

Valeur alimentaire du tourteau de lin et ses effets sur la croissance des porcs et la composition de leur carcasse

Laura EASTWOOD, Pam KISH, John PATIENCE, Pascal LETERME

Prairie swine centre INC, 2105-8th Street East, Saskatoon, Saskatchewan, S7H 5N9, Canada

pascal.leterme@usask.ca

Avec la collaboration technique de Ananda Samaraweera, Doug Gillis et Sidamie Mann.

Valeur alimentaire du tourteau de lin et ses effets sur la croissance des porcs et la composition de leur carcasse

Des essais ont été menés afin de déterminer la valeur énergétique du tourteau de lin (TL), contenant 12 % d'huile, chez le porc en croissance et la truie et l'effet de leur incorporation dans des régimes équilibrés sur la croissance et la qualité de la carcasse de porcs. L'essai de digestibilité fécale a permis d'estimer la valeur énergétique du TL à 3526 kcal ED et 2448 kcal EN/kg MS chez le porc en croissance et 3517 kcal ED et 2441 kcal EN/kg MS chez la truie. L'essai de croissance a porté sur des porcs (mâles et femelles) ayant un poids initial de 32 kg et un poids final de 115 kg. Les régimes étaient constitués de blé, d'orge, de pois, de tourteau de soja et de 0, 5, 10 ou 15 % de TL, incorporés aux dépens du blé et du soja. Le gain quotidien moyen des porcs a été respectivement de 950, 940, 910 et 920 g/jour. Les différences n'étaient pas significatives ($P = 0,6$) et aucune différence n'a été constatée non plus pour l'ingéré alimentaire ($P = 0,43$) et la conversion alimentaire ($P = 0,23$). L'analyse des carcasses a révélé une augmentation significative ($P < 0,001$) du taux d'acide α -linoléique dans le gras dorsal (2,5 mg/g tissu par % supplémentaire de TL dans le régime) et dans le tissu maigre (0,33 mg/g tissu). En conclusion, des régimes contenant jusqu'à 15 % de TL n'affectent pas la croissance et augmentent la teneur en acide oméga-3 des carcasses.

Nutritional value of flaxseed meal and its effects on pig growth and carcass composition

The nutritional value of flaxseed meal (FSM, containing 12% oil) was measured in growing pigs and adult sows. The effect of their inclusion in balanced diets on the growth of pigs and the quality of their carcass was also tested. The energy values of the FSM were 3526 kcal DE and 2448 kcal NE/kg DM in growing pigs and 3517 kcal DE and 2441 kcal NE/kg DM in sows. The growth study was performed on pigs (males and females) weighing 32kg at the beginning of the experiment and 115 kg at the end. The diets contained barley, wheat, peas, soybean meal and 0, 5, 10 or 15% FSM, at the expense of wheat and soybean meal. The average daily gain of the pigs was 950, 940, 910 and 920 g/d. The differences were not significant ($P = 0.60$) and no difference was observed for feed intake ($P = 0.43$) and feed conversion ratio ($P = 0.23$) either. The analysis of the carcasses revealed a significant ($P < 0.001$) increase in the content of α -linolenic acid in back fat (2.5 mg/g tissue per additional % FSM in the diet) and in the loin (0.33 mg/g tissue). As a conclusion, diets containing up to 15% FSM do not affect the growth of the pigs and increase the content of omega-3 fatty acid of their carcass.

INTRODUCTION

Le lin (*Linum usitatissimum*) est une des plus anciennes plantes cultivées dans le monde, initialement pour sa fibre textile. L'huile de sa graine est très riche en acides gras polyinsaturés et cette propriété est maintenant mise à profit dans l'industrie pour la fabrication de savons, de peinture ou de linoléum. Le principal acide gras insaturé est l'acide α -linoléique (C18:3), un acide gras de type omega-3 bénéfique pour la santé humaine. Il réduit les risques de maladies cardio-vasculaires (Masood et al., 2005) et pourrait aussi être bénéfique pour le système immunitaire et le système reproductif (Calder, 1999 ; Leterme et al., 2007).

