

Valeur énergétique du lupin (*Lupinus angustifolius*) pour le porc en croissance et la truie adulte.

J. NOBLET (1), M. MANCUSO (1)*, D. BOURDON (1), R. VAN BARNEVELD (2)

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

(2) SARDI - Pig and Poultry Production Institute - Roseworthy SA 5351 (Australie)

avec la collaboration technique de R. Vilboux pour la préparation des aliments, J.P. Dubois, Y. Lebreton, F. Legouevéc et A. Roger pour les mesures sur animaux, Sylviane Daniel pour les analyses de laboratoire et S. Dubois pour l'analyse des données.

Valeur énergétique du lupin (*Lupinus angustifolius*) pour le porc en croissance et la truie adulte.

L'utilisation digestive des principaux nutriments et de l'énergie et les teneurs en énergie digestible et métabolisable du lupin bleu (*Lupinus angustifolius*, cultivar Gungurru) sous forme de graine entière, de graine décortiquée et de coques ont été mesurées chez le porc en croissance et la truie adulte. La digestibilité iléale a également été mesurée. La méthode par différence a été utilisée. Les coefficients d'utilisation digestive de l'énergie des trois produits sont respectivement 77, 81 et 40% chez le porc en croissance et 85, 89 et 78% chez la truie adulte. Les teneurs correspondantes en énergie digestible sont 15,7 ; 16,8 ; 7,3 ; 17,3 ; 18,6 et 14,1 MJ par kg de matière sèche. La digestibilité des parois végétales des trois produits est relativement élevée (40% chez le porc en croissance et 90% chez la truie) avec pour conséquence une contribution particulièrement élevée du gros intestin à la digestion de l'énergie, notamment chez la truie .

Energy value of lupin (*Lupinus angustifolius*) in growing pig and adult sow

Digestive utilization of nutrients and energy and digestible and metabolizable energy contents of lupin (*Lupinus angustifolius*, cultivar Gungurru) as whole seed, dehulled seed and hulls were measured in growing pig and adult sow. Ileal digestibility was also measured. The difference method was used. Digestibility coefficients of energy in the three feed-stuffs were 77, 81 and 40% in growing pig and 85, 89 and 78% in adult sow, respectively. The corresponding digestible energy contents were 15,7 ; 16,8 ; 7,3 ; 17,3 ; 18,6 and 14,1 MJ per kg of dry matter. Digestibility of the fibre fraction was high (40% in growing pig and 90% in adult sow) with a subsequent important contribution of hindgut to digestion of energy, especially in adult sow.

(*) Adresse actuelle : Ralston Purina Europe - 1 place Charles de Gaulle, BP 301, 78504 Saint Quentin-en-Yvelines Cedex

INTRODUCTION

Dans un souci de diversification des sources de protéines pour l'alimentation animale, des travaux ont été réalisés sur le lupin qui représente, de par ses teneurs élevées en protéines et en lipides et, par conséquent, en énergie, une matière première relativement attractive. L'utilisation de ce protéagineux est toutefois restée marginale en Europe, surtout pour les animaux monogastriques. En fait, ces travaux qui ont concerné essentiellement le lupin blanc (*Lupinus albus*) ont mis en évidence une réduction importante du niveau de consommation et des performances, même à des taux d'introduction modérés dans l'aliment et avec des variétés contenant peu ou pas d'alcaloïdes (BOURDON et al., 1980). A l'inverse, le lupin bleu (*Lupinus angustifolius*) est très bien accepté par les animaux, en particulier les porcs, et il peut alors représenter la source principale de protéines dans le régime. Il faut noter que les performances agronomiques (rendements en particulier) sont notablement inférieures pour le lupin bleu. Il est produit et utilisé essentiellement en Australie. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ces résultats particulièrement divergents entre les deux espèces de lupin, sans qu'aucune n'ait été clairement vérifiée.

