

Utilisation digestive et valeurs énergétiques du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance et la truie adulte

J. NOBLET, Gwénola LE GOFF

*Institut National de la Recherche Agronomique
Station de Recherches Porcines, - 35590 Saint-Gilles*

Avec la collaboration de R. Vilboux pour la préparation des aliments, J. Delanoë, Y. Lebreton, F. Legouëvec et A. Roger pour les mesures sur animaux et Sylviane Daniel pour les analyses de laboratoire

Utilisation digestive et valeurs énergétiques du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance et la truie adulte

L'utilisation digestive des nutriments et de l'énergie et les teneurs en ED et en EM de vingt matières premières ont été mesurées chez le porc en croissance (60-65 kg de poids vif) et la truie adulte. Onze d'entre elles étaient du maïs et ses co-produits d'amidonnerie et neuf du blé et ses co-produits de meunerie ou d'amidonnerie. Pour chacune des 2 familles, les échantillons mesurés permettaient de prendre en compte la variabilité de composition chimique rencontrée dans les conditions pratiques. L'analyse des données conduit à proposer des valeurs nutritionnelles pour des matières premières caractéristiques de chaque famille et, d'une plus grande originalité, des équations de prédiction de la valeur énergétique des produits d'une famille à partir de leur composition chimique. Ces équations sont spécifiques à chaque stade physiologique puisque l'utilisation digestive de l'énergie est plus élevée chez la truie adulte que chez le porc en croissance, en relation notamment avec une utilisation digestive supérieure des parois végétales chez la truie. Nos données montrent également que l'amélioration de la teneur en ED des aliments chez la truie est proportionnel à la teneur en parois végétales du produit et fortement dépendante de l'origine botanique des parois végétales. Dans le cas présent, la supériorité de la truie est beaucoup plus marquée pour les produits du maïs que pour les produits du blé, notamment lorsqu'ils sont riches en parois végétales. Il en résulte que la relation entre les teneurs en ED chez la truie et chez le porc en croissance est spécifique de l'origine botanique de la matière première.

Digestive utilization and energy values of wheat, maize and their by-products in growing pigs and adult sows

Digestive utilization of nutrients and energy and DE and ME values of 20 feedstuffs were measured in 60-65 kg body weight growing pigs and adult sows. Eleven feedstuffs were maize and its by-products from starch industry and nine were wheat and its by-products from milling and starch industries. For each family of products, samples were chosen in order to be representative in terms of chemical composition of most feedstuffs used in practice. Analysis of data provides additional energy values of major feedstuffs of each family and, more original, prediction equations of DE content from chemical characteristics for each family. Different equations must be used for sows and growing pigs in connection with a higher digestive utilization of energy in sows which is partly related to a better digestive degradation of dietary fibre in sows. The DE difference between sows and growing pigs is proportional to the dietary fibre content but is also dependent on dietary fibre origin. In the present situation, the superiority of sows was more accentuated for maize products than for wheat products. Therefore, relationship between DE in sows and DE in growing pigs are dependent on the botanical origin of feedstuffs.

INTRODUCTION

La digestibilité de l'énergie des aliments dépend de la composition de l'aliment (teneur en parois végétales notamment), de l'animal (poids vif, stade physiologique), de la conduite alimentaire (niveau d'alimentation) et des éventuels traitements technologiques. Ainsi, pour un aliment donné, le coefficient d'utilisation digestive de l'énergie (CUDe) s'accroît avec l'augmentation du poids vif. Mais l'amplitude des effets du poids vif sur le CUDe varie avec la teneur en parois végétales de l'aliment ainsi que, pour une teneur en parois végétales donnée, avec la nature ou l'origine botanique des parois végétales (NOBLET et SHI, 1993; NOBLET et BOURDON, 1997). Un aliment donné ne peut donc être crédité d'une teneur en énergie digestible (ED) ou en énergie métabolisable (EM) constante pour tous les stades de production du porc. Cependant, comme nous l'avons déjà indiqué (NOBLET, 1996; NOBLET et BOURDON, 1997), il n'est pas actuellement possible de proposer de multiples valeurs énergétiques pour tous les produits utilisés dans les aliments du porc. Aussi, en pratique, nous suggérons d'attribuer aux aliments deux valeurs énergétiques, l'une pour le porc en croissance mesurée sur un animal de 60-65 kg et l'autre chez la truie adulte.

