



Centre de
développement du
porc du Québec inc.

Utilisation du pois et de la graine de canola dans les rations pour porcs en croissance : influence sur les performances zootecniques et le coût de production

Rapport final

Par :

Janie Lévesque, M. Sc., agronome consultante

Robert Fillion, agr., CDPQ

Michel Morin, agroéconomiste, CDPQ

Collaborateur :

Jean Bernier, Ph. D., agr., Université Laval

Juillet 2005

AVANT-PROPOS

Ce projet a été réalisé au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD), une structure de recherche en partenariat entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et l'Université Laval. Le Centre de développement du porc du Québec inc. (CDPQ) s'implique activement au sein de cette structure pour la réalisation d'essais en alimentation porcine.

Un bâtiment a été transformé en 2002-2003 pour mettre en place des essais en alimentation porcine. Ce bâtiment porte le nom d'UTEAP qui signifie « Unité de testage et d'expérimentation en alimentation porcine ». Il a été transformé afin de répondre à un besoin du secteur porcin pour l'évaluation en situation d'élevage, mais dans des conditions hautement contrôlées, de stratégies alimentaires qui permettront de répondre aux grandes préoccupations actuelles et futures du secteur porcin. Depuis ce temps, plusieurs études ont été menées avec succès.

La présente étude a été réalisée grâce à la contribution financière et à la collaboration de plusieurs organismes du secteur porcin tels que, le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), la Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ), la Fédération des producteurs de porcs du Québec (FPPQ), le CDPQ, le département des sciences animales de l'Université Laval et le CRSAD.

À l'issue de ce projet, des remerciements sont attribués à tous les professionnels qui ont contribué de près ou de loin à la présente étude : M. et Mme Rémy et Dorys Boulianne de la ferme Doresyma, M. Pierre Grenon de la ferme CPR Grenon, producteurs de grandes cultures au Lac Saint-Jean, Mme Agathe Girard et M. Jean-Pierre Lapointe de Nutrinor, coopérative agro-alimentaire du Saguenay-Lac-St-Jean, M. Éric Lemieux de la coopérative agricole Unicoop, M. Gilles Tremblay du Centre de recherche sur les grains (CÉROM), MM. Daniel Boyaud et Germain Camiré d'Aliments Breton inc., M. Guy Beauregard du MAPAQ, MM. Réjean Groleau, Réjean Gauthier, Pierre Giner, Éric Bellemare, Guy Julien, Pierre Vincent, Mmes Marie-Ève Tremblay, Nancy Bolduc, Lyne Bergeron et Sonia Fournier du CRSAD, Mme Louise Morneau de Jefe Nutrition, M. Steve Côté du CDAQ, M. Claude Laberge de Statex, M. Jean Laflamme, transporteur, Mme Monique Bérard de l'Encan électronique à la FPPQ, M. Vincent Brochu ainsi que les autres professionnels du groupe Brochu-Lafleur, Mme Véronique Barthet de la Commission canadienne des grains, M. Yvan Chouinard du département des sciences animales de l'Université Laval. MM. Patrick Carré du Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains (CETIOM) et Fabien Skiba de l'I.T.C.F.-ARVALIS- Institut du végétal en France, MM. Donald McHugh et Jean-Marc Bossé de la Régie des marchés agricoles et alimentaires du Québec (RMAAQ), MM. Joël Rivest, Christian Klopfenstein, Philippe McSween, Francis Pouliot, Jean-Paul Daigle, Mmes Marie-Josée Turgeon, Valérie Dufour, Johanne Nadeau, Monia Tremblay, Élise Gauthier, Marie-Hélène Lepage et Lyne Bergeron du CDPQ.

RÉSUMÉ

Au Québec, le maïs et le tourteau de soya sont des ingrédients majeurs en alimentation porcine. La hausse subite du prix du soya en 2004 et les rumeurs quant à l'interdiction probable des farines animales ont sensibilisé les acteurs du secteur porcin à la nécessité de rendre disponible des sources de protéines alternatives en alimentation porcine au Québec. Peu utilisés jusqu'à maintenant en alimentation porcine au Québec, le pois et la graine de canola représentent deux sources alimentaires alternatives et fort intéressantes. Dans le but de stimuler l'utilisation de ces oléoprotéagineux produits au Québec par les producteurs et les firmes d'alimentation du bétail, mais de façon judicieuse, il était donc nécessaire de réaliser la présente étude sous les conditions du Québec. C'est pourquoi, il a été proposé de comparer un régime conventionnel à base de maïs, tourteau de soya et de gras à des régimes pour lesquels une partie de ces ingrédients était remplacé par la graine de canola et le pois sec aux taux respectifs de 60 et 250 kg par tonne. Les effets sur les performances zootechniques, la composition de la carcasse et la qualité du gras ont été mesurés chez des porcs en croissance ainsi que sur les coûts d'alimentation et les revenus du producteur.

L'étude a été réalisée sur le site du CRSAD dans l'UTEAP de septembre 2004 à février 2005. Soixante-dix-huit femelles commerciales d'un poids moyen de 20,8 kg ont été alimentées avec les trois régimes expérimentaux dès leur entrée dans la section d'engraissement du bâtiment. Trois aliments différents moulus (I : 26-50 kg, II : 50-79 kg et III : 79-109 kg) ont été offerts à volonté de façon consécutive aux animaux dès le début de l'essai jusqu'à l'abattage (26 à 109 kg). Les rations étaient isoénergétiques et isoprotéiques, sans toutefois être isolipidiques. Durant toute la période d'engraissement, les poids des animaux et les quantités d'aliments offerts et refusés ont été mesurés à intervalles réguliers pour établir les GMQ, les courbes de croissance, les consommations alimentaires et les taux de conversion alimentaire des porcs. Des mesures ont également été prises avec un appareil à ultrasons (au niveau des 3^e et 4^e avant-dernières côtes) sur chacun des animaux vivants afin de suivre l'évolution des épaisseurs du gras dorsal et de muscle (50, 79 et 109 kg). Le poids vif des animaux et l'épaisseur du gras dorsal mesurés par ultrasons ont permis d'estimer les masses protéiques et lipidiques. Lorsque les porcs ont atteint le poids du marché, ils ont été acheminés à l'abattoir après un jeûne minimal de 16 h afin d'être abattus, pesés et classifiés. Vingt-quatre heures après l'abattage, des échantillons de gras dorsal ont été prélevés sur les carcasses afin d'évaluer leur composition en acides gras et, ainsi, avoir une appréciation du degré de fermeté du gras de porc.

Par rapport à un régime conventionnel (témoin), les performances zootechniques des porcs sont les mêmes, qu'ils aient ingéré de la graine de canola (6 % de la ration) ou du

pois (25 % de la ration). Par ailleurs, la composition de la carcasse (épaisseurs de gras et de muscle mesurées aux ultrasons, masses lipidique et protéique), les données d'abattage (rendement en viande maigre, rendement de la carcasse, indice de classement, etc.) et la consommation en eau sont les mêmes, peu importe le traitement alimentaire appliqué. Cependant, les porcs qui ont consommé du pois sec de 26 à 109 kg de poids vif ont eu tendance à convertir plus efficacement les aliments en kg de gain que les porcs qui ingéraient un régime contenant de la graine de canola ($P= 0,06$). L'amélioration de la conversion alimentaire est de 4,5 % pour le groupe nourri entre autres avec du pois comparativement à celui nourri entre autres avec de la graine de canola (2,52 vs 2,64; pois et canola, respectivement). Ces résultats suggèrent que la quantité de lysine digestible ingérée par les porcs nourris entre autres avec du canola pourrait avoir excédé leurs besoins ou que la digestibilité de la lysine de l'aliment contenant du pois pourrait avoir été sous-estimée. La teneur en glucosinolates du canola et la valeur énergétique qui lui a été attribuée à la suite des analyses de disponibilité *in vitro* de la matière grasse, ne sont pas des éléments pouvant expliquer les résultats obtenus.

Il peut être économiquement intéressant d'offrir de la graine de canola ou du pois aux porcs, selon les prix des intrants majeurs. L'avantage économique de les utiliser, s'explique essentiellement par le coût des aliments puisque les performances et les revenus de vente des porcs sont les mêmes comparativement à un régime conventionnel. En juillet 2004, lorsque les prix respectifs du tourteau de soya, du pois, du canola, du maïs et du gras étaient de 494, 183, 356, 155 et 498 \$ la tonne, des économies de 0,47 \$ par tête étaient possibles en remplaçant le régime conventionnel par un aliment contenant 6 % de graine de canola alors que les économies étaient de 2,22 \$ par tête avec une ration contenant du pois (25 %).

Quant à la qualité du gras, il y a plus d'acides gras polyinsaturés dans le gras de couverture des carcasses des porcs qui ont consommé de la graine de canola par rapport aux deux autres traitements. Cette différence s'explique par la variation des teneurs des acides α -linoléique (c9,c12,c15-18 :3) et linoléique (c9,c12-18 :2) retrouvées dans le gras dorsal. Les teneurs élevées en acide α -linoléique (c9,c12,c15-18 :3) des régimes avec canola, se sont incorporées proportionnellement dans le gras dorsal des porcs et le pourcentage d'acide linoléique (c9,c12-18 :2) déposé semble suivre assez bien les teneurs retrouvées dans les aliments. Malgré ce fait, le gras dorsal des carcasses de porcs est de qualité similaire entre les traitements si on se fie à l'indice de consistance du gras (0,624, 0,606 et 0,623 ; témoin, canola et pois, respectivement) qui donne un aperçu du degré de fermeté du gras. De plus, on constate que la limite inférieure pour un gras de bonne consistance est presque atteinte, peu importe le traitement appliqué (seuil > 0,60). Donc, que ce soit pour les aliments témoin, canola ou pois, les sources de

gras utilisées dans ces rations (principalement le maïs, l'huile de canola et le gras « Feed fat ») ont favorisé la production d'un gras dorsal proche de la limite inférieure acceptable pour ce qui est de la consistance.

On retrouve des acides gras trans dans le gras dorsal des porcs. Les concentrations les plus élevées se retrouvent dans le gras dorsal des porcs qui ont ingéré le régime avec du pois, suivi par les groupes témoin et canola. Selon les résultats observés, l'augmentation des quantités de gras ajoutées dans les rations a favorisé la hausse des concentrations de ces acides gras dans les aliments, mais également dans le gras de couverture des porcs. Les spécialistes de la nutrition humaine s'accordent pour dire que l'addition des acides gras trans en alimentation humaine est à éviter. Les acides gras trans ne peuvent être synthétisés par les porcs et proviennent donc des aliments ingérés. Le gras utilisé lors de cet essai (Gras animal stabilisé « Feed fat ») serait une source d'acides gras trans dans les aliments des porcs. Toutefois, dans le cadre de ce projet, aucune analyse n'a été effectuée sur la viande de porc et la quantité d'acides gras trans retrouvés dans le gras dorsal des carcasses de porcs est faible. Il serait nécessaire de vérifier l'incorporation de ces acides gras au muscle de l'animal avant d'extrapoler à partir des résultats obtenus à la quantité d'acides gras trans dans la viande de porc.

Donc, on peut recommander l'utilisation de la graine de canola et du pois chez le porc en croissance aux taux respectifs de 60 et 250 kg/t. Ces deux sources de protéines alternatives peuvent remplacer une partie des ingrédients d'un régime à base de tourteau de soya, de maïs et de gras. De plus, il peut être économiquement avantageux de les utiliser dans les rations pour porcs selon le prix des intrants majeurs. Finalement, on peut dire qu'il est plus facile d'utiliser le pois que la graine de canola en alimentation porcine. La manipulation, le broyage, le taux d'inclusion à la ration (250 kg/t), etc. favoriseront probablement l'utilisation du pois en alimentation porcine.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

RÉSUMÉ

INTRODUCTION.....	1
MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	3
Animaux, dispositif expérimental et conditions d'élevage	3
Valeurs nutritionnelles des lots de canola et de pois, essais de mouture	5
Traitements alimentaires	10
Mesures des performances zootechniques.....	15
Analyse économique.....	17
Analyses statistiques	17
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	19
Performances zootechniques.....	19
Qualité du gras dorsal	23
Analyse économique.....	35
CONCLUSION.....	44
RÉFÉRENCES	47
ANNEXE A	50
Technique de laboratoire pour évaluer la disponibilité <i>in vitro</i> de la matière grasse de la graine de canola	50
ANNEXE B.....	52
Recommandations quant à l'utilisation de la graine de canola et du pois sec.....	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques nutritionnelles de lots de pois sec et de graine de canola utilisés pour l'essai en engraissement (tel que servis).....	6
Tableau 2	Composition des aliments (tels que servis).....	10
Tableau 3	Composition en acides gras des aliments pour porcs	13
Tableau 4	Apports en oligo-éléments et vitamines provenant du prémélange incorporé aux aliments.....	14
Tableau 5	Ingestion quotidienne de nutriments	26
Tableau 6	Performances zootechniques des porcs	28
Tableau 7	Épaisseurs de muscle et de gras de la carcasse	31
Tableau 8	Masse corporelle en muscle et en gras de la carcasse	32
Tableau 9	Données d'abattage	33
Tableau 10	Consommation quotidienne en eau	33
Tableau 11	Pourcentage d'acides gras dans le gras sous-cutané des carcasses de porcs	34
Tableau 12	Données zootechniques retenues pour l'analyse économique	38
Tableau 13	Prix des principaux ingrédients	39
Tableau 14	Écart de prix entre les aliments témoin et ceux qui contiennent de la graine de canola et du pois sec pour un contexte de fabrication en meunerie commerciale (octobre 2004)	39
Tableau 15	Différence de coûts d'alimentation entre les aliments témoin et ceux qui contiennent de la graine de canola et du pois durant la période 26 à 109 kg de poids vif (contexte d'une meunerie commerciale)	40
Tableau 16	Différence de coûts d'alimentation de 26 à 109 kg de poids entre les aliments témoin et ceux qui contiennent de la graine de canola et du pois selon la période de l'année (contexte d'une meunerie commerciale)	42
Tableau 17	Prix financièrement avantageux pour le pois et le graine de canola en octobre 2004.....	43

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Distribution à l'intérieur de la salle (T : témoin C : canola P : pois).....3**
- Figure 2 : Relation entre la digestibilité de l'énergie de la graine de canola et la disponibilité in vitro de la matière grasse.....8**
- Figure 3 : Étapes requises pour le prétraitement de la graine entière de canola afin de permettre son utilisation dans une meunerie commerciale37**
- Figure 4 : Évolution des prix mensuels moyens en 2004 (FOB Québec) pour le tourteau de soya, le maïs, le gras, la graine de canola et le pois sec.....41**

INTRODUCTION

Depuis l'apparition de la maladie de la vache folle (encéphalopathie spongiforme bovine ou ESB) en Europe et au Canada, la demande pour les ingrédients d'origine végétale en alimentation animale s'est accrue. Cette demande s'explique en partie par l'interdiction des farines animales vers la fin de l'année 2000 dans l'Union européenne. En décembre 2003, les Fédérations des producteurs de porcs du Québec et de l'Ontario incitaient leurs producteurs à utiliser des aliments pour porcs ne contenant pas de farines de viande et d'os (écho-PORC, 2004. vol. 4, n° 35). En raison d'un coût excessif pour les producteurs, cette demande a été reportée à une date indéterminée, malgré le fait que cela pourrait devenir une exigence à long terme (écho-PORC, 2004. vol. 4, no 41). De plus, l'augmentation du prix du tourteau de soya, la principale alternative aux farines animales, constitue un fort incitatif en faveur de l'identification et de la mise en disponibilité de sources de protéines alternatives en alimentation porcine au Québec.

