

A 8603

PRÉVISION DE LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOURTEAUX DE TOURNESOL A PARTIR DE LEURS TENEURS EN CONSTITUANTS PARIÉTAUX

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

(1) I.N.R.A. Station de Recherches Porcines. Saint-Gilles, 35590 L'HERMITAGE.

(2) CETIOM - rue Monge, 33600 PESSAC

*Avec la collaboration technique de Annick BLANCHARD, Martine FILLAUT,
Nadine MEZIERE, Y. COLLEAUX, Y. LEBRETON, R. LEVREL, J.P. PRIGENT et A. ROGER*

INTRODUCTION

La production française de graines de tournesol a décuplé en 10 ans et dépassé le seuil d'un million de tonnes en 1985. Au regard de cette progression, la production métropolitaine de tourteaux reste modeste et ne couvre que partiellement les besoins de l'alimentation animale. L'évolution de la technologie du décorticage des graines ouvre des perspectives intéressantes pour l'amélioration de la qualité des tourteaux. En effet, on dispose de procédés de séparation des coques plus performants, dont la mise en œuvre est envisagée actuellement dans certaines huileries françaises.

Sur le plan nutritionnel, rappelons que le tourteau de tournesol présente deux défauts essentiels : sa faible teneur en lysine et sa richesse en constituants pariétaux.

Jusqu'à présent, les travaux sur le tournesol ont surtout porté sur la qualité de sa fraction azotée, à savoir son aptitude à remplacer le tourteau de soja après supplémentation en lysine (HENRY *et al.*, 1973 ; SEERLEY *et al.*, 1974 ; AMOS *et al.*, 1975) ou sur la disponibilité de ses acides aminés (BATTERHAM *et al.*, 1981 ; JORGENSEN et SAUER, 1982). Les études les plus récentes concernent surtout les possibilités d'utilisation des graines entières (NOLAND *et al.*, 1980 ; KEPLER *et al.*, 1982 ; BERSCHAUER *et al.*, 1983 ; MARCHELLO *et al.*, 1984 ; ADAMS *et al.*, 1985).

En revanche, les études sur les effets nutritionnels des constituants pariétaux des coques ou la valeur énergétique des tourteaux sont très rares chez le porc (BOURDON et BAUDET, 1979 ; GARGALLO et ZIMMERMAN, 1981.). Ainsi, nous avons mis en place un programme d'étude pour préciser la valeur énergétique des tourteaux de tournesol en utilisant des produits couvrant une gamme assez large de composition. Dans un premier temps, nous avons déterminé la valeur énergétique de différents tourteaux issus de graines plus ou moins décortiquées. Ensuite, dans une deuxième expérience, nous avons établi un modèle de prévision en reconstituant des tourteaux à partir d'amandes déshuilées et de coques brutes.

FABRICATION DES TOURTEAUX ET CARACTÉRISTIQUES DES MATIÈRES PREMIÈRES

Au cours du **premier essai** (Exp. I), nous avons comparé plusieurs types de tourteaux, préparés à partir de graines de tournesol de même origine, soit :

- un tourteau normal « pailleux » issu de graines entières,

- deux tourteaux décortiqués de « type 40 » provenant de deux fabrications,
- et un tourteau d'amandes pures.

Ces tourteaux ont été fabriqués à l'atelier expérimental du CETIOM-ITERG à Pessac (33), dans les conditions suivantes :

Le tourteau de graines entières est obtenu par trituration directe, alors que les tourteaux décortiqués et d'amandes pures sont obtenus après traitement des graines sur la chaîne expérimentale.

– **décorticage** : les graines sont décortiquées sur un appareil Ripple Flow CPM (débit 1 000 kg/heure). La séparation des coques sur un trieur à lit fluidisé H.E.F. permet d'obtenir un mélange d'amandes et de graines entières, qui donnera après trituration le tourteau « type 40 ». A partir de ce mélange, on peut séparer les amandes des graines non décortiquées après passage sur une table densimétrique.