Les matières premières utilisées dans les aliments du porc peuvent être très variables en termes de composition chimique et, par voie de conséquence, de valeur nutritionnelle. Cette situation est particulièrement vraie pour les co-produits industriels. Dans ce cas, attribuer une seule valeur énergétique pour un co-produit est notoirement insuffisant et il devient impératif de prendre en compte l'impact de cette

variabilité des caractéristiques analytiques sur la valeur nutritionnelle, aussi bien pour la truie que pour le porc en croissance. L'objectif du présent travail est de proposer des méthodes d'estimation de la valeur énergétique de deux groupes de produits très largement utilisés dans les aliments du porc, le blé ou le maïs et leurs co-produits respectifs.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

Les résultats présentés ont été obtenus selon la méthodologie décrite par NOBLET et BOURDON (1997). En résumé, les matières premières étudiées ont été distribuées seules (cas du blé) ou dans un régime constitué d'un régime de base (RB) contenant du blé et du tourteau de soja et de la matière première testée. La valeur nutritionnelle du RB est mesurée, ce qui permet, à l'aide de la méthode par différence, de calculer la valeur nutritionnelle de la matière première testée. Les taux d'introduction de la matière première testée peuvent varier selon la nature de celle-ci. Ils étaient voisins de 20% pour les produits dont les résultats sont rapportés ci-dessous. La liste et les caractéristiques chimiques des matières premières étudiées sont présentées au tableau 1; neuf d'entre elles correspondent au blé et à ses co-produits et 11 au maïs et ses co-produits. Les co-produits proviennent des industries de l'amidonnerie et de la meunerie. Les échantillons choisis sont représentatifs, en termes de variabilité analytique, de l'ensemble des produits utilisés en pratique. Des regroupements ont été effectués afin de simplifier la présentation des résultats.

Tableau 1 - Composition chimique moyenne des matières premières de l'étude (% de la matière sèche)

Nutriments	Minéraux	Matières azotées	Matières grasses	Cellulose brute	NDF	ADF	ADL	Amidon	Sucres	PAR	Énergie brute, MJ
Blé et co-produits (1)											
Blé (n=3)	1,98	12,2	1,6	2,4	13,0	3,2	0,7	69,6	3,8	11,4	18,36
Son de blé (n=3)	5,89	17,7	3,6	10,0	46,1	13,82	3,4	23,7	6,4	45,24	19,19
Remoulage	4,25	18,7	4,2	6,2	29,0	8,32	2,0	35,1	8,3	29,2	19,27
Farine basse	2,25	15,9	3,2	2,8	12,0	3,2	0,5	60,0	4,7	12,7	18,82
Milurex® (2)	4,38	16,7	2,6	6,0	30,7	8,5	2,8	32,1	11,9	29,3	19,09
Maïs et co-produits (1)											
Maïs	1,29	8,7	4,0	2,8	11,7	2,7	0,5	73,9	1,8	10,6	18,78
Corex® (n=3) (2)	2,09	12,1	2,9	11,6	55,4	13,4	1,4	30,3	0,7	54,3	19,28
Tourteau de germes	1,98	26,6	7,6	13,2	57,0	13,5	1,8	22,2	0,6	48,7	20,94
Corn gluten feed	7,05	21,1	1,8	7,3	38,6	9,3	0,9	27,7	1,0	37,2	18,33
CPM1 (3)	5,43	15,5	6,9	4,8	22,3	6,0	0,9	39,1	11,0	23,2	19,20
CPM2 (n=4) (3)	4,16	15,5	2,0	7,2	37,1	8,4	1,1	43,7	0,7	33,1	18,54

(1) Entre parenthèses, nombre de produits mesurés (si plus de 1)