Peu utilisés jusqu'à maintenant en alimentation porcine au Québec, le pois et la graine de canola représentent deux sources alimentaires appréciables selon la fluctuation des prix (Jaikaran, S. 2002. Adv. Pork Prod., vol 13, abstr. 25; Quéméré, P. 1990. JRP: 22, p. 133-150 ; Roch, G. mars 2003. Bulletin des agriculteurs; Bourdon, D. 1990. Symposium Qualité, Toulouse; Castaing, J. 1998. JRP : 30, p. 289-296). La culture du pois et du canola est déjà implantée dans certaines régions du Québec. Les techniques culturales sont bien connues : conséquemment, il est possible d'en augmenter la production. Selon les spécialistes, le canola constitue une plante intéressante à intégrer dans une rotation de cultures; de par ses exigences élevées en azote, elle favorise l'utilisation du lisier de porcs (Giguère, M. juillet/août 2001. Bulletin des agriculteurs). Malgré les avantages qui semblent rattachés à l'utilisation du pois et de la graine de canola, on constate qu'il existe peu d'études sérieuses réalisées avec les variétés disponibles au Québec et sous les conditions québécoises. Les caractéristiques nutritives du pois et du canola varient selon le cultivar utilisé, les conditions de culture, le lieu et les années de production (Denis Pageau, AAC, Normandin, communication personnelle). Dans le but de stimuler l'utilisation du pois et de la graine de canola produits au Québec par les producteurs et les firmes d'alimentation du bétail, il est donc nécessaire de réaliser la présente étude sous les conditions québécoises. Ainsi, il est proposé de vérifier les effets d'un remplacement partiel du tourteau de soya, du maïs et du gras par du pois ou de la graine de canola sur les performances zootechniques des porcs en croissance, sur la composition de la carcasse et la qualité du gras ainsi que sur les coûts d'alimentation et les revenus des producteurs.

Hypothèse

Comparativement à un régime conventionnel à base de maïs, de tourteau de soya et de gras, les performances des porcs en croissance, la composition de la carcasse et la qualité du gras sont maintenues lorsque du pois ou de la graine de canola remplacent une partie de ces ingrédients.

Objectif général

Démontrer les impacts zootechniques et économiques de l'utilisation du pois et de la graine de canola dans les rations de porcs en croissance.

Objectifs spécifiques

Comparer les performances de croissance, la composition de la carcasse et la qualité du gras de porcs commerciaux alimentés avec des rations à base de tourteau de soya et de maïs complémentées ou non de pois ou de graine de canola.

Évaluer les conséquences d'ajouter du pois ou de la graine de canola aux rations de porcs en croissance sur les coûts d'alimentation et le revenu du producteur.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Animaux, dispositif expérimental et conditions d'élevage

Le dispositif expérimental prévoit l'évaluation de trois régimes alimentaires différents chez des porcs à l'engraissement : un régime conventionnel principalement à base de maïs, de tourteau de soya et de gras, un autre dont une partie des ingrédients du régime conventionnel est remplacée par du pois sec (250 kg/t) et un autre contenant de la graine de canola (60 kg/t). Ces trois régimes expérimentaux sont servis aux porcs durant la période de 20 à 109 kg de poids vif.

L'étude a été réalisée au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) de septembre 2004 à février 2005 dans le bâtiment appelé « Unité de testage et d'expérimentation en alimentation porcine (UTEAP) ». Cent dix-huit porcelets femelles issus d'un croisement de truies hybrides (Yorkshire X Landrace) avec un verrat terminal de race Duroc sont entrés dans la section de pouponnière du bâtiment pour y être acclimatés pendant 32 jours avant le début de l'essai en engraissement. C'est en provenance d'une seule ferme (Ferme Serge Inc.-maternité, 457 Saint-Camille, Génétiporc) et au poids moyen de 5,5 kg que les porcelets ont fait leur entrée la même journée au bâtiment de l'UTEAP. Parmi les porcelets femelles disponibles, soixante dix-huit ont été sélectionnés au poids moyen de 20,8 kg afin d'effectuer l'essai en engraissement. Les critères de sélection étaient reliés à l'état de santé et aux poids des animaux.

Pour la réalisation de l'essai en engraissement, les porcs ont été transférés dans une des salles de la section d'engraissement prévue à cette fin. Les animaux ont été divisés selon leur poids initial et attribués par groupe de deux animaux à l'un des trois traitements alimentaires selon un dispositif complètement aléatoire (figure 1). De cette façon, treize unités expérimentales par traitement ont été créées.

Salle 1

P	C	T	P	T	C	P	T	C	T
Parc 1	Parc 2	Parc 3	Parc 4	Parc 5	Parc 6	Parc 7	Parc 8	Parc 9	Parc 10
T	P	T	C	P	C	P	C	T	C
Parc 11	Parc 12	Parc 13	Parc 14	Parc 15	Parc 16	Parc 17	Parc 18	Parc 19	Parc 20
C	C	P	T	P	C	P	P	T	C
Parc 21	Parc 22	Parc 23	Parc 24	Parc 25	Parc 26	Parc 27	Parc 28	Parc 29	Parc 30
T	P	C	T	P	P	T	C	T	Hôpital
Parc 31	Parc 32	Parc 33	Parc 34	Parc 35	Parc 36	Parc 37	Parc 38	Parc 39	Parc 40

Figure 1 : Distribution à l'intérieur de la salle (T : témoin C : canola P : pois)

Dans la section d'engraissement, les parcs, logeant deux porcs à la fois et assurant un espace de 1,1 m²/porc, sont munis d'un plancher en caillebotis intégral en béton, d'abreuvoirs économiseurs d'eau (Drik-O-mat®, Farmweld, IL, USA) et de trémies sèches. La ventilation est de type mécanique et des entrées d'air, jumelées à un conduit de recirculation, assurent le contrôle de la qualité de l'air. La section d'engraissement est ventilée avec des contrôleurs électroniques. Ces contrôleurs actionnent les ventilateurs, le système de chauffage et les entrées d'air à l'aide de sondes de température et d'humidité. La consigne de température varie selon le poids des porcs. Le débit de ventilation minimum est ajusté pour fournir une bonne qualité d'air surtout par temps froid. Des compteurs d'eau (mécaniques) avec cadran indicateur en litres (Lecomte, modèle LR, Saint-Hyacinthe, QC) ont été installés sur chaque abreuvoir, la précision de mesure étant de 0,5 litre. La température et l'humidité à l'intérieur du bâtiment sont également enregistrées en cours d'essais. La température et l'humidité enregistrées pendant la période expérimentale ont été en moyenne de 19 °C et de 65 %, respectivement. Elles ont toutefois varié tout au long de l'essai entre 17 et 23 °C pour la température et entre 37 à 73 % pour l'humidité.

Valeurs nutritionnelles des lots de canola et de pois, essais de mouture

Préalablement à la fabrication des aliments, des lots de pois et de graine de canola cultivés au Québec ont été recherchés et retenus par Nutrinor, Coopérative agro-alimentaire du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Les producteurs Pierre Grenon de Laterrière (Ferme CPR Grenon), Rémy et Dorys Boulianne de la région de Saint-Bruno au Saguenay-Lac-St-Jean (Ferme Dorésyma) ont été respectivement les fournisseurs du pois sec et de la graine de canola. Le pois de variété Carnaval (Bonis & Company Ltd., Lindsay, ON) est un pois de printemps jaune. Il a été semé le 24 mai 2003 à une densité de 257 kg/ha sur un loam argileux. Pendant la croissance, une fertilisation a été appliquée (NPK= 8-34-7 kg/ha) ainsi qu'un herbicide (Sencor, 300 g/ha). La récolte a été effectuée le 2 septembre 2003, le taux d'humidité était de 16 % à la récolte et le rendement était de 1,84 tonne par hectare. Au moment de la classification par la RMAAQ, ce lot comportait 5 % d'impuretés, 15,7 % d'humidité, 2,7 % de téguments fendillés y compris les pois fendus, 0,6 % de pois fendus et 7,3 % d'autres dommages, ce qui lui a prévalu le grade de Pois Canada #3 (catégorie pois autres que pois verts, Canada). La majorité des déchets dans ce lot de pois était composé de pois fendus et de quelques grains d'avoine et d'orge. Quant au lot de graine de canola, il a obtenu le grade Canola Canada #1. Les impuretés au moment de la classification par la RMAAQ étaient de l'ordre de 1,1 %, le taux d'humidité de 8,0 %, le total des dommages se situait à 1,4 % et le pourcentage de mélange apparent était de 0,1. Le canola de printemps utilisé de variété 357RR (Brassica napus L., Monsanto Canada Inc., Winnipeg, MB) a été semé le 23 mai 2003 à une densité de 5-6 kg par hectare sur un loam argileux. Pendant la

croissance, une fertilisation a été appliquée (NPK= 70-45-10 kg/ha + Bore 2 %) ainsi qu'un herbicide (Round-up, 1 passage 1,2 L/ha). La récolte a été effectuée le 15 septembre 2003, le taux d'humidité était de 15-16 % à la récolte et le rendement était de 2,3 tonnes par hectare. Des échantillons représentatifs de pois sec et de canola entier ont été prélevés et analysés en laboratoire pour les principales composantes avant la formulation des aliments. Les résultats sont présentés au tableau 1. Il serait inutile d'analyser la teneur en tannins du pois sec, ni d'ailleurs celle des autres facteurs antinutritionnels comme les lectines ou les saponines puisque le pois jaune en contient peu (S.K. Baidoo, K. Crépon, communication personnelle, juillet et novembre 2004;). C'est pourquoi ces analyses n'ont pas été effectuées.

Les valeurs nutritionnelles, attribuées à la suite des analyses du pois sec utilisé dans le cadre de cette étude, correspondent assez bien aux valeurs que l'on retrouve dans les tables de l'INRA (2002). Pour la graine de canola, c'est toutefois différent. Sur une base humide, la graine de canola utilisée pour la présente étude est moins riche en huile (37,3 vs 42 %), plus riche en protéine brute (23,2 vs 19 %) et en lysine brute (1,29 vs 1,19 %) que les valeurs des tables de l'INRA (2002). Pour la valeur énergétique, celle proposée par l'INRA (2002) est de 5230 kcal ED/kg de canola (5672 kcal ED/kg MS) alors que notre valeur estimée est de 4307 kcal ED/kg de canola (4736 kcal ED/kg MS). D'ailleurs, tel que le rapportent Skiba et al. (1999), les valeurs d'énergie digestible rapportées sont variables selon les références. Pour la graine de canola broyée, on rapporte des valeurs d'énergie digestible qui varient entre 3436 et 5604 kcal/kg MS. En s'inspirant des données obtenues par Skiba et al. (1997, 1999, 2002), nous avons établi la valeur énergétique (ED) de la graine de canola 357RR cultivée au Québec en considérant à la fois la disponibilité de l'huile du canola après broyage et sa teneur en énergie brute (tableau 1).

Tableau 1 Caractéristiques nutritionnelles de lots de pois sec et de graine de canola utilisés pour l'essai en engraissement (tel que servis)

Analyses chimiques	Graine de canola	Pois sec
Matière sèche (%)	90,95	84,72
Protéine brute (%)	23,16	19,14
Matière grasse (%)	37,27	1,15
Lysine brute (digestible) (%) ¹	1,29 (1,01)	1,45 (1,20)
Méthionine brute (digestible) (%) ¹	0,43 (0,35)	0,18 (0,14)
Méthionine + Cystine brute (digestible) (%) ¹	0,95 (0,76)	0,47 (0,35)
Thréonine brute (digestible) (%) ¹	0,99 (0,70)	0,73 (0,56)
Tryptophane brute (digestible) (%) ¹	0,32 (0,23)	0,17 (0,12)
Disponibilité <i>in vitro</i> de la matière grasse (%) ²	84,16	-
Énergie brute (kcal/kg) ³	6 204	3 766
Énergie digestible (kcal/kg)	4 307 ⁴	3 314 ⁵
Énergie nette (kcal/kg) ⁵	3 271	2 312
ADF (%)	13,17	7,84
NDF (%)	20,63	14,17
Vomitoxine (ppb) ⁶	nd	nd
Glucosinolates (µmoles/g)	11,46	-
Acide érucique (% des acides gras totaux)	0,06	-

¹ Analyse chimique des acides aminés totaux. Estimation des acides aminés digestibles selon la table des matières premières du CDPQ (2004)

² Mesurée à partir de la technique de laboratoire proposée par Skiba et al. (2002)

³ Analysée en laboratoire avec une bombe calorimétrique adiabatique

⁴ Estimée en considérant la disponibilité *in vitro* de la matière grasse de la graine entière après mouture et la teneur en énergie brute mesurée en laboratoire. Adaptée de Skiba et al. (1997, 1999 et 2002). Voir figure 2.

⁵ Calculée à partir des coefficients d'utilisation de l'énergie proposés par Noblet et al. (2003)

⁶ Non détectable. Sous le seuil de détection qui est de 222 ppb

Afin d'estimer la disponibilité *in vitro* de la matière grasse de la graine de canola, des essais de broyage ont été effectués préalablement aux fabrications des aliments. Il était essentiel de s'assurer de la qualité de la mouture afin de libérer correctement la matière grasse et d'attribuer à la graine de canola une valeur énergétique correspondant à la disponibilité de son huile. Pour assurer un broyage de qualité, un mélange de canola entier et de maïs moulu (40:60) a été effectué. Le broyage de ce mélange a été réalisé avec un broyeur à marteau (SHUTTE, modèle 24-20-301, California pellet mill co. (cpm), Valrico, FL) et une grille de 2,8 mm de diamètre (7/64 po) à la vitesse de 3 600 tr/min. La

vis d'alimentation a été réglée à 65 ampères et l'alignement des marteaux était de 5 marteaux : 8 tiges. La granulométrie moyenne du mélange « canola/maïs » après mouture était de 474 µm.

Par la suite, la disponibilité de la matière grasse *in vitro* de la graine de canola a été déterminée en adaptant la technique de laboratoire proposée par Skiba et al. (2002), mise au point par le CETIOM en France. Les matières grasses disponibles sont obtenues avec le calcul suivant :

$$(\text{Mat. grasses facilement extractibles} / \text{Mat. grasses facilement extractibles} + \text{résiduelles}) * 100$$

Cette technique consiste à comparer la quantité d'huile extraite en une heure à la quantité d'huile totale extraite par la méthode de référence pendant deux périodes de trois heures. La technique du CETIOM a été modifiée en considérant les différences entre les équipements utilisés dans nos laboratoires et ceux en France. Dans la présente étude, les extractions ont été effectuées avec un appareil Soxtec (Tecator AB, Höganäs, Suède). Pour plus de détails concernant la technique de laboratoire, consulter l'annexe A.

Considérant le fait qu'un mélange a été effectué entre le canola entier et le maïs moulu pour les fins de broyage, la disponibilité de la matière grasse *in vitro* de la graine de canola a été retrouvée comme suit :

$$\frac{(\text{Disp. mat. grasse mélange canola/maïs} - (\% \text{ maïs dans le mélange} * \text{disp. mat. grasse maïs}))}{\% \text{ canola dans le mélange}}$$

La disponibilité des matières grasses constitue un bon indice de la valeur énergétique de la graine de canola (ED) en fonction de la qualité du broyage (Skiba et al., 2002). La valeur nutritionnelle de la graine de canola est très dépendante des conditions de broyage, particulièrement lorsque celle-ci est présentée en farine (Skiba et al., 2002). En s'inspirant des données de Skiba et al. (1997, 1999 et 2002), une équation de prédiction a été développée pour estimer la digestibilité de l'énergie à partir de la disponibilité *in vitro* de la matière grasse de la graine de canola (figure 2).