Le lin et son tourteau déshuilé intéressent aussi l'alimentation animale. Ils confèrent un poil brillant aux animaux de compagnie et le tourteau est très bien valorisé par les ruminants. De plus, la carcasse des animaux nourris au lin est enrichie en acides gras omega-3 (Romans et al., 1995a,b ; Matthews et al., 2000). Le consommateur de viande issue de tels animaux augmente donc son ingestion d'acides omega-3 et améliore sa santé.

La production de produits industriels à base d'huile de lin augmente sans cesse, ce qui a aussi pour conséquence d'augmenter le volume de tourteau disponible sur le marché. L'huile est en général extraite par pression et le tourteau en contient encore des quantités appréciables (8 à 12 % de la matière sèche). On ignore cependant si de tels taux sont suffisants pour modifier de manière significative les taux d'acides omega-3 dans les carcasses des porcs. Par ailleurs, peu de données sont disponibles sur l'utilisation du tourteau de lin en alimentation porcine.

Deux essais ont été menés afin de 1) déterminer la valeur alimentaire du tourteau de lin chez le porc en croissance et la truie, 2) mesurer le potentiel de croissance de porcs alimentés avec des quantités croissantes de tourteau et 3) vérifier si la consommation de tourteau par le porc augmente la quantité d'acide linoléique des carcasses.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Animaux

1.1.1. Essai de digestibilité

Deux essais de digestibilité ont été menés sur porcs en croissance et truies gestantes. Au total, 32 porcs mâles castrés (70 \pm 5 kg) et 24 truies en gestation (entre 180 et 220 kg, gestation entre J35 et J80) ont été utilisés. Les porcs ont été maintenus dans des loges individuelles (0,9 x 1,83 m) équipées d'une mangeoire et d'un abreuvoir. Porcs et truies ont reçu un des quatre régimes d'épreuve (v. ci-dessous) de manière aléatoire (8 porcs et 6 truies par traitement). Tous les animaux ont reçu le régime pendant 12 jours et des échantillons de matière fécale ont été prélevés matin et soir au cours des 3 derniers jours.

1.1.2. Essai de croissance

Deux cents porcs (100 mâles et 100 femelles) de type PIC Camborough Plus (PIC Canada Ltd, Winnipeg, Canada) ayant un poids initial moyen de 32 kg ont été utilisés pour cet essai. Les porcs ont été distribués de manière aléatoire dans deux salles de 100 porcs chacune et logés dans des loges (1,7 x 2,4 m) à raison de 5 mâles ou 5 femelles par loge. Chacune de celles-ci était équipée d'une mangeoire munie d'une trémie et d'un

abreuvoir. Les salles étaient éclairées 12 h par jour et la température et la ventilation étaient adaptées pour chaque âge et poids des porcs. L'aliment et l'eau étaient distribués ad libitum. Chaque traitement a été assigné de manière aléatoire à un des groupes de porcs, en tenant compte de la salle et du sexe des animaux.

Chaque porc a été pesé toutes les deux semaines à l'aide d'une balance mobile et la quantité d'aliment distribué aux animaux a été rigoureusement enregistrée. Les porcs sont restés en essai jusqu'à atteindre un poids de 115 kg. Six porcs (3 mâles et 3 femelles) par traitement ont été sélectionnés de manière aléatoire pour la détermination de la composition en acides gras des carcasses. Tous les animaux ont été abattus dans un abattoir commercial.

1.2. Traitements

1.2.1. Essai de digestibilité

Un régime de base a été formulé, de manière à contenir de l'orge, du blé, du tourteau de soja et des minéraux (Tableau 1). Des quantités croissantes de tourteau de lin ont ensuite été rajoutées, aux dépens du régime de base et à l'exception des minéraux et vitamines. De la Célite a été ajoutée comme source de cendres insolubles (marqueur indigestible).

Tableau 1 - Composition et analyse chimique des régimes utilisés pour l'essai de digestibilité.