(2) Co-produits de l'amidonnerie de blé et de maïs de Roquette Frères

(3) CPM pour co-produits du maïs; CPM1 correspond à un mélange de tourteau de germes, de brisures de maïs, de solubles d'amidonnerie et ... (proportions non connues); CPM2 correspond à différents mélanges de Corex, d'amidon de maïs et de solubles d'amidonnerie

Chaque régime est distribué à 4 ou 5 mâles castrés de génotype Piétrain x Large White (ou Piétrain x (Large White x Landrace)) d'un poids vif de 60-65 kg au moment des mesures et à 4 ou 5 truies adultes non gravides, de race Large White ou Large White x Landrace et pesant en moyenne 220 kg. Chaque porc en croissance n'est utilisé qu'une fois alors que chaque truie a reçu successivement plusieurs régimes. Les porcs en croissance sont alimentés à un niveau proche de l'ad libitum (2,1 à 2,2 kg par jour au moment des mesures) alors que les truies ont reçu 2,4 kg d'aliment par jour.

1.2. Mesures

Au moment de la fabrication des régimes, chaque matière première a été échantillonnée avant le mélange de façon à déterminer sa teneur en matière sèche et pour les analyses de laboratoire ultérieures. La collecte des fèces et des urines a été réalisée sur les animaux maintenus en cage de digestibilité, à l'issue d'une période d'adaptation à la cage et au régime d'au moins 10 jours. La durée de la collecte a varié selon les essais de 9 à 11 jours. Chez les truies, les urines ont été collectées à l'aide d'une sonde urinaire. Pour chaque collecte, les porcs ont été pesés au début et à la fin de la période de collecte. Les fèces et les urines sont recueillies quotidiennement, conservées à +4°C et pesées et homogénéisées à la fin de la période expérimentale. Deux échantillons de fèces sont constitués, l'un servant à la détermination de la matière sèche excrétée et l'autre étant lyophilisé pour les analyses de laboratoire. La teneur en matière sèche de l'aliment ingéré est également déterminée. Les analyses réalisées sur les régimes, les matières premières, les fèces et les urines sont identiques à celles décrites par NOBLET et al (1989).

1.3. Calculs et analyses statistiques

Les coefficients de digestibilité des nutriments et de l'énergie ont été calculés selon les méthodes habituelles. Nous avons également quantifié l'utilisation digestive du résidu "fibres", relativement comparable au NDF, et calculé comme la différence entre la matière organique et la somme des matières azotées, des matières grasses, de l'amidon et des sucres. Pour le calcul des "fibres" digestibles, il est supposé que l'amidon et les sucres sont digestibles à 100%. Les résultats mesurés sur les régimes ne seront pas rapportés dans cette communication. Pour ce qui concerne les matières premières dont la valeur nutritionnelle est obtenue à l'aide de la méthode par différence, il est supposé 1/ que le complément minéral et vitaminique n'affecte pas l'utilisation digestive des nutriments et de l'énergie du régime et que sa valeur énergétique est égale à zéro et 2/ que l'utilisation digestive du RB n'est pas modifiée par la présence de la matière première à tester (NOBLET et BOURDON, 1997). Pour chaque famille de produits (blé ou maïs), il a été effectué des analyses de covariance prenant en compte les effets du stade physiologique (porc en croissance vs truie) et les caractéristiques analytiques des aliments et des régressions (multiple progressive) afin d'établir des équations de prédiction de la valeur énergétique (SAS, 1990).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractéristiques chimiques des matières premières étudiées (tableau 1)