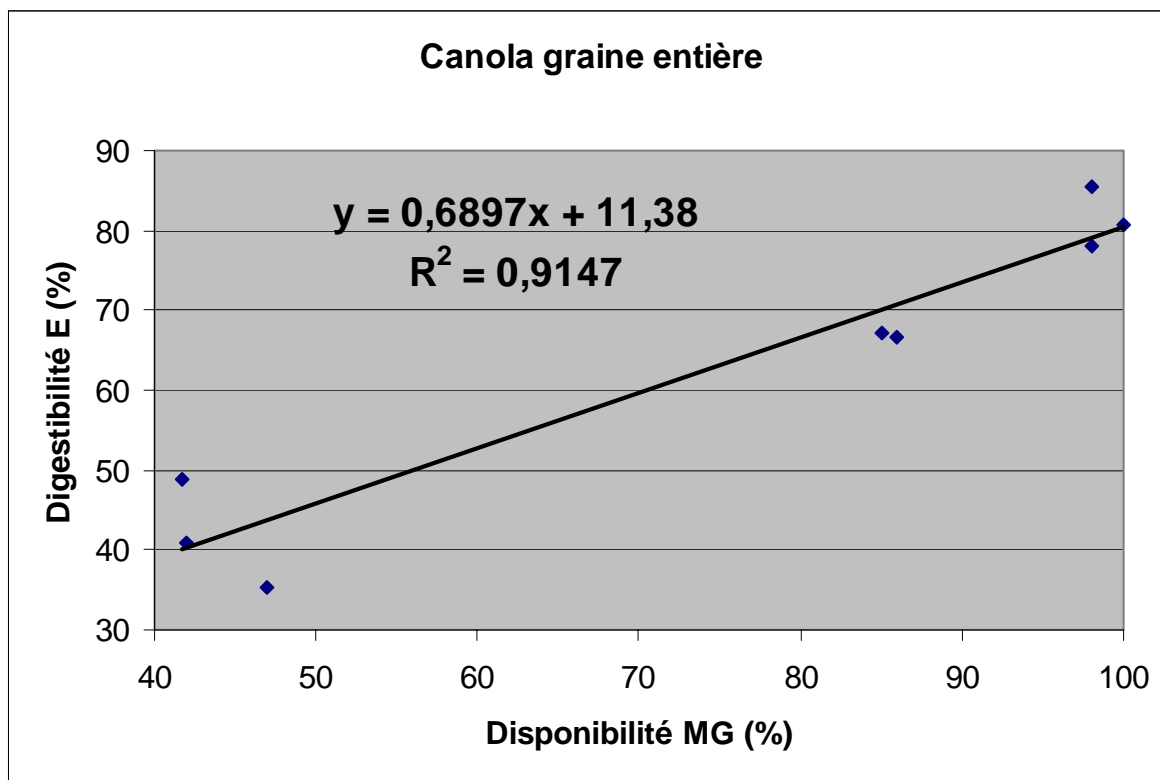


Figure 2 : Relation entre la digestibilité de l'énergie de la graine de canola et la disponibilité *in vitro* de la matière grasse

L'énergie digestible de la graine de canola est ainsi estimée :

$$ED \text{ (kcal/ kg MS)} = \frac{EB \text{ canola} \cdot (0,6897 \cdot \text{disponibilité } \textit{in vitro} \text{ de la matière grasse} + 11,38)}{100}$$

L'énergie brute, si elle ne peut être analysée en laboratoire, peut être estimée selon l'équation proposée par Noblet et al. (2003) qui est la suivante :

$$EB \text{ (kcal/kg MS)} = 4256 + (14,73 \cdot PB) + (9,25 \cdot CB) + (52,4 \cdot MG) - (44,6 \cdot MM)$$

où PB, CB, MG et MM sont en g/kg MS et PB = protéine brute, CB = cellulose brute (ou fibre brute), MG = matières grasses et MM = matières minérales (ou cendres).

Quant au pois sec, sa mouture a été effectuée avec un broyeur à marteau (SHUTTE, modèle 24-20-301, California pellet mill co. (cpm), Valrico, FL) avec une grille de 3,6 mm de diamètre (9/64 po) à la vitesse de 3 600 tr/min. Le pois sec a été broyé seul et la granulométrie moyenne obtenue était de 688 µm.

Les recommandations relatives à l'emploi de la graine de canola et du pois sec se retrouvent à l'annexe B.

Traitements alimentaires

Un régime conventionnel (témoin) à base de tourteau de soya, de maïs et de gras a été un des régimes offerts aux animaux durant la période expérimentale. Dans le cas des deux autres traitements alimentaires, une partie des ingrédients du régime conventionnel a été remplacée respectivement par de la graine de canola au taux de 60 kg/t et par du pois sec au taux de 250 kg/t. Les valeurs nutritionnelles des lots de pois sec et de la graine de canola, déterminées préalablement, ont été utilisées pour formuler les aliments. Les spécifications nutritionnelles utilisées pour concevoir les aliments ont été celles des tables d'alimentation des porcs du CDPQ (2001). La formulation a été effectuée sur la base de l'énergie digestible et des acides aminés totaux et les aliments conçus étaient isocaloriques et isoprotéiques, sans toutefois être isolipidiques. Un programme alimentaire en trois phases (I : 20 à 50 kg; II : 50 à 75 kg; III : 75 à 109 kg) a été établi. Durant la période d'engraissement, aucun facteur de croissance n'a été incorporé aux aliments. L'eau et les aliments moulus ont été offerts à volonté durant toute la période expérimentale. Les tableaux 2, 3 et 4 présentent la composition des aliments offerts aux porcs durant leur croissance ainsi que celle du concentré d'oligo-éléments et de vitamines incorporé aux aliments.

Des analyses ont été effectuées immédiatement après la fabrication des aliments afin de vérifier leur conformité. Des échantillons de chacun des aliments ont été prélevés à chaque semaine, combinés après plusieurs échantillonnages et acheminés dans différents laboratoires pour les fins d'analyses chimiques.

Tableau 2 : Composition des aliments (tels que servis)

Quantité par tonne	DÉBUT (20 À 50 KG)			CROISSANCE (50 À 79 KG)			FINITION (79 À 109 KG)		
	Témoin	Canola	Pois	Témoin	Canola	Pois	Témoin	Canola	Pois
Maïs (kg)	647,03	628,17	456,41	751,93	733,01	561,11	812,83	794,10	623,81
Tourteau de soya (kg)	294,48	268,82	230,31	203,20	174,16	137,89	143,04	113,96	77,40
Gras (kg)	21,92	9,38	29,31	11,24	-	19,26	11,39	-	18,20
Pois (kg)	-	-	250	-	-	250	-	-	250
Graine de canola (kg) ¹	-	60	-	-	60	-	-	60	-
L-Lysine HCl (kg)	2,23	2,26	0,98	2,19	2,33	0,61	2,55	2,69	0,98
DL-Méthionine (kg)	0,61	0,44	1,08	0,21	0,17	0,54	0,09	0,06	0,42
L-Thréonine (kg)	0,18	0,14	0,26	-	-	-	-	-	-
L-Tryptophane (kg)	0,12	0,09	0,20	0,11	0,11	0,20	0,24	0,24	0,33
Pierre à chaux (kg)	13,25	12,66	12,95	13,17	13,05	12,83	12,29	12,17	11,70
Phosphate bicalcique (kg)	12,30	10,17	10,64	10,00	9,22	9,62	9,57	8,78	9,17
Sel (kg)	5,00	4,99	4,98	5,07	5,07	5,06	5,12	5,12	5,11
Vitamines et minéraux mineurs (kg)	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
Antimoisissure (kg) ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Antioxydant (kg) ³	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

Tableau 2 (suite)

Analyses chimiques	DÉBUT (20 À 50 KG)			CROISSANCE (50 À 79 KG)			FINITION (79 À 109 KG)		
	Témoin	Canola	Pois	Témoin	Canola	Pois	Témoin	Canola	Pois
Matière sèche (%)	87,79	87,85	87,87	88,43	88,32	88,40	87,40	87,59	87,12
Protéine brute (%)	20,07	20,78	20,26	16,64	16,53	16,43	13,28	13,77	13,42
Matière grasse (%)	4,56	5,00	5,26	4,29	4,57	4,89	4,47	5,12	4,57
Lysine brute (dig.) (%) ⁴	1,23 (1,13)	1,30 (1,18)	1,22 (1,08)	1,02 (0,92)	1,01 (0,92)	0,98 (0,86)	0,85 (0,78)	0,89 (0,80)	0,82 (0,71)
Méthionine brute (dig.) (%) ⁴	0,36 (0,34)	0,36 (0,33)	0,39 (0,36)	0,28 (0,26)	0,27 (0,26)	0,28 (0,26)	0,23 (0,23)	0,23 (0,22)	0,24 (0,22)
Méth. + Cystine brute (dig.) (%) ⁴	0,67 (0,65)	0,70 (0,64)	0,72 (0,64)	0,55 (0,53)	0,55 (0,53)	0,54 (0,51)	0,46 (0,47)	0,48 (0,47)	0,48 (0,44)
Thréonine brute (dig.) (%) ⁴	0,76 (0,67)	0,80 (0,66)	0,78 (0,65)	0,64 (0,53)	0,63 (0,52)	0,63 (0,52)	0,51 (0,45)	0,53 (0,44)	0,52 (0,43)
Tryptophane brute (dig.) (%) ⁴	0,26 (0,21)	0,27 (0,20)	0,25 (0,20)	0,19 (0,16)	0,19 (0,16)	0,19 (0,15)	0,17 (0,14)	0,17 (0,14)	0,16 (0,14)
Calcium (%)	0,93	0,84	0,83	0,89	0,82	0,85	0,66	0,65	0,70
Phosphore total (%)	0,64	0,63	0,62	0,58	0,59	0,59	0,43	0,44	0,48
Sodium (%)	0,22	0,19	0,18	0,25	0,23	0,26	0,22	0,20	0,23
Énergie digestible (ED; kcal/kg) ⁵	3445	3447	3478	3416	3410	3441	3371	3375	3381
Énergie nette (EN; kcal/kg) ⁵	2471	2477	2484	2512	2516	2522	2528	2539	2526
Ratio lysine brute / ED	3,57	3,77	3,51	2,99	2,96	2,85	2,52	2,64	2,43
Ratio lysine digestible / EN	4,57	4,76	4,35	3,66	3,66	3,41	3,09	3,15	2,81
Granulométrie (µm)	693	665	702	641	633	634	592	569	586

¹ Broyé en mélange avec du maïs (60 % maïs et 40 % graine de canola) et incorporé au taux de 150 kg/t

² Myco CURB ® (Agri-Marketing Corp., Mont St-Hilaire, Québec)

³ Endox ® (Agri-Marketing Corp., Mont St-Hilaire, Québec)

- ⁴ Acides aminés totaux (digestibles). Les acides aminés digestibles ont été calculés en considérant les acides aminés totaux analysés et les facteurs de conversion proposés par le système de formulation utilisant les tables des matières premières du CDPQ (2004)
- ⁵ Selon les tables des matières premières du CDPQ (2004) pour la majorité des ingrédients. Pour la graine de canola, l'énergie digestible a été estimée en considérant la disponibilité *in vitro* de la matière grasse de la graine entière après mouture et la teneur en énergie brute mesurée en laboratoire. Voir figure 2. L'énergie digestible du pois ainsi que l'énergie nette de la graine de canola et du pois ont été calculées à partir des coefficients d'utilisation de l'énergie proposés par Noblet et al. (2003).

Tableau 3 : Composition en acides gras des aliments pour porcs

Acides gras ¹	DÉBUT (20 À 50 KG)			CROISSANCE (50 À 79 KG)			FINITION (79 À 109 KG)		
	Témoin	canola	Pois	Témoin	canola	Pois	Témoin	canola	Pois
10 :0	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,07	0,02	0,03
12 :0	0,07	0,04	0,09	0,04	0,03	0,06	0,07	0,03	0,05
14 :0	0,53	0,22	0,66	0,41	0,11	0,52	0,39	0,09	0,54
c9-14 :1	0,09	0,04	0,09	0,05	0,02	0,09	0,06	0,02	0,07
15 :0	0,08	0,06	0,13	0,10	0,04	0,10	0,08	0,03	0,11
16 :0	14,43	9,94	15,11	13,27	9,47	13,98	13,30	8,79	14,18
c9-16 :1	0,85	0,40	0,99	0,26	0,21	0,75	0,52	0,17	0,81
17 :0	0,25	0,14	0,31	0,24	0,10	0,28	0,18	0,10	0,26
18 :0	5,93	3,65	7,22	5,63	2,83	5,76	4,29	2,39	5,72
t6 à t12-18 :1 ²	3,67	1,42	4,68	2,01	0,60	3,18	2,20	0,38	3,38
c9-18 :1	30,92	41,67	32,57	27,22	37,69	30,60	29,84	40,80	31,75
c11-18 :1	1,89	2,63	2,19	1,44	2,23	1,75	1,73	2,40	1,96
t9,t12-18 :2	0,21	0,09	0,27	0,11	0,04	0,24	0,14	0,05	0,20
c9,c12-18 :2	38,26	33,64	32,16	46,35	40,64	39,04	44,32	38,73	37,40
c9,c12,c15-18 :3	2,32	5,45	3,02	2,36	5,40	3,16	2,31	5,42	3,07
20 :0	0,47	0,58	0,46	0,47	0,55	0,46	0,49	0,60	0,48
Σ saturés	21,8	14,7	24,0	20,2	13,2	21,2	18,9	12,1	21,4
Σ monoinsaturés ³	33,8	44,7	35,8	28,9	40,2	33,2	32,2	43,4	34,6
Σ polyinsaturés ³	40,6	39,0	35,2	48,7	46,0	42,2	46,6	44,2	40,5

¹ Exprimés en % des acides gras totaux identifiés. L'abréviation indique, le cas échéant, la nature (« c » = cis et « t » = trans) et la position (nomenclature Δ où le 1^{er} carbone est le groupement COOH) doubles liaisons suivies du nombre total de carbone et du nombre de doubles liaisons des acides gras.

² Somme des isomères t6, t8, t9, t10, t11 et t12.

³ Ne considère pas les acides gras trans

Tableau 4 : Apports en oligo-éléments et vitamines provenant du prémélange incorporé aux aliments

		Par kg d'aliment complet
Vitamine A	(U.I.)	10 000
Vitamine D3	(U.I.)	1 500
Vitamine E	(U.I.)	60
Ménadione	(mg)	2,2
Thiamine	(mg)	2,0
Riboflavine	(mg)	5,0
Niacine	(mg)	30
Acide pantothénique	(mg)	20
Acide folique	(mg)	1
Pyridoxine	(mg)	3,0
Biotine	(mg)	0,25
Vitamine B12	(mcg)	30
Choline (addition séparée)	(mg)	500
Manganèse	(mg)	40
Zinc	(mg)	100
Fer	(mg)	150
Cuivre	(mg)	25
Iode	(mg)	0,6
Sélénium	(mg)	0,3

Mesures des performances zootechniques

Durant toute la période d'engraissement, les poids des animaux et les quantités d'aliments offerts et refusés ont été mesurés à intervalles réguliers pour établir les GMQ, les courbes de croissance, les consommations alimentaires et les taux de conversion alimentaire des porcs. Les pesées ont été réalisées lors du transfert des porcs en engraissement, au début de l'essai, à chaque changement d'aliment et au moment de la sortie pour l'abattage avant le début de la mise à jeun (20, 26, 50, 79 et 109 kg). Les régimes expérimentaux ont été offerts aux porcs immédiatement après le transfert en engraissement soit, à 20 kg de poids vif. Une période d'adaptation aux nouveaux aliments a été réalisée durant sept jours (20 à 26 kg), l'essai a officiellement débuté après cette période. La consommation alimentaire a été mesurée pour chacun des parcs (deux porcs). Les quantités d'aliments offerts étaient mesurées à chaque jour et les refus dans la trémie étaient pesés lors du changement d'aliments ou de la sortie des animaux. Afin de réduire le gaspillage et mieux quantifier la prise alimentaire, des chaînes ont été installées dans les trémies, ce qui a permis de réduire l'ouverture des trappes.

L'installation de compteurs d'eau individuels en cours d'essai (Lecomte, modèle LR, Saint-Hyacinthe, QC) pour chacun des parcs nous a permis de mesurer l'ingestion d'eau des porcs de 40 à 109 kg de poids vif.

Des mesures ont également été prises sur chacun des animaux vivants à différents intervalles pendant l'engraissement (50, 79 et 109 kg) pour suivre l'évolution de l'épaisseur du gras dorsal et de muscles. Ces mesures ont été prises au niveau de la 3^e et de la 4^e avant-dernières côtes avec un appareil à ultrasons (UltraScan 50, Novéko, Montréal, Canada). C'est à partir de l'épaisseur du gras dorsal et du poids des porcs que les masses lipidique et protéique de chacun des porcs ont été estimées (Pomar et Rivest, 1996). L'utilisation d'une mesure *in vivo* comme l'épaisseur du gras dorsal présente le double avantage d'être facile à mesurer et de pouvoir être prise à différents moments pendant la croissance. Pour un animal donné, on peut donc estimer le gain quotidien en lipides et en protéines pour une période donnée sans avoir à l'abattre. Les équations de prédiction utilisées dans la présente étude sont celles présentées par Rivest et al. (1999).

