



HAL
open science

Valeur nutritionnelle des co-produits de l'amidonnerie de pois chez le porc

Jean Noblet, Yolande Jaguelin-Peyraud, Bernard Sève, Christian Delporte

► **To cite this version:**

Jean Noblet, Yolande Jaguelin-Peyraud, Bernard Sève, Christian Delporte. Valeur nutritionnelle des co-produits de l'amidonnerie de pois chez le porc. 39. Journées de la Recherche Porcine, Feb 2007, Paris, France. hal-02756941

HAL Id: hal-02756941

<https://hal.inrae.fr/hal-02756941>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Valeur nutritionnelle des co-produits de l'amidonnerie de pois chez le porc

Jean NOBLET (1), Yolande JAGUELIN-PEYRAUD (1), Bernard SEVE (1), Christian DELPORTE (2)*

(1) INRA, UMR SENAH, 35590 Saint Gilles

(2) Roquette Frères, 62136 Lestrem

Jean.Noblet@rennes.inra.fr

avec la collaboration technique à l'INRA de Anne Pasquier, Georges Guillemois, Raymond Vilboux, Francis Le Gouevéc, Benoît Janson, Vincent Piedvache, Alain Chauvin, Yves Lebreton, Hervé Demay

Résumé

Les valeurs énergétiques et protéiques du pois et de quatre co-produits de l'amidonnerie de pois (son de pois, protéine de pois, pulpe de pois et solubles de pois) ont été mesurées chez le porc en croissance par digestibilité fécale pour l'énergie (essai 1) et par digestibilité iléale pour les protéines et les acides aminés (essai 2). Ces matières premières ont été introduites dans un régime de base et la méthode dite par différence a été utilisée pour le calcul de la valeur nutritionnelle du pois et ses co-produits. Dans le cas de l'essai 2, un régime dit protéoprive a été mesuré pour estimer les pertes endogènes d'azote et d'acides aminés et calculer la valeur protéique sur la base de la digestibilité iléale standardisée. Les résultats mettent en évidence que, à l'exception du son de pois et, dans une moindre mesure, la pulpe de pois, les produits testés sont hautement digestibles, tant pour l'énergie que pour les acides aminés. Les teneurs en ED sont 16,31, 13,90, 23,36, 16,04 et 15,74 MJ par kg de matière sèche pour respectivement le pois, le son de pois, la protéine de pois, la pulpe de pois et les solubles de pois. Les coefficients de digestibilité iléale standardisée de l'azote et de la lysine (%) correspondants sont 77 et 85, 52 et 77, 94 et 95, 62 et 82 et 83 et 91. Les résultats obtenus constituent une base pour introduire les matières premières étudiées dans l'alimentation du porc.

Abstract: Nutritional values of pea starch industry by-products for pigs

Energy and protein values of pea and four by-products of pea starch industry (external pea fibre, pea protein, pea pulp and pea solubles) were measured in a faecal digestibility trial for energy (trial 1) and an ileal digestibility trial for protein and amino acids (trial 2). Pea and its by-products were introduced in a basal diet and the difference method was used for calculating the nutritional value of pea and its by-products. For trial 2, a protein-free diet was also measured in order to estimate the basal protein and amino acids losses and to calculate the standardized ileal digestibility values. Results indicate that, if we except external pea fibre and, to a smaller extent, pea pulp, the products are highly digestible for both energy and amino acids. The DE values are 16.31, 13.90, 23.36, 16.04 and 15.74 MJ per kg of dry matter for pea, pea fibre, pea protein, pea pulp and pea solubles, respectively. The corresponding values for standardized ileal digestibility values of crude protein and lysine are 77 and 85, 52

and 77, 94 and 95, 62 and 82 and 83 and 91. These results represent a basis for using pea and its by-products in pig feeds.