% Tourteau de lin	0	10	20	30
Ingrédients, g/kg				
Orge	561	503	444	385
Blé	250	224	200	175
Tourteau de soja	150	135	120	105
Tourteau de lin	-	100	200	300
Craie	8	9	9	9
Phosphate dicalcique	14	12	10	8
Min/vit/Célite (1/1/1)	4	4	4	4
Analyse chimique (%MS)				
Matière sèche	88,8	89,3	89,2	90,4
Protéines brutes	19,2	20,5	19,9	21,6
Extrait éthéré	2,2	3,2	4,0	5,1
Amidon	47,7	41,4	36,7	31,5
ADF	6,1	7,1	7,6	8,7
NDF	17,3	18,3	19,8	20,0
Energie brute (kcal/kg MS)	4245	4347	4403	4468

1.2.2. Essai de croissance

Quatre régimes ont été formulés (Tableau 2) de manière à avoir les mêmes niveaux d'énergie nette (2,32 Mcal/kg MS) et d'acides aminés essentiels digestibles et à contenir des quantités croissantes de tourteau de lin (0, 5, 10 et 15 % de la matière sèche), sur base de la composition chimique de l'INRA (2004). Trois phases de croissance ont été considérées (32-60 kg, 60-85 kg et 85-115 kg) et les régimes étaient formulés de manière à couvrir les besoins publiés par le NRC (1998) américain pour ces différentes catégories de poids. Une correction (+ 200 kcal EN/kg MS) a été

Tableau 2 - Composition et analyse chimique des aliments utilisés pour l'essai d'engraissement

Tourteau de lin dans le régime (%)	Phase 1 (32-60 kg)				Phase 2 (60-85 kg)				Phase 3 (85-115 kg)			
	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%
Composition (g/kg)												
Orge	100	100	100	100	150	150	150	150	300	300	300	300
Blé	595,5	572,0	543,4	514,5	571,6	546,5	518,4	498,4	464,1	434,9	405,3	376,0
Pois	150	150	150	150	180	180	180	180	150	150	150	150
Tourteau de soja	125	100	80	60	75	50	30	0	60	40	20	0
Tourteau de lin	0	50	100	150	0	50	100	150	0	50	100	150
CMV**	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Craie alimentaire	5,5	5,6	5,7	5,9	3,7	4	3,5	3,5	3,7	3,1	2,9	2,5
Phosphate dicalcique	5,7	4	2,3	0,8	3,2	2,5	1,1	1	2	1,7	1,4	1
Lysine HCl	2,2	2,4	2,6	2,8	1	1,5	1,6	1,7	0,2	0,3	0,4	0,5
Thréonine	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,5	0,4	0,4	-	-	-	-
Méthionine	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Huile de colza	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Analyse (% MS)												
Protéines brutes	20,4	20,0	19,0	20,1	19,7	20,3	19,9	19,8	18,3	18,0	18,4	18,3
Extrait éthéré	2,1	2,6	2,9	3,7	2,2	2,6	3,7	4,3	2,3	3,4	3,5	4,7
NDF	15,6	16,0	17,4	16,8	13,0	14,7	15,4	17,0	14,3	16,2	16,0	16,8
Energie digestible (kcal/kg)*	3230	3230	3235	3240	3215	3220	3235	3245	3210	3220	3230	3250
Energie nette (kcal/kg)*	2320	2320	2320	2320	2320	2330	2330	2340	2350	2350	2350	2350
Lysine digestible*	8,3	8,3	8,4	8,45	6,7	6,6	6,65	6,6	5,4	5,4	5,4	5,4
Thréonine digestible*	5,3	5,3	5,2	5,3	4,4	4,3	4,3	4,3	3,8	3,8	3,8	3,9
Méthionine/cystéine digestibles*	4,8	4,7	4,8	4,9	4,3	4,2	4,3	4,3	4,0	4,1	4,2	4,3
Tryptophane digestible*	1,6	1,6	1,7	1,8	1,4	1,4	1,5	1,6	1,3	1,4	1,4	1,5
Calcium*	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	5,0	5,0	5,1	4,8	4,7	4,8	4,8
Phosphore total*	3,9	3,9	4,0	4,0	4,3	4,4	4,5	4,7	4,0	4,3	4,6	4,8
Phosphore disponible*	3,0	3,1	3,2	3,2	2,9	3,0	3,1	3,2	2,9	3,0	3,2	3,3
Acides gras (mg/g)												
Acide palmitique (C16:0)	8,3	8,1	8,2	8,9	7,4	7,7	8,0	8,3	7,9	8,1	8,2	8,7
Acide stéarique (C18:0)	1,0	1,1	1,4	1,8	0,9	1,5	1,4	1,6	1,0	1,2	1,4	1,7
Acide oléique (C18:1)	7,4	8,0	9,2	10,5	7,0	8,2	9,3	10,3	9,7	10,7	11,6	13,5
Acide linoléique (C18:2)	15,9	15,5	15,9	17,0	14,4	14,3	15,7	16,3	15,8	15,9	16,3	17,6
Acide linoléique (C18:3)	5,4	7,0	9,8	12,6	5,0	7,2	10,0	12,2	5,3	7,7	9,9	13,1

