

Influence du type de broyage et de la granulation sur la valeur énergétique de la graine de colza chez le porc en croissance

Fabien Skiba (1), Jean Noblet (3), Patrick Callu (1), Jacques Evrard (2), Jean-Pierre Melcion (4)

(1) ITCF, Pouligne, 41100 Villerable

(2) CETIOM, rue Monge, parc industriel, 33600 Pessac

(3) INRA-UMRVP, 35590 Saint-Gilles

(4) INRA-TPV, rue de la Géraudière, BP 71627, 44316 Nantes Cedex 03

Influence du type de broyage et de la granulation sur la valeur énergétique de la graine de colza chez le porc en croissance

L'influence du type de broyage (simple vs. aplatissage) associé ou non à la granulation sur la valeur nutritionnelle de la graine de colza a été étudiée sur des porcs mâles castrés d'environ 60 kg. Les graines de colza ont été introduites à un taux de 20% dans des régimes de base contenant du blé et du tourteau de soja. Les mesures de digestibilité ont été effectuées dans deux stations expérimentales et avec deux durées de collectes des fèces (3 jours vs. 10 jours) afin d'étudier les effets du site de mesure et de la durée de collecte. Aucun effet de la durée de collecte n'a été mis en évidence, même si les collectes sur 10 jours permettent de réduire l'écart type résiduel de la mesure. Nous n'avons pas mis en évidence d'effet du site de mesure sur les coefficients d'utilisation digestive (CUD) de la matière sèche, de la matière organique ou de l'énergie brute (EB). La granulation améliore l'utilisation digestive de l'énergie et des principaux nutriments mais l'écart est le plus important pour l'aliment contenant la graine broyée ($P < 0,01$). Il en résulte que les graines de colza présentées en farine sont beaucoup mieux valorisées lorsqu'elles sont aplaties (ED de 22,05 vs. 9,95 MJ/kg MS pour la graine broyée). La granulation améliore la valeur nutritionnelle des graines de colza mais l'amélioration est la plus marquée pour la graine broyée (+ 13,53 vs. + 1,61 MJ/kg MS), la teneur en ED étant alors indépendante du mode de broyage lorsque la graine subit une granulation (23,55 MJ ED par kg de MS). Le critère de disponibilité de la MG in vitro permet de prendre en compte les variations de digestibilité de l'énergie et des matières grasses de la graine de colza liées au mode de broyage.

Effects of grinding process and pelleting on nutritional value of full-fat rapeseed for growing pigs.

The influence of grinding (simple vs. rolling) associated or not with pelleting was studied in 60 kg growing castrated male pigs. Full-fat rapeseed was introduced at a rate of 20% in a wheat-soybean meal basal diet. Digestibility trials were conducted in two locations and with two durations for feces collection (3 days vs. 10 days) in order to study both the effects of the site and the length of the collecting period. Nutritional value of rapeseed was calculated according to the difference method. The duration of collection did not affect digestibility results; however, a longer duration reduced the residual variability. The site effect was not significant on dry matter, organic matter or energy digestibility coefficients. Pelleting the diets improved energy and nutrients digestibility but the effect was much more pronounced in the diet containing simple ground rapeseed ($P < 0.01$). Consequently, full-fat rapeseed in a mash form had a higher energy value when rolled (22.05 vs. 9.95 MJ DE per kg DM). Pelleting improved the nutritional value of full-fat rapeseed but the improvement was much more significant for the simple grinding process (+ 13.53 vs. + 1.61 MJ DE/kg DM), with DE content being unaffected by the grinding process when the seed was pelleted (23.5 MJ DE/kg DM). The in vitro crude fat availability criterion allowed variations in fat or energy digestibility linked to the grinding process to be taken into account.