INTRODUCTION

Les industries agro-alimentaires travaillant les céréales, les protéagineux ou les oléagineux génèrent des co-produits généralement disponibles pour l'alimentation animale. Toutefois, avant d'utiliser ces co-produits, il est nécessaire d'en définir les conditions d'utilisation (taux d'introduction, conditions de conservation, espèce animale cible, etc.) ainsi que les caractéristiques nutritionnelles pour pouvoir les comparer aux autres matières premières disponibles. Dans le cas particulier du pois, l'extraction de l'amidon pour des applications industrielles (industrie du papier et carton, excipient pour l'industrie pharmaceutique, applications agro-alimentaires), conduit à différents co-produits utilisables par les ruminants, les porcs ou les volailles. L'objet de la présente communication est de rapporter les résultats de deux essais de digestibilité conduits sur le porc en croissance, l'un en digestibilité fécale pour estimer la valeur énergétique (essai 1), le deuxième en digestibilité iléale pour estimer la valeur protéique (essai 2) et ce, pour quatre co-produits de l'amidonnerie de pois. Le pois "entier" est également mesuré en tant que référence.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Fabrication des produits

La matière première utilisée est le pois jaune de printemps, du même type que celui utilisé directement en alimentation porcine (variétés sans tanins et à faible activité antitryptique). Le process industriel s'appuie sur des principes de séparation physique des constituants du grain, comparables à ceux de l'amidonnerie de céréales ou de pomme de terre féculière. Il peut se résumer en 5 étapes :

- Séparation de la fibre externe par voie sèche avec production de son de pois
- Extraction de l'amidon par hydrocyclones puis séchage pour l'amidon de pois
- Décantation des fibres internes et de l'amidon résiduel avec production de pulpe de pois humide
- Coagulation d'une partie des protéines et séchage avec production de protéine de pois
- Concentration de la fraction non coagulable par évaporation pour produire du soluble de pois liquide

L'amidon de pois n'était pas concerné par les mesures réalisées. Il faut noter que le son de pois et les protéines de pois se présentent sous une forme sèche, utilisable par l'industrie de l'aliment composé. La pulpe de pois et le soluble de pois sont sous forme humide et donc plutôt utilisables en machine à soupe; le mélange de ces deux fractions est connu sous le nom de " crème de pois".

Les deux essais de digestibilité ont été réalisés sur des co-produits générés à une année d'intervalle sur une installation pilote de la société Roquette à Vic-sur-Aisne. Les compositions chimiques sont rapportées dans les tableaux 1 et 2 pour respectivement les essais 1 et 2.

1.2. Dispositifs expérimentaux

L'essai 1 est réalisé selon un dispositif factoriel dont le principe retenu est d'incorporer dans un régime de base (82% de blé, 14% de tourteau de soja), 25% de pois ou de son de pois ou 20% de protéines de pois ou l'équivalent de 20% (sur la base d'une teneur en MS de 87%) de

pulpe de pois humide ou de soluble de pois. L'utilisation digestive de chaque co-produit ou du pois est obtenue à l'aide de la méthode par différence en supposant que le régime de base est utilisé de la même façon qu'il soit consommé seul ou en association avec l'un des co-produits ou du pois. Deux des co-produits (pulpe de pois et solubles de pois) ont un taux d'humidité très élevé et n'ont été introduits dans l'aliment qu'au moment de la distribution aux animaux; le reste de la ration était préparé en même temps que les autres régimes. Chacun des six régimes a été distribué à 5 porcs mâles castrés Piétrain x (Landrace x Large White) pesant environ 50 kg au début de l'expérience ; les animaux ont été répartis selon cinq blocs de 6 animaux comparables sur la base de leur poids vif et éventuellement de leur origine génétique (frères ou demi-frères). Pour la réalisation des mesures, les porcs ont été mis en cage de digestibilité pendant 22 jours avec deux périodes successives de 12 et 10 jours, la première pour l'adaptation aux cages et aux régimes expérimentaux et la deuxième pour le contrôle précis des quantités ingérées et la collecte quotidienne et totale des fèces et des urines.

