophys., Bioch.*, **8**, 453-455.
- VERMOREL M., AUROUSSEAU B., 1970. Utilisation énergétique des acides acétique et caprylique par le rat en croissance, 189-192. *Proc. 5th Symp. Energy Metabolism*, Vitznau, Suisse.
- VERMOREL M., FAYET J. C., 1977. Nouvelles perspectives offertes par les variétés de colza en cours de création et par le dépelliculage ; étude chez le rat en croissance. *Bull. Tech. C. R. Z. V., Theix*, INRA, **28**, 5-8.
- VERMOREL M., KELLER J., 1967. Utilisation énergétique par le rat en croissance, des principales céréales composant des régimes isoazotés et équilibrés en acides aminés. *Ann. Zootech.*, **16**, 223-234.
- YAPAR Z., CLANDININ D. R., 1972. Effect of tannins in rapeseed meal on its nutritional value for chicks. *Poultry Sci.*, **51**, 222-228.
-