– **trituration** : les graines sont d'abord aplaties sur cylindres lisses (écartement 20/100^e, pression 40 bars), sauf pour les amandes pures qui sont cuites en l'état. La cuisson est réalisée dans un cuiseur à deux étages pendant 20 minutes (température à l'entrée de la presse : 50 ± 5 °C⁽¹⁾). L'huile est extraite à l'aide d'une presse continue (Speichim S 10) d'un débit de 500 kg/heure (température des écailles à la sortie de la presse : 70 ± 5 °C). Les écailles sont broyées entre des cylindres cannelés puis refroidies. L'extraction (par charge de 450 kg) est réalisée par 6 lavages à l'hexane à 40 °C durant 25 minutes chacun, suivi d'un égouttage de 30 minutes avant la désolvantisation. Cette dernière s'effectue par chauffage d'une sole à la vapeur jusqu'à ce que la température de la matière atteigne 75 °C (durée moyenne de chauffage : 30 minutes). Compte tenu de l'inertie thermique du désolvant, la température atteinte par le tourteau s'élève au maximum à 80 °C. Le produit est ensuite vidangé et refroidi.

Il faut préciser que le procédé de fabrication des amandes pures, utilisé ici à titre expérimental pour élargir la gamme des tourteaux, demeure complexe et ne peut être appliqué dans l'immédiat pour des produits destinés à l'alimentation animale.

Dans le **second essai** (Exp. II), partant d'une farine d'amandes déshuilées, nous avons reconstitué par addition croissante de coques brutes de tournesol : un tourteau décortiqué « type 40 », un tourteau normal « graines entières » et un tourteau très riche en constituants fibreux.

Dans les deux expériences, nous avons utilisé comme régime témoin, un aliment à base de blé seul.

Les principales caractéristiques chimiques des matières premières sont présentées dans le tableau 1. La composition en acides aminés des tourteaux utilisés dans l'expérience I et des coques de tournesol est précisée dans le tableau 2. Les méthodes d'analyse ont été décrites par ailleurs (PEREZ *et al.*, 1984) ; le dosage des acides aminés est réalisé sur auto-analyseur Beckman.

Conformément à l'objectif initial, on constate de grandes différences dans la composition des tourteaux. Ainsi, leur teneur en cellulose brute varie de 6 à 33 % par rapport à la matière sèche, tous les autres critères de parois (ADF, NDF, AD lignine) évoluant parallèlement. Comme le souligne également le tableau 3 (matrice des corrélations), on observe logiquement une relation étroite inverse entre le taux de matières azotées, qui varie de 27,4 à 51,6 % (par rapport à la M.S.) et le pourcentage de constituants pariétaux des échantillons. Il en est de même pour les cendres en raison de la faible teneur en matières minérales des coques. On peut remarquer aussi que ces dernières renferment une proportion non négligeable de lipides résiduels, ce qui explique les teneurs plus élevées en matières grasses des tourteaux reconstitués de l'expérience II.

(1) Lors de la préparation du deuxième échantillon de tourteau de tournesol de type « 40 » les températures de cuisson ont été supérieures (entrée presse : 60 ± 5 °C ; sortie presse : 75 ± 5 °C).

TABLEAU 1
COMPOSITION CHIMIQUE DES MATIÈRES PREMIÈRES

Type de produit	TOURTEAUX DE TOURNESOL								Coques Tour- nesol	Blé	
	Amandes		décortiqué « 40 »			Graines entières		Excès cell.			
Expérience	I	II	I	I	II rec.*	I	II rec.*	II rec.*	II	I	II
Matière sèche	91,0	91,0	92,1	88,1	90,9	91,8	90,8	90,7	90,4	87,3	87,6
Composition % MS											
Cendres brutes	9,3	9,2	8,7	8,3	8,2	7,9	7,0	6,5	3,9	1,6	1,7
Matières azotées	51,6	50,8	43,6	42,5	42,3	33,2	31,7	27,4	4,7	11,8	12,4
Matières grasses	1,1	1,1	0,8	1,1	1,7	0,7	2,5	2,8	4,5	—	—
Cell. brute	6,0	6,4	17,6	17,2	16,0	28,2	27,9	32,8	58,3	2,1	2,1
N.D.F.	13,7	13,8	27,6	30,5	26,0	41,9	41,0	47,1	79,0	8,2	8,2
A.D.F.	7,1	6,9	18,0	18,4	17,3	30,5	30,1	35,2	62,7	3,0	3,0
A.D.L.	1,1	0,7	5,1	5,8	4,6	10,1	9,5	11,5	21,9	0,2	0,2
Energie brute, Kcal/kg MS	4 652	4 515	4 697	4 567	4 575	4 702	4 652	4 684	4 848	4 499	4 439

* Tourteaux reconstitués à partir d'amandes déshuilées et de coques brutes.