INTRODUCTION

La graine de colza constitue une source d'énergie concentrée qui peut être incorporée dans les régimes des porcs en croissance jusqu'à des taux de 7% (ALBAR et al. 1998). Toutefois, les deux critères qui limitent son incorporation sont les problèmes d'inappétence et les contraintes technologiques (LAPIERRE et PRESSEDA, 2000). Ainsi, en fonction de la technologie de préparation mise en œuvre, la valeur énergétique que l'on peut associer à cette graine est très variable. C'est ainsi que des valeurs d'énergie digestible (ED) allant de 11,9 à 22,6 MJ/kg de matière sèche ont été mesurées chez le porcelet ou le porc charcutier (BOURDON, 1986 ; CASTAING et al., 1998 ; SKIBA et al., 1999). Nous avons pu mettre en évidence que le type de broyage, en permettant une plus ou moins bonne « disponibilité » de la matière grasse, avait une influence sur la digestibilité de celle-ci (SKIBA et al., 1997). Les valeurs énergétiques maximales sont ainsi atteintes après un aplatissage de la graine par passage entre deux cylindres en contact, ce traitement étant difficilement transposable en fabrication industrielle. Toutefois, les fabricants d'aliments du bétail mélangent le plus souvent la graine de colza à d'autres matières premières pour former un mélange qui est ensuite granulé. Nous avons donc cherché à étudier l'influence du type de broyage, associé ou non à la granulation, sur la valeur alimentaire de la graine de colza pour le porc en croissance. Les seules références dont nous disposons à l'heure actuelle sont des travaux réalisés sur volailles où la granulation augmente la valeur alimentaire de la graine (LE GUEN et al., 1999).

Par ailleurs, les données de digestibilité disponibles dans la bibliographie ou utilisées dans les tables de valeurs nutritionnelles sont obtenues avec des méthodologies relativement différentes quant au poids vif des animaux, à la durée de

collecte, au niveau alimentaire,...Or, il n'existe pas, comme cela est le cas avec les circuits BIPEA pour les laboratoires en France, de circuits de comparaison des résultats de digestibilité entre les différents organismes. Nous nous sommes donc également intéressés dans cet essai à l'effet du site de mesure (ITCF vs. INRA) et de la méthodologie (durée de collecte de 10 jours vs. 3 jours) sur la valeur alimentaire des aliments étudiés.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Matières premières et aliments expérimentaux

Les matières premières étudiées étaient des graines de colza broyées ou aplaties provenant d'un même lot de graines entières de type 00 de la récolte 1999 fournies par le CETIOM. Les traitements technologiques (broyage et aplatissage) ont été réalisés par le CETIOM. Les graines ont été, soit broyées seules (diagramme de type pré broyage) à l'aide d'un broyeur à marteaux (ELECTRA Baby N) avec une grille de 3 mm de diamètre à la vitesse de 3000 tours/min, soit aplaties, l'aplatissage des graines entières seules se faisant grâce à un double aplatissage avec cylindres lisses en contact (DAMAN CROES, 500 x 500 mm, pression de 50 bars) tournant à vitesse identique. Ces deux graines seront dans la suite du texte respectivement intitulées « graines broyées » et « graines aplaties ».

Les régimes, dont la composition centésimale figure dans le tableau 1, ont été fabriqués à l'ITCF à partir des matières premières fournies par le CETIOM et d'un lot de tourteau de soja et de blé broyés à la grille de 2 mm (broyeur GONDARD TBUO 24, 3000 tours/min, soit 64 m/s) ainsi que d'un complément minéral et vitaminé (CMV) porc charcutier. Six régimes ont ainsi été constitués, 3 en farine et 3 en gra-

Tableau 1 - Composition et caractéristiques des aliments

Aliment	Témoin	Témoin + graine de colza broyée	Témoin + graine de colza aplatie
Composition centésimale, %			
Blé + tourteau de soja ¹	96	76	76
Graine de colza broyée		20	
Graine de colza aplatie			20
CMV	4	4	4
Composition chimique, % de MS²			
Matières minérales	5,95	6,23	6,23
Matières azotées (N x 6,25)	18,7	19,4	19,4
Matières grasses (hydrolyse)	2,4	10,4	10,4
Cellulose brute	2,8	3,8	3,8
Energie brute, kJ/g MS	17,84	19,74	19,74
Caractéristiques granulométriques des farines³			
Diamètre médian (µm)	332	427	341
Surface calculée (cm ² /g)	175	128	148

¹ Mélange de 80% de blé et 20% de tourteau de soja = régime de base

² Aliment témoin : moyenne des présentations farine et granulée ; aliments avec graine de colza : moyenne des deux présentations et des deux modes de broyage.