Lorsque les porcs atteignaient le poids du marché, ils étaient acheminés à l'abattoir Salaisons Brochu inc. (St-Henri, QC) après un jeûne minimal de 16 h afin d'être abattus, pesés et classifiés. Les deux porcs d'un même parc étaient acheminés à l'abattoir simultanément, i.e., lorsque le poids total du parc était de 216 kg; l'unité expérimentale étant le parc. Les abattages se sont échelonnés sur trois semaines. Les données relatives à la carcasse ont été récupérées pour chacun des porcs abattus (poids chaud de la carcasse, épaisseurs de gras et de muscle mesurées au site de classification avec une sonde invasive, rendement en viande maigre, indice de classement, prix obtenu, etc.). Vingt-quatre heures post-abattage, des échantillons de gras dorsal ont été prélevés pour chacune des carcasses directement à l'abattoir afin d'en évaluer la composition en acides gras et ainsi avoir une appréciation de la fermeté du gras de porc. Les échantillons de gras ont été prélevés sur le même côté de la carcasse, au site de classification et toutes les couches de gras sous-cutané ont été prélevées. Afin de procéder aux analyses, les échantillons de gras des carcasses issus des porcs d'un même parc ont été jumelés. Les acides gras présents dans les aliments et le gras sous-cutané ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse en utilisant les méthodes décrites par Chouinard et al. (1997) avec une colonne CP Sil 88 de 100 m (Chrompack, Middelburg, The Netherlands).

Le protocole prévoyait la prise en considération des mortalités ou des porcs retirés de l'expérience en cours de route. Toutefois, aucun porc n'a été retiré ou n'est mort durant l'expérience. Des traitements curatifs ont été appliqués de façon individuelle lorsque nécessaire (4 porcs).

Analyse économique

L'analyse économique vise à évaluer l'impact de l'utilisation de la graine de canola ou du pois sec en remplacement d'une partie des ingrédients d'un régime conventionnel (tourteau de soja, maïs et gras) sur la marge du producteur, celle-ci étant la différence entre les revenus et les coûts d'alimentation liés à l'engraissement d'un porc. Toutefois, l'analyse s'attarde plus spécifiquement aux coûts d'alimentation, puisqu'il s'agit du poste de dépenses qui risque le plus d'être affecté par une modification du régime alimentaire. L'évaluation est effectuée dans un contexte de fabrication en meunerie commerciale et quelques nuances sont apportées pour les fabrications à la ferme.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques pour la présente étude ont été effectuées selon la décomposition suivante des degrés de liberté:

	d.l.
Traitement	2
Covariable	1
Covariable*traitement	2
Erreur	<u>33</u>
Total	38

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide de l'analyse de variance selon un modèle complètement aléatoire. Les analyses de variance ont été réalisées à l'aide de la procédure « MIXED » de SAS (1999). Les données ont été validées à l'aide d'une analyse sur les rangs à partir de la procédure « RANK » de SAS (1999) et utilisées par la suite pour une analyse à l'aide de la procédure « MIXED » de SAS (1999). S'il s'avérait que cette analyse donnait une conclusion différente de l'analyse sur les données brutes, une validation plus approfondie devait être effectuée sur les résidus du modèle. Toutefois, aucune valeur douteuse n'a été identifiée lors de l'analyse des résidus.

Une analyse de covariance a été réalisée à partir de la procédure « MIXED » de SAS (1999) pour l'ensemble des variables. Le poids vif au début de l'essai (20 kg) et à la fin de l'essai (109 kg) ainsi que les poids à 50 et 75 kg ont été utilisés comme covariables. Le poids initial a été utilisé pour l'ensemble des variables alors que le poids final a été la covariable pour les données d'abattage, les performances zootechniques de la dernière phase alimentaire (79-109 kg) et de la période globale (26-109 kg) ainsi que pour les épaisseurs de gras et de muscle, les masses lipidique et protéique à 109 kg et les gains des périodes 79 à 109 kg et 50 à 109 kg. Quant aux poids vif de 50 et 79 kg, ces covariables ont été utilisées pour les épaisseurs de gras et de muscle, les masses

lipidique et protéique à 50 et 79 kg, respectivement. Lorsque les covariables n'étaient pas significatives, ce sont les moyennes ajustées du modèle sans covariable qui ont été retenues. Finalement, afin de comparer les moyennes ajustées, un test de T avec ajustement de Bonferroni a été effectué lorsque des différences statistiques ont été détectées entre les traitements.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Performances zootechniques

Le tableau 5 présente les données relatives à l'ingestion des aliments et des nutriments par phase alimentaire et pour la durée totale de l'engraissement. Selon les résultats, la consommation alimentaire quotidienne d'aliments est similaire entre les traitements, peu importe la période. Que ce soit durant la période d'adaptation de 7 j (20 à 26 kg), ou durant les autres phases, la prise alimentaire n'a pas diminué lorsque l'aliment contenait de la graine de canola ou du pois sec.

La teneur en glucosinolates du canola graine entière utilisée lors du présent essai était de 11,5 $\mu\text{mol/g}$ de canola, ce qui laisse croire que ce niveau était suffisamment bas pour ne pas affecter la consommation alimentaire des porcs (tableau 1). Des problèmes d'inappétence surviennent lorsque les niveaux de glucosinolates (52 $\mu\text{mol/g}$ de colza) et de leurs produits d'hydrolyse sont élevés (Grosjean et al., 1987). Aucune baisse d'ingestion n'est observée chez le porc en croissance en utilisant du colza (6 % de la ration) à faible teneur en glucosinolates (17 $\mu\text{mol/g}$ de colza), peu importe le broyage employé pour mouliner le colza (broyé ou aplati) (Castaing et al., 1998). Ces auteurs ont toutefois observé une baisse de la prise alimentaire chez le porcelet (11 à 27 kg) nourri à volonté et particulièrement lorsque le mode de broyage permettait que la graine de colza soit entièrement brisée (aplatissement de la graine). Ce genre de technologie entraînerait une libération maximale des glucosinolates et provoquerait un effet négatif chez le jeune animal nourri à volonté (Castaing et al., 1998). Comme ils le démontrent, plus la technologie de broyage est efficace pour briser la graine entière, plus les glucosinolates sont libérés (9, 14 et 16 μmoles de glucosinolates par gramme de colza entier, broyé et aplati, respectivement, pour une analyse sans broyage de laboratoire).

L'ajout de pois sec aux rations des porcs à l'essai au taux de 250 kg/t, n'a pas modifié leur comportement alimentaire. Par contre, Mathé et al. (2003) ont rapporté un changement du comportement alimentaire des porcs par la présence de pois dans la ration sans toutefois que la croissance ne soit modifiée. Une baisse de l'ingestion quotidienne d'aliments est survenue lorsqu'une ration sans pois a été remplacée par un régime avec pois (130 kg/t d'aliment). Selon les données et les commentaires recueillis, il serait utile d'introduire progressivement le pois aux rations des porcs (B. Stefanyshyn-Cote, communication personnelle, août 2004). Toutefois, les résultats du présent essai ne démontrent pas cette nécessité.

De plus, puisque l'ingestion alimentaire est la même entre les régimes avec du pois sec et les deux autres traitements, ceci laisse croire que les facteurs antinutritionnels, s'ils

étaient présents dans le pois sec utilisé, n'étaient pas en assez grande concentration pour affecter la consommation de l'aliment. D'ailleurs, il n'a pas été recommandé d'analyser ces composantes puisque le pois jaune est bien valorisé par le porc et aussi parce que les variétés existantes en contiennent peu (S.K. Baidoo ; K. Crépon, communication personnelle, juillet et novembre 2004). De plus, lorsque les aliments conçus avec du pois sec sont équilibrés sur la teneur en acides aminés, ils n'induisent pas de diminution d'ingestion (Mathé et al., 2003). Le pois est une matière première riche en lysine, mais relativement pauvre en acides aminés soufrés, ainsi qu'en thréonine et tryptophane (Crevieu-Gabriel, 1999). L'utilisation des acides aminés industriels pour équilibrer les apports en acides aminés des aliments des porcs permet de rehausser le taux d'incorporation de pois jusqu'au taux de 30 à 40 % en finition sans détériorer les performances zootechniques des animaux (Gatel et al., 1990; Quéméré, 1990). Selon ces énoncés, il semble donc que les aliments qui ont été conçus avec du pois sec, dans le cadre du présent projet, étaient bien équilibrés au niveau des acides aminés.

Puisque les régimes expérimentaux n'étaient pas isolipidiques, on constate que la consommation de matières grasses n'est pas la même entre les traitements (tableau 5). Ceci est expliqué en partie par le fait que les aliments étaient formulés pour être isoénergétiques. Malgré cela, l'énergie nette ingérée est la même peu importe le traitement. De plus, on constate que la source et la quantité de matière grasse utilisée dans les rations (gras « Feed Fat » constitué de 50 % de gras animal et de 50% de gras végétal ou l'huile de la graine de canola) n'ont pas influencé la prise alimentaire des porcs.

Considérant le fait que les aliments sont isocaloriques et isoprotéiques et que la consommation alimentaire est la même entre les traitements, il était prévisible que l'ingestion d'énergie (digestible et nette) et de protéine brute soit identique entre les traitements, peu importe la phase alimentaire (tableau 5). Quant à la lysine brute ingérée, elle est la même entre les traitements si on compare le régime témoin aux rations contenant de la graine de canola ou du pois sec. Malgré que la consommation alimentaire soit la même entre les traitements, la lysine brute ingérée est plus faible lorsque le régime contenant du pois sec est servi aux animaux comparativement à celui avec de la graine de canola pour les périodes de 20 à 26 kg et de 26 à 109 kg (tableau 5). Le scénario n'est pas tout à fait le même si on considère la lysine digestible consommée. La lysine digestible ingérée est similaire entre les traitements témoin et « canola », peu importe la période. Par contre, le traitement avec du pois sec est relié parfois à une consommation de lysine digestible similaire à celle du régime témoin (phases de 26 à 50 kg et de 50 à 79 kg) et d'autres fois plus faible que celle des deux autres traitements (20 à 26 kg, 79 à 109 kg et 26 à 109 kg). Malgré les faibles différences entre les régimes expérimentaux, on constate que les rations contenant du pois sec ont eu tendance à être

un peu moins concentrées en lysine (tableau 2), ce qui peut expliquer les différences d'ingestion entre les traitements en ce qui a trait à la lysine brute ou digestible. Par ailleurs, les concentrations des autres acides aminés retrouvées dans les aliments ne suivent pas la même tendance que celle de la lysine.

Les performances zootechniques observées tout long de la période expérimentale sont présentées au tableau 6. Il n'existe pas de différence significative entre les traitements alimentaires pour le poids vif en début d'essai (26,18 kg) ni pour celui en fin d'expérience (109,42 kg). Le gain moyen quotidien et l'ingestion des aliments ne sont pas différents entre les régimes à l'étude, peu importe la période alimentaire. Les porcs qui ont consommé le régime contenant du pois sec ou de la graine de canola convertissent les aliments en kg de gain de la même façon qu'avec les aliments du régime témoin. Par contre, ceux qui ont ingéré celui avec du pois sec ont tendance ($P=0,06$) à convertir plus efficacement les aliments que les porcs qui ont consommé le régime contenant de la graine de canola durant la période globale de 26 à 109 kg (tableau 6). Si on intègre la période d'adaptation dans la période globale (20 à 109 kg), cette tendance se traduit par un effet significatif ($P= 0,04$). Pour cette période, la conversion alimentaire est de 2,52ab, 2,58a et 2,46b pour les traitements témoin, « graine de canola » et « pois sec », respectivement (résultats non présentés). D'ailleurs, cet effet se fait sentir dès le début de l'essai soit, entre 20 et 26 kg de poids vif ($P=0,07$) et durant la phase de 79 à 109 kg ($P=0,01$). Ainsi, la tendance durant la période de 26 à 109 kg est de l'ordre de 0,12 point de conversion soit, une amélioration de 4,5 % de la conversion alimentaire pour le régime avec du pois sec comparativement à celui avec de la graine de canola. La conversion alimentaire est le rapport entre la quantité d'aliments consommés et le gain de poids. Malgré qu'aucune différence significative ne soit détectée entre les traitements pour le GMQ et la consommation alimentaire, les différences détectées pour la conversion alimentaire sont toutefois attribuables à des différences numériques entre les traitements pour ces variables.

Quoiqu'on note une plus faible ingestion de lysine digestible pour le régime contenant du pois sec par rapport à celui avec de la graine de canola et le témoin (période allant de 26 à 109 kg; tableau 5), les performances des porcs ne sont pas inférieures (tableau 6). Ainsi, la quantité de lysine brute consommée par kg de gain entre 26 et 109 kg de poids est améliorée avec le traitement contenant du pois sec comparativement aux traitements « canola » et témoin (tableau 6). Les différences d'ingestion par rapport au traitement contenant du pois sont respectivement de + 2,7 et + 1,9 g de lysine digestible par jour de 26 à 109 kg de poids pour les traitements contenant la graine de canola et le témoin (tableau 5). La protéine idéale consommée en excès des besoins peut engendrer une baisse des performances (Roy, 2001) et la prise alimentaire des porcs (Taverner et al., 1977 ; Tyler et al., 1983 ; Campbell et al., 1984 ; Chen et al., 1999, cités par Roy, 2001).

Selon les résultats de Roy (2001), une baisse du GMQ (effet linéaire) est observée entre 22 et 65 kg de poids sans que la prise alimentaire ne soit modifiée lorsque la protéine équilibrée de la ration augmente de 152 à 165, puis à 178 g/kg d'aliment. Ces teneurs élevées en protéine idéale se sont traduites, entre autres, par des teneurs en lysine digestible de la ration de 1,25, 1,36 à 1,46 %, respectivement. Dans la présente étude, les teneurs en lysine digestible des rations avec de la graine de canola et le témoin ne sont pas aussi élevées (respectivement 1,18 et 1,13 % lysine digestible pour les aliments 20-50 kg et 0,92 % pour les aliments 50-79 kg) mais la conversion alimentaire tend à se détériorer pour le traitement canola comparativement au traitement « pois ». Ces résultats suggèrent que la quantité de lysine digestible ingérée par les porcs des groupes « canola » et témoin pourrait avoir excédé leurs besoins ou que la digestibilité de la lysine de l'aliment contenant du pois pourrait avoir été sous-estimée.

Une mauvaise estimation de la valeur énergétique de la graine de canola pourrait affecter les performances des porcs et la composition de la carcasse. En fait, les tables de l'INRA (2002) proposent une valeur énergétique de 5 230 kcal ED/kg de graine de canola, sur une base telle que servie. La valeur énergétique attribuée à la graine de canola dans ces tables laisse supposer que la mouture est complète puisque dans la présente étude, une valeur de 4 307 kcal ED/kg de graine de canola a été estimée en considérant la qualité de la mouture. Dans la présente étude, si la valeur attribuée à la graine de canola avait été sous-estimée, la valeur énergétique de l'aliment aurait aussi été sous-estimée. En utilisant la valeur énergétique proposée par l'INRA (2002), les porcs auraient ingéré 140 kcal ED/j de plus que ce qui a été estimé entre 26 et 109 kg de poids. Ceci représente une erreur de moins de 2 % par rapport aux 9 794 kcal ED/j ingérés par les porcs du groupe « canola » entre 26 et 109 kg (tableau 5). Cette faible erreur s'explique par le fait que la graine de canola représente seulement 6 % de l'aliment et 8 % de l'énergie digestible en finition. Avec une augmentation de la densité énergétique de l'aliment, on aurait pu observer une augmentation du dépôt lipidique (Bikker, 1994 ; cité par Roy, 2001) ou une diminution de la prise alimentaire (Pomar et Matte, 1995). Ceci ne semble pas avoir été le cas dans la présente étude puisque le régime contenant de la graine de canola n'a pas entraîné la production de carcasses plus grasses tel qu'indiqué par les épaisseurs de gras et de muscle, les masses lipidiques et protéiques et le rendement en viande maigre qui sont similaires à ceux des autres traitements (tableaux 7, 8 et 9). De la même façon, la quantité d'aliment ingérée n'était pas différente entre les traitements (tableau 5). Ceci suggère que l'énergie digestible de la graine de canola a été évaluée correctement, bien que le faible taux d'utilisation de cette matière première dans l'aliment pourrait masquer une erreur d'évaluation de sa valeur énergétique.