TABLEAU 2
TENEURS EN ACIDES AMINÉS DES TOURTEAUX ET COQUES DE TOURNESOL

Type de produit	TOURTEAUX DE TOURNESOL			Coques de tournesol
	Amandes	Décortiqué « 40 »	Graines entières	
Ac. aminés % MS				
Lysine	1,88	1,59	1,24	0,27
Méthionine	1,08	0,99	0,78	0,14
Cystine	1,03	0,84	0,66	0,13
Thréonine	1,92	1,64	1,26	0,33
Glycine	2,97	2,57	1,94	0,41
Sérine	2,28	1,91	1,47	0,37
Leucine	3,20	2,59	1,98	0,20
Isoleucine	2,12	1,82	1,44	0,16
Valine	2,30	2,01	1,50	0,16
Histidine	1,57	1,28	1,00	0,15
Arginine	4,25	3,59	2,73	0,23
Phénylalanine	2,16	1,85	1,37	0,17
Tyrosine	1,22	0,94	0,82	—
Matières azotées (N × 6,25) % MS	51,6	43,6	33,2	5,6

ÉTUDE DE DIGESTIBILITÉ : MODALITÉS EXPÉRIMENTALES

24 porcs (Exp. I) et 20 porcs (Exp. II), mâles castrés de race Large White, sont placés en cages de digestibilité et sont soumis pendant dix jours à un régime standard identique. A l'issue de cette période d'adaptation à la vie en cage individuelle, les porcs d'un poids vif moyen initial de 36,2 kg (Exp. I) et 38,6 kg (Exp. II) sont répartis en 6 lots (Exp. I) et 4 lots (Exp. II) de 4 animaux homogènes d'après l'âge et le poids vif, suivant un dispositif en blocs complets ; les animaux des différents lots reçoivent alors leurs régimes respectifs. Après une période d'accoutumance de sept jours aux aliments expérimentaux (période de précollecte) on procède durant 10 jours à la collecte totale

TABLEAU 3
MATRICE DES COEFFICIENTS DE CORRÉLATION ENTRE LES CARACTÉRISTIQUES ANALYTIQUES
ET LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOURTEAUX

	Cendres	M.A.T.	M.G.	C.B.	N.D.F.	A.D.F.	A.D.L.	E.B.
M.A.T.	0,97							
M.G.	-0,81	-0,64						
C.B.	-0,94	-0,99	0,56					
N.D.F.	-0,93	-0,99	0,54	0,99				
A.D.F.	-0,94	-0,99	0,57	0,99	0,99			
A.D.L.	-0,93	-0,99	0,53	0,99	0,99	0,99		
E.B.	-0,42	-0,55	0,10	0,61	0,58	0,61	0,61	
E.D.	0,94	0,97	-0,65	-0,96	-0,95	-0,96	-0,96	-0,52

Seuils de signification : 5 % 0,67
 1 % 0,80

des excréta (fèces et urine), suivant une méthodologie déjà décrite (PEREZ *et al.*, 1984). Au cours de cette période les animaux sont soumis à une alimentation équilibrée à raison de deux repas sous forme de farine humide par jour ; l'eau est fournie à volonté en dehors des repas.

La composition des régimes expérimentaux est rapportée dans le tableau 4. Dans l'**expérience I**, on a comparé à un aliment témoin à base de blé seul (lot 1), des régimes renfermant respectivement 10 et 20 % de tourteau normal non décortiqué (lots 2 et 3), 20 % de tourteaux décortiqués (lots 4 et 5) et 20 % de tourteau d'amandes (lot 6). Dans l'**expérience II**, en référence également à un aliment témoin à base de blé (lot 1), tous les régimes expérimentaux renferment 20 % de tourteau d'amandes additionné (lots 3,4,5) ou non (lot 2) de proportions croissantes de coques de tournesol.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats complets de digestibilité enregistrés au cours des deux expériences sont rassemblés dans l'annexe 1. A partir des valeurs moyennes de digestibilité des régimes, nous avons déduit par calcul les caractéristiques correspondantes des matières premières, qui figurent au tableau 5. Pour cela, nous avons procédé de différentes manières : soit par estimation directe dans le cas des blés, puisqu'ils constituent la seule source de matière organique des régimes témoins ; soit par la méthode par différence pour les tourteaux, à partir des résultats obtenus avec les aliments à base de blé seul ; ou bien encore par régression pour les coques de tournesol introduites à taux variables dans les régimes de l'expérience II.

• Valeur nutritive des blés

Les teneurs en énergie digestible (ED) des deux lots de blé, respectivement 3 854 et 3 807 Kcal⁽¹⁾ dans les expériences I et II, sont tout à fait conformes aux valeurs de référence (I.N.R.A., 1984 ; PEREZ et LEUILLET, 1985), ainsi qu'aux résultats obtenus dans notre laboratoire au cours des deux dernières campagnes de récolte sur des échantillons moyens de la collecte nationale (PEREZ, 1984, 1985) dans le cadre des enquêtes annuelles ONIC-ITCF. Il en est de même pour l'utilisation digestive apparente des protéines.