* Valeurs estimées sur base des tables INRA (2004)

** Complément minéral-vitaminé, à base de sel, d'un concentré minéral et d'un concentré vitaminé (1:1:1)

faite pour l'énergie nette du tourteau de lin, afin de tenir compte de la teneur en huile plus élevée dans le tourteau utilisé que celle des tables. Du pois a systématiquement été ajouté aux régimes car il permet de corriger le déficit en lysine du tourteau de lin alors que la teneur élevée en tryptophane de ce dernier compense le déficit du pois en cet acide aminé.

1.3. Analyses

1.3.1. Aliments et échantillons de matière fécale

Les échantillons d'aliment et de tourteau de lin ont été analysés pour leur teneur en matière sèche (AOAC 930.15), énergie brute (calorimètre PARR model 1281, Moline IL, USA), azote (AOAC 968.06 à l'aide d'un analyseur élémentaire LECO FP 528, St Joseph MI, USA), cendres insolubles dans l'acide (gravimétrie après traitement avec de l'HCl 3N), huile (extrait éthéré AOAC 920.39), neutral et acid detergent fibre (AOAC 2002.04 et 973.18, respectivement), cendres totales AOAC 942.05) et amidon (Megazyme International, Irlande).

Les échantillons de matière fécale ont été analysés pour leur teneur en matière sèche, énergie brute, azote, cendres insolubles et extrait éthéré.

1.3.2. Acides gras

Les acides gras suivants ont été analysés au cours de l'étude : acides palmitique (C16 :0), stéarique (C18 :0), oléique (C18 :1n-9), linoléique (C18 :3n-3) et α -linoléique C18 :3n-3). Le profil en acides gras des carcasses a été déterminé par chromatographie gazeuse Agilent 6890, Agilent Technologies, Mississauga ON, Canada). Des échantillons de longe (dernière côte) et de graisse dorsale ont été prélevés directement sur la chaîne d'abattage et ont été moulus sous forme congelée à l'aide d'un moulin Moulinex DPA2. La méthylation des acides gras a été obtenue par la méthode de O'Fallon et al., (2007) moyennant quelques menus changements (les échantillons ont été mélangés à l'aide d'un tube vortex simple et ont été centrifugés pendant 5 minutes à 1500 tours/minute). Le tourteau et les aliments ont également été analysés.

1.3.3. Calculs

L'énergie digestible du tourteau de lin a été calculée sur base de la digestibilité de l'aliment de base et ceux contenant 20 et 30 % de tourteau de lin. Dans les deux cas (porcs et truies), la valeur obtenue pour le régime à 10 % n'a pas été prise en compte car jugée trop imprécise. L'énergie nette a été estimée à l'aide de l'équation 4 de Noblet et al. (1994).