Les données relatives aux épaisseurs de gras et de muscle mesurées sur l'animal vivant pendant la croissance, les masses protéique (masse musculaire moins l'eau) et lipidique (masse grasseuse de la carcasse moins l'eau) ainsi que les données relatives à la carcasse prises en abattoir sont présentées aux tableaux 7, 8 et 9. Aucune différence significative n'a été détectée entre les traitements pour l'ensemble de ces variables. Malgré que les porcs ont été pesés régulièrement avant les abattages, on constate que les indices de classement ne sont pas élevés (108,9 ; tableau 9) quoique l'indice moyen provincial durant cette période était de 108,5 (Source : Site de la Fédération des producteurs de porcs du Québec [En ligne]

<http://www.fppq.upa.qc.ca/macros/prix.mac/semaine?ann=2005&sem=1, 2, 3> (Page consultée le 5 juillet 2005). Les porcs d'un même parc devaient être abattus le même jour puisque le parc représentait l'unité expérimentale. Cette démarche a rendu difficile l'atteinte du poids de marché visé. En contrepartie, si on regarde l'indice de classement pour les porcs abattus dans la bonne strate de poids carcasse (80 à 91,9 kg), on s'aperçoit qu'il y a 73,1 % des porcs qui ont été abattus dans le bon poids et que l'indice de classement de ces porcs était en moyenne de 111,8 (résultats non présentés).

Pour ce qui est de la consommation quotidienne en eau des porcs, aucune différence significative n'est ressortie entre les traitements (tableau 10). La consommation moyenne d'eau pour les porcs de 40 à 109 kg a été de 6,9 L/j. Malgré certaines différences dues au poids des porcs, les données de consommation d'eau obtenues dans la présente expérience concordent assez bien avec les résultats de Guimont et al. (2005) qui ont utilisé les mêmes équipements.

Qualité du gras dorsal

Le tableau 11 présente le profil en acide gras du gras dorsal des carcasses de porcs pour chacun des traitements alimentaires. Selon les données présentées, on constate que le gras de couverture des porcs qui ont consommé le régime contenant la graine de canola contient plus d'acides gras polyinsaturés que pour les deux autres traitements. Cette différence s'explique par la variation des teneurs des acides α -linoléique (c9,c12,c15-18 :3) et linoléique (c9,c12-18 :2) retrouvées dans le gras dorsal. Malgré des différences significatives entre les traitements au niveau des acides palmitoléique (c9-16 :1), cis-vaccénique (c11-18 :1) et margarique (17 :0), aucune différence significative n'a été détectée entre les traitements alimentaires quant aux sommes des acides gras monoinsaturés et saturés. L'indice de consistance du gras, qui est une appréciation de la fermeté du tissu grasseux chez le porc, est le même, peu importe le régime alimentaire consommé (tableau 11). Quoique le seuil visé est au-delà de 0,60, on peut dire que peu importe le régime consommé par les porcs lors de cette expérience, la consistance moyenne du gras de couverture est dans les normes acceptables, mais la limite

inférieure est presque atteinte (tableau 11). La fermeté du gras de porc est fortement influencée par la concentration en acide linoléique (c9,c12-18 :2) qu'il contient (Wood et al., 1989, cité par Eggert et al., 2001). Pour être de qualité, la teneur en c9,c12-18 :2 du gras sous-cutané ne devrait pas dépasser 12 à 15 % des acides gras totaux pour éviter les problèmes de transformation et de conservation (Girard et al., 1988, cité par Mourot, 2001) et la teneur en acide stéarique (18 :0) devrait dépasser 12 % des acides gras totaux (Courboulay et al., 1999). Dans le cadre de notre étude, tous les échantillons de gras analysés avaient moins de 15 % d'acide linoléique (c9,c12-18 :2) et une forte proportion contenait plus de 12 % d'acide stéarique (18 :0 ; 76,9, 69,2 et 69,2 % des échantillons témoin, graine de canola et pois, respectivement). On note toutefois, que la proportion des échantillons qui contiennent 12 % et plus de C18 :0 est numériquement plus faible pour les traitements avec graine de canola et pois sec.

Les acides gras alimentaires se déposent rapidement dans le gras de la carcasse des porcs. L'effet maximal est obtenu en 6 semaines, alors qu'après 2 semaines de supplémentation, 50 % de l'effet est atteint (Wood et al., 2003). Par conséquent, on peut donc supposer que dans la présente étude, c'est principalement la composition en acides gras de l'aliment de finition, mais à un degré moindre celle de l'aliment offert durant la croissance, qui ont influencé le profil en acides gras du gras dorsal des porcs.

La synthèse endogène des acides gras est inhibée lorsque des acides gras polyinsaturés sont ingérés favorisant ainsi le dépôt direct de ces acides gras dans le gras de la carcasse. L'huile végétale ajoutée au régime, comparativement au gras animal, a un effet plus important pour inhiber la synthèse endogène des acides gras, à cause des acides gras polyinsaturés qu'elle contient (Schinckel et al., 2002). La résultante est que les acides gras de l'huile se retrouvent probablement plus facilement dans le gras de la carcasse que ceux du gras animal. Dans la présente étude, les rations de croissance et de finition contenant de la graine de canola procurent aux animaux exclusivement de l'huile végétale comme source de gras (principalement dans le canola et le maïs), alors que pour les régimes témoin et « pois sec », la source de gras est d'origine animale et végétale (tableau 2). Le gras animal et le maïs utilisés fournissent en grande partie le gras aux rations témoin et à celles contenant du pois, les apports en gras venant du pois et du tourteau de soya étant faibles. Selon le fournisseur, le gras utilisé (Gras animal stabilisé «Feed Fat») est un mélange en proportion égale de gras animal (volaille, porc et bœuf) et d'huile de cuisson recyclée. Malgré la présence de gras animal dans les rations témoin et celles avec du pois, on retrouve autant d'acides gras polyinsaturés dans ces aliments que dans ceux avec de la graine de canola (tableau 3). Les rations témoin en contiennent des quantités similaires. L'huile que contient le maïs serait une source importante d'acide linoléique (55 % c9,c12-18 :2 ; Jenkins, 2005) et il est fort

probable que le gras utilisé apporte de bonnes proportions d'acides gras insaturés dans les rations.

Peu importe le traitement alimentaire appliqué, il semble donc que les acides gras alimentaires polyinsaturés se sont déposés dans le gras de couverture des porcs en réduisant la synthèse endogène des acides gras. Les teneurs élevées en acide α -linoléique (c9,c12,c15-18 :3) des régimes avec canola, se sont incorporés proportionnellement dans le gras dorsal des porcs et le pourcentage d'acide linoléique (c9,c12-18 :2) déposé semble suivre assez bien les teneurs retrouvées dans les aliments.

L'acide oléique (c9-18 :1) est la composante majeure du tissu grasseux des porcs, elle excède 40 % des acides gras totaux (Cameron et al., 1990, cité par Eggert et al., 2001). Cette affirmation est validée par les résultats que nous avons obtenus. Cet acide gras retrouvé dans le gras animal proviendrait à la fois d'une synthèse endogène et de l'aliment (Warnants et al., 2001). L'incorporation des acides gras monoinsaturés alimentaires dans le gras de porc, est moins prononcée que pour les polyinsaturés (Warnants et al., 2001). Quoique les rations avec de la graine de canola contenaient plus d'acide oléique (c9-18 :1) que les autres rations (tableau 3), on n'en retrouve pas plus dans le gras des porcs alimentés avec cette ration comparativement aux autres traitements (tableau 11).

Quant aux acides gras trans (t6 à t12-18 :1 et t9,t12-18 :2), on en retrouve plus dans le gras de couverture des porcs qui ont ingéré le régime avec du pois sec; le traitement témoin est intermédiaire alors que les porcs qui ont consommé le traitement « graine de canola » en contiennent le moins. Ces acides gras ne sont pas de source endogène ne pouvant pas être synthétisés par les porcs (Y.C. Chouinard, communication personnelle, avril 2005) et ils proviennent donc de l'aliment. Les acides gras trans résultent de l'hydrogénation chimique ou biologique des acides gras insaturés. Les huiles végétales hydrogénées sont donc des sources d'acides gras trans tout comme le gras de ruminant en raison de l'hydrogénation des acides gras alimentaires par les microorganismes du rumen (Palmquist, 2005). Les gras de friture peuvent contenir passablement d'acides gras trans (0-35 %), tout comme les «shortenings» (0-30 %), mais le gras de ruminant est moins riche en ceux-ci (3 %) (Hunter, 2005, cité par Palmquist, 2005). D'après nos observations, lorsque la quantité de gras ajoutée à la ration augmente (tableau 2), les concentrations des acides gras trans augmentent dans les rations (tableau 3) et s'accroît dans le gras de couverture des porcs (tableau 11). Les rations (croissance et finition) et le gras dorsal des porcs qui ont ingéré le régime avec de la graine de canola, contiennent une faible quantité d'acides gras trans, malgré que l'huile du canola ne devrait pas en contenir. Ceci peut s'expliquer par le fait que la méthode de détection de ces acides gras

par chromatographie peut engendrer des erreurs puisque que les teneurs sont faibles et par conséquent difficiles à détecter.

Le gras utilisé dans les aliments des porcs à l'essai (Gras animal stabilisé « Feed Fat ») est constitué en proportion égale de gras animal (volaille, porc et bœuf) et d'huile de cuisson recyclée. Selon nos analyses, il contiendrait des acides gras trans (7,9 % de t6 à t12-18 :1 et 0,4 % de t9,t12-18 :1). L'impact de la consommation des acides gras trans sur la santé humaine est une source d'inquiétude depuis de nombreuses années. Il a été récemment démontré que la consommation de certains acides gras trans peut modifier de façon négative le profil lipidique sanguin chez les humains (Palmquist, 2005). Quoique les acides gras trans ingérés par les porcs dans cette expérience se soient incorporés dans le gras de couverture des carcasses, il est important de préciser que leur concentration dans le gras dorsal reste faible et qu'aucune analyse de la composition en acides gras de la viande n'a été effectuée, ce qui ne nous permet pas d'extrapoler les résultats pour la viande de porc. Il est toutefois intéressant de spécifier qu'il est reconnu que les acides gras alimentaires sont incorporés plus efficacement dans les dépôts de gras de couverture, comme le gras dorsal des porcs, que dans les dépôts qui ont un rôle structurant, comme le gras intramusculaire (Warnants et al., 2001). De plus, la relation entre la nature des acides gras ingérés et ceux déposés dans le gras du porc est élevée, mais elle est moindre dans le muscle (Mourot, 2001).

Tableau 5 : Ingestion quotidienne de nutriments 1

	PROGRAMME ALIMENTAIRE				
Adaptation (20-26 kg)	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	P
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	1,22	1,22	1,18	0,04	0,47
Protéine brute (g/j)	244,92	253,10	238,98	7,49	0,96
Matière grasse (g/j)	55,65 a	60,90 b	62,04 b	1,85	0,003
Lysine brute (g/j)	15,01 ab	15,83 b	14,39 a	0,46	0,01
Lysine digestible (g/j)	13,79 a	14,37 a	12,74 b	0,41	0,001
Énergie digestible (kcal/j)	4204,04	4198,52	4102,51	127,74	0,67
Énergie nette (kcal/j)	3015,43	3017,04	2930,03	91,44	0,56
Phase I (26-50 kg)					
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	1,93	1,89	1,93	0,05	0,68
Protéine brute (g/j)	387,36	393,57	390,53	9,29	0,80
Matière grasse (g/j)	88,01 a	94,70 b	101,39 c	2,28	< 0,0001
Lysine brute (g/j)	23,74	24,62	23,51	0,57	0,14
Lysine digestible (g/j)	21,81 ab	22,35 a	20,82 b	0,51	0,02
Énergie digestible (kcal/j)	6649,06	6528,51	6704,09	157,41	0,53
Énergie nette (kcal/j)	4769,18	4691,36	4788,08	112,79	0,66

Tableau 5 (suite)

Phase II (50-79 kg)	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	P
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	2,73	2,82	2,78	0,08	0,55
Protéine brute (g/j)	453,84	465,84	456,15	13,67	0,65
Matière grasse (g/j)	117,01 a	128,79 b	135,76 b	3,86	< 0,0001
Lysine brute (g/j)	27,82	28,46	27,20	0,83	0,33
Lysine digestible (g/j)	25,09 ab	25,93 a	23,88 b	0,74	0,03
Énergie digestible (kcal/j)	9316,82	9609,98	9553,43	283,86	0,55
Énergie nette (kcal/j)	6851,25	7090,53	7001,96	208,56	0,52
Phase III (79-109 kg)					
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	3,96	3,96	3,86	0,17	0,81
Protéine brute (g/j)	525,35	531,73	518,60	22,87	0,95
Matière grasse (g/j)	176,83 a	202,87 b	176,60 a	8,03	0,003
Lysine brute (g/j)	33,63	35,26	31,69	1,44	0,06
Lysine digestible (g/j)	30,86 a	31,70 a	27,44 b	1,28	0,005
Énergie digestible (kcal/j)	13336,00	13373,00	13066,00	571,74	0,84
Énergie nette (kcal/j)	10001,00	10060,00	9761,48	428,50	0,76

Tableau 5 (suite)

Global (26-109 kg)	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	P
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	2,49	2,53	2,47	0,06	0,59
Protéine brute (g/j)	453,15	467,49	451,89	12,20	0,39
Matière grasse (g/j)	125,54 a	141,16 b	136,16 b	3,38	0,0002
Lysine brute (g/j)	28,21 ab	29,35 b	27,25 a	0,74	0,03
Lysine digestible (g/j)	25,74 a	26,57 a	23,87 b	0,67	0,0009
Énergie digestible (kcal/j)	9648,59	9793,78	9627,63	241,14	0,76
Énergie nette (kcal/j)	7114,54	7246,95	7069,60	176,63	0,58

¹ Moyennes ajustées

² Tel que servis

Tableau 6 : Performances zootechniques des porcs¹

	PROGRAMME ALIMENTAIRE				
Adaptation (20-26 kg)	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	P
Poids initial (kg)	20,71	20,67	21,01	0,61	0,83
Poids final (kg)	26,31	26,00	26,24	0,25	0,44
GMQ (g/j)	787,60	744,90	779,80	34,14	0,42
C.A.	1,56	1,66	1,52	0,06	0,07
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	1,22	1,22	1,18	0,04	0,47
Apport de lysine brute / kg gain	19,15 a	21,53 b	18,52 a	0,75	0,0007
Durée (j) ³	7,00	7,00	7,00	-	-

Tableau 6 (suite)

Phase I (26-50 kg)	Témoïn	Canola	Pois	Erreur-type	P
Poids initial (kg)	26,31	26,00	26,24	0,25	0,44
Poids final (kg)	50,44	49,63	50,69	0,59	0,18
GMQ (g/j)	965,10	945,20	976,60	18,35	0,24
C.A.	2,00	2,00	1,97	0,04	0,69
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	1,93	1,89	1,93	0,05	0,68
Apport de lysine brute / kg gain	24,63 a	26,05 b	24,09 a	0,47	0,0006
Durée (j) ³	25,00	25,00	25,00	-	-
Phase II (50-79 kg)					
Poids initial (kg)	50,44	49,63	50,69	0,59	0,18
Poids final (kg)	79,21	79,18	80,12	1,27	0,70
GMQ (g/j)	1064,50	1096,30	1090,90	30,58	0,54
C.A.	2,57	2,58	2,54	0,06	0,80
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	2,73	2,82	2,78	0,08	0,55
Apport de lysine brute / kg gain	26,20	26,04	24,90	0,58	0,06
Durée (j) ³	27,00	27,00	27,00	-	-

Tableau 6 (suite)

Phase III (79-109 kg)	Témoïn	Canola	Pois	Erreur-type	P
Poids initial (kg)	79,21	79,18	80,12	1,27	0,70
Poids final (kg)	108,73	109,70	109,84	0,94	0,48
GMQ (g/j)	1277,50	1244,60	1315,80	61,33	0,52
C.A.	3,10 ab	3,19 a	2,95 b	0,08	0,01
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	3,96	3,96	3,86	0,17	0,81
Apport de lysine brute / kg gain	26,37 a	28,43 b	24,18 c	0,67	< 0,0001
Durée (j) ³	23,46	25,08	22,92	-	-
Global (26-109 kg)					
Poids initial (kg)	26,31	26,00	26,24	0,25	0,44
Poids final (kg)	108,73	109,70	109,84	0,94	0,48
GMQ (g/j)	1096,10	1091,40	1115,90	25,42	0,60
C.A.	2,59	2,64	2,52	0,05	0,06
Ingestion quotidienne d'aliments (kg/porc) ²	2,84	2,88	2,81	0,07	0,63
Apport de lysine brute / kg gain	25,71 a	26,85 a	24,45 b	0,45	< 0,0001
Durée (j) ³	75,46	77,08	74,92	-	-

¹ Moyennes ajustées. Pour certaines variables (poids à 26, 50 et 79 kg, C.A. 26-50 kg), les moyennes ajustées considèrent l'effet de la covariable du poids à 20 kg qui a été appliquée

² Tel que servis

³ Durée moyenne de la période (nombre moyen de jours de présence par parc)

Tableau 7 : Épaisseurs de muscle et de gras de la carcasse ^{1, 2}

	ÉPAISSEURS DE GRAS (MM)						ÉPAISSEURS DE MUSCLE (MM)					
	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	Covariable	P	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	Covariable	P
50 kg	7,97	7,92	7,91	0,30	-	0,98	44,97	43,99	43,21	0,76	Poids 50kg	0,08
79 kg	11,67	12,30	11,86	0,63	Poids 79kg	0,58	57,54	56,65	56,11	0,98	Poids 79kg	0,35
109 kg	15,00	15,17	14,81	0,74	Poids 109 kg	0,89	64,66	63,86	63,50	1,09	-	0,56
Gain 50-79 kg	3,69	4,26	4,09	0,50	-	0,52	12,42	12,97	13,04	0,99	-	0,79
Gain 79-109 kg	3,05	3,06	2,97	0,54	-	0,98	7,20	7,35	6,88	1,06	-	0,90
Gain 50-109 kg	7,00	7,30	6,88	0,61	Poids 109 kg	0,78	19,62	20,33	19,92	1,02	-	0,78

¹ Mesures effectuées au niveau de la 3^e et de la 4^e avant-dernières côtes à partir d'un appareil à ultrasons

² Moyennes ajustées. Pour certaines variables, les moyennes ajustées considèrent les effets des covariables poids à 50, 79 et 109 kg qui ont été appliqués.