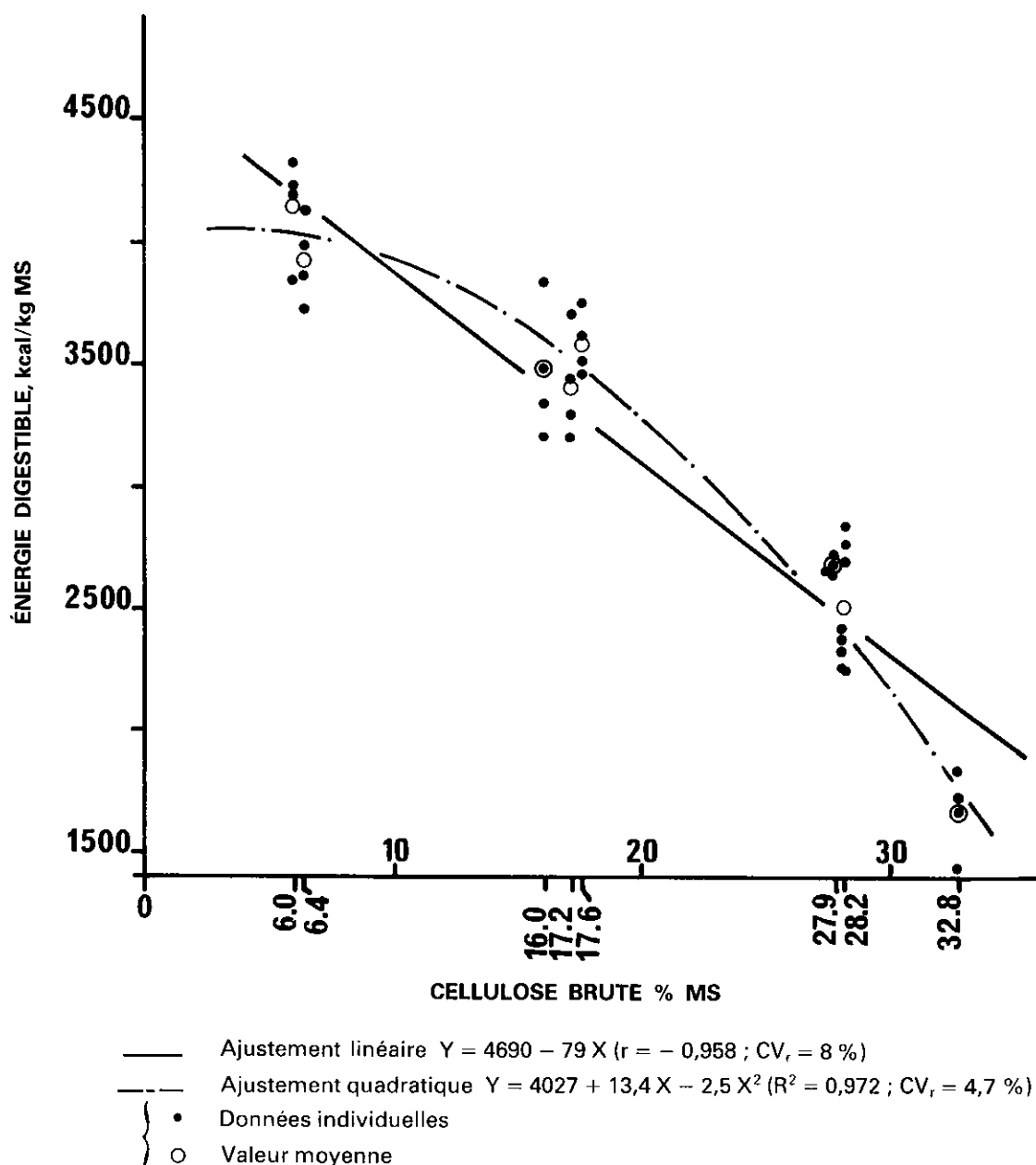
• Valeur nutritive des tourteaux de tournesol

La comparaison des données du tableau 5 fait apparaître de très grandes différences dans la valeur énergétique des échantillons testés. Ainsi entre les lots extrêmes, le contenu en énergie digestible évolue de 1 677 Kcal (tourteau reconstitué riche en constituants fibreux) à 4 156 Kcal (tourteau d'amandes).