Le principe de **l'essai 2** a consisté à préparer 5 aliments contenant les matières premières à évaluer comme seule(s) source(s) de protéines et avec pour contrainte d'avoir des régimes iso protéiques et des teneurs en matières premières suffisamment élevées pour atteindre une précision satisfaisante mais pas trop élevées afin que les aliments ne soient pas sous consommés; le tableau 3 donne une présentation simplifiée de la composition des régimes. En pratique, il a fallu, pour les matières premières pauvres en protéines (pulpe de pois et son de pois) et le pois lui-même, les combiner avec une matière première riche en protéines (protéines de pois). Par ailleurs, deux des matières premières (pulpe de pois et soluble de pois) ont une teneur en eau très élevée. Comme pour l'essai de digestibilité fécale, elles ont été introduites au moment de la distribution aux animaux. Les cinq aliments ont été distribués à 5 porcs munis d'une anastomose iléo rectale selon un dispositif en carré latin, soit 5 périodes successives avec 5 porcs et 5 aliments, soit 5 mesures par aliment. En pratique, 8 porcs ont subi la préparation chirurgicale, les animaux surnuméraires pouvant servir de remplaçants éventuels. Un sixième régime, dit protéoprive (tableau 2), a été mesuré à la fin de l'essai sur les 8 porcs disponibles. Les résultats sur ce régime protéoprive permettent d'estimer les pertes endogènes basales et d'effectuer le calcul de la digestibilité iléale standardisée (Sève, 2000; Noblet et al., 2002). Chaque mesure dure une semaine avec 4 jours d'adaptation à l'aliment et 3 jours de collecte totale des digesta et de l'urine.

Pour les deux essais, les aliments ont été préparés sous forme de farine après un broyage des matières premières à la grille de 2,5 mm. Les deux co-produits liquides ont été conservés à 4°C pendant toute la durée de l'essai. Les animaux ont été alimentés en 2 repas avec un aliment en farine humidifié (eau ajoutée ou eau des matières premières humides) avec un plan d'alimentation croissant et atteignant 2,2 kg/jour en fin d'essai 1 et 1,7 kg/jour en fin d'essai 2 (+50 à +100 g par semaine).

1.3. Mesures

La teneur en MS de chaque matière première au moment du mélange a été mesurée de façon à déterminer les teneurs en matières premières des régimes sur la base de leur teneur en MS. Pour les deux co-produits liquides, pulpe de pois et soluble de pois, leur teneur en MS a été mesurée à plusieurs reprises sur des échantillons pris en cours d'essai. Une fraction de ces échantillons liquides a été lyophilisée pour les analyses de laboratoire. A la fin de chaque collecte, les fèces ou les digesta sont pesés, homogénéisés et 1/ lyophilisés pour les analyses de laboratoire et 2/ séchés pour la détermination de la teneur en matière sèche. Un échantillon de chaque régime est également constitué. Les urines ont été collectées et pesées

chaque jour après avoir été acidifiées et un aliquote a été constitué pour l'ensemble de la période. Les porcs ont été pesés au début et à la fin de la collecte totale des digesta dans l'essai 1 et à la fin de chaque collecte pour l'essai 2.

Les analyses de laboratoire sur les matières premières, les régimes, les fèces et les urines ont été effectuées à l'aide des méthodes habituelles de notre laboratoire (Noblet et al., 1989). Dans le cas des acides aminés sur les aliments et les digesta iléaux de l'essai 2, trois hydrolyses séparées sont réalisées: une acide pour les acides aminés acido-résistants (HCl 6N, 110°C; en double avec une pendant 24 et l'autre pendant 48h), une pour les acides aminés soufrés après hydrolyse acide de 18 h précédée d'une oxydation performique et une pour le tryptophane, après hydrolyse basique (baryte) en autoclave (120°C, 2 bars, 16h).