³ Tamisage sur plansichter

nulés. La granulation a été effectuée à l'aide de la vapeur (presse GONDARD V300, filière à perforations de 2,5 mm de diamètre et 40 mm de longueur). Les graines de colza, broyées ou aplaties, ont ainsi été distribuées dans un régime de base constitué de 80% de blé et de 20% de tourteau de soja. La valeur nutritionnelle de la graine de colza a été estimée, en fonction du traitement technologique associé ou non à la granulation, par différence entre la valeur nutritionnelle des aliments contenant la graine de colza et celle du régime de base. Les proportions respectives du régime de base, du CMV et des graines de colza 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.

1.2. Mesures de digestibilité

Les mesures de digestibilité ont été effectuées à l'ITCF sur des porcs charcutiers mâles castrés (6 pour les régimes témoins et 4 pour les autres régimes) de génotype Naïma x P76 d'un poids de 56 kg au milieu de la collecte et à l'INRA de Saint Gilles sur des porcs mâles castrés Piétrain x (Large White x Landrace) pesant 61 kg en milieu de collecte (5 animaux pour chaque régime de base et 4 animaux pour les autres régimes). Afin de comparer les effets des durées de collecte pratiquées traditionnellement à l'ITCF (3 jours) et à l'INRA (10 jours) nous avons, sur les deux sites, procédé de la façon suivante. Les animaux logés en cages de digestibilité ont reçu les aliments pendant une période d'adaptation aux cages et à l'aliment de 9 jours à l'ITCF et 10 jours à l'INRA. Les animaux ont ensuite consommé pendant 10 jours les aliments expérimentaux, les fèces étant collectées individuellement et intégralement d'une part pendant les 3 premiers jours et d'autre part pendant les 7 derniers jours de collecte et conservés à -18°C. Les quantités de matière sèche ingérées étaient mesurées individuellement et quotidiennement dans les deux sites. Les quantités excrétées ont été mesurées individuellement et quotidiennement à l'ITCF, l'INRA pesant pour sa part les quantités cumulées sur les 3 premiers jours et les 7 derniers jours et ceci pour chaque animal. Pour chaque animal, une partie des quantités excrétées pendant les 3 premiers et les 7 derniers jours a été lyophilisée et une matière sèche a été pratiquée sur les lyophilisats. Nous avons ainsi déterminé, pour chaque animal, la matière sèche totale excrétée en 10 jours et avons prélevé dans les lyophilisats des 3 premiers et des 7 derniers jours, au prorata des quantités de matière sèche excrétées, les quantités nécessaires pour constituer un échantillon représentatif des 10 jours de collecte.

Les animaux recevaient l'aliment deux fois par jour sous forme de farine ou de granulés humidifiés à l'auge (1,5 volumes d'eau pour un volume d'aliment), à raison d'environ 2,7 à 2,8% de leur poids vif (sur sec).

1.3. Analyses chimiques

Les analyses chimiques des matières premières, des aliments et des fèces lyophilisés ont été réalisées à l'ITCF par le Laboratoire d'Analyses Biochimiques (Boigneville-91) et à l'INRA par le laboratoire de l'UMRVP (Saint Gilles-35) suivant les procédures décrites par NOBLET et al. (1989). Il faut

noter que les teneurs en matières grasses, tant sur les matières premières que les régimes et les fèces, ont été mesurées après une hydrolyse acide. Les analyses ont été effectuées en double (ITCF) ou en triple (INRA) sur les aliments et les matières premières et en simple (ITCF) ou en double (INRA) sur les fèces. Des analyses granulométriques des graines de colza et des aliments présentés en farine ont été effectuées par l'INRA (Nantes-44) (tamisage en double de 100 g pendant 15 min sur un plansichter de laboratoire Bühler MLU 300 équipé d'une série de tamis échelonnés selon la norme AFNOR NF X11-501). Enfin, le CETIOM a analysé la teneur en glucosinolates des graines et a effectué, sur les graines broyées et aplaties, un test de disponibilité *in vitro* de la matière grasse tel que décrit par SKIBA et al. (1999).