La matrice des corrélations simples (tableau 3) montre que la valeur ED des tourteaux dépend étroitement ($r = -0,96$) de leurs teneurs en constituants pariétaux (cellulose brute, ADF, NDF ou

(1) Les données de composition chimique et de valeur énergétique figurant dans le texte sont toutes rapportées à la matière sèche.

FIGURE 1
VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOURTEAUX DE TOURNESOL EN FONCTION
DU TAUX DE CELLULOSE BRUTE (PEREZ *et al.*, 1986)



Elle fait apparaître un terme correctif de $-79 (\pm 5)$ Kcal par point supplémentaire de cellulose brute dans la matière sèche. Cette équation demeure cependant imprécise puisque la variation résiduelle s'élève à 8%. L'imprécision de l'ajustement linéaire peut s'expliquer notamment par l'effet plus marqué des parois, sur l'utilisation digestive de l'énergie au taux élevé de fibres, qui correspond au tourteau reconstitué très enrichi en coques. Nous avons déjà observé ce type de réponse en particulier avec des régimes complexes riches en lignine (PEREZ *et al.*, 1984). Cela suggère une évolution curvilinéaire du CUD de l'énergie ou de la valeur ED en fonction du taux de cellulose brute. De fait, l'analyse de régression polynomiale indique un effet quadratique significatif ($P < 0,05$) :

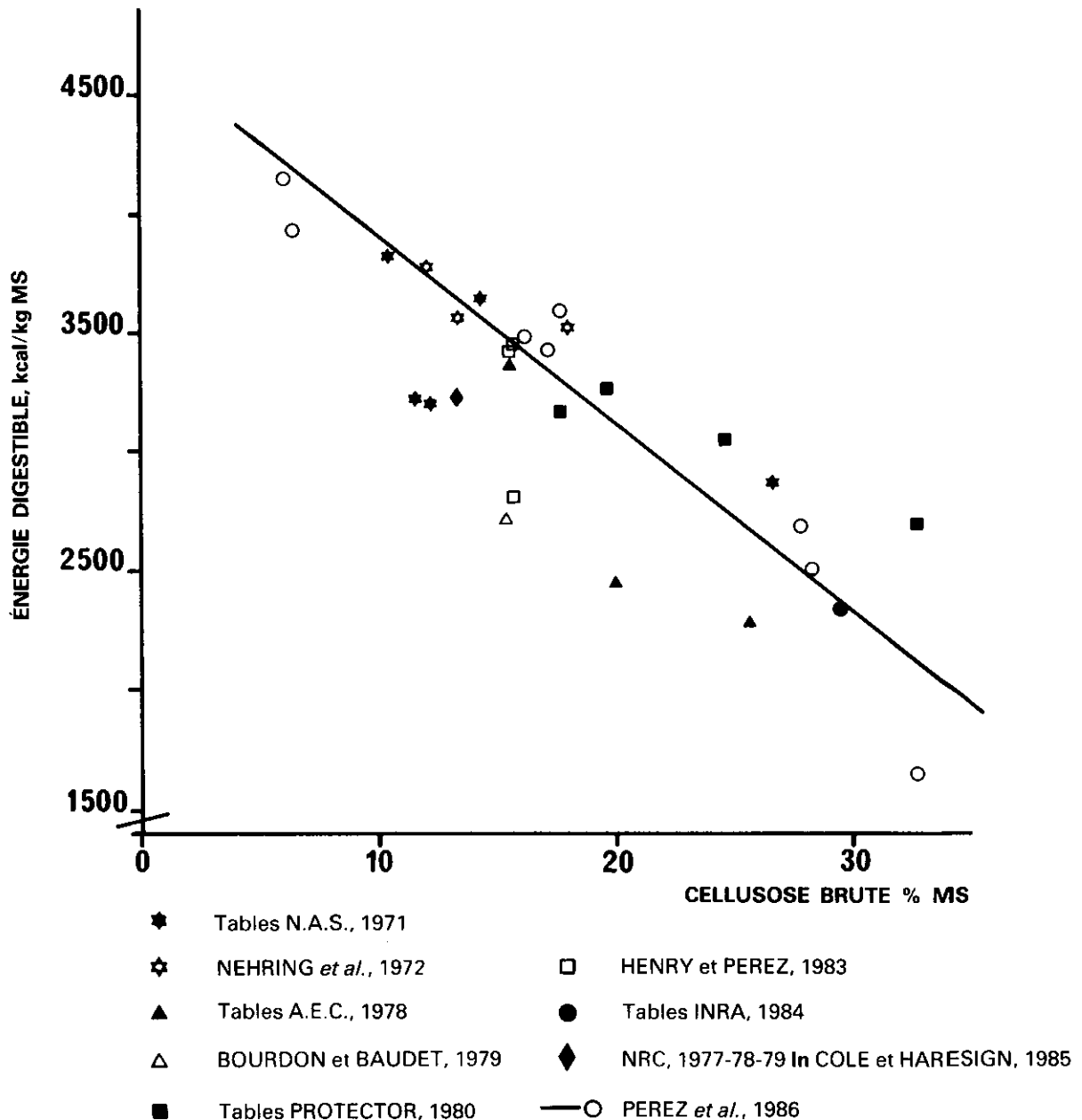
$$ED \text{ (Kcal/kg MS)} = 4\,027 + 13,4 \text{ C.B. (\% MS)} - 2,5 \text{ CB}^2$$

