

# Valeur énergétique comparée de onze matières premières chez le porc en croissance et la truie adulte

J. NOBLET, D. BOURDON

*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.P. Dubois, Y. Lebreton, F. Legouevic, J.P. Prigent et A. Roger pour les mesures sur animaux et Sylviane Daniel pour les analyses de laboratoire*

## **Valeur énergétique comparée de onze matières premières chez le porc en croissance et la truie adulte**

Quinze régimes ont été préparés de façon à pouvoir calculer l'utilisation digestive de l'énergie et des nutriments et les teneurs en ED et en EM de 11 matières premières (blé, 2 orges, maïs, pois, tourteau de soja, corn gluten feed, Corex M100®, son de blé, pulpe de betterave et huile de soja) à l'aide de la méthode par différence. Ces régimes ont été distribués à des porcs en croissance pesant en moyenne 62 kg et à des truies adultes d'un poids moyen de 220 kg. Les coefficients de digestibilité de l'énergie, de la matière organique et des nutriments tels que les matières azotées et les parois végétales sont significativement plus élevés chez les truies pour toutes les matières premières. Mais les écarts de valeur ED entre la truie et le porc en croissance varient avec les caractéristiques chimiques des matières premières : 0,2 à 0,5 MJ pour les céréales, 2 MJ pour l'huile de soja, 4 MJ pour le Corex M100® et 1 à 2 MJ pour les autres matières premières. Ces résultats mettent en évidence que l'écart de valeur ED entre la truie et le porc en croissance est d'autant plus élevé que l'aliment est riche en parois végétales. Un aliment peut donc être crédité de deux valeurs énergétiques, une pour le porc en croissance et l'autre pour la truie. La comparaison des résultats avec les données des tables montre que celles-ci s'appliquent plutôt au porc en croissance et, en conséquence, sous-estiment la valeur énergétique des aliments pour le porc adulte.

## **Comparative energy value of eleven feedstuffs in growing pigs and adult sows**

Fifteen diets were prepared in order to calculate digestibility coefficients of energy and nutrients and DE and ME values of eleven ingredients (wheat, 2 barleys, corn, peas, soybean meal, corn gluten feed, Corex M100®, wheat bran, sugarbeet pulp and soybean oil) according to the difference method. Each diet was fed to 62 kg growing pigs and 220 kg adult sows. Digestibility coefficients of energy, organic matter, crude protein and cell wall fractions were significantly higher for all feedstuffs in sows. However, the difference in DE content between sows and growing pigs (per kg of dry matter) changed with chemical composition of feedstuffs : 0,2 to 0,5 MJ for cereals, 2 MJ for soybean oil, 4 MJ for Corex M100® and 1 to 2 MJ for other ingredients. These results clearly indicate that the difference in DE content between sows and growing pigs is as important as cell wall content is high. Consequently, one feedstuff should be given two DE values, one for growing pigs and one for sows. When compared to values given in feeding tables, our results show that feeding tables values are applicable to growing pigs and therefore underestimate the energy value for adult pigs.



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). Les échantillons de régimes et de matières premières ont été généralement analysés par au moins deux laboratoires et les fèces et les urines par un seul laboratoire.

### 1.3. Calculs et analyses statistiques

Les coefficients d'utilisation digestive (CUD) des différents éléments nutritifs ainsi que les teneurs en ED et EM des régimes ont été calculés par les méthodes habituelles. La teneur en EM ne prend pas en compte les pertes d'énergie sous forme de méthane. Les résultats obtenus sur les 15 régimes ont été traités par analyse de variance avec prise en compte des effets de la nature du régime (n=15), du stade physiologique (n=2) et de l'interaction entre ces deux facteurs principaux. Le logiciel SAS (1990) a été utilisé pour ces calculs.

Les proportions respectives du régime de base, du complément minéral et vitaminique et de la matière première à tester ont été déterminées à partir des taux d'incorporation et des teneurs en matière sèche de chaque matière première au moment de la préparation des régimes. Pour le calcul à l'aide de la méthode par différence, il a été supposé 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. De même, on admet que l'utilisation digestive du régime de base n'est pas modifiée par la présence de la matière première à tester.