L'objectif du présent travail est de contribuer à la connaissance de la valeur énergétique du lupin bleu (cultivar Gungurru) ; le lot étudié a été produit en Australie. Le lupin, de façon générale, et le lupin bleu, en particulier, sont relativement riches en parois végétales. Compte tenu de cette teneur et de la nature des parois végétales, on peut s'attendre à des variations importantes de leur utilisation digestive, et par conséquent de la valeur énergétique du lupin, avec le poids vif des animaux (NOBLET et BOURDON, 1997). Les mesures de valeur énergétique ont donc été réalisées à la fois chez le porc en croissance et la truie adulte ; des produits ayant des teneurs très différentes en parois végétales ont été obtenus par décorticage de la graine. Pour la même raison, la digestibilité iléale de l'énergie a été mesurée afin de quantifier, par différence, la contribution du gros intestin à la digestion de l'énergie.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

Trois produits ont été préparés à partir du même lot de lupins : la graine entière, la graine décortiquée ou amande et les coques. Leurs caractéristiques chimiques sont rapportées au tableau 1. Le principe adopté pour la mesure de la valeur énergétique des trois produits est la méthode par différence. Quatre régimes ont donc été préparés : un régime témoin à base de blé et de tourteau de soja (R1) et trois régimes expérimentaux dans lesquels une partie du mélange blé – tourteau de soja de R1 est remplacée par le produit à mesurer. Les produits ont été introduits à des taux de 25,25 et 15% pour respectivement la graine, l'amande et les coques.

Chaque régime est distribué à 4 ou 5 mâles castrés de génotype Piétrain x Large White d'un poids vif moyen de 60 kg au moment de la collecte des excréta (essai 1), à 4 truies

adultes de race Large White non gravides et pesant en moyenne 240 kg au moment de la collecte des excréta (essai 2) et à 4 porcs munis d'une anastomose iléorectale d'un poids moyen de 45 kg (essai 3). Chaque porc de l'essai 1 ne reçoit qu'un aliment alors que dans les essais 2 et 3, un dispositif en carré latin comprenant 4 animaux a été adopté. Les porcs de l'essai 1 sont alimentés à un niveau proche de l'ad libitum (2,2 à 2,3 kg par jour au moment des mesures) ; les truies ont reçu 2,4 kg d'aliment par jour et les porcs de l'essai 3 des quantités d'aliment croissantes au cours des périodes successives (en moyenne 1,4 kg par jour). L'aliment est présenté sous forme de granulés.

Tableau 1 - Composition chimique de la graine, de l'amande et des coques de lupin (*Lupinus angustifolius*, variété Gungurru) (% de la matière sèche)

	Graine	Amande	Coques
Matières minérales	2,7	2,8	2,8
Matières azotées totales	35,7	42,1	11,1
Matières grasses	5,6	6,5	2,0
Cellulose brute	17,5	8,4	47,6
NDF	27,6	14,9	69,7
ADF	20,0	8,4	55,4
ADL	1,0	0,8	2,8
Amidon	1,2	0,0	6,2
Sucres totaux	6,9	8,2	1,7
PAR	44,5	34,7	80,8
Énergie brute, MJ/kg	20,39	20,82	18,13

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. Dans les essais 1 et 2, 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 est de 10 jours en moyenne. 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. Dans l'essai 3, chaque aliment est distribué pendant 7 jours, les digesta étant collectés pendant les 3 derniers jours ; les porcs sont pesés à la fin de chaque collecte. Pour les 3 essais, les fèces sont collectées 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. Les urines de chaque porc sont également recueillies quotidiennement et un échantillon est prélevé ; les échantillons successifs sont cumulés. La teneur en matière sèche de l'aliment ingéré est également déterminée.

Les analyses réalisées sur les régimes, les matières pre-

mières, les fèces et les urines sont identiques à celles décrites par NOBLET et al. (1989).