($R^2 = 0,972$; $S_r = 149$; $CV_r = 4,7\%$)

On obtient ainsi une équation de prédiction beaucoup plus précise (CV résiduel de 4,7 %). Dans ces conditions, le taux de cellulose brute explique à lui seul 97 % de la variation de la valeur énergétique des tourteaux, contre 92 % avec la régression linéaire simple.

Il est difficile de comparer nos résultats avec les données de la bibliographie (figure 2), car ces dernières proviennent essentiellement de tables alimentaires et correspondent le plus souvent à des valeurs calculées. La seule détermination directe effectuée à notre connaissance sur le porc (BOURDON et BAUDET, 1979) correspond à un tourteau préparé à l'aide d'une technologie particulière ; cela pourrait expliquer la faible valeur enregistrée (2 720 Kcal d'ED pour 15,3 % de cellulose brute), en conformité d'ailleurs avec les estimations réalisées sur le même type de produit chez les volailles (LESSIRE, communication personnelle). Dans l'ensemble, les résultats bibliographiques paraissent très discordants puisque pour un même taux de cellulose brute les écarts de valeur énergétique peuvent atteindre 800 Kcal.

FIGURE 2
RELATION ENTRE LA TENEUR EN CELLULOSE BRUTE ET LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES TOURTEAUX DE TOURNESOL : COMPARAISON DES DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES AVEC NOS RÉSULTATS



Pour le coefficient d'utilisation digestive apparente de l'énergie (CUDE) les équations obtenues avec la cellulose brute sont les suivantes :

– **régression linéaire :**

$$\text{CUDE} = 102,5 - 1,77 \text{ CB (\% MS)}$$

$$(r = - 0,965 ; \text{Sr} = 5,18 ; \text{CVr} = 7,5 \%)$$

– **régression polynomiale :**

$$\text{CUDE} = 88,3 + 0,22 \text{ CB (\%MS)} - 0,053 \text{ CB}^2$$

$$(\text{R}^2 = 0,982 ; \text{Sr} = 2,63 ; \text{CVr} = 3,8 \%)$$

Il est intéressant de remarquer que le taux de diminution du CUD de l'énergie par point de cellulose brute (régression linéaire) trouvé ici pour le tournesol (1,77) est inférieur aux valeurs enregistrées antérieurement avec les céréales : respectivement 2,27 et 2,02 pour l'orge et l'avoine (PEREZ *et al.*, 1980 ; PEREZ *et al.*, 1983). Cela s'explique par une proportion plus importante d'hémicelluloses dans la paroi végétale des céréales. A cet égard, la correction théorique que l'on pouvait escompter pour le tourteau de tournesol en se basant sur sa composition glucidique pariétale (rapport Paroi totale/fraction ligno-cellulose) confirme parfaitement nos données expérimentales (HENRY et PEREZ, 1983).

Par ailleurs, en ce qui concerne l'utilisation de la fraction azotée, on enregistre une baisse de la digestibilité apparente de l'azote avec l'accroissement des teneurs en constituants pariétaux des tourteaux. L'analyse de régression du CUD de l'azote sur la cellulose brute conduit à l'équation suivante :

$$\text{CUDN} = 86,7 - 0,32 (\pm 0,05) \text{ CB \% MS}$$

$$(r = - 0,93 ; \text{Sr} = 1,34 ; \text{CVr} = 1,7 \%).$$

Cette relation indique une décroissance faible (0,3 point) de la digestibilité apparente de l'azote par point de cellulose brute, comparativement aux valeurs retenues habituellement (1 à 1,5 point d'après les tables INRA, 1984).