1.4. Calculs

Les coefficients d'utilisation digestive (CUD) apparente de la matière organique, de l'azote et de l'énergie et les teneurs en énergie digestible (ED) et métabolisable (EM) des régimes de l'essai 1 ou de l'essai 2 ont été calculés selon les méthodes habituelles (Noblet et al., 1989); la teneur en EM rapportée ne prend pas en compte les pertes d'énergie sous forme de méthane. Les résultats obtenus sur les régimes ne seront pas présentés ici. Les coefficients de digestibilité iléale apparente des acides aminés ont été calculés également selon les méthodes habituelles. Les données de digestibilité iléale des acides aminés mesurées sur chaque porc à chaque période ont été également standardisées par soustraction des acides aminés d'origine endogène aux acides aminés contenus dans les digesta. La même composition en acides aminés des protéines endogènes, exprimée par kg de MS ingérée et correspondant à la moyenne des 8 porcs (tableau 4), est appliquée à toutes les mesures. Les résultats de digestibilité des matières premières ont été calculés à l'aide de la méthode par différence appliquée aux moyennes des données de chaque régime. Pour l'essai 2, la digestibilité iléale des acides aminés des protéines de pois est supposée identique dans tous les régimes. Il résulte du mode de calcul qu'aucune analyse statistique n'a été pratiquée sur les données calculées pour les matières premières.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les matières premières étudiées ont des compositions chimiques particulièrement différentes, en étant soit riches en protéines (protéines de pois et soluble de pois), soit riches en parois végétales (son de pois et pulpe de pois), soit riches en sucres (soluble de pois); en dehors du pois, les teneurs en amidon résiduel sont faibles. Toutefois, dans le cas du son de pois, les teneurs en parois végétales et, à l'inverse, celles en amidon et en protéines, sont différentes dans les essais 1 et 2. La teneur en amidon de la pulpe de pois est aussi plus élevée dans l'essai 2 que dans l'essai 1. Les valeurs mesurées dans les deux essais pour la protéine de pois et le soluble de pois sont comparables et en, principe, proches des produits qui seront commercialisés. Le son de pois de l'essai 2 et la pulpe de pois de l'essai 1 sont proches des produits commerciaux.

Les deux essais se sont déroulés dans des conditions satisfaisantes et aucun porc n'a été éliminé des expériences. L'analyse statistique des données obtenues sur les régimes met en évidence des effets prévisibles du régime; la précision des mesures appréciée par l'écart type résiduel de l'analyse de variance (1,3 pour le CUD de l'énergie dans l'essai 1 et 1,5 point pour le CUD iléal apparent de l'azote dans l'essai 2; résultats non présentés) est tout à fait comparable à celle obtenue dans des essais similaires, tant en digestibilité iléale que fécale. Par ailleurs, les caractéristiques chimiques mesurées sur les régimes sont en accord avec

celles mesurées sur les matières premières et de leurs taux d'introduction dans les régimes. Les données obtenues constituent alors des bases fiables pour le calcul de la valeur nutritionnelle des matières premières à l'aide de la méthode par différence.

2.1. Valeur énergétique

Les résultats de digestibilité fécale de l'énergie et des principaux nutriments sont présentés au tableau 4. Les valeurs pour le pois sont conformes aux données de la bibliographie ou des tables de valeur nutritionnelle (Sauvant et al., 2002) pour la digestibilité de la matière organique et de l'énergie. Cependant, les valeurs obtenues pour l'azote sont plus élevées que la valeur donnée dans les Tables (90% vs 85%). Le son de pois, riche en parois végétales, a la digestibilité la plus faible pour l'ensemble des nutriments et l'énergie. Les protéines de pois et le soluble de pois sont très digestibles puisque les coefficients d'utilisation digestive de la matière organique, de l'azote ou de l'énergie sont respectivement supérieurs à 97% et 92%. La pulpe de pois avec un taux faible en protéines (9%) a logiquement un coefficient de digestibilité de l'azote faible (76%) mais les CUD de la matière organique et de l'énergie restent élevés (respectivement 92 et 90%). La combinaison des données de digestibilité de l'énergie et de la teneur en énergie brute du produit permet de calculer les teneurs en ED et en EM des co-produits du pois ; la valeur EN est également calculée. Dans l'ensemble, les valeurs énergétiques sont élevées, même pour les produits riches en parois végétales; ceci laisse penser à une digestibilité relativement élevée des parois végétales du pois et ses co-produits (non mesurée). Pour l'EM, il faut toutefois remarquer que les valeurs mesurées sont dépendantes du taux de catabolisme (ou inversement du coefficient de rétention) des protéines de l'aliment. C'est pourquoi les valeurs EM ont été standardisées pour un coefficient de rétention de 50% et ce pour être en accord avec les données des Tables INRA&AFZ (Sauvant et al., 2002). Ces valeurs sont rapportées dans le tableau 4. De la même façon, des valeurs EN sont calculées; les valeurs énergétiques pour la truie adulte peuvent également être estimées selon les méthodes présentées par Noblet et al. (2003). Enfin, la comparaison des données de digestibilité iléale et fécale de l'énergie, de la matière organique et des principaux macronutriments permet de quantifier la contribution du gros intestin à la digestion. Les résultats sont cependant à prendre avec précaution dans la mesure où les produits mesurés ne sont pas les mêmes dans les deux essais.