1.3. Calculs et analyses statistiques.

Les coefficients d'utilisation digestive apparente (CUD) des différents éléments nutritifs ainsi que les teneurs en énergie digestible (ED) et métabolisable (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 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 nulle. 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. Dans un souci de simplification, les résultats obtenus sur les régimes ne seront pas présentés.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractéristiques chimiques des produits étudiées

Les différentes espèces ou variétés de lupin se caractérisent par des teneurs variables en lipides et/ou en protéines et/ou en parois végétales. Le lupin bleu étudié dans la présente expérience a des caractéristiques chimiques comparables à ceux de cette espèce (FERNANDEZ et BATTERHAM, 1995) ; relativement au lupin blanc (NOBLET et al., non publié), il est plus riche en parois végétales (17 vs 13% de cellulose brute) et contient moins de matières azotées (36 vs 39%) et de lipides (6 vs 10%). Conformément à ce qui est généralement observé pour les dicotylédones (CARRE et BRILLOUET, 1986), le résidu NDF sous-estime très largement la teneur "vraie" en parois végétales estimée dans le tableau 1 par le résidu PAR, en ne prenant notamment pas en compte les substances pectiques dont la teneur est importante dans le lupin. Les lupins sont généralement dépourvus d'amidon. Les autres composés glucidiques (alfa-galactosides, ...) dont les teneurs et la nature peuvent être très variables n'ont pas été quantifiés dans nos échantillons. Le profil en acides aminés du lupin bleu (VAN BARNEVELD, non publié) confirme les données de la bibliographie (FERNANDEZ et BATTERHAM, 1995) et notamment la faible teneur en lysine et le déficit relatif en acides aminés soufrés.

Le décorticage permet de réduire considérablement la teneur en parois végétales du produit et d'accroître les teneurs en matières azotées et en matières grasses (tableau 1). À l'inverse, les coques sont très riches en parois végétales (70 à 80% selon le critère considéré). La comparaison des caractéristiques chimiques de la graine, de l'amande et des coques permet d'estimer le taux de coques dans la graine à 20%, sur la base de la matière sèche.

2.2. Utilisation digestive et valeur énergétique du lupin chez le porc en croissance

Le tableau 2 (p 242) présente les résultats de digestibilité de la matière organique, de l'énergie et des principaux nutriments pour les différents produits mesurés. En relation avec une teneur en parois végétales de la graine relativement élevée, le CUD de l'énergie (77%) est inférieur à celui des autres protéagineux (BOURDON et al., 1996) ; la valeur trouvée dans notre étude est pourtant plus élevée que celle rapportée par FERNANDEZ et BATTERHAM (1995) pour le même type de lupin (73%). Pour la même raison, la digestibilité de l'énergie de *L. angustifolius* est généralement inférieure à celles obtenues (> 80%) avec *L. albus* (BOURDON et al., 1980 ; NOBLET et al., non publié). Sur la base du critère cellulose brute, il apparaît que les parois végétales ont une digestibilité moyenne (42%) et comparable à celle, par exemple, du pois (NOBLET et BOURDON, 1997). Quant aux matières grasses, leur digestibilité (67%) est inférieure à celle de la plupart des autres matières grasses d'origine végétale, soit présentes dans la graine, soit extraites.

Le décorticage, en réduisant d'environ 50% la teneur en parois végétales, conduit logiquement à un accroissement d'environ 4 points de la digestibilité de l'énergie ou de la matière organique ; les résultats sont alors proches de ceux obtenus avec le pois (NOBLET et BOURDON, 1997). À l'inverse, les coques dont l'essentiel de la matière organique ou de l'énergie est représentée par des parois végétales, ont une digestibilité faible et comparable, pour l'énergie, à celle de la cellulose brute (40%). Cette valeur est très supérieure à celle obtenue avec les coques de tournesol (# 0 selon PÉREZ et al., 1986) mais légèrement plus faible que celle des coques de soja (47% selon NOBLET et al., non publié) ; ces variations de la digestibilité de l'énergie entre sources de parois végétales sont à relier aux différences de composition des parois végétales. Compte tenu de la teneur élevée en matières azotées de la graine ou de l'amande du lupin, le rapport EM/ED est relativement bas (93%), comparativement aux valeurs moyennes observées sur les régimes ou pour les céréales (96 à 97%). À l'inverse, le rapport est élevé et même supérieur à 100% pour les coques ; ce résultat est à relier à l'accroissement des pertes fécales d'azote et la diminution concomitante des pertes urinaires avec l'augmentation de la teneur en parois végétales du régime dans lequel les coques sont introduites.