Tableau 8 : Masse corporelle en muscle et en gras de la carcasse ^{1, 2}

	MASSE LIPIDIQUE (KG)						MASSE PROTÉIQUE (KG)					
	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	Covariable	P	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	Covariable	P
50 kg	7,39	7,49	7,33	0,19	Poids 50 kg	0,71	8,20	8,18	8,21	0,04	Poids 50 kg	0,71
79 kg	16,19	16,60	16,30	0,41	Poids 79 kg	0,59	12,41	12,33	12,39	0,08	Poids 79 kg	0,59
109 kg	27,82	27,93	27,69	0,49	Poids 109 kg	0,89	16,26	16,23	16,28	0,10	Poids 109 kg	0,89
Gain 50-79 kg	8,67	9,19	9,17	0,47	-	0,47	4,13	4,20	4,18	0,12	-	0,83
Gain 79-109 kg	11,78	11,64	11,11	0,58	Poids 109 kg	0,49	3,98	3,96	3,76	0,19	Poids 109 kg	0,19
Gain 50-109 kg	20,42	20,73	20,22	0,45	Poids 109 kg	0,53	8,07	8,15	7,97	0,15	Poids 109 kg	0,48

¹ Estimation à partir du poids vif et des mesures aux ultrasons. Selon Rivest et al. (1999)

² Moyennes ajustées. Pour certaines variables, les moyennes ajustées considèrent les effets des covariables poids à 50, 79 et 109 kg qui ont été appliquées

Tableau 9 : Données d'abattage ¹

Paramètres	PROGRAMME ALIMENTAIRE				
	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	P
Poids chaud de la carcasse (kg)	89,87	88,91	89,01	0,61	0,24
Rendement de la carcasse (%)	82,01	81,31	81,27	0,56	0,34
Épaisseur de gras (mm) ²	16,54	16,89	17,00	0,78	0,83
Épaisseur de muscle (mm) ²	63,90	64,73	63,90	1,33	0,78
Rendement en viande maigre de la carcasse (%) ³	61,70	61,58	61,49	0,39	0,87
Indice de classement ⁴	108,38	108,92	109,42	1,82	0,85

¹ Moyennes ajustées. Pour certaines variables (poids carcasse, épaisseur de gras, rendement en viande maigre), les moyennes ajustées considèrent l'effet de la covariable poids à 109 kg qui a été appliquée

² Mesurée en abattoir avec une sonde invasive Destron

³ Estimé à partir d'une équation de prédiction. Source : Site de la Fédération des producteurs de porcs du Québec [En ligne]

<http://www.fppq.upa.qc.ca/documents/Producteurs/Gestdap-guide-technique.PDF> (Page consultée le 2 juin 2005)

⁴ À cause de l'effet non linéaire du poids final (109 kg) sur l'indice, la covariable « poids à 109 kg » n'a pu être appliquée

Tableau 10 : Consommation quotidienne en eau¹

Période	CONSOMMATION EN EAU (LITRE/TÊTE-JOUR)				
	Témoin	Canola	Pois	Erreur-type	P
40-50 kg	5,83	6,72	5,61	0,66	0,23
50-79 kg	5,95	6,64	6,04	0,71	0,57
79-109 kg	7,61	8,77	7,69	1,00	0,44
40-109 kg	6,54	7,49	6,55	0,75	0,36

¹ Moyennes ajustées considérant l'effet de la covariable « poids à 20 kg » qui a été appliquée. Inclut la consommation et le gaspillage.

Tableau 11 : Pourcentage d'acides gras dans le gras sous-cutané des carcasses de porcs¹

Acides gras ²	PROGRAMME ALIMENTAIRE				
	Témoin	Canola	Pois	Erreur type	P
10 :0	0,24	0,24	0,23	0,01	0,91
12 :0	0,41	0,41	0,42	0,03	0,96
14 :0	1,50	1,45	1,50	0,04	0,31
16 :0	23,04	22,44	22,71	0,30	0,16
C9-16 :1	2,03 a	1,74 b	1,98 a	0,06	< 0,0001
17 :0	0,32 a	0,27 b	0,39 c	0,01	< 0,0001
18 :0	12,64	12,55	12,68	0,30	0,91
t6 à t12-18 :1 ³	0,70 a	0,31 b	0,95 c	0,02	< 0,0001
c9-18 :1	40,78	41,42	41,19	0,46	0,38
c11-18 :1	2,46 a	2,24 b	2,46 a	0,05	< 0,0001
t9,t12-18 :2	0,15 a	0,11 b	0,17 c	0,003	< 0,0001
c9,c12-18 :2	11,96 ab	12,42 a	11,26 b	0,32	0,004
c9,c12,c15-18 :3	0,72 a	1,29 b	0,85 c	0,03	< 0,0001
20 :0	0,35	0,38	0,36	0,01	0,15
c11-20 :1	0,86	0,90	0,91	0,03	0,27
c11,c14-20 :2	0,58	0,59	0,54	0,02	0,06
Autres	1,25 a	1,24 a	1,39 b	0,04	0,001

Tableau 11 (suite)

	PROGRAMME ALIMENTAIRE				
Acides gras ²	Témoin	Canola	Pois	Erreur type	P
Σ saturés	38,50	37,74	38,28	0,57	0,39
Σ monoinsaturés ⁴	46,13	46,30	46,54	0,51	0,72
Σ polyinsaturés ⁴	13,27 a	14,30 b	12,66 a	0,36	0,0002
Indice de consistance du gras ⁵	0,624	0,606	0,623	0,02	0,40
C18 :0 > 12 % (%)	76,9	69,2	69,2	-	-
C18 : 2 n-6 < 15 % (%)	100	100	100	-	-

¹ Moyennes ajustées

² Exprimés en % des acides gras totaux identifiés. L'abréviation indique, le cas échéant, la nature (« c » = cis et « t » = trans) et la position (nomenclature Δ où le 1^{er} carbone est le groupement COOH) doubles liaisons suivies du nombre total de carbone et du nombre de doubles liaisons des acides gras.

³ Somme des isomères t6, t8, t9, t10, t11 et t12

⁴ Ne considère pas les acides gras trans

⁵ % (16 :0 + 18 : 0) / % (16 :1 + 18 :1 + 18 :2). Le 18 :1 inclut le c9-18 :1 et le c11-18 :1 et le 18 :2 inclut seulement c9,c12-18 :2.

Source : Techni Porc, 2000, vol. 23, no 4 : 5-22

Analyse économique

Trois éléments sont nécessaires pour estimer l'impact de l'utilisation de la graine de canola ou du pois en remplacement d'une partie du tourteau de soja sur les coûts d'alimentation, soit : le prix des aliments, la quantité d'aliment consommée par les porcs pour chacune des phases alimentaires et le surcoût de préparation de la graine de canola et du pois pour leur utilisation dans une meunerie commerciale. La graine entière de canola doit être broyée avant son utilisation par les porcs. Compte-tenu des particularités de cette graine, qui est petite, dure et riche en huile, elle doit *a priori* être mélangée à un autre ingrédient pour effectuer un broyage de qualité et permettre une digestion optimale par les porcs. Toutefois, une distinction doit être faite entre une utilisation de la graine en meunerie ou à la ferme. En effet, pour les fabrications avec une moulange à la ferme, les grains sont broyés et mélangés en même temps. Donc, ceci ne permet pas d'effectuer préalablement un mélange et un broyage avec une céréale

comme le maïs par exemple. Des essais préalables devraient être effectués afin de vérifier la qualité de la mouture de la graine de canola dans ces conditions.

Le pois doit également être broyé en meunerie commerciale avant son utilisation. Dans son cas, le broyage se fait de façon conventionnelle comme pour une céréale usuelle, sans difficulté particulière. Nous allons tenir compte de ces particularités dans l'analyse économique puisque ces prétraitements représentent une étape supplémentaire - et donc un surcoût - dans la fabrication de l'aliment complet du fait que les ingrédients habituellement utilisés comme sources de protéines sont incorporés directement à la moulée lors de sa fabrication, sans traitement préalable (ex.: tourteau de soya, farine de viande, tourteau de canola,...). Un des surcoûts occasionnés par les prétraitements est lié à la capacité d'entreposage des meuneries commerciales. L'utilisation de la graine de canola ou du pois sec nécessite un silo pour l'entreposage de l'ingrédient brut, ainsi qu'un autre silo pour l'entreposage de l'ingrédient moulu, ce qui nécessite deux silos supplémentaires. Aucun coût supplémentaire n'est attribué à la manipulation du maïs. Même si ce dernier nécessite un broyage et un entreposage, des silos sont déjà prévus en meunerie pour cet ingrédient couramment utilisé : il est déjà disponible en meunerie alors que ce n'est pas nécessairement le cas pour le pois sec et la graine de canola.

Surcoût occasionné par le prétraitement de la graine entière du canola utilisée en meunerie commerciale

La figure 3 représente les étapes nécessaires, à partir de la réception à la meunerie de la graine de canola entière jusqu'à la fabrication d'un aliment. Après la réception et l'entreposage de la graine entière, plusieurs étapes sont requises. La graine est apportée au mélangeur pour effectuer le mélange maïs moulu/ canola entier. À cause de la teneur élevée en huile de la graine de canola, un antioxydant pourrait être incorporé au mélange « maïs/canola entier » afin de prévenir la rancidité de l'huile. La quantité exacte à ajouter n'a pas fait l'objet d'une évaluation précise, mais 150 g/t d'un produit concentré comme par exemple, l'éthoxyquine pourrait *a priori* faire l'affaire, représentant un coût d'environ 1 \$/t de mélange (ou 2,50 \$/t de graine de canola) (source confidentielle, communication personnelle, 7 juin 2005). Après le mélange, le broyage et l'ajout de l'antioxydant, le produit final doit également être entreposé à nouveau afin d'être utilisé dans les fabrications d'aliments. La durée d'entreposage maximale du produit broyé n'est pas connue, mais il semblerait sage de ne pas le conserver trop longtemps.

Réception de la graine entière

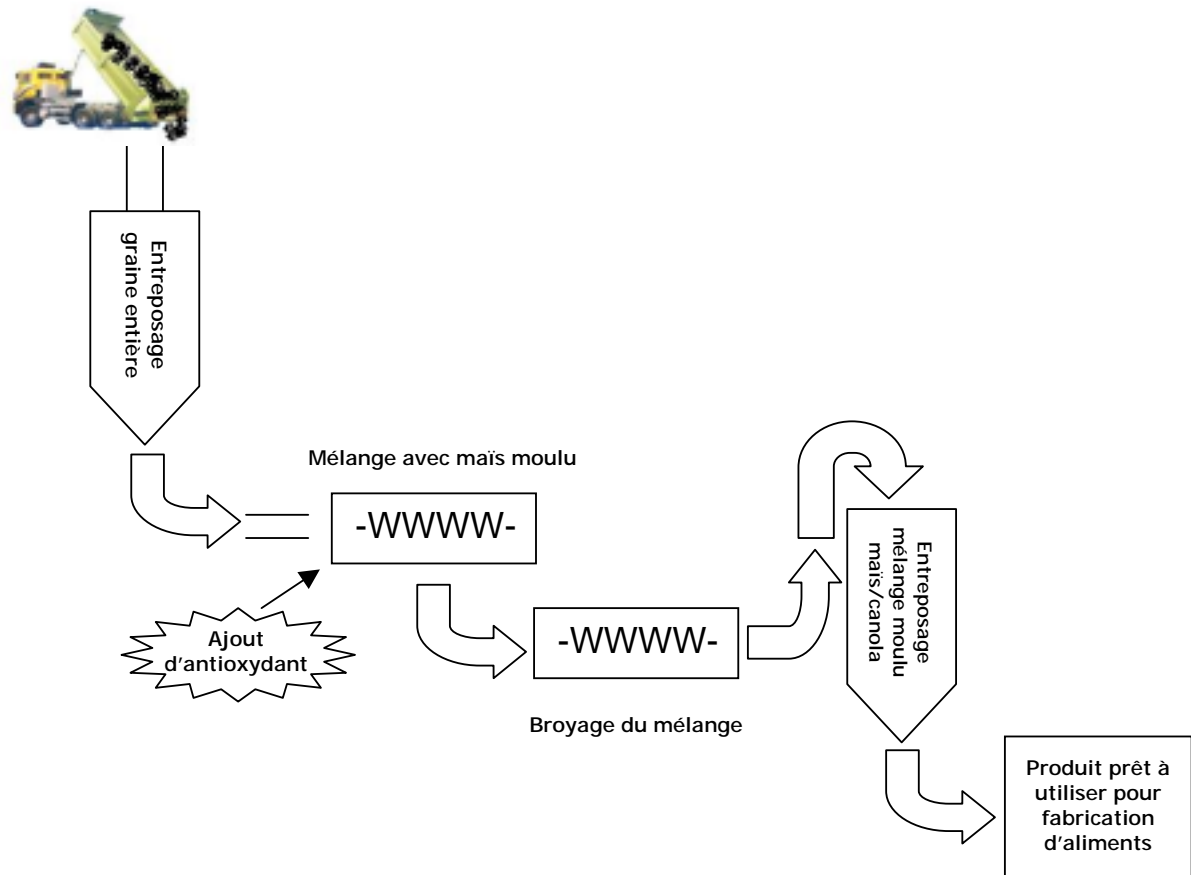


Figure 3 : Étapes requises pour le prétraitement de la graine entière de canola afin de permettre son utilisation dans une meunerie commerciale

Une consultation auprès de spécialistes en fabrication d'aliments commerciaux a été faite pour chiffrer le surcoût relié à ces opérations. Selon les sources (trois spécialistes du Québec, communication personnelle, juin 2005), le coût total de ce prétraitement atteindrait 15 \$/t, qu'il faut additionner au prix de la graine de canola qui entre en usine. On peut supposer que ces coûts supplémentaires pourraient être appelés à diminuer avec l'augmentation de l'utilisation de cet ingrédient.

Surcoût occasionné par le prétraitement du pois en meunerie commerciale

En ce qui concerne le pois sec, le seul prétraitement à effectuer avant la fabrication consiste en une mouture. On considère qu'un silo de réception pour le pois entier est nécessaire, il y a les opérations reliées à la mouture et un deuxième silo est nécessaire pour l'entreposage du produit broyé. Selon les mêmes spécialistes en fabrication d'aliments pour le bétail, le coût total pour moudre et entreposer le pois est évalué à

3 \$/t de produit qui entre en usine. Comme pour la graine entière de canola, on suppose que ces coûts supplémentaires pourraient être appelés à diminuer avec l'augmentation de l'utilisation de cet ingrédient.