1.4. Calculs et analyses statistiques

Les coefficients de digestibilité des nutriments et de l'énergie ont été calculés selon les méthodes habituelles. Pour ce qui est des graines de colza, les valeurs nutritionnelles sont obtenues à l'aide de la méthode par différence avec le régime de base ayant la même présentation. Il est de plus supposé 1/ que le CMV 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 régime de base n'est pas modifiée par la présence de la graine de colza (NOBLET et BOURDON, 1997).

Les données issues de cet essai ont été traitées par analyse de variance suivant un dispositif déséquilibré en randomisation totale grâce à la procédure GLM (SAS, 1990).

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Caractéristiques chimiques et granulométriques des matières premières et des aliments

Après vérification des données d'analyses obtenues par les deux laboratoires, les résultats de toutes les déterminations effectuées sur les aliments pris isolément ont été regroupés de façon à définir une composition chimique unique, d'une part, pour les graines de colza, qu'elles soient broyées ou aplaties, et d'autre part pour un même type d'aliment (témoin seul ou avec graines de colza), que celui-ci soit présenté sous forme de farine ou de granulé. Les compositions chimiques ainsi obtenues figurent dans les tableaux 1 et 2.

Les caractéristiques chimiques des graines (broyées ou aplaties) sont conformes aux valeurs des graines de la récolte 1999 (CETIOM, 2001) ou encore aux résultats de la base IO7 (AFZ, 2001). Le test de disponibilité des matières grasses *in vitro* réalisé par le CETIOM a permis de mettre en évidence des différences importantes entre les deux types de broyage et confirme les données déjà obtenues par SKIBA et al. (1997 et 1999). L'analyse granulométrique des deux types de graines révèle que le diamètre médian (d_{50}) des graines aplaties est inférieur à celui des graines broyées, ceci se traduisant par une augmentation de la surface calculée pour les graines aplaties et donc une plus grande surface d'attaque pour les enzymes digestives.

Tableau 2 - Composition chimique et caractéristiques granulométriques de la graine de colza

	Graine broyée	Graine aplatie
Composition chimique, % de MS¹		
Matières minérales	4,1	
Matières azotées (N x 6,25)	23,3	
Matières grasses (hydrolyse)	43,6	
Cellulose brute	8,4	
NDF	15,0	
ADF	10,6	
ADL	4,9	
PAR	21,0	
Glucosinolates (µmole/g)	17,9	
Energie brute, MJ/kg MS	28,24	
Disponibilité des matières grasses in vitro (%)		
	47	98
Caractéristiques granulométriques		
Diamètre médian (µm)	1193	576
Surface calculée (cm ² /g)	44	71

¹Moyenne des résultats obtenus avec les deux modes de broyage de la graine

Les températures des granulés enregistrées en sortie de filière ont été de 78°C pour l'aliment témoin contre 61 à 62°C pour les aliments contenant les graines de colza. Les analyses granulométriques effectuées sur les aliments en farine révèlent que l'aliment témoin ou celui à base de graines aplaties présentent des d_{50} et des surfaces calculées très proches. Par contre l'aliment à base de graines broyées présente un d_{50} supérieur aux deux autres aliments qui se traduit par une surface calculée plus faible. Du point de vue de la composition chimique, les aliments témoins et ceux contenant des graines de colza se différencient principalement par des taux de matières grasses (MG) très différents qui se traduisent par des énergies brutes (EB) différentes.

2.2. Utilisation digestive et valeur énergétique des aliments expérimentaux

2.2.1. Effet du site de mesure et de la durée de collecte

Le tableau 3 montre qu'il n'existe aucun effet significatif du site de mesure sur les coefficients d'utilisation digestive (CUD) de trois critères importants pour la valeur nutritionnelle que sont la matière sèche (MS), la matière organique (MO) et l'EB. Ce résultat est valable que les collectes fécales soient réalisées sur 3 jours ou sur 10 jours, les différences étant très faibles et toujours inférieures à 0,5 point de CUD. Les deux interactions site x régime qui figurent dans le tableau 3 sont dues au fait que le régime à base de graines aplaties est un peu moins bien digéré (-0,2 à -0,5 point) dans le site 1 que dans le site 2 alors que les deux autres régimes sont un peu mieux digérés dans le site 1. Par contre, les données présentées dans le tableau 4 et obtenues sur 10 jours de collecte montrent qu'il existe un effet site de mesure sur les CUD de la matière azotée totale (MAT), de la MG et de l'ENA (extractif non azoté) ainsi que sur la teneur en MG