● **Valeur nutritive des coques de tournesol**

Enfin, pour les coques seules introduites à plusieurs taux dans les régimes de l'expérience II, l'estimation de leur teneur en énergie digestible par régression conduit à une valeur négative. Cela peut s'expliquer par l'effet dépressif très marqué des coques sur l'utilisation digestive du reste de la ration, en raison de leurs teneurs élevées en constituants pariétaux indigestibles (lignine).



En conclusion, cette étude fait ressortir l'intérêt du décorticage des graines de tournesol pour améliorer la valeur énergétique des tourteaux. Ainsi pour le porc, le tourteau décortiqué « type 40 » présente une valeur énergétique (ED) comparable à celle de l'orge et supérieure de 30 % à celle d'un tourteau classique issu de graines entières. Sur un plan plus général, nos résultats nous permettent de proposer un moyen simple de correction du contenu en énergie digestible des tourteaux de tournesol à partir de leurs teneurs en cellulose brute. En tenant compte de ce critère, on pourra ainsi mieux valoriser en alimentation porcine cette matière première aux caractéristiques très variables. Des travaux complémentaires sont néanmoins encore nécessaires, en particulier sur des tourteaux riches en constituants fibreux, pour affiner les équations de prédiction présentées.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS K.L., JENSEN A.H., 1985. Anim. Feed Sci. Technol., **12**, 267-274.
- A.E.C., 1978. Energie, Acides Aminés, Vitamines, Minéraux. Document n° 4.
- AMOS H.E., BURDICK D., SEERLEY R.W., 1975. J. Anim. Sci., **40**, 90-95.
- ANDERSEN P.E., JUST A., 1983. Tabeller over foderstoffers sammensætning m.m. Kvaeg-Svin. Det. Kgl. danske Landhusholdningsselskab, 102 p.
- BATTERHAM E.S., MURISON R.D., LOWE R.F., 1981. Br. J. Nutr., **45**, 401-410.
- BERSCHAUER F., EHRENSVARD U., MENKE K.H., 1983. Arch. Tierernähr., **33**, 826-842.
- BOURDON D., BAUDET J.J., 1979. Journées Rech. Porcine en France, **12**, 283-290.
- COLE D.J.A., HARESIGN W., 1985. Recent Developments in Pig Nutrition. Butterworths, London, 321 p.
- GARGALLO J., ZIMMERMAN, 1981. J. Anim. Sci., **53**, 1286-1291.
- HENRY Y., BOURDON D., PALISSE-ROUSSEL M., WABNITZ P., 1973. Ann. Zootech., **22**, 147-155.
- HENRY Y., PEREZ J.M., 1983. Les Dossiers de l'Élevage, **5**, 49-64.
- I.N.R.A., 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA éd., Paris, 282 p.
- JORGENSEN H., SAUER W.C., 1982. 61th Annual Feeders day Report, 86-88, Department of Animal Science. University of Alberta, Canada.
- KEPLER M., LIBAL W.G., WAHLSTROM R.C., 1982. J. Anim. Sci., **55**, 1082-1086.
- MARCHELLO M.J., COOK N.K., JOHNSON V.K., SLANGER W.D., COOK D.K., DINUSSON W.E., 1984. J. Anim. Sci., **58**, 1205-1210.
- N.A.S., 1971. Atlas of Nutritional Data on United States and Canadian Feeds. Washington D.C.
- NEHRING K., BEYER M., HOFFMANN L., 1972. Futtermittel Tabellen Werk. V.E.B. Deutsche Landwirtschafts Verlag. Berlin, 462 p.
- NOLAND P.R., CAMPBELL D.R., JOHNSON Z.B., 1980. Anim. Feed Sci. Technol., **5**, 51-57.
- PEREZ J.M., 1984-1985. Valeur énergétique des céréales françaises (Compte rendu annuel), 9 p.
- PEREZ J.M., BOURDON D., 1983. Journées Rech. Porcine en France, **15**, 303-310.
- PEREZ J.M., LEUILLET M., 1985. Composition et valeur nutritive des céréales destinées aux porcins. In Valorisation des céréales par les porcins, 21-33, ITCF éd., Paris, 160 p.
- PEREZ J.M., RAMIHONE R., HENRY Y., 1984. Prédiction de la valeur énergétique des aliments composés destinés au porc : étude expérimentale. INRA éd., Versailles, 95 p.
- PEREZ J.M., RAMOELINTSALAMA B., BOURDON D., 1980. Journées Rech. Porcine en France, **12**, 273-284.
- PROTECTOR, 1980. Tables de composition des matières premières destinées à l'alimentation animale.
- SEERLEY R.W., BURDICK D., RUSSOM W.C., LOWREY R.S., Mc CAMPBELL H.C., AMOS H.E., 1974. J. Anim. Sci., **38**, 947-953.
- VEEVODERTABEL, Centraal veevoederbureau. Nederland.