Les 3 échantillons de blé de nos études avaient des compositions chimiques très proches, les moyennes étant comparables aux données des tables (INRA, 1989). Les co-produits de la meunerie du blé se distinguent par leurs teneurs en parois végétales (estimées ici par les teneurs en cellulose brute ou en NDF et ADF ou comme la différence entre la matière organique et la somme des matières azotées, des matières grasses, de l'amidon et des sucres), en amidon et en cendres avec des corrélations élevées entre ces 3 critères: négatives entre amidon et parois végétales et entre amidon et cendres et positive entre cendres et parois végétales. Ceci est confirmé sur les données moyennes du tableau 1. Ces différences de composition chimique permettent de "classer" les co-produits du blé en sons (gros, fin), remoulages (bis, blanc), farines basses, ..., mais ces classes ont des définitions très variables et dépendantes des organismes, des pays, ... Les caractéristiques de composition chimique rapportées dans le tableau 1 pour ces 3 classes ne représentent donc que les caractéristiques des produits mesurés dans nos études. Toutefois, la variabilité des critères chimiques permet de conclure que nos échantillons recouvrent l'amplitude des données rencontrées en pratique pour l'ensemble des co-produits de meunerie du blé: 2,8 à 11,0% de cellulose brute, 18 à 60% d'amidon et 2,2 à 6,2% de matières minérales. Il faut enfin remarquer que le Milurex®, co-produit de l'amidonnerie de blé, a une composition chimique très comparable à celle du produit que nous avons classé comme remoulage (tableau 1).

Les co-produits du maïs sont, à l'inverse des co-produits du blé, moins standardisés. Les drèches (Corex®) sont le produit le plus riche en parois végétales et le plus pauvre en amidon mais avec des teneurs en amidon "résiduel" relativement variables (23 à 40% pour les 3 échantillons étudiés). Le "Corn gluten feed" qui correspond à des mélanges en proportions variables de drèches, de "solubles" (produits hydrosolubles de l'opération initiale de trempage du grain de maïs), de tourteau de germes et d'autres fractions (brisures par exemple) du procédé d'extraction de l'amidon de maïs peut également avoir des caractéristiques chimiques variables. Toutefois, relativement aux drèches, il sera plus riche en matières azotées et en matières minérales, notamment parce que ces deux constituants sont en proportion élevée dans les "solubles". Cette variabilité a été partiellement prise en compte dans la constitution des produits CPM2 (tableau 1) dont les teneurs en amidon, matières minérales et matières azotées variaient de respectivement 31 à 59%, 1,0 à 6,5% et 9 à 21%. Le tourteau de germes est un produit peu disponible et il est partiellement réintroduit dans le corn gluten feed. Il se caractérise par des teneurs élevées en matières azotées et en matières grasses mais également en parois végétales. Il pose par ailleurs des difficultés analytiques puisque la somme des constituants mesurés (cendres, matières azotées, matières grasses, NDF, amidon et sucres) est très supérieure à 100%. Enfin, le CPM1 est un produit commercial, classé comme tourteau de germes, qui

se caractérise par notamment une teneur très élevée en sucres avec la teneur en matières grasses comme seule caractéristique le rapprochant d'un tourteau de germes.

2.2. Utilisation digestive et valeur énergétique du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance.

Le blé et ses co-produits ont fait l'objet d'un nombre élevé de mesures de digestibilité chez le porc, le modèle animal ayant généralement été le porc en croissance; les résultats sont synthétisés dans les tables de valeurs alimentaires (INRA, 1989; CVB, 1997). Nos résultats obtenus sur le porc en croissance (tableaux 2 et 3) sont conformes à ces données des tables, tant pour les nutriments que pour l'énergie. La difficulté essentielle pour comparer les valeurs énergétiques entre elles est que, à l'exception du blé, les co-produits ont des compositions chimiques très variables. L'établissement d'équations de prédiction de la valeur énergétique en fonction des caractéristiques chimiques permet de lever cette difficulté. Les équations proposées dans le tableau 4 mettent en évidence que le meilleur estimateur est l'un des critères pour évaluer la teneur en parois végétales, sans avantage net en termes de précision pour l'un des critères. Il existe peu d'équations comparables dans la bibliographie; celle proposée par BATTERHAM et al (1980) basée sur la teneur en ADF est proche de l'équation correspondante du tableau 4. Pour ce qui concerne l'utilisation digestive fécale apparente des nutriments, il ressort que, comme avec les régimes (NOBLET et PÉREZ, 1993), l'utilisation digestive des matières azotées est d'autant plus faible que le produit est riche en parois végétales et celle des matières grasses est faible

compte tenu de leur faible taux dans l'aliment. Les résultats de digestibilité des fractions cellulose brute et extractif non azoté sont variables et difficiles à interpréter compte tenu de l'hétérogénéité de ces fractions selon le type de produit. A l'inverse, la digestibilité des parois végétales (NDF ou "Fibres" telles que définies dans le tableau 2) est relativement constante (45 à 50%; tableau 2). Comme pour les régimes, la digestibilité fécale de l'énergie est fortement corrélée et négativement à la teneur en parois végétales (tableau 5, p182).