des fèces (respectivement 85,1% vs. 86,5%, 64,3% vs. 67,6%, 93,9% vs. 93,2% et 15,1% vs. 14,0% pour les sites 1 et 2). Les différences entre sites qui apparaissent sur ces critères sont principalement liées aux résultats d'analyses obtenus sur les fèces par les deux laboratoires. En effet, dans le cadre de cet essai, certains échantillons de fèces provenant des deux sites ont été analysés par les deux laboratoires (données non présentées) et c'est sur les critères MAT et MG que les différences entre laboratoires ont été les plus fortes (jusqu'à 8% de différence sur la MAT et 25% sur les MG). C'est sans doute ce qui explique l'effet site sur la teneur en MG des fèces, plus qu'un éventuel effet du site via les porcs ou la méthode de collecte puisque ces deux effets potentiels ne transparaissent pas sur les résultats des CUD de la MS, MO et EB. On peut souligner que même si le tableau 4 indique un effet significatif du site sur le poids vif et donc sur la MS ingérée par les animaux, ces différences (respectivement 60,7 kg vs. 56,0 kg et 1668 g MS ingérée/j vs. 1578 g MS ingérée/j) sont trop faibles pour pouvoir expliquer les différences de CUD entre sites (NOBLET et al., 1993).

Il n'existe, par ailleurs, aucun effet significatif de la durée de collecte, que l'on considère la moyenne ou les données site par site (tableau 3). Les différences sont infimes puisqu'elles sont inférieures à 0,2 point quel que soit le critère considéré. On peut tout de même souligner, bien que les ETR soient déjà très faibles, que le passage d'une collecte sur 3 jours à une collecte sur 10 jours permet de gagner en précision sur la mesure puisque les écart types résiduels (ETR) diminuent de 0,15 à 0,43 point suivant le critère considéré. La collecte sur 10 jours peut donc éventuellement présenter un intérêt dans le cas où l'on cherche à démontrer des différences très fines entre régimes ou pour augmenter la précision des mesures. Inversement, la moindre précision sur une collecte de 3 jours peut être compensée par la mise en expérience d'un nombre plus élevé d'animaux.

2.2.2. Effet de la nature de l'aliment et de la technologie

Les tableaux 3 et 4 montrent que pour tous les CUD (excepté celui de l'ENA) et pour l'ED, il existe une interaction significative entre l'effet du régime et celui du traitement technologique, ces deux effets étant eux-mêmes significatifs. Ainsi, la granulation améliore la digestibilité de presque tous les nutriments et en particulier celle de la MG et de l'EB. Toutefois, l'amélioration des ces paramètres est négligeable pour le régime témoin, faible pour le régime contenant la graine aplatie et très importante pour celui qui contient la graine broyée. Les écarts dus à la granulation sont les plus importants pour la digestibilité des matières grasses. Comme nous l'avons vu dans des essais précédents sur porcelets (SKIBA et al., 1997, 1999), les régimes à base de graines aplaties sont beaucoup mieux valorisés par les porcs en croissance que les régimes contenant de la graine broyée lorsqu'ils sont présentés en farine (+2,47 MJ d'ED par kg de MS). Par contre, lorsque l'on granule ces régimes, aucune différence significative ne se retrouve entre leurs valeurs nutritionnelles. On peut remarquer dans le tableau 4, que tous les régimes présentent des CUD de la cellulose brute (CB) voisins, à l'exception de celui du régime farine contenant de la graine broyée. La valeur indiquée pour ce régime est en fait certainement sous estimée à cause d'une sur-

Tableau 3 - Effets de la durée de collecte et du site de mesure sur l'utilisation digestive des aliments