2.2. Valeur protéique

Les teneurs en acides aminés des matières premières, rapportées dans le tableau 3, ne peuvent pas être comparées aux données de la bibliographie, sauf pour le pois. De plus, il serait judicieux de les exprimer relativement aux protéines ou à la lysine pour pouvoir comparer leurs profils. Les calculs (non présentés) révèlent que les profils sont proches pour le pois, la protéine de pois, les solubles de pois et, dans une moindre mesure, la pulpe de pois; le son de pois a un profil beaucoup moins favorable avec des teneurs (relativement à la lysine) en acides aminés essentiels plus faibles ainsi qu'une teneur en lysine des protéines du son de pois également plus faible. Les mêmes calculs peuvent être faits lorsque les données sont exprimées relativement aux acides aminés digestibles; les écarts sont alors accentués. Enfin, comme pour le pois et en relation avec sa teneur élevée en lysine, les teneurs en thréonine et en tryptophane sont faibles, en particulier relativement aux besoins des animaux ou au profil de la protéine idéale.

La composition en acides aminés des protéines endogènes (pertes iléales basales) est rapportée au tableau 5. Tout d'abord, comme pour les données des Tables INRA&AFZ

(Sauvant et al., 2002), seulement 60 à 70% des protéines (N x 6.25) des digesta chez des porcs nourris avec un régime protéoprive sont représentés par les acides aminés (63% dans notre essai). Quant au profil en acides aminés, il est très comparable à ceux donnés dans les Tables INRA&AFZ (Noblet et al., 2002) avec des valeurs absolues intermédiaires entre les valeurs mini et maxi de ces Tables.

Les données de digestibilité iléale apparente et standardisée des acides aminés des matières premières étudiées sont rapportées dans respectivement les tableaux 6 et 7. En toute logique, les valeurs de digestibilité standardisée sont plus élevées que celles de digestibilité apparente avec des écarts importants pour les matières premières à faible teneur en protéines (son de pois et pulpe de pois; +10 points pour l'azote) et un écart très faible pour les protéines de pois (+1 point pour l'azote). Les écarts pour les acides aminés vont dans le même sens mais avec des écarts relatifs moins importants. La comparaison des matières premières met en évidence que les acides aminés de la protéine de pois sont très digestibles (90 à 97% selon les acides aminés) en accord avec des données précédentes (Hess et al., 1998); les valeurs sont plus faibles pour le son de pois et la pulpe de pois. La comparaison de nos résultats avec ceux de la bibliographie n'est possible que pour le pois. Elle indique que les résultats sont très proches de celles des Tables INRA&AFZ (Sauvant et al., 2002) (valeurs entre parenthèses dans les tableaux 6 et 7). Seuls les acides aminés soufrés diffèrent (10 points); les difficultés d'analyse de ces acides aminés expliquent probablement ces écarts.

CONCLUSION

Cette étude permet de proposer des valeurs énergétiques et des valeurs protéiques pour le pois et quatre co-produits issus de l'amidonnerie de pois. A l'exception du son de pois, les coefficients de digestibilité de l'énergie et des acides aminés sont relativement élevés. Ces co-produits du pois représentent donc des matières premières particulièrement intéressantes chez le porc et en particulier la protéine de pois chez le porcelet. D'autres études menées dans d'autres contextes ont montré que la pulpe de pois et le soluble de pois peuvent être incorporés à des taux élevés dans les aliments du porc en croissance. Enfin, le son de pois peut être une source de fibres pour la truie.