Les teneurs en ED et en EM des trois produits testés pour le porc en croissance sont rapportés dans le tableau 2. Il existe peu de données comparables dans la bibliographie (FERNANDEZ et BATTERHAM, 1995), pratiquement tous les résultats disponibles concernant le lupin blanc. Conformément à ce qui a été rapporté ci-dessus pour le CUD de l'énergie, la teneur en ED de la graine de lupin obtenue dans la présente étude est inférieure à celles obtenues pour le lupin blanc (environ 17.5 MJ par kg de matière sèche selon BOURDON et al., 1980 et NOBLET et al., non publié), en liaison avec une teneur plus élevée en matières grasses et plus faible en parois végétales chez ce dernier. Le décorticage permet d'améliorer d'environ 1 MJ les teneurs en ED et en EM du lupin bleu.

Tableau 2 - Digestibilité fécale et valeurs énergétiques du lupin (*Lupinus angustifolius*, cv Gungurru) chez le porc en croissance et la truie adulte

	Porc en croissance			Truie		
	Graine	Amande	Coques	Graine	Amande	Coques
Coefficients de digestibilité, %						
Matière organique	78,7	83,1	39,8	87,8	91,7	81,8
Matières azotées totales	85,3	84,3	17,4	86,7	91,0	41,0
Matières grasses	67,1	67,0	<0	63,9	67,2	12,6
Cellulose brute	42,5	47,7	42,1	91,1	96,8	94,8
Extractif non azoté	89,2	93,0	51,7	91,3	95,9	84,3
Énergie	76,8	80,6	40,1	84,9	89,1	78,0
EM/ED, %	93,9	92,4	101,4	94,0	92,4	99,0
Valeurs énergétiques, MJ/kg de matière sèche						
ED	15,66	16,78	7,27	17,32	18,56	14,15
EM	14,71	15,51	7,36	16,28	17,15	14,00

2.3. Utilisation digestive comparée du lupin chez le porc en croissance et la truie adulte ; contributions du gros intestin.

Conformément aux observations de NOBLET et BOURDON (1997), la digestibilité de l'énergie des trois produits testés est plus élevée chez la truie adulte que chez le porc en croissance ; l'écart est particulièrement important pour les coques puisque le CUD de l'énergie s'accroît de 40 à 78%. L'accroissement est voisin de 10% pour la graine ou l'amande. Comme l'indique le tableau 2, ces résultats sont à relier à la meilleure utilisation digestive des parois végétales et, dans une moindre mesure, des matières azotées chez la truie adulte. L'utilisation digestive des matières grasses de la graine ou de l'amande ne semble pas affectée par le stade physiologique. En conséquence, les teneurs en ED ou en EM sont plus élevées pour la truie que pour le porc en croissance ; l'écart est voisin de 1.6 MJ par kg de matière sèche pour la graine ou l'amande et de presque 7 MJ pour les coques.

Les résultats de digestibilité iléale des trois produits testés sont rapportés dans le tableau 3. Le CUD iléal des matières azotées est voisin de 80% pour la graine ou l'amande, ce qui, combiné avec la teneur élevée en matières azotées de ces deux produits (35 à 40% de la matière sèche), confirme leur intérêt comme sources de protéines dans les aliments du porc. Pour ce qui concerne les matières grasses, leur digestibilité iléale est comparable à la digestibilité fécale ; ce résultat est conforme aux données de la littérature indiquant que les matières grasses sont digérées presque exclusivement avant la fin de l'intestin grêle. Le lupin contient peu ou pas d'amidon et de sucres ; la fraction cellulose brute et surtout la fraction extractif non azoté correspondent alors essentiellement à des parois végétales ; il est alors logique que la digestibilité iléale de ces deux fractions soit proche de zéro. De la même façon, les coques qui contiennent essentiellement des parois végétales ont une digestibilité iléale des différentes fractions et de l'énergie proche de zéro.