Les coefficients de digestibilité obtenus pour le maïs sont du même ordre que les valeurs de la bibliographie. Mais, à l'inverse des co-produits du blé, les co-produits du maïs ont fait l'objet de peu d'estimations de leur valeur nutritionnelle et les valeurs disponibles sont difficiles à comparer, compte tenu de la variabilité élevée des caractéristiques chimiques des produits étudiés et de la diversité des procédés utilisés. De plus, il est clair que des produits comme le tourteau de germes ont une utilisation digestive particulière. Ainsi, la fraction "fibres" est hautement digestible (tableau 2) et n'a donc pas la même signification nutritionnelle que les parois végétales des autres co-produits riches en drèches. Il en résulte que les résultats obtenus avec le tourteau de germes n'ont pas pu être utilisés dans les équations de prédiction de la teneur en ED des co-produits du maïs; il en est de même, mais dans une moindre mesure, pour le CPM1. Les équations finales sont présentées dans le tableau 4. La digestibilité des nutriments est également relativement variable, à l'exception de la fraction "fibres" qui tend à être moins digestible (30 à 40%) que celle du blé et ses co-produits (tableau 2). Comme pour le blé, les parois

Tableau 2 - Coefficients d'utilisation digestive (%) des nutriments du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance (C) et la truie adulte (T) (1)

Nutriment	Matière organique		Matières azotées		Matières grasses		Cellulose brute		Extractif non azoté		Fibres (2)	
	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
Blé et co-produits												
Blé (n=3)	90,8	91,8	83	87	16	23	30	35	95,0	95,3	48	52
Son de blé (n=3)	62,9	66,9	60	80	12	24	30	30	72,2	71,8	42	42
Remoulage	76,5	81,2	73	86	55	58	26	33	83,1	85,3	47	54
Farine basse	90,3	91,2	87	89	76	83	11	13	93,2	93,6	52	55
Milurex®	77,2	82,8	67	84	10	44	53	56	84,7	87,0	57	62
Maïs et co-produits												
Maïs	90,6	94,8	90	84	50	62	36	90	93,6	97,3	38	78
Corex® (n=3)	55,3	74,9	47	58	24	28	32	69	61,0	80,1	32	66
Tourteau de germes	78,1	81,8	71	77	61	52	80	88	84,0	87,2	74	80
Corn gluten feed	68,0	79,7	83	79	10	52	20	70	71,1	81,9	42	67
CPM1	80,7	91,6	65	87	87	72	64	94	84,6	94,1	46	82
CPM2 (n=4)	72,2	83,4	75	73	53	68	26	63	75,4	86,8	35	66

(1) Voir notes du tableau 1

(2) Calculé comme le rapport (x100):

$$\frac{[\text{Matière organique digestible} - (\text{matières azotées digestibles} + \text{matières grasses digestibles} + \text{amidon} + \text{sucres})]}{[\text{Matière organique} - (\text{matières azotées} + \text{matières grasses} + \text{amidon} + \text{sucres})]}$$

Tableau 3 - Utilisation digestive (CUDe, %) et métabolique (EM/ED, %) de l'énergie et teneurs en énergie (MJ/kg de matière sèche) digestible (ED) et métabolisable (EM) du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance (C) et la truie adulte (T) (1)