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Caractéristiques chimiques des matières premières étudiées

Comme l'indique le tableau 1, les matières premières retenues dans l'étude ont des caractéristiques chimiques proches des valeurs moyennes données dans les tables de valeur nutritionnelle (INRA, 1989). On peut toutefois noter que le tourteau de soja est relativement pauvre en matières azotées et contient de l'amidon en quantité relativement élevée. La méthode de dosage utilisée (polarimétrie, méthode Ewers) a toutefois des limites pour un tel produit. Les 2 échantillons d'orge ont été obtenus par triage d'un même lot d'orge en grains de petite taille (orge 2) et en grains de taille normale ou élevée (orge 1) ; il en résulte une différence importante de teneur en parois végétales. Enfin, le Corex M100® est un co-produit de l'amidonnerie de maïs dont la teneur en parois végétales est particulièrement élevée (environ 60% de la matière sèche). Il se différencie du corn gluten feed par

des teneurs plus faibles en matières azotées et en matières minérales et plus élevée en parois végétales. La comparaison des résidus NDF et PAR montre que la valeur de ce dernier est inférieure pour la plupart des matières premières. Les deux exceptions sont le tourteau de soja et surtout la pulpe de betterave dont les teneurs en substances pectiques sont les plus élevées et qui ne sont pas, à l'inverse du résidu PAR, incluses dans le résidu NDF.

### 2.2. Utilisation digestive comparée des régimes chez le porc en croissance et la truie adulte

Les données du tableau 2 (p 224) indiquent clairement que l'utilisation digestive de l'énergie, de la matière organique ou des différents constituants chimiques est toujours plus élevée chez la truie adulte que chez le porc en croissance. En moyenne, pour les 15 régimes de l'étude, l'écart est de 3 points pour le CUD de l'énergie, soit environ 0,55 MJ d'énergie digestible par kg de matière sèche d'aliment. Toutefois, l'écart entre les 2 stades physiologiques varie avec la nature du régime puisque l'interaction entre la nature du régime et le stade physiologique est significative pour la plupart des critères mesurés. Il faut également noter que le CUD des matières grasses est particulièrement faible. Ce résultat est à rapprocher de la faible teneur moyenne en matières grasses des régimes étudiés (NOBLET et al, 1989).

L'écart de valeur énergétique entre les 2 stades physiologiques est nettement plus faible dans cette expérience que dans celle de NOBLET et al (1993) lors de la comparaison de porcs en croissance de 43 kg de poids vif et de truies adultes sévèrement restreintes (0,55 vs 1,65 MJ d'ED par kg de matière sèche). La plus faible teneur en parois végétales des régimes de la présente étude explique en partie cette situation. Toutefois, le moindre écart observé dans la présente expérience est à relier, d'une part, au poids vif plus élevé des porcs en croissance (62 vs 43 kg) et, d'autre part, au niveau d'alimentation plus élevé chez les truies. Ce dernier effet est cependant à minimiser puisque, dans une étude récente (NOBLET, non publié), nous n'avons pas observé d'effet du niveau d'alimentation (2,0 à 3,4 kg d'aliment par jour) sur le CUD de l'énergie chez la truie adulte. Comme on le verra dans le paragraphe suivant, le moindre écart dans la présente étude peut être également associé au type de régimes utilisés (simplifiés vs complexes) et à la nature des matières premières et, plus spécifiquement, à la nature des parois végétales.

Conformément à la bibliographie, le rapport EM/ED est plus faible chez des truies adultes que chez des porcs en croissance lorsque les deux groupes d'animaux reçoivent les mêmes régimes (96,5 vs 95,1). Toutefois, pour les truies de notre expérience, l'excrétion d'azote et par conséquent d'énergie dans les urines est très élevée puisqu'elles reçoivent des aliments dont la teneur en matières azotées est élevée et que par ailleurs leur rétention d'azote est faible (4 g en moyenne, par jour). Ce résultat ne peut donc être extrapolé à la situation de la truie en gestation pour laquelle le rapport EM/ED sera proche de celui mesuré chez les porcs en croissance.