Impacts sur les coûts d'alimentation pour un contexte de fabrication en meunerie commerciale

Pour les fins de cette évaluation, les données relatives au régime conventionnel (témoin) ont été comparées aux résultats des deux autres régimes expérimentaux qui contenaient de la graine de canola ou du pois sec. Le prix des aliments a été calculé en considérant une fabrication en meunerie commerciale, les recettes utilisées et le prix des ingrédients au moment de la formulation (octobre 2004). La quantité totale d'aliment consommé est estimée à partir de la conversion alimentaire et du gain de poids de chaque période alimentaire.

Comme la consommation alimentaire des porcs est la même entre le traitement témoin par rapport aux traitements contenant de la graine de canola et du pois sec, la quantité d'aliment consommé a été calculée à partir des résultats moyens de conversion alimentaire (C.A.) et de gain de poids obtenus lors des différentes phases alimentaires.¹ Le tableau 12 présente les performances zootechniques utilisées pour l'analyse économique.

Tableau 12 : Données zootechniques retenues pour l'analyse économique

Phase alimentaire	Poids (kg)			Conversion alimentaire
	Initial	Final	Gain de poids moyen	Moyenne
I	26,18	50,25	24,07	1,99
II	50,25	79,50	29,25	2,56
III	79,50	109,42	29,92	3,08

¹ La seule différence significative observée entre les traitements est une différence de conversion alimentaire (C.A.) entre l'aliment contenant de la graine de canola et celui avec du pois. Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre la C.A. de l'aliment témoin et celui avec de la graine de canola, ou entre l'aliment témoin et celui avec du pois sec.

Les coûts des aliments pour le mois d'octobre 2004 ont été obtenus en utilisant le prix des différents ingrédients (FOB Québec) présentés au tableau 13.

Tableau 13 : Prix des principaux ingrédients

Prix des principaux ingrédients (FOB Québec, octobre 2004)	
Ingrédients	(\$/t)
Maïs	134,34
Tourteau de soja	248,21
Graine de canola ¹	318,11
Pois sec ²	178,00
Gras (Feed Fat)	430,67

¹ Inclut 15 \$/t de plus pour le prétraitement

² Inclut 3 \$/t de plus pour le prétraitement

L'estimation des coûts d'alimentation par phase d'engraissement a été effectuée en considérant le prix des différents ingrédients en octobre 2004 (FOB meunerie Québec), 25 \$/t de coût de fabrication, des frais supplémentaires de 15 \$/t de graine de canola et de 3 \$/t de pois utilisé. Tous les surcoûts liés au protocole expérimental² ont été exclus. Selon le tableau 14, on constate que les aliments contenant du pois ou de la graine de canola sont plus onéreux que les aliments témoin lors de la période étudiée (octobre 2004). Par exemple, l'aliment contenant de la graine de canola offert durant la phase I (26 à 50 kg de poids) coûtait 1,46 \$ de plus par tonne que l'aliment témoin.

Tableau 14 : Écart de prix entre les aliments témoin et ceux qui contiennent de la graine de canola et du pois sec pour un contexte de fabrication en meunerie commerciale (octobre 2004)

Écart de prix par rapport au témoin ¹ (\$/t)		
Phase alimentaire	Canola	Pois
I	+ 1,46	+ 8,67
II	+ 4,40	+ 7,94
III	+ 4,37	+ 7,57

¹ 236, 219 et 220 \$/t pour les aliments témoin des phases I, II et III, respectivement. Il s'agit ici d'un prix FOB meunerie (incluant 25 \$ de coût de fabrication) qui ne peut être comparé à un prix de vente au producteur. En effet, il ne tient pas compte des coûts de transport à la ferme, des escomptes, du « mark-up » ou d'autres frais supplémentaires.

² Exemples : frais de criblage, frais d'ensachage, etc.

Comparativement aux aliments témoin, les coûts d'alimentation sont plus élevés si les aliments contiennent du pois sec ou de la graine de canola pour l'ensemble de la période d'engraissement (26 à 109 kg; tableau 15). Pour les aliments contenant de la graine de canola, cette hausse des coûts d'alimentation est de 0,81 \$/tête par rapport aux aliments témoin. Quant aux aliments contenant du pois, l'augmentation est de 1,72 \$/tête par rapport aux aliments témoin (tableau 15). Ces écarts s'expliquent par les différences de coûts des aliments.

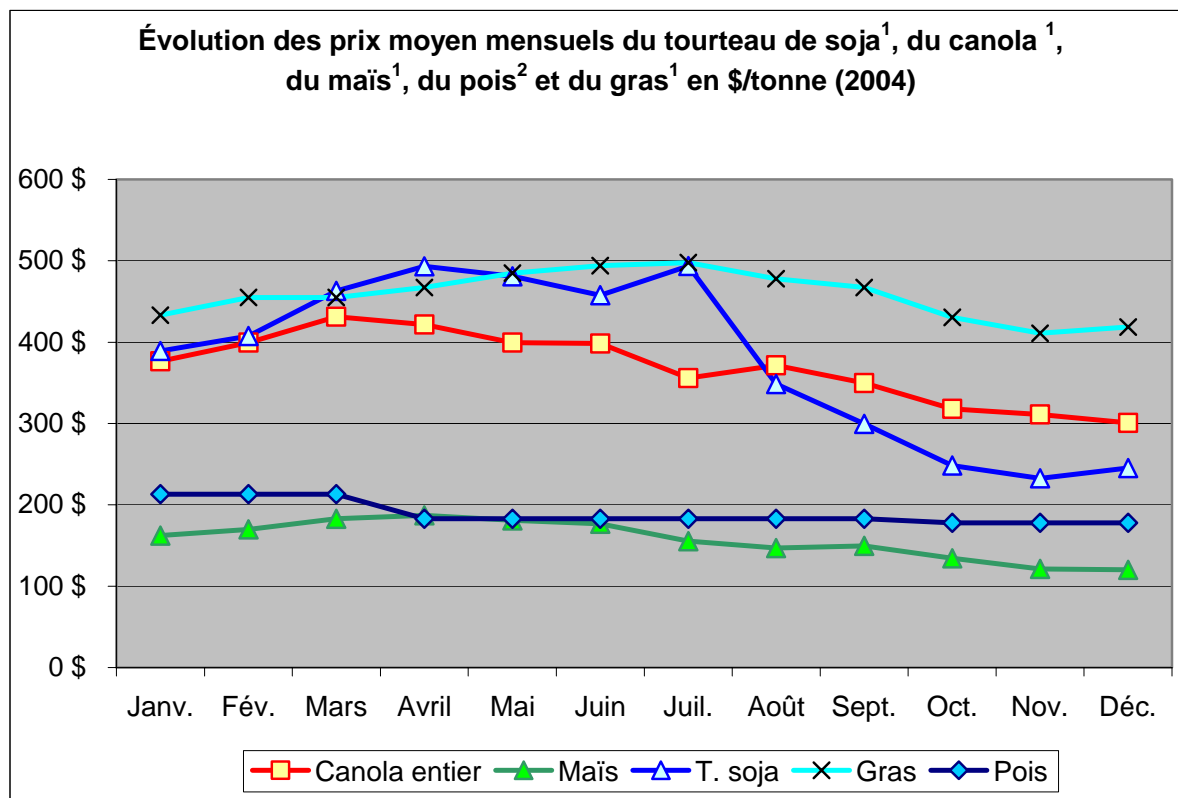
Tableau 15: Différence de coûts d'alimentation entre les aliments témoin et ceux qui contiennent de la graine de canola et du pois durant la période 26 à 109 kg de poids vif (contexte d'une meunerie commerciale)

Écart de coût par rapport au témoin ¹ (\$ / tête)		
Phase alimentaire	Canola	Pois
I	+ 0,07 \$	+ 0,42 \$
II	+ 0,33 \$	+ 0,60 \$
III	+ 0,41 \$	+ 0,70 \$
Global	+ 0,81 \$	+ 1,72 \$

¹ 11,31, 16,40 et 20,25 \$ / tête pour les aliments témoin des phases I, II et III, respectivement

Outre un impact sur le coût d'alimentation qui diffère selon les phases, les prix des ingrédients constituent un facteur déterminant lors de l'évaluation de l'impact sur les coûts d'alimentation. Même si l'avantage de coûts apparaît être principalement pour le traitement témoin, cet avantage n'est pas nécessairement acquis puisque le prix des ingrédients change dans le temps. En effet, la valeur des différents ingrédients a varié durant l'année 2004, de même que la relation entre les prix des différents ingrédients.

Selon la figure 4, les prix mensuels moyens de la graine de canola et du tourteau de soja, ont évolué de façon assez similaire en 2004, notamment par le fait que le soja et le canola sont deux proches substituts dans l'industrie agroalimentaire. Malgré cette évolution similaire, on peut noter que le prix du tourteau de soja était supérieur au prix de la graine entière de canola en début d'année, mais à cause des variations d'offre et de demande pour le soja et le canola et leurs dérivés, la valeur du tourteau de soja a plongé sous la valeur du canola entier vers la fin de l'année.



Sources : 1. AAC
2. Daniel Boyaud, agr., Aliments Breton inc.

Note : Les prix ont été ramenés sur une base FOB Québec. Les prix de la graine de canola et du pois sec tiennent compte des coûts de prétraitements (15 \$/t pour la graine de canola et 3 \$/t pour le pois)

Figure 4 : Évolution des prix mensuels moyens en 2004 (FOB Québec) pour le tourteau de soya, le maïs, le gras, la graine de canola et le pois sec

Pour le pois québécois en alimentation animale, le marché est encore en développement. En effet, avec 599 ha assurés en 2004³, la production de pois sec au Québec est marginale par rapport au soja (143 320 ha) ou au canola (8 683 ha). Ces superficies ne distinguent pas la production de pois vert (alimentation humaine) ou de pois jaune (alimentation humaine et animale). Pour une meunerie, la disponibilité du pois québécois n'est pas toujours assurée surtout dans les régions où cette culture est peu répandue. De plus, l'offre peut être ponctuelle, c'est-à-dire que du pois déclassé, initialement destiné à l'alimentation humaine, peut soudainement être rendu disponible pour l'alimentation animale. Cependant, il est possible de s'approvisionner en achetant du pois importé de l'Ouest canadien.

³ La Financière agricole du Québec, Statistiques Assurance-récolte, 2005-02-04

Considérant la variation de prix en 2004, il peut parfois s'avérer économiquement avantageux d'utiliser des aliments contenant de la graine de canola ou du pois comparativement à un régime conventionnel à base de maïs, tourteau de soja et de gras. Les coûts d'alimentation ont été calculés pour le mois de juillet 2004 (au moment où le prix du tourteau de soja était à son maximum) en considérant les prix des cinq principaux ingrédients (tourteau de soja, maïs, gras, graine de canola et pois). En juillet 2004, l'utilisation du pois sec et du canola graine entière aurait été économiquement avantageuse par rapport au régime conventionnel (témoin) (tableau 16). Une économie de 0,47 \$/tête aurait été possible si une partie des ingrédients du régime conventionnel avait été remplacée par 6 % de graine de canola. L'économie est d'autant plus grande (2,22 \$/tête) qu'une partie des ingrédients du régime témoin est remplacée par du pois sec au taux de 250 kg/t.

Tableau 16 : Différence de coûts d'alimentation de 26 à 109 kg de poids entre les aliments témoin et ceux qui contiennent de la graine de canola et du pois selon la période de l'année (contexte d'une meunerie commerciale)

	Écart de coût par rapport au témoin ¹ (\$ / porc)	
	Juillet 2004	Octobre 2004
Canola	- 0,47 \$	+ 0,81 \$
Pois	- 2,22 \$	+ 1,72 \$

¹ 62,00 et 47,96 \$ / tête pour le régime témoin en juillet et octobre 2004, respectivement

Considérant le fait qu'en octobre 2004, le prix de la graine de canola et du pois sec n'était pas propice à des économies, le prix¹ qui permet des économies pour les deux ingrédients à l'essai a été calculé (tableau 17). Selon les recettes utilisées, le prix¹ financièrement avantageux en octobre 2004 pour la graine de canola aurait été de 241 \$/t et de 143 \$/t pour le pois. Ces prix¹ financièrement avantageux tiennent compte des prétraitements pour la graine de canola et le pois. Sans prétraitements, le prix¹ financièrement avantageux de la graine de canola aurait été de 256 \$/t et de 146 \$/t pour le pois.

¹ Ce prix représente ici le prix maximum d'un ingrédient à partir duquel il est financièrement avantageux d'utiliser les recettes contenant cet ingrédient plutôt que les recettes témoins.

Tableau 17: Prix financièrement avantageux pour le pois et le graine de canola en octobre 2004

	Prix du marché (\$ / t)	Prix avantageux (\$ / t)	Baisse (%)
Canola	303 \$	241 \$	20
Pois	175 \$	143 \$	18

L'évaluation économique présentée dans ce rapport ne s'applique pas directement au contexte de fabrication à la ferme. Le coûts des prémélanges ou des suppléments, l'évaluation des surcoûts, etc. ne sont pas nécessairement les mêmes.

Pour la fabrication d'aliments avec une moulange à la ferme, les graines de canola et de pois ne requièrent pas de prétraitements puisque les équipements utilisés broient et mélangent en même temps les ingrédients. L'utilisation de ces ingrédients à la ferme n'implique donc pas de silos supplémentaires pour entreposer le canola ou le pois moulu. Les surcoûts risquent donc d'être moins élevés. La recommandation d'utiliser un antioxydant dans les aliments contenant de la graine de canola est toutefois maintenue (coût de 2,50 \$/t). Il serait aussi nécessaire de vérifier la qualité de la mouture lorsque la graine de canola est utilisée à la ferme, ce qui n'a pas été vérifié dans la présente étude.

Impacts sur les revenus des producteurs

Aucune différence significative n'a été mise en évidence pour le GMQ, le poids carcasse ou le rendement en viande maigre si on compare le régime conventionnel (témoin) à l'un ou l'autre des traitements appliqués (pois et graine de canola). Donc, par rapport au régime conventionnel, nous assumons que l'utilisation du pois sec ou de la graine de canola n'entraîne pas de changements au niveau des rotations à l'intérieur d'un bâtiment ou du nombre de porcs produits, ni au niveau du prix obtenu lors de la vente des porcs. Par conséquent, les revenus par porc produit et par bâtiment seraient les mêmes quelque soit l'aliment.

Impacts sur la marge brute du producteur

Puisque l'effet des traitements alimentaires ne se fait sentir qu'au niveau des coûts d'alimentation, la différence au niveau de la marge du producteur sera attribuable aux différences de coûts d'alimentation.

CONCLUSION

Le but de cette étude est de démontrer qu'il est possible, comparativement à un régime conventionnel à base de maïs, tourteau de soya et gras, d'incorporer de la graine de canola et du pois dans les rations des porcs en croissance sans que les performances zootechniques, la composition de la carcasse et la qualité du gras ne soient altérées et, qu'économiquement, il peut être intéressant d'utiliser ces deux sources de protéines.

Les performances zootechniques des porcs ont été excellentes, peu importe le traitement alimentaire appliqué. Ceci est renforcé par le fait que ces porcs ont été nourris avec des aliments moulus. Le GMQ moyen de 1,1 kg/j et la conversion alimentaire de 2,58 le démontrent bien.

Les porcs qui consomment un régime contenant 6 % de graine de canola performant de la même manière que les animaux auxquels on a offert un régime conventionnel (témoin) à base de maïs, tourteau de soya et gras. Le scénario est le même si on compare le régime conventionnel à celui qui contient 25 % de pois. Le GMQ, la consommation et la conversion alimentaire sont les mêmes. La composition de la carcasse (épaisseurs de gras et de muscle mesurées aux ultrasons, les masses lipidique et protéique), les données d'abattage (poids chaud de la carcasse, rendement de la carcasse, rendement en viande maigre, indice de classement, etc.) et la consommation en eau sont similaires d'un traitement à l'autre. Cependant, la conversion alimentaire a tendance à s'améliorer de 4,5 % lorsqu'une ration avec du pois est offerte aux porcs comparativement à une ration contenant la graine de canola (2,52 vs 2,64; pois et canola, respectivement). Pour expliquer ces performances, nous croyons que la quantité de lysine digestible ingérée par les porcs du groupe « canola » pourrait avoir excédé leurs besoins ou que la digestibilité de la lysine de l'aliment contenant du pois pourrait avoir été sous-estimée. La teneur en glucosinolates du canola ou la valeur énergétique qui lui a été attribuée à partir d'analyses de disponibilité de l'huile ne sont pas des éléments pouvant expliquer les résultats obtenus.