Stade physiologique	CUDe, %		EM/ED, %		ED, MJ/kg MS		EM, MJ/kg MS	
	C	T	C	T	C	T	C	T
Blé et co-produits								
Blé (n=3)	88,2	89,5	97,7	96,2	16,19	16,44	15,82	15,81
Son de blé (n=3)	58,3	63,4	95,0	91,9	11,19	12,17	10,62	11,18
Remoulage	73,0	78,6	95,8	92,7	14,06	15,14	13,47	14,04
Farine basse	88,7	90,2	96,8	95,2	16,70	16,98	16,16	16,16
Milurex®	72,8	79,8	95,1	93,1	13,89	15,24	13,21	14,18
Maïs et co-produits								
Maïs	88,9	92,9	98,0	97,7	16,69	17,44	16,35	17,04
Corex® (n=3)	53,0	71,4	95,4	93,2	10,22	13,76	9,75	12,82
Tourteau de germes	73,5	77,2	94,5	92,4	15,40	16,16	14,56	14,9
Corn gluten feed	68,6	77,8	91,9	90,9	12,58	14,26	11,56	12,96
CPM1	79,3	90,0	98,8	96,2	15,22	17,28	15,04	16,62
CPM2 (n=4)	71,2	80,7	94,9	94,1	13,20	14,97	12,53	14,08

(1) Voir notes du tableau 1

Tableau 4 - Prédiction des teneurs en énergie digestible (ED, MJ par kg de matière sèche) du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance (C) et la truie adulte (T) (1)

Produit	Stade	Équation	ETR
Blé (n = 9)	C	$ED = 18,24 - 0,15 \times NDF$	0,36
	T	$ED = 18,36 - 0,13 \times NDF$	0,50
	C	$ED = 17,82 - 0,47 \times ADF$	0,37
	T	$ED = 18,01 - 0,41 \times ADF$	0,49
	C	$ED = 16,44 - 0,77 \times CB + 0,13 \times MAT$	0,25
	T	$ED = 15,26 - 0,75 \times CB + 0,25 \times MAT$	0,17
Maïs (n = 9) (2)	C	$ED = 18,55 - 0,15 \times NDF$	0,27
	T	$ED = 17,74 - 0,07 \times NDF$	0,45
	C	$ED = 18,15 - 0,59 \times ADF$	0,22
	T	$ED = 17,49 - 0,29 \times ADF$	0,50
	C	$ED = 18,26 - 0,70 \times CB$	0,32
	T	$ED = 17,47 - 0,33 \times CB$	0,48

(1) NDF: Neutral Detergent Fiber, ADF: Acid Detergent Fiber, CB: cellulose brute, MAT: matières azotées totales; valeurs en % de la matière sèche

(2) Matières premières du tableau 1, à l'exception de CPM1 et du tourteau de germes

végétales exercent un effet négatif sur l'utilisation digestive de l'énergie avec des coefficients affectés aux différents estimateurs des parois végétales qui sont comparables pour les deux groupes de produits.

Les variations du rapport EM/ED entre produits sont cohérentes avec les différences de teneurs en matières azotées des produits étudiés. Toutefois, les valeurs sont à utiliser avec précaution compte tenu du fait que l'utilisation métabolique des protéines de ces produits n'était pas maximisée lorsque, dans le régime distribué à l'animal, les protéines étaient apportées en excès ou en déséquilibre par rapport à ses

besoins. Les résultats seraient donc à corriger pour un coefficient de rétention azotée standard mais cet aspect ne sera pas abordé dans cette présentation.

2.3. Utilisation digestive et valeurs énergétiques comparées du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance et la truie adulte

Conformément aux conclusions de NOBLET et SHI (1993) et NOBLET et BOURDON (1997), nos données indiquent une utilisation digestive de l'énergie plus élevée chez la truie

Tableau 5 - Prédiction du coefficient d'utilisation digestive de l'énergie (CUDe, %) du blé, du maïs et leurs co-produits chez le porc en croissance (C) et la truie adulte (T) (1)

Produit	Stade	Équation	ETR
Blé (n = 9)	C	$CUDe = 99,2 - 0,88 \times NDF$	2,0
	T	$CUDe = 99,9 - 0,77 \times NDF$	2,1
	C	$CUDe = 96,8 - 2,77 \times ADF$	2,0
	T	$CUDe = 97,8 - 2,43 \times ADF$	2,0
	C	$CUDe = 98,2 - 4,01 \times CB$	1,5
	T	$CUDe = 99,1 - 3,52 \times CB$	1,4
Maïs (n = 9) (2)	C	$CUDe = 101,4 - 0,85 \times NDF$	1,9
	T	$CUDe = 97,6 - 0,47 \times NDF$	1,5
	C	$CUDe = 99,1 - 3,38 \times ADF$	1,4
	T	$CUDe = 96,2 - 1,84 \times ADF$	1,7
	C	$CUDe = 100,0 - 4,04 \times CB$	1,3
	T	$CUDe = 96,4 - 2,16 \times CB$	2,1