Élément	Durée de collecte, jours	Moyenne	Site 1	Site 2	ETR ³	Analyse statistique ^{1, 2}
Matière sèche	3 ¹	85,85	85,42	85,72	1,21	R**;T**;RT**
	10 ¹	85,66	85,23	85,50	0,78	R**;T**;RT**;SR*
	3 + 10 ²	85,76	85,33	85,61	1,02	R**;T**;RT**
Matière organique	3 ¹	88,16	87,87	87,80	1,06	R**;T**;RT**
	10 ¹	88,15	87,90	87,93	0,91	R**;T**;RT**
	3 + 10 ²	88,15	87,83	87,92	0,99	R**;T**;RT**
Energie	3 ¹	85,61	85,17	85,37	1,25	R**;T**;RT**
	10 ¹	85,60	85,03	85,45	0,92	R**;T**;RT**;SR*
	3 + 10 ²	85,61	85,10	85,41	1,10	R**;T**;RT**

¹ A partir de l'analyse de variance des données obtenues sur chaque durée de mesure (n=53 pour chaque durée) en prenant en compte les effets du régime (R ; n=3), du traitement technologique (T ; farine vs. granulé), du site de mesure (S ; n=2) et des interactions entre ces effets principaux (RT pour interaction entre le régime et le traitement technologique).

² Analyse de variance des données de digestibilité obtenues sur 3 et sur 10 jours (n=106) prenant en compte les effets du régime (R ; n=3), du traitement technologique (T ; farine vs. granulé), du site de mesure (S ; n=2), de la durée de collecte (3 vs. 10 jours) et des interactions entre ces effets principaux (RT pour interaction entre le régime et le traitement technologique).

³ ETR : écart type résiduel

Niveaux de signification : ** : P<0,01, * : P<0,05

Tableau 4 - Effets de la nature de l'aliment et de la granulation sur l'utilisation digestive des nutriments et de l'énergie (10 jours de collecte)

Aliment	Témoin		Témoin + graine de colza broyée		Témoin + graine de colza aplatie		ETR ¹	Analyse statistique ¹
	Farine	Granulé	Farine	Granulé	Farine	Granulé		
Technologie	Farine	Granulé	Farine	Granulé	Farine	Granulé		
Poids vif, kg	56,8	56,6	57,4	59,6	59,9	59,7	3,9	S**
Gain de poids vif, g/j	754 ^b	741 ^b	691 ^b	889 ^a	842 ^a	880 ^a	86	R**;T**;RT**
MS ingérée, g/j	1595 ^a	1599 ^{ab}	1639 ^{ab}	1615 ^{ab}	1651 ^b	1638 ^{ab}	58	R*;S**
Coefficients de digestibilité, %								
Matière sèche	88,2 ^a	88,4 ^a	77,9 ^d	86,4 ^{ab}	85,1 ^c	86,2 ^b	0,8	R**;T**;RT**;SR*
Matière organique	90,6 ^a	90,8 ^a	80,1 ^d	88,8 ^b	87,7 ^c	88,8 ^b	0,7	R**;T**;RT**;SR*
Azote	88,1 ^a	88,8 ^a	80,4 ^d	86,3 ^b	84,6 ^c	86,7 ^{ab}	1,7	R**;T**;RT**;S**
Matières grasses	55,6 ^d	62,4 ^c	27,0 ^e	84,3 ^{ab}	81,0 ^b	85,7 ^a	3,4	R**;T**;RT**;S**
Cellulose brute	40,2 ^a	42,8 ^a	24,6 ^b	43,5 ^a	38,8 ^a	39,9 ^a	6,2	R**;T**;RT**
Extractif non azoté ²	94,5 ^a	94,3 ^a	92,8 ^c	93,4 ^b	93,0 ^{bc}	93,1 ^{bc}	0,5	R**;S**;SR**
Energie	88,6 ^a	89,2 ^a	73,1 ^d	87,4 ^b	85,5 ^c	87,6 ^b	0,9	R**;T**;RT**;SR*
Matières grasses fèces, % MS	8,9 ^b	7,6 ^a	34,5 ^e	12,0 ^{cd}	13,3 ^d	10,9 ^c	1,4	R**;T**;RT**;S**
Energie digestible, MJ/kg MS	15,81 ^c	15,91 ^c	14,42 ^d	17,26 ^a	16,89 ^b	17,30 ^a	0,17	R**;T**;RT**;SR*