Aucun problème d'inappétence n'a été observé avec la graine de canola ou le pois ajoutés aux aliments aux taux respectifs de 6 et 25 %. Il ne semble pas nécessaire d'inclure graduellement le pois aux rations des porcs afin de les y habituer (0 vs 25 %).

Il peut être économiquement intéressant d'offrir de la graine de canola ou du pois aux porcs, selon les prix des intrants majeurs. L'avantage économique de les utiliser s'explique essentiellement par le coût des aliments puisque les performances et les revenus de vente des porcs sont les mêmes comparativement à un régime conventionnel. En juillet 2004, lorsque les prix respectifs du tourteau de soya, du pois,

du canola, du maïs et du gras étaient de 494, 183, 356, 155 et 498 \$ la tonne, des économies de 0,47 \$ par tête étaient possibles en remplaçant le régime conventionnel par un aliment contenant 6 % de graine de canola alors que les économies étaient de 2,22 \$ par tête avec une ration contenant du pois (25 %). Cependant, il était plus onéreux d'utiliser les aliments avec du pois et de la graine de canola que ceux du régime conventionnel en octobre 2004 puisque le prix du tourteau de soya était plus abordable (+ 0,81 et + 1,72 \$ / tête ; canola et pois, respectivement).

Il y a plus d'acides gras polyinsaturés dans le gras de couverture des carcasses des porcs qui ont consommé de la graine de canola par rapport aux deux autres traitements. Cette différence s'explique par la variation des teneurs des acides α -linoléique (c9,c12,c15-18 :3) et linoléique (c9,c12-18 :2) retrouvées dans le gras dorsal. Les teneurs élevées en acide α -linoléique (c9,c12,c15-18 :3) des régimes avec canola, se sont incorporées proportionnellement dans le gras dorsal des porcs et le pourcentage d'acide linoléique (c9,c12-18 :2) déposé semble suivre assez bien les teneurs retrouvées dans les aliments. Malgré ce fait, le gras dorsal des carcasses de porcs est de qualité similaire d'un traitement à l'autre si on se fie à l'indice de consistance du gras (0,624, 0,606 et 0,623 ; témoin, canola et pois, respectivement) qui donne un aperçu du degré de fermeté du gras. De plus, on constate que la limite inférieure pour un gras de bonne consistance est presque atteinte, peu importe le traitement appliqué (seuil > 0,60). Donc, que ce soit pour les aliments témoin, canola ou pois, les sources de gras utilisées dans ces rations (principalement le maïs, l'huile de canola et le gras « Feed fat ») ont favorisé la production d'un gras dorsal proche de la limite inférieure acceptable pour ce qui est de la consistance.

On retrouve des acides gras trans dans le gras dorsal des porcs. Les concentrations les plus élevées se retrouvent dans le gras dorsal des porcs qui ont ingéré le régime avec du pois, suivies par les groupes témoin et « canola ». Selon les résultats observés, l'augmentation des quantités de gras ajoutée dans les rations a favorisé la hausse des concentrations de ces acides gras dans les aliments, mais également dans le gras de couverture des porcs. Les spécialistes de la nutrition humaine s'accordent pour dire que l'addition des acides gras trans en alimentation humaine est à éviter. Ces acides gras ne peuvent être synthétisés par les porcs et proviennent donc des aliments ingérés. Le gras « Feed fat » utilisé serait une source d'acides gras trans dans l'alimentation des porcs. Toutefois, dans le cadre de ce projet, aucune analyse n'a été effectuée sur la viande de porc et la quantité d'acides gras trans retrouvés dans le gras dorsal des carcasses de porcs est faible. Il serait nécessaire de vérifier l'incorporation de ces acides gras au muscle de l'animal avant d'extrapoler les résultats obtenus à la quantité d'acides gras trans dans la viande de porc.

Donc, on peut recommander l'utilisation de la graine de canola et du pois chez le porc en croissance aux taux respectifs de 60 et 250 kg/t. On peut substituer une partie des ingrédients d'un régime à base de tourteau de soya, de maïs et de gras par ces deux sources de protéines alternatives. De plus, il peut être économiquement avantageux de les utiliser dans les rations pour porcs selon le prix des intrants majeurs. Finalement, on peut dire qu'il est plus facile d'utiliser le pois que la graine de canola en alimentation porcine. La manipulation, le broyage, le taux d'inclusion à la ration (250 kg/t), etc. favoriseront probablement l'utilisation du pois en alimentation porcine.

RÉFÉRENCES

- Baidoo, Samuel Kofi [baidoo001@umn.edu] 2004, 6 juillet. Peas and canola seed. Courrier électronique personnel.
- Castaing, J., Gatel, F., Évrard, J. et J.P. Melcion. 1998. Étude de la valeur d'utilisation de la graine de colza selon le type de broyage, pour les porcelets et les porcs charcutiers. Journées Rech. Porcine en France, 30 : 289-296.
- Centre de développement du porc du Québec inc. 2001. Tables d'alimentation des porcs, 16 p.
- Centre de développement du porc du Québec inc. 2004. Tables des matières premières, 31 p.
- Chouinard, Y., Lévesque, J., Girard, V. et G.J. Brisson. 1997. Dietary soybeans extruded at different temperatures : Milk composition and *in situ* fatty acid reactions. J. Dairy Sci., 80 : 2913-2924.
- Courboulay, V., Granier, R., Bouyssière, M., Riaublanc, A., Gandemer, G. et A. Davenel. 1999. Alimentation, qualité des gras et TVM. Techni Porc, 22(3) : 21 -26.
- Crépon, Katell [k.crepon@prolea.com] 2004, 26 novembre. Graine de canola et pois-essai chez le porc. Courrier électronique personnel.
- Crevieu-Gabriel, I. 1999. Digestion des protéines végétales chez le monogastrique. Exemple des protéines de pois. INRA Prod. Anim., 12(2) : 147-161.
- Eggert, J.M., Belury, M.A., Kempa-Steczko, A., Mills, S.E. et A.P. Schinckel. 2001. Effects of conjugated linoleic acid on the belly firmness and fatty acid composition of genetically lean pigs. J. Anim. Sci., 79 : 2866-2872.
- Gatel, F. et F. Grosjean. 1990. Composition and nutritive value of peas for pigs : a review of European results. Livestock Production Science, 26 : 155-175.
- Grosjean, F., Castaing, J., Fekete, J. et F. Gatel. 1987. Utilisation de la graine de colza (variété Tandem) par le porcelet sevré et le porc charcutier. Journées Rech. Porcine en France, 19 : 295-302.
- Guimont, H., Turgeon, M.J., Pouliot, P., Godbout, S. et R. Leblanc. (Sous presse). Abreuvoirs économiseurs d'eau pour porcs en engraissement : comparaison de l'utilisation d'eau et des performances zootechniques de différents types d'abreuvoirs utilisés au Québec : rapport final. Sainte-Foy : Centre de développement du porc du Québec inc., 58 p.

- INRA. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Porcs, volailles, bovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. Paris, France : INRA-AFZ, 304 p.
- Jenkins, T. 2005. Chemistry of fats and oils. Fats and oils-Energy source for livestock rations. 41^e Conférence de nutrition de l'Est du Canada, 10 et 11 mai, Montréal : 7-20.
- Le Goff, G. et J. Noblet. 2001. Utilisation digestive comparée de l'énergie des aliments chez le porc en croissance et la truie adulte. Journées Rech. Porcine en France, 33 : 211-220.
- Mathé D., Monéger, R. et D. Guillou. 2003. Effet du pois protéagineux sur les performances et le comportement du porc lors des transitions alimentaires. Journées Rech. Porcine en France, 35 : 127-132.
- Mourot, J. 2001. Mise en place des tissus adipeux sous-cutanés et intramusculaires et facteurs de variation quantitatifs et qualitatifs chez le porc. INRA Prod. Anim., 14(5) : 355-363.
- Noblet, J., Bontems, V. et G. Tran. 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. INRA Prod. Anim., 16(3) : 197-210.
- Palmquist, D.L. 2005. A new look at fatty acid in human nutrition and health. 41^e Conférence de nutrition de l'Est du Canada, 10 et 11 mai, Montréal : 51-63.
- Pomar, C. et J.J. Matte. 1995. Effet de l'incorporation d'écailles d'avoine dans l'aliment servi à volonté sur le rationnement en nutriments, la prise alimentaire et les performances de croissance du porc en finition. Journées Rech. Porcine en France, 27 : 231-236.
- Pomar, C. et J. Rivest. 1996. Évaluation *in vivo* de la composition corporelle du porc à l'engrais. 17^e Colloque sur la production porcine, 6 novembre, Saint-Hyacinthe : 67-74.
- Quéméré, P. 1990. Synthèse des essais français et étrangers sur l'utilisation du pois protéagineux par les porcins (porcelets, porcs charcutiers et truies). Journées Rech. Porcine en France, 22 : 133-150.
- Résultats du 23^e test de contrôle des produits terminaux issus de différentes combinaisons de types génétiques de truies et de verrats parentaux agréés par le Ministère de l'Agriculture, 2000. Techni Porc, 23(4) : 5-22.

- Rivest, J., Pomar, C., Fillion, R. et D. Pettigrew. 1999. Détermination des besoins protéiques des porcs du Québec. 20^e Colloque sur la production porcine, 10 novembre, Saint-Hyacinthe : 55 p.
- Roy, A. 2001. Évaluation de la capacité d'ingestion et du potentiel de dépôt maximal chez les porcs de 20 à 65 kg de poids vif et estimation de leur composition corporelle par absorbance des rayons X. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 79 p.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS (Version 8.0), [Logiciel]. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Schinckel, A.P., Mills, S.E., Weber, T.E. et J.M. Eggert. 2002. A review of genetic and nutritional factors affecting fat quality and belly firmness. Record of Proceedings National Swine Improvement Federation Conference and Annual Meeting [CD-ROM], December 5-6, Nashville, Tennessee, vol. 27.
- Skiba, F., Evrard, J., Melcion, J.P., Castaing, J., Hazouard, I. et F. Gatel. 1997. Valorisation de la matière grasse de la graine de colza chez le porc. Annales Valicentre : 23-31.
- Skiba, F., Castaing, J., Evrard, J., Melcion, J.P. Hazouard, I. et F. Gatel. 1999. Valeur alimentaire de graines et tourteaux de colza en fonction des traitements technologiques chez le porcelet en post-sevrage. Journées Rech. Porcine en France, 31 : 215-221.
- Skiba, F., Noblet, J., Callu, P., Evrard, J. et J.P. Melcion. 2002. Influence du type de broyage et de la granulation sur la valeur énergétique de la graine de colza chez le porc en croissance. Journées Rech. Porcine en France, 34 : 67-73.
- Warnants, N., Van Oeckel, M.J. et M. De Paepe. 2001. Fat in pork : image, dietary modification and pork quality. Pig News and Information, 22(4) : 107N-113N.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. et M. Enser. 2003. Effects of fatty acids on meat quality : a review. Meat Science, 66 : 21-32.

ANNEXE A

Technique de laboratoire pour évaluer la disponibilité *in vitro* de la matière grasse de la graine de canola

Adaptation de la méthode du CETIOM (cité par Skiba et al., 2002)

Principe : Extraction rapide (1 h) de la matière grasse de l'échantillon tel que moulu à la meunerie ou à la ferme suivie d'un second broyage et d'une seconde extraction (4 h). Cette technique consiste à comparer la quantité d'huile extraite rapidement de l'échantillon de canola tel que broyé commercialement à la quantité totale d'huile extraite à la suite d'une mouture complète.

Réactif : Hexane grade HPLC

Appareillage :

Extracteur Soxtec

Étuve réglée à 103°C

Broyeur à café Black & Decker

Coton hydrophile exempt de matière extractible par l'hexane

Dessicateur

Balance analytique

Mode opératoire :

Peser un échantillon de graine de canola (environ 2 g) tel que moulu commercialement dans un creuset poreux, recouvrir d'un morceau de coton et mettre au four pendant 2 heures. Mettre ensuite au dessicateur jusqu'à l'extraction.

Peser un gobelet en aluminium vide (préalablement séché au four pendant 30 min et refroidi au dessicateur)

Procéder à l'extraction de la matière grasse avec de l'hexane. La température est réglée à 140 °C et l'extraction s'effectue pendant 1 h en mode « rinsing ». Mettre ensuite le gobelet d'aluminium contenant l'hexane et la matière grasse au four pendant 30 min, puis au dessicateur. Peser le gobelet pour quantifier le gras facilement extractible.

Récupérer l'échantillon de canola et le passer au moulin à café pendant 2 minutes, en prenant soin de ne pas perdre d'échantillon. Replacer l'échantillon et le coton dans un creuset poreux et effectuer une autre extraction de 4 h.

Après l'extraction, mettre le gobelet d'aluminium au four pendant 30 minutes et ensuite au dessicateur. Le peser pour obtenir la quantité de matière grasse résiduelle.

Expression des résultats

Disponibilité *in vitro* de la matière grasse (%) :

$$\frac{\text{Matière grasse facilement extractible (g)} \times 100}{\text{Mat. grasse facilement extractible (g)} + \text{Mat. grasse résiduelle (g)}}$$

ANNEXE B

Recommandations quant à l'utilisation de la graine de canola et du pois sec

Graine de canola

Utiliser un mélange graine de canola : maïs moulu (40 : 60) lors de la mouture afin d'éviter la perte de l'huile et l'obstruction de la grille du broyeur à marteaux

Utiliser une grille de faible diamètre afin d'éviter de perdre la graine entière. Dans la présente étude, la mouture de la graine de canola en meunerie a nécessité une grille de 2,8 mm de diamètre (7/64 po). Le broyage de ce mélange a été réalisé avec un broyeur à marteau à la vitesse de 3 600 tr/min. La vis d'alimentation a été réglée à 65 A. La granulométrie moyenne obtenue du mélange « graine de canola/maïs » était de 474 µm.

L'utilisation de la graine de canola demande plus de manipulations : la mouture du mélange « graine de canola/maïs » doit s'effectuer avant la fabrication de l'aliment. C'est le cas en meunerie, mais pas nécessairement pour la fabrication à la ferme. Si une moulange est utilisée à la ferme, le mélange et la mouture du canola entier et du maïs ne peuvent être effectués avant la fabrication de l'aliment puisque ces équipements mélangent et broient en même temps les ingrédients.

En meunerie, la mouture de la graine de canola ne doit pas s'effectuer trop à l'avance afin d'éviter les risques d'oxydation de l'huile qui a été libérée.

Utiliser un antioxydant dans le mélange « graine de canola/maïs » ou dans l'aliment.

Utiliser des équipements en bon état (grille, marteau, etc.)

Effectuer des essais de mouture avant d'inclure la graine de canola aux rations pour porcs. Faire analyser le mélange « graine de canola/maïs » pour vérifier la disponibilité de l'huile. Selon les résultats obtenus, le nutritionniste peut attribuer une valeur énergétique à la graine de canola correspondant à la qualité de la mouture et, par la suite, formuler les rations des porcs. L'équation de prédiction est présentée à la page 8 du présent document. Toutefois, la mise en comprimé d'aliments contenant de la graine de canola compense pour un broyage insuffisant et maximise la valeur nutritionnelle du canola (Skiba et al., 2002). Puisque la valeur nutritionnelle du canola est très dépendante des conditions de broyage surtout lorsque celle-ci est présentée en farine, il est primordial de vérifier la qualité de la mouture du canola par des essais de broyage et

des analyses de disponibilité de l'huile que ce soit pour une fabrication en meunerie ou à la ferme.

En meunerie, attention au problème d'écoulement du mélange « graine de canola/maïs ». Selon le type d'équipement, ce mélange qui est collant peut mal s'écouler.

Pois sec

Le pois sec se broie seul.

Dans la présente étude, la mouture du pois sec en meunerie a été réalisée avec un broyeur à marteau à la vitesse de 3 600 tr/min et a nécessité une grille de 3,6 mm de diamètre (9/64 po). La granulométrie moyenne était de 688 µm.