(1) NDF: Neutral Detergent Fiber, ADF: Acid Detergent Fiber, CB: cellulose brute; valeurs en % de la matière sèche

(2) Matières premières du tableau 1, à l'exception de CPM1 et du tourteau de germes

adulte que chez le porc en croissance (tableau 3, p 181). De plus, comme chez le porc en croissance, l'enrichissement en parois végétales de l'aliment se traduit par une diminution de la digestibilité de l'énergie chez la truie. Toutefois, l'analyse de covariance (résultats non présentés) indique que cet effet négatif des parois végétales est plus faible chez la truie et que la différence d'effet négatif entre la truie et le porc en croissance est beaucoup plus marquée pour le maïs et ses co-produits que pour le blé et ses co-produits. Il en résulte que l'effet de la teneur en parois végétales sur le CUDe (tableau 5) ou la prédiction de la teneur en ED à partir des critères de composition chimique (tableau 4, p 182) doivent être quantifiés à l'aide d'équations spécifiques à chaque famille de produits et à chaque stade physiologique. La détérioration plus faible du CUDe et de la teneur en ED des produits du maïs avec l'enrichissement en parois végétales est en accord avec la supériorité très nette de la truie sur le porc en croissance pour dégrader les parois végétales (70-80% vs 30-40%) du maïs. La supériorité de la truie est plus faible dans le cas des produits du blé. Cette mise en évidence d'une interaction entre le stade physiologique et l'origine botanique des parois végétales est conforme aux conclusions de NOBLET et BACH-KNUDSEN (1997) dans une étude plus approfondie sur l'utilisation digestive des parois végétales et de leurs constituants. Enfin, comme l'avaient déjà montré NOBLET et BOURDON (1997), la digestibilité apparente des matières azotées est plus élevée pour la truie que pour le porc en croissance.

Des observations précédentes, il résulte qu'il existe systématiquement un écart de teneur en ED pour un aliment donné

entre la truie et le porc en croissance. De plus, les relations présentées dans le tableau 6 montrent que cet écart est directement proportionnel à la teneur en parois végétales de l'aliment, la relation de proportionnalité étant elle-même dépendante de l'origine botanique des parois végétales. Dans le présent exemple, l'écart, pour une teneur donnée en parois végétales, est plus de 2 fois plus élevé pour les produits du maïs que pour les produits du blé. En pratique, les estimations de teneur en ED des aliments pour le porc ont été obtenues et sont plus facilement mesurables chez l'animal en croissance. Il est donc nécessaire de pouvoir prédire la valeur énergétique d'un aliment distribué à la truie à partir de sa valeur énergétique estimée chez le porc en croissance. Les relations rapportées au tableau 6 et illustrées sur la figure 1 montrent clairement une relation linéaire ou curvilinéaire entre les deux groupes de valeurs énergétiques mais qu'il n'est pas possible d'établir une relation commune à tous les produits utilisés par le porc.

Tableau 6 - Relation entre teneurs en énergie digestible chez la truie (EDt) et teneurs en énergie digestible chez le porc en croissance (EDc) pour le blé, le maïs et leurs co-produits (1)

Produit	Équation	ETR
Blé (n = 9)	$EDt - EDc = 0,025 \times NDF$	0,36
	$EDt - EDc = 0,084 \times ADF$	0,37
	$EDt - EDc = 0,115 \times CB$	0,37
Maïs (n = 9) (2)	$EDt - EDc = 0,057 \times NDF$	0,52
	$EDt - EDc = 0,242 \times ADF$	0,46
	$EDt - EDc = 0,284 \times CB$	0,43
Blé (n = 9)	$EDt = 2,68 + 0,860 \times EDc$	0,37
Maïs (n = 9) (2)	$EDt = 18,11 - 1,017 \times EDc + 0,0582 \times EDc^2$	0,32