REMERCIEMENTS à la société Roquette pour son soutien financier lors de la réalisation des deux essais.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Hess V., Thibault J.N., Sève B. 1998. The 15 N amino acid dilution method allows the determination of the real digestibility and the ileal endogenous losses of the respective amino acid in pigs. *J. Nutr.*, 128, 1969-1977
- 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 Editions, Paris, 106p.
- Noblet, J., Fortune, H., Shi, X.S., Dubois, S., 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 72, 344-354.
- Noblet J., Sève B., Jondreville C., 2002. Valeurs nutritives pour les porcs. In: D. Sauvant, J.M. Perez and G. Tran (Eds), Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons, 25-35. INRA Editions, Versailles, France.

- Sève B. 2000. Ileal digestibility of amino acids as an estimate of their availability: Concepts and definitions. In: AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, 2000. Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs (AmiPig), 6-16. Association Française de Zootechnie Ed., Paris (FRA). CD-ROM
- Sauvant, D., Perez, J.M., Tran, G., 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA Editions, Versailles, France.
- Noblet J., Bontems V., Tran G., 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. INRA Prod. Anim., 16, 197-210

Tableau 1: Composition chimique des matières premières (essai 1)

	Pois	Son de pois	Protéines de pois	Pulpe de pois	Soluble de pois
Teneur en MS, %¹	88,1	88,6	92,9	22,7	32,1
Composition chimique, % MS					
Matières minérales	3,2	3,4	4,5	2,7	16,2
Matière organique	96,8	96,6	95,5	97,3	83,8
Matières azotées	24,2	17,7	85,1	9,3	35,7
Matières grasses	0,9	1,0	4,3	0,5	0,1
Cellulose brute	5,6	23,8	0,0	10,2	0,0
NDF	15,3	34,0	0,0	37,8	0,0
ADF	5,9	17,9	0,0	7,6	0,0
ADL	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0
TDF (Prosky)	28,2	52,5	0,0	53,5	0,0
Amidon Ewers	48,8	29,7	0,0	28,4	8,5
Amidon enzymatique	43,3	27,4	0,1	32,7	5,2
Sucres totaux	6,6	3,9	0,0	0,6	37,7
Energie Brute (MJ/kg MS)	18,44	18,12	23,85	17,85	16,99

¹ Au moment de la fabrication des aliments ou de la distribution aux animaux

Tableau 2: Composition chimique des matières premières (essai 2)

	Pois	Son de pois	Protéines de pois	Pulpe de pois	Soluble de pois
Teneur en MS, %¹	86,63	89,92	93,92	27,25	33,34
Composition chimique, %MS					
Matières minérales	3,0	3,1	4,2	2,0	13,9
Matière organique	97,0	96,9	95,8	98,0	86,1
Matières azotées totales	23,2	8,2	85,3	8,2	37,2
Matières grasses	0,9	0,5	4,7	0,2	0,1
Cellulose brute	5,4	47,3	0,3	7,1	0,0
NDF	15,8	63,7	-	17,8	-
ADF	4,6	40,4	-	5,3	-
ADL	0,1	0,4	-	0,0	-
TDF	16,9	81,7	-	40,8	-
Amidon Ewers	50,4	14,6	0,0	59,6	0,0
Amidon enzymatique	50,0	6,8	0,0	52,0	5,5
Sucres totaux	5,9	2,3	2,1	0,3	37,0
Energie Brute (MJ/Kg MS)	18,63	17,50	23,96	17,80	17,94
Teneurs en acides aminés essentiels, % de MS					
Arginine	2,14	0,54	7,69	0,47	2,35
Histidine	0,62	0,18	2,20	0,19	1,04
Lysine	1,76	0,51	6,38	0,47	2,79
Phénylalanine	1,13	0,33	4,68	0,32	1,17
Leucine	1,76	0,54	7,56	0,53	1,65
Isoleucine	1,22	0,39	5,06	0,37	1,29
Valine	1,23	0,38	4,61	0,40	1,49
Méthionine	0,25	0,09	1,00	0,07	0,19
Thréonine	0,91	0,32	3,31	0,26	1,56
Tryptophane	0,21	0,07	0,81	0,07	0,24
Teneurs en acides aminés non essentiels, % de MS					
Acide aspartique	2,76	0,93	9,76	0,67	4,31
Acide glutamique	4,26	1,02	14,79	0,89	6,27
Sérine	1,09	0,37	4,14	0,31	1,35
Proline	0,97	0,31	3,59	0,25	1,06
Glycine	1,09	0,38	3,51	0,41	2,05
Alanine	1,04	0,35	3,57	0,43	1,98
Cystine	0,29	0,11	0,76	0,11	0,56
Tyrosine	0,85	0,29	3,36	0,21	1,20