Tableau 3 - Digestibilité iléale des nutriments et de l'énergie du lupin (*Lupinus angustifolius*, variété Gungurru) chez le porc ; contribution à la digestibilité fécale (1)

	Graine	Amande	Coques
Coefficients d'utilisation digestive iléale, %			
Matière organique	37,7	42,6	1,1
Matières azotées totales	79,2	82,2	25,3
Matières grasses	65,7	54,4	<0
Cellulose brute	3,1	11,9	2,7
Extractif non-azoté	8,6	5,3	<0
Energie	44,5	48,9	8,2
Digestibilité iléale de l'énergie, % de la digestibilité fécale(1)			
Porc en croissance	58	61	20
Truie adulte	52	55	11

(1) Valeurs calculées selon la méthode par différence

(2) La digestibilité iléale de l'énergie est supposée la même chez le porc en croissance et la truie adulte

Compte tenu de l'importance de la fraction glucidique et de sa digestibilité iléale très faible dans les trois produits, le CUD iléal de l'énergie est faible (tableau 3), comparativement à la majorité des matières premières utilisées dans l'alimentation du porc. Les résultats concernant la digestibilité fécale montrent par ailleurs que la fraction glucidique est relativement bien digérée dans l'ensemble du tractus digestif, surtout chez la truie adulte. Il faut donc conclure que la contribution du gros intestin à la digestion de l'énergie de la graine ou de l'amande du lupin est particulièrement élevée (40 à 50%) lorsqu'on la compare aux résultats moyens obtenus sur des régimes (15 à 20% selon SHI et NOBLET, 1993). Dans le cas particulier des coques, pratiquement toute l'énergie est digérée dans le gros intestin.

CONCLUSIONS

La présente étude a confirmé que l'incorporation de *L. angustifolius* au taux de 25% dans des régimes pour porc en croissance ne pénalisait pas son niveau de consommation. Elle a par ailleurs conduit à proposer des valeurs énergétiques tant pour la graine entière que pour la graine décortiquée qui montrent que ces matières premières sont, malgré leur richesse en parois végétales, des sources potentielles d'énergie particulièrement intéressantes pour le porc en croissance. Leur intérêt comme source de protéines est également bien illustré dans la littérature. La nature et l'importance des parois végétales conduisent par ailleurs à une digestibilité de l'énergie des deux produits plus élevée chez

la truie adulte que chez le porc en croissance. De la même façon, les coques de lupin sont bien digérées chez la truie en reproduction et peuvent alors représenter une source de parois végétales dont l'intérêt «physiologique» est à préciser, notamment au cours de la gestation.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient, pour leur soutien financier et la coordination du programme de travaux, les organismes australiens suivants : Pig Research and Development Corporation, Grain Pool of Western Australia, Grains Research and Development Corporation et South Australian Research and Development Institute (SARDI).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOURDON D., PÉREZ J.M., CALMES R., 1980. Journées Rech. Porcine en France 12, 245-264.
- BOURDON D., PÉREZ J.M., NOBLET J., 1996. Grain Legumes 13, 14-15.
- CARRE B., BRILLOUET J.M., 1986. J. Sci. Food Agric. 37, 341-351.
- FERNANDEZ J.A., BATTERHAM E.S., 1995. Anim. Feed Sci. Technol. 53, 279-296.
- 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., BOURDON D., 1997. Journées Rech. Porcine en France 29, 221-226
- PÉREZ J.M., BOURDON D., BAUDET J.J., ÉVRARD J., 1986. . Journées Rech. Porcine en France 18, 35-46.
- SHI X.S., NOBLET J., 1993. Livest. Prod. Sci. 34, 237-252.