¹ Analyse de variance des données obtenues sur 10 jours de collecte (n=54) prenant en compte les effets du régime (R ; n=3), du traitement technologique (T ; farine vs. granulé), du site de mesure (S ; n=2) et des interactions entre ces effets principaux (RT pour l'interaction régime technologie ; SR pour l'interaction entre le site et le régime) ; ETR pour écart type résiduel ; Niveaux de signification : ** : P<0,01, * : P<0,05 Des indices sont attribués aux moyennes lorsqu'elles sont significativement différentes (P<0,05)

² Extractif non azoté = MS - (MM+MG+MAT+CB)

Tableau 5 - Effets de la nature du broyage et de la granulation sur l'utilisation digestive des nutriments et de l'énergie de la graine de colza

Graine	Broyée		Aplatie	
	Farine	Granulé	Farine	Granulé
Technologie				
Coefficients de digestibilité ¹ , %				
Matière organique	41,4	81,4	76,9	81,1
Azote	56,6	78,7	73,8	80,3
Matières grasses	20,8	89,0	86,5	90,7
Cellulose brute	3,6	44,4	37,1	36,0
Extractif non azoté	73,9	82,9	76,0	79,8
Energie	35,2	83,2	78,1	83,8
Energie digestible, MJ/kg MS	9,95	23,48	22,05	23,66

¹ Obtenus à partir de la méthode par différence en utilisant les données issues de 10 jours de collecte

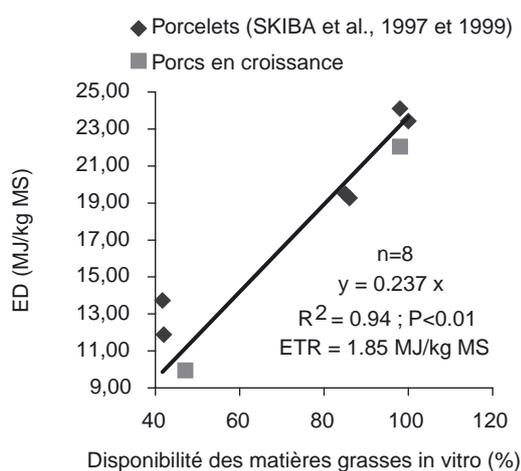
estimation de la teneur en CB des fèces, en liaison avec la teneur en MG élevée de ceux-ci qui interagit sur le dosage de la CB.

2.3. Utilisation digestive et valeur énergétique des graines de colza

Les conclusions tirées à partir des résultats sur les régimes se retrouvent dans les résultats qui figurent dans le tableau 5 pour les graines de colza. Ainsi, les graines de colza, aplaties ou broyées, présentent, après granulation, des CUD extrêmement proches pour tous les critères avec, en conséquence, des teneurs en ED très proches pour les deux produits et supérieures aux valeurs publiées dans les tables ITP-ITCF-AGPM (1998) et par différents auteurs (synthèse de SKIBA et al., 1999). Toutefois, en utilisant l'équation publiée par BOURDON (1986), on obtient une ED (23,46 MJ/kg MS) extrêmement proche de celles mesurées dans cet essai. Cette équation de prédiction de l'ED de la graine de colza paraît donc tout à fait pertinente lorsque tous les problèmes d'accessibilité des nutriments à la digestion ont été réglés, ce qui semble être le cas lorsque les graines sont introduites dans des aliments granulés. On peut donc en conclure qu'un

broyage insuffisant peut être compensé par une granulation. On met ainsi à profit l'effet du cisaillement généré dans la presse par le couple rouleaux / filière. Pour ce qui est des graines broyées ou aplaties mais non granulées, on retrouve l'interaction matière première x présentation vue sur les régimes, à savoir que la présentation en farine pénalise d'autant plus les CUD et l'ED de la graine que celle-ci est broyée et non aplatie. Ainsi, dans le cas de la graine broyée, les CUD de la MG et de l'EB de la présentation farine sont 4,5 à 2,3 fois inférieurs à ceux de la présentation en granulés. Toutefois, même lorsqu'elle est aplatie, la présentation en farine fait perdre à la graine de colza 4 et 5,7 points sur les CUD de la MG et de l'EB, soit 1,6 MJ/kg MS d'ED par rapport à la forme granulée. Ces résultats confirment ceux de LE GUEN (1999) sur le coq adulte, pour qui la présentation en farine diminuait le CUD de la MG de 37,5% et l'EMAn de 28%. Même si les différences observées sont de moindre ampleur que sur les CUD MO, MG ou EB, la présentation en farine dégrade aussi le CUD de la MAT. Pour ce qui est du CUD de la CB, les valeurs sont très proches dans 3 cas sur 4, la quatrième valeur étant certainement aberrante et à relier au faible CUD de la CB mesuré sur le régime correspondant. En regroupant les données de cet essai avec celles publiées précédemment sur porcelets (graphique 1), il nous est possible de confirmer que le critère de digestibilité des matières grasses *in vitro* constitue un excellent prédicteur de l'ED de la graine de colza présentée en farine.