¹Au moment de la fabrication des régimes ou de la distribution aux animaux

Tableau 3: Composition centésimale (simplifiée) des régimes de l'essai 2.

	Régime					
	1	2	3	4	5	6
Composition centésimale, sec % sec						
Amidon de maïs	38,2	24,1	62,3	24,1	40,2	79,0
Pois	39,0					
Son de pois		49,6				
Protéines de pois	9,4	15,3	20,4	16,1		
Pulpe de pois				48,8		
Soluble de pois					46,1	
Huile + sucre + cellulose	6,3	2,9	10,3	3,9	6,6	13,0
Composition chimique, % de MS						
Matières minérales	6,3	6,8	5,6	6,3	11,7	6,2
Matières azotées totales	17,2	17,6	17,9	18,0	17,3	0,3

Tableau 4: Valeurs énergétiques du pois et de ses co-produits

	Pois	Son de pois	Protéines de pois	Pulpe de pois	Soluble de pois
Coefficient de digestibilité, %					
Matière organique	90,7	81,9	97,9	91,8	93,8
Matières azotées	90,3	64,6	97,8	75,9	92,0
Energie	88,4	76,7	98,0	89,9	92,6
Rapport EM/ED	96,6	98,1	89,9	98,7	90,0
Valeurs énergétiques, MJ/kg MS					
Energie digestible	16,31	13,90	23,36	16,04	15,74
Energie métabolisable (mesurée) ²	15,75	13,63	20,99	15,84	14,17
Energie métabolisable (calculée) ²	15,57	13,43	21,11	15,68	14,73
Energie nette ²	11,17	8,69	13,22	11,16	9,71

¹ La valeur EM "mesurée" est celle obtenue à l'aide de la méthode par différence sur les données des régimes; la valeur calculée est celle estimée selon la méthode décrite par Noblet et al. (2002) dans laquelle un coefficient de rétention de l'azote de 50% est choisi pour le calcul des pertes d'énergie urinaires.

² Calculée à partir de l'équation EN4 (Noblet et al., 1994)

Tableau 5: Pertes endogènes de protéines et d'acides aminés (en g/kg de MSI; à partir des données obtenues sur le régime protéiprive; n=8 mesures)

	Essai 2		Noblet et al.,
	Moyenne	Ecart type	2002 ¹
Protéines (N*6.25)	7,93		8,52
Acides aminés essentiels			
Arginine	0,21	0,02	0,28
Histidine	0,12	0,01	0,13
Lysine	0,21	0,03	0,31
Phénylalanine	0,18	0,02	0,27
Leucine	0,32	0,04	0,43
Isoleucine	0,20	0,02	0,25
Valine	0,27	0,03	0,36
Méthionine	0,07	0,01	0,09
Thréonine	0,36	0,04	0,33
Tryptophane	0,10	0,01	0,12
Acides aminés non essentiels			
Acide aspartique	0,46	0,05	0,55
Acide glutamique	0,54	0,06	0,74
Sérine	0,33	0,04	0,33
Proline	0,55	0,29	0,54
Glycine	0,43	0,08	0,44
Alanine	0,26	0,03	0,37
Cystine	0,19	0,02	0,14
Tyrosine	0,19	0,02	0,22