**Tableau 2** - Utilisation digestive comparée de 15 régimes chez la truie adulte et le porc en croissance <sup>1</sup>

	Porc croissance	Truie adulte	ETR <sup>2</sup>	Statistique <sup>2</sup>
Poids vif moyen, kg	62,0	220,2	16,4	R** ;S** ;RS**
Matière sèche ingérée, g/j	1966	2104	18	R** ;S** ;RS**
<b>Coefficients d'utilisation digestive, %</b>				
Matière sèche	83,2	85,3	1,1	R** ;S** ;RS**
Matière organique	85,4	88,1	1,0	R** ;S** ;RS**
Matières azotées	80,6	85,5	1,9	R** ;S** ;RS*
Matières grasses	16,2	22,3	9,5	R** ;S**
Cellulose brute	40,7	54,1	5,2	R** ;S** ;RS**
NDF	58,0	65,3	3,0	R** ;S** ;RS**
ADF	39,6	50,0	5,4	R** ;S** ;RS**
NDF - ADF	66,4	72,0	2,4	R** ;S** ;RS**
ADF - ADL	42,8	56,5	6,1	R** ;S** ;RS**
Énergie	82,7	85,7	1,2	R** ;S** ;RS**
<b>EM/ED, %</b>	96,5	95,1	0,5	R** ;S**
<b>Valeurs énergétiques, MJ/kg de matière sèche</b>				
ED	14,87	15,42	0,21	R** ;S** ;RS**
EM	14,36	14,66	0,18	R** ;S** ;RS**

<sup>1</sup> Composition chimique moyenne (% de la matière sèche) des 15 régimes : matières minérales, 5,8 ; matières azotées, 16,9 ; matières grasses, 2,1 ; NDF, 18,2 ; ADF, 5,6 ; ADL, 0,9 ; cellulose brute, 4,8 ; amidon, 52,2 ; énergie brute, 17,98 MJ

<sup>2</sup> À partir de l'analyse de variance incluant l'effet du stade physiologique (S), de la nature du régime (R) et de l'interaction entre le stade physiologique et la nature du régime (SR) ; ETR pour écart type résiduel ; niveaux de signification : \*\* : P<0,01, \* : P<0,05

### 2.3. Utilisation digestive comparée de onze matières premières chez le porc en croissance et la truie adulte

Conformément aux résultats obtenus sur les régimes, le CUD de la matière organique ou de l'énergie est plus élevé chez la truie que chez le porc en croissance pour toutes les matières premières testées (tableaux 3 et 4). Toutefois, l'écart est inférieur à 3 points pour le CUD de l'énergie dans le cas du blé, de l'orge ou du maïs et de 20 points pour le Corex M100®. Pour cette dernière matière première, l'écart est 2 à 3 fois plus élevé que pour les autres sources de parois végétales (son de blé, corn gluten feed ou pulpes de betterave). Cette spécificité du Corex M100® a été retrouvée dans plusieurs études récentes (NOBLET, non publié). Ces résultats confirment les données de NOBLET et al (1993) et SHI et NOBLET (1993) mais, comme pour les régimes, les écarts entre les deux stades physiologiques sont plus faibles dans la présente étude que dans celle réalisée avec des porcs en croissance plus jeunes et des truies adultes alimentées de façon plus restreinte. Le résultat concernant l'huile de soja est conforme à celui obtenu sur l'huile de colza par NOBLET et al (1993) et SHI et NOBLET (1993).

Bien que la digestibilité de tous les différents constituants de la matière organique n'ait pas été déterminée, on peut supposer que la digestibilité fécale de l'amidon et des sucres est voisine de 100% pour les animaux des deux stades physiologiques. Il en résulte que la supériorité de l'utilisation

digestive de l'énergie et de la matière organique chez la truie est liée à l'amélioration de la digestibilité des matières azotées et des parois végétales (tableau 4). Cette conclusion est à nouveau conforme à celles de NOBLET et al (1993). Le résultat un peu surprenant obtenu avec le maïs reste à confirmer ; il faut cependant noter que sa teneur en matières azotées est faible, ce qui, lors de l'utilisation de la méthode par différence, conduit à une relative imprécision. Cette limite de la méthode par différence est d'ailleurs parfaitement illustrée lors du calcul de la digestibilité des matières grasses lorsque la teneur dans la matière première testée est faible. Sur un plan pratique, dans le tableau 4, seul le CUD des matières grasses mesuré avec l'huile de soja est fiable.

Les variations du rapport EM/ED entre matières premières sont conformes aux conclusions de la bibliographie : les valeurs les plus faibles sont obtenues avec les aliments dont la teneur en matières azotées est élevée (tourteau de soja) et/ou que l'équilibre de celles-ci en acides aminés est médiocre. Il faut cependant noter que lors de l'application de la méthode par différence, la teneur en matières azotées du régime de base et celle du régime expérimental, relativement aux besoins protéiques de l'animal, affectent le rapport EM/ED. Cet aspect ne sera pas détaillé pour la présente expérience.