Graphique 1 - Influence de la disponibilité des matières grasses *in vitro* sur l'ED des graines de colza



CONCLUSION

Malgré des origines génétiques des animaux, des modes opératoires et des pratiques différentes que l'on regroupe sous le vocable d'effet site, nous n'avons pas mis en évidence d'effet du site sur trois critères déterminants pour l'évaluation de la valeur nutritionnelle des aliments. Par contre, nous avons identifié, sur deux critères, des différences entre sites qui, bien que faibles, sont significatives. Elles sont probablement liées à un effet laboratoire d'analyses. Il ressort que les collectes effectuées sur 3 jours ou sur 10 jours aboutissent aux mêmes valeurs nutritionnelles moyennes avec cependant des écarts types plus faibles quand la durée de collecte augmente. Nous confirmons par ailleurs les travaux antérieurs montrant que la valeur nutritionnelle de la graine de colza

est très dépendante des conditions de broyage lorsque celle-ci est présentée en farine. Le test de disponibilité des matières grasses *in vitro* constitue alors un très bon prédicteur de l'ED de la graine en fonction de la qualité du broyage. Par contre, la granulation permet de compenser un broyage insuffisant et maximise la valeur nutritionnelle des graines de colza. En définitive, si l'on considère que la technique de l'aplatissage tel qu'il a été pratiqué dans le présent essai n'est pas transposable au niveau industriel et, *a fortiori*, au niveau de la fabrication à la ferme, tout aliment

contenant de la graine de colza devrait être granulé si l'on souhaite valoriser de façon satisfaisante ce produit. L'équation de BOURDON (1986) constitue, dans ce cas, une bonne équation de prédiction de l'ED de la graine de colza présentée dans des régimes granulés.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'ONIOL pour sa participation financière à ce projet.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFZ, 2001. IO7, Banque de Données de l'Alimentation Animale. Version 4.2, 2001, Association Française de Zootechnie, INA-PG, Paris, France.
- ALBAR J., DOUMAYZEL S., GRANIER R., SERIN J.F., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 281-287.
- BOURDON D., 1986. Journées Rech. Porcine en France, 18, 13-28.
- CASTAING J., GATEL F., EVRARD J., MELCION J.P., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 289-296.
- CETIOM, 2001. Qualité des graines de colza, 2 p.
- ITP-ITCF-AGPM, 1998. Tables d'alimentation pour les porcs. ITP éd., Paris, 31 p.
- LAPIERRE O., PRESSEDA F., 2000. Enquête sur l'utilisation des matières premières végétales domestiques en alimentation animale, CEREOPA, Paris, 70 p.
- LE GUEN M.P., LESSIRE M., MELCION J.P., REVOL N., 1999. Troisièmes Journées de la Recherche Avicole, 141-144.
- 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., SHI X.S., KAREGE C., DUBOIS S., 1993. Journées Rech. Porcine en France, 25, 165-180.
- NOBLET J., BOURDON D., 1997. Journées Rech. Porcine en France, 29, 221-226.
- SAS, 1990. User's guide : statistics. Version 6. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA.
- SKIBA F., EVRARD J., MELCION J.P., CASTAING J., HAZOUARD I., GATEL F., 1997. Annales Valicentre, 23-31.
- SKIBA F., CASTAING J., EVRARD J., MELCION J.P., HAZOUARD I., GATEL F., 1999. Journées Rech. Porcine en France, 31, 215-221.