¹ Moyenne des 3 laboratoires

Tableau 6: Coefficients de digestibilité iléale apparente des acides aminés des matières premières¹

	Pois²	Son de pois	Protéines de pois	Pulpe de pois	Soluble de pois
Macronutriments					
Matière organique	69,9	17,6	95,4	56,6	59,7
Azote total	73,6	42,4	93,3	51,5	81,0
Energie	69,0	17,0	99,0	54,7	63,4
Acides aminés essentiels					
Arginine	89,0 (88)	87,7	96,8	83,0	92,5
Histidine	82,9 (82)	70,1	95,0	74,9	88,7
Lysine	83,5 (81)	73,5	94,9	77,7	90,0
Phénylalanine	78,6 (78)	71,6	94,2	72,6	87,7
Leucine	78,5 (77)	72,3	93,5	70,8	85,7
Isoleucine	78,7 (77)	70,9	93,0	67,5	85,4
Valine	76,7 (74)	66,9	91,9	66,5	84,8
Méthionine	67,0 (77)	68,0	89,6	52,4	73,7
Thréonine	69,3 (73)	51,8	93,4	45,0	85,6
Tryptophane	64,5 (69)	50,1	88,3	55,4	76,5
Acides aminés non essentiels					
Acide aspartique	80,3 (80)	64,6	94,4	69,5	81,4
Acide glutamique	85,5 (82)	69,3	96,2	68,3	89,5
Sérine	75,1 (76)	60,4	94,4	59,7	84,6
Proline	73,8 (72)	51,5	96,2	54,8	83,6
Glycine	71,3 (73)	52,5	92,3	59,0	83,8
Alanine	70,7 (72)	51,5	90,4	63,3	87,2
Cystine	53,5 (68)	30,3	85,9	48,5	75,1
Tyrosine	76,9 (78)	69,4	93,8	70,5	90,6

¹ A partir de la méthode par différence

² Entre parenthèses, valeurs des Tables INRA&AFZ (Sauvant et al., 2002)

Tableau 7: Coefficients de digestibilité iléale standardisée des matières premières¹

	Pois²	Son de pois	Protéines de pois	Pulpe de pois	Soluble de pois
Azote total	77,3 (80)	52,4	94,2	62,1	83,3
Acides aminés essentiels					
Arginine	90,1 (89)	91,3	97,1	88,0	93,5
Histidine	85,1 (84)	76,3	95,6	81,8	89,9
Lysine	84,9 (83)	77,0	95,2	82,2	90,8
Phénylalanine	80,3 (80)	76,6	94,6	78,7	89,2
Leucine	80,4 (80)	77,6	94,0	77,4	87,8
Isoleucine	80,6 (79)	75,9	93,4	74,4	87,2
Valine	79,0 (77)	72,7	92,5	73,4	86,7
Méthionine	70,5 (80)	75,7	90,3	66,4	77,6
Thréonine	73,9 (76)	64,7	94,5	63,0	88,0
Tryptophane	70,5 (73)	64,7	89,8	69,6	81,1
Acides aminés non essentiels					
Acide aspartique	82,2 (82)	69,2	94,9	76,9	82,5
Acide glutamique	87,0 (84)	74,3	96,6	75,7	90,4
Sérine	78,5 (79)	69,9	95,3	72,5	87,2
Proline	80,4 (78)	68,9	97,8	78,3	89,1
Glycine	75,8 (78)	63,4	93,5	70,3	86,0
Alanine	73,5 (75)	58,8	91,2	70,0	88,6
Cystine	62,8 (72)	50,2	88,6	70,1	78,7
Tyrosine	79,6 (81)	76,2	94,4	80,6	92,3

¹ A partir de la méthode par différence et des données de protéines et acides aminés endogènes rapportées dans le tableau 5.

² Entre parenthèses, valeurs des Tables INRA&AFZ (2002)