ANNEXE 1
RÉSULTATS COMPLETS DE DIGESTIBILITÉ DES RÉGIMES

Expérience	I						II					Signification Statistique Sx (CV)	
	1	2		3		6	1	2	3		5		
		Témoins Blé seul	Graines entières	Décortiqués	Amandes				Tourteau Amandes	Décortiqué			Graines entières
Régime	TOURTEAUX DE TOURNESOL						T. TOURNESOL RECONSTITUÉS						
RÉSULTATS ZOOTECHNIQUES													
Gain moyen/j, g	475	437	425	500	537	600	362	475	387	425	387	NS 51 (25,1)	
Consommation/j, g MS	1 402	1 413	1 423	1 427	1 405	1 402	1 328	1 336	1 339	1 344	1 349		
Indice de consommation, g MS/g	3,02	3,29	3,38	3,00	2,65	2,47	3,66	2,83	3,53	3,20	3,52	NS 0,70 (39,6)	
UTILISATION DE L'ÉNERGIE													
C.U.D.a MS	87,4	83,0	78,9	81,8	82,2	85,1	85,4	84,8	80,9	74,6	69,1	** 0,41 (1,0)	
C.U.D.a MO	90,1	85,7	81,6	84,9	85,1	88,5	87,8	87,8	84,0	77,4	71,5	** 0,43 (1,0)	
C.U.D.a Energie	87,7	83,3	79,3	83,0	82,5	86,5	85,1	85,5	81,6	74,2	68,1	** 0,68 (1,7)	
ED, Kcal/kg frais	3 222 ± 9,9 (0,6)	3 104 ± 3,2 (0,2)	3 037 ± 24,2 (1,6)	3 211 ± 12,7 (0,8)	3 134 ± 20 (1,3)	3 305 ± 19,3 (1,2)	3 199 ± 30 (1,9)	3 247 ± 16 (1,0)	3 157 ± 31 (2,0)	2 894 ± 5 (0,3)	2 460 ± 32 (2,6)		
ED, Kcal/kg MS	3 676 ± 11,5 (0,6)	3 514 ± 3,3 (0,2)	3 415 ± 27,4 (1,6)	3 587 ± 14,2 (0,8)	3 569 ± 23 (1,3)	3 707 ± 21,7 (1,2)	3 613 ± 34 (1,9)	3 644 ± 17 (0,9)	3 538 ± 35 (2,0)	3 229 ± 5 (0,3)	2 735 ± 36 (2,6)		
ED, Kcal/kg MO	3 883 ± 11,9 (0,6)	3 734 ± 3,6 (0,2)	3 643 ± 29,2 (1,6)	3 845 ± 15 (0,8)	3 839 ± 24 (1,3)	3 968 ± 23 (1,2)	3 819 ± 36 (1,9)	3 908 ± 19 (1,0)	3 783 ± 38 (2,0)	3 446 ± 20 (1,2)	2 954 ± 39 (2,6)		
UTILISATION DE L'AZOTE													
C.U.D.a Azote	85,6	82,2	81,2	83,0	82,4	85,1	85,5	85,7	83,5	81,6	80,1	** 0,71 (1,7)	
N retenu/j, g	7,2	9,7	12,4	11,6	15,8	13,3	7,5	13,8	13,3	12,7	14,0	** 0,50 (8,2)	
C.R.N. (2)	31,0	35,8	39,8	33,6	43,1	33,9	34,6	37,1	37,2	38,2	41,9	NS 1,5 (8,1)	
C.U.P.N. (3)	26,4	29,4	32,3	27,9	35,5	28,9	27,8	31,8	31,0	31,2	33,5	NS 1,2 (7,9)	

(1) Sx : écart-type de la moyenne. Entre parenthèses : coefficient de variation. * Différence entre moyennes traitement significative au seuil P < 0,05. ** Différence entre moyennes traitement significative au seuil P < 0,01. NS Non significatif.
(2) C.R.N. (Coefficient de rétention azotée) = N retenu × 100/N absorbé.
(3) C.U.P.N. (Coefficient d'utilisation pratique de l'azote) = N retenu × 100/N ingéré.