Le tableau 5 rassemble les teneurs en énergie digestible et en énergie métabolisable des onze matières premières étu-

**Tableau 3** - Coefficients de digestibilité des nutriments de onze matières premières chez la truie adulte (T) et le porc en croissance (C) <sup>1</sup>

Nutriment	Matière organique		Matières azotées		Matières grasses		Cellulose brute		Extractif non-azoté	
	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
<b>Matières premières</b>										
Blé	90,2	91,6	81	88	4	10	36	47	94,1	94,2
Orge 1	85,7	86,3	75	79	3	10	36	37	92,0	92,1
Orge 2	81,2	83,1	72	79	1	11	32	32	88,5	89,5
Maïs	90,6	93,7	88	83	42	49	36	81	93,6	96,8
Pois	83,0	89,2	77	86	0	0	44	71	91,8	94,5
Tourteau de soja	85,9	89,7	89	92	59	83	58	71	89,3	91,6
Son de blé	62,7	67,5	63	83	20	32	27	33	71,9	71,4
Corn gluten feed	68,0	77,8	83	77	0	36	20	66	71,1	80,6
Corex M100®	54,5	75,8	47	54	15	9	36	73	60,0	82,1
Pulpe de betterave	74,0	79,9	3	32	0	0	78	82	83,9	87,6
Huile de soja	84,7	93,1	-	-	87	90	-	-	-	-

<sup>1</sup> La signification et la précision du coefficient de digestibilité des matières grasses (et, dans une moindre mesure, celui des matières azotées) sont faibles lorsque le taux dans la matière première est faible (voir texte).

diées, à la fois pour le porc en croissance et pour la truie. En conformité avec les observations sur les coefficients de digestibilité, la teneur en ED est supérieure chez la truie adulte : l'écart est voisin de 0,2 à 0,5 MJ pour les céréales, de 4 MJ pour le Corex M100® et de 1 à 2 MJ pour les autres matières premières. La hiérarchie entre matières premières et les écarts, quoique plus faibles, sont comparables sur la base de l'énergie métabolisable.

Dans le tableau 5, les teneurs en ED estimées à partir des tables INRA (1989) et CVB (1995) des onze matières premières de notre étude sont également présentées. On peut d'abord constater qu'il existe un accord satisfaisant entre les valeurs des deux tables. Cependant la valeur du son de blé est plus faible dans la valeur CVB et inférieure à la valeur mesurée chez le porc en croissance. A l'inverse, pour la pulpe de betterave, la valeur INRA est la plus faible et inférieure à la valeur mesurée chez le porc en croissance. Si

**Tableau 4** - Utilisation digestive et métabolique de l'énergie de onze matières premières chez le porc en croissance (C) et la truie adulte (T)

Stade physiologique	CUDe, %		EM/ED, %	
	C	T	C	T
<b>Matières premières</b>				
Blé	87.5	89.2	97.0	96.0
Orge 1	82.6	83.5	97.5	96.7
Orge 2	77.7	80.5	97.3	96.7
Maïs	88.9	91.6	98.0	97.6
Pois	80.8	87.1	96.8	93.3
Tourteau de soja	84.5	89.4	93.0	90.7
Son de blé	58.5	64.6	93.9	92.5
Corn gluten feed	68.6	75.5	91.8	90.1
Corex M100®	51.9	71.8	94.7	94.3
Pulpe de betterave	69.8	76.4	99.1	96.6
Huile de soja	85.8	91.1	99.7	101.5

**Tableau 5** - Valeurs énergétiques (MJ/kg de matière sèche) de onze matières premières chez le porc en croissance (C) et la truie adulte (T) - comparaison avec les données des tables INRA et CVB <sup>1</sup>

Stade physiologique	Énergie digestible				Énergie métabolisable	
	C	T	INRA	CVB	C	T
<b>Matières premières</b>						
Blé	15,95	16,28	16,1	16,3	15,48	15,62
Orge 1	15,35	15,51	14,7	15,3	14,96	15,00
Orge 2	14,46	14,98	14,1	14,9	14,08	14,48
Maïs	16,69	17,21	16,5	16,6	16,35	16,79
Pois	15,23	16,40	16,7	16,7	14,74	15,31
Tourteau de soja	16,70	17,67	16,5	17,0	15,52	16,04
Son de blé	11,25	12,43	11,9	9,7	10,56	11,49
Corn gluten feed	12,58	13,85	12,1	11,5	11,55	12,48
Corex M100®	9,99	13,84	-	-	9,46	13,05
Pulpe de betterave	11,90	13,03	10,7	13,1	11,79	12,59
Huile de soja	33,72	35,78	35,5	34,9	32,95	36,33