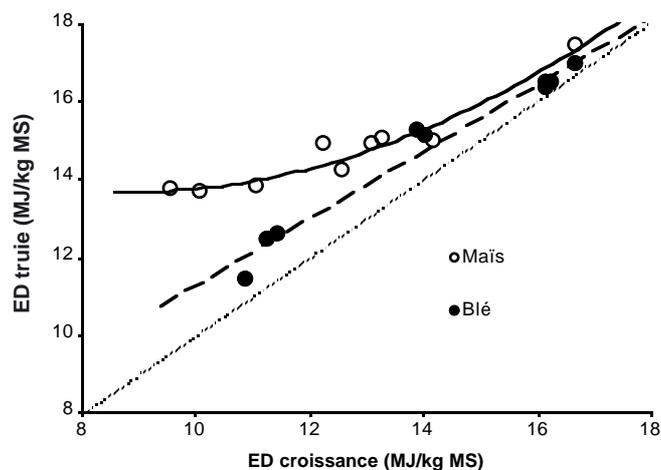
(1) Voir le tableau 5 pour la signification des sigles; ED en MJ par kg de matière sèche

(2) Matières premières du tableau 1, à l'exception de CPM1 et du tourteau de germes

CONCLUSIONS

Les résultats de la présente étude permettent de proposer des équations de prédiction de la valeur énergétique de deux groupes de produits (blé et maïs) dont les caractéristiques chimiques peuvent être très variables. Il faut toutefois noter que certains produits dont les caractéristiques chimiques sont très particulières (tourteau de germes de maïs, par exemple) n'obéissent pas aux relations générales qui ont été établies. Cette étude a également confirmé que la digestibilité des nutriments et de l'énergie est plus élevée chez la truie adulte que chez le porc en croissance, en relation notamment avec une utilisation digestive plus élevée des parois végétales. Mais cette supériorité dépend aussi de la nature ou de l'ori-

Figure 1 - Relation entre teneur en ED chez la truie et teneur en ED chez le porc en croissance pour le blé, le maïs et leurs co-produits



gine botanique des parois végétales, ce qui signifie que la relation entre la teneur en ED d'un aliment pour la truie et celle pour le porc en croissance dépend de l'origine des parois végétales. Cette démarche que nous avons illustrée pour deux familles de produits est poursuivie pour la plupart des familles de produits utilisés en alimentation porcine.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les partenaires du Groupement pour l'Encouragement à la Recherche en Nutrition Animale (GERNA) qui ont participé à l'élaboration des protocoles et apporté un soutien financier pour une partie des essais qui sont présentés dans cette communication ainsi que les Grands Moulins de Paris, Roquette Frères et l'AGPM pour la fourniture d'une partie des matières premières.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATTERHAM E.S., LEWIS C.E., LOWE R.F., McMILLAN C.J., 1980. Anim. Prod., 31, 259-271
- CVB (Central Veevoederbureau), 1997. Veevoedertabel. Lelystad, The Netherlands.
- I.N.R.A., 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA Ed., Paris, 282 p.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, métabolisable et nette des aliments pour le porc. INRA Ed., Paris, 106 p.
- NOBLET J., PÉREZ J.M., 1993. J. Anim. Sci., 71, 3389-3398.
- NOBLET J., SHI X.S., 1993. Livest. Prod. Sci., 34, 137-152.
- NOBLET J., 1996. Recent Advances in Animal Nutrition. 207-231, P.C. Garnsworthy, J. Wiseman and W. Haresign ed., Nottingham University Press, Nottingham, U.K.
- NOBLET J., BOURDON D., 1997. Journées Rech. Porcine en France, 29, 221-226.
- NOBLET J., BACH-KNUDSEN K.E., 1997. Digestive Physiology in Pigs. 571-574, J.P. Laplace, C. Février et A. Barbeau ed., EAAP n° 88, INRA, Paris.
- SAS, 1990. User's guide : statistics. Version 6. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.