<sup>1</sup> Tables INRA (1989) et CVB (1995). Pour les tables INRA, la valeur ED retenue est celle de la matière première dont la composition se rapproche le plus de celle de l'étude ; pour les tables CVB, la valeur ED est calculée à partir des teneurs en éléments digestibles (NOBLET, 1996), ces dernières étant obtenues à partir des caractéristiques chimiques mesurées sur les matières premières de l'étude et des coefficients de digestibilité des tables CVB pour la matière première la plus proche.

l'on compare ces valeurs des tables à celles qui ont été mesurées dans notre étude, l'accord est satisfaisant pour les résultats obtenus avec le porc en croissance et, dans le cas des céréales (orge et blé notamment), avec les résultats obtenus sur les truies. Ce dernier résultat est conforme aux conclusions de ETIENNE (1985) qui rapportait des teneurs en ED du blé, de l'orge et du maïs chez la truie comparables aux valeurs des tables. Pour le son de blé, le tourteau de soja, le corn gluten feed, la pulpe de betterave et, dans une moindre mesure, le maïs, les valeurs des tables sous-estiment celles mesurées chez la truie. On peut supposer que dans le cas du Corex M100® (valeurs non disponibles dans les tables), la sous-estimation aurait été importante.

## CONCLUSIONS

La présente étude confirme que la digestibilité de l'énergie des aliments est plus élevée chez la truie adulte que chez le porc en croissance, les écarts étant d'autant plus élevés que la teneur en parois végétales est élevée. L'amplitude de l'écart est à moduler par rapport à des résultats antérieurs, notamment si l'on considère comme modèle de porc en croissance-finition, le porc de 60-65 kg de poids vif. Il est par ailleurs clair que les aliments utilisés par le porc doivent être crédités d'au moins deux valeurs énergétiques différentes, l'une applicable au porc en croissance et l'autre à la truie adulte. Des résultats non publiés nous indiquent que les

résultats obtenus sur la truie alimentée à 2,4 kg par jour peuvent être extrapolés pour des niveaux d'alimentation plus élevés et, notamment, à la situation de la truie allaitante.

Notre étude indique également que les tables de valeur alimentaire pour le porc rapportent des résultats plutôt applicables au porc en croissance. Il est donc nécessaire de proposer des relations permettant d'estimer la valeur énergétique chez la truie à partir de celle mesurée ou proposée chez le porc en croissance. Ces relations devront être basées sur des prédicteurs facilement accessibles sur le plan analytique. Mais on peut supposer que ces relations seront également affectées par la nature des matières premières considérées. Les résultats présentés dans cette communication sont une première approche ; elle est actuellement enrichie par des mesures à caractère systématique sur un nombre plus élevé de matières premières avec, pour certaines d'entre elles, la prise en compte de leur variabilité analytique.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les partenaires du Groupement pour l'Encouragement à la Recherche en Nutrition Animale (GERNA) et le Fonds SYPRAM qui ont apporté un soutien financier pour deux des trois essais qui sont présentés dans cette communication.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CVB (Central Veevoederbureau), 1995. Veevoedertabel. Lelystad.
- ÉTIENNE M., 1985. Journées Rech. Porcine en France 17, 433-440.
- FERNANDEZ J.A., JORGENSEN H., JUST A., 1986. Anim. Prod., 43, 127-132
- INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. INRA éd., 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 éd., Paris, 106 p.
- NOBLET J., SHI X.S., 1993. Livest. Prod. Sci. 34, 137-152.
- NOBLET J., SHI X.S., KAREGE C., DUBOIS S., 1993. Journées Rech. Porcine en France 25, 165-180.
- NOBLET J., 1996. In : Recent advances in Animal Nutrition, Nottingham University Press, pp. 207-231.
- SAS, 1990. User's guide : statistics. Version 6. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC.
- SHI X.S., NOBLET J., 1993. Anim. Feed Sci. Technol. 42, 223-236.