1.3.4. Statistiques

L'analyse statistique des résultats de gain quotidien moyen, ingestion, conversion alimentaire et composition en acides gras s'est faite à l'aide du modèle PROC Mixed de SAS. Chaque loge correspondait à une unité expérimentale et l'effet du sexe des animaux a également été testé.

2. RÉSULTATS

2.1. Composition chimique et valeur énergétique

La composition chimique du tourteau de lin et sa valeur énergétique chez le porc en croissance et la truie sont détaillées au tableau 3. La composition est en accord avec les tables INRA, à l'exception du taux d'huile (12 %) qui est nettement supérieur (9 % dans les tables). L'acide linoléique représente 46% des acides gras totaux analysés. Les énergies digestible et nette sont similaires pour les porcs en croissance et les truies.

Tableau 3 - Composition chimique du tourteau de lin

Analyse chimique	% MS
Matière sèche	8,4
Protéines brutes	31,6
Extrait éthéré	12,2
Cendres totales	5,5
ADF	12,7
NDF	22,9
Fibre brute	9,3
Amidon	0,0
Phosphore total	0,8
Energie brute (kcal/kg MS)	4740
Energie digestible porcs(kcal/kg MS)	3526
Energie digestible truies (kcal/kg MS)	3517
Energie nette porcs (kcal/kg MS)	2448
Energie nette truies (kcal/kg MS)	2441
Acides gras (mg/g)	
Acide palmitique (C16:0)	12,0
Acide stéarique (C18:0)	6,1
Acide oléique (C18:1)	26,3
Acide linoléique (C18:2)	23,4
Acide linoléénique (C18:3)	59,3

2.2. Essai de croissance

L'incorporation de tourteau de lin dans les régimes n'a pas eu d'effet significatif sur la croissance des porcs au cours des trois phases d'engraissement (Tableau 4 ; $P > 0,05$). Les femelles ont eu un gain quotidien moyen inférieur à celui des mâles

($P < 0,001$) au cours des deuxième et troisième phases ($P < 0,05$) mais il n'y a pas eu d'interaction entre sexe et aliments. Les mâles présentaient aussi un indice de conversion alimentaire plus favorable ($P < 0,01$). L'ingestion volontaire a varié de 2,65 à 2,79 kg/jour. Le traitement n'a pas entraîné non plus de différence de conversion alimentaire ($P > 0,05$).

Le nombre de jours nécessaires pour porter les porcs de leur poids initial (32 kg) au poids d'abattage a été de 84, 84, 87 et 86 jours, pour les régimes contenant respectivement 0, 5, 10 et 15 % de tourteau. Ces différences n'étaient pas significatives ($P > 0,05$).

2.3. Composition en acides gras des carcasses

L'analyse des trois lots de tourteau utilisés au cours des trois phases successives n'a pas mis de différence en évidence en terme de profil en acides gras ou de teneur en huile. L'huile du tourteau contient approximativement 10 % d'acide palmitique, 5% d'acide stéarique, 20 % d'acide oléique, 19 % d'acide linoléique et 46 % d'acide linoléénique (Tableau 3). Le profil en acides gras des carcasses de porcs alimentés au tourteau de lin est détaillé dans la figure 1. Le taux de tourteau dans le régime a eu un effet très significatif sur les teneurs en acide α -linoléénique, tant dans le gras dorsal que dans la graisse intramusculaire ($P < 0,001$). Le taux d'acide α -linoléénique a augmenté de 11 à 48 mg/g tissu dans le gras dorsal, tandis qu'il est passé de 5 à 10 mg dans la viande de longe. Par contre, la teneur des autres acides gras n'a pas été affectée ($P > 0,05$), à l'exception des teneurs en acides palmitique et stéarique, qui ont diminué dans le lard dorsal des porcs recevant du tourteau ($P < 0,05$), en comparaison à des porcs n'en recevant pas. Une augmentation inexplicée des teneurs en acides palmitique, stéarique et oléique ($P < 0,05$) dans le tissu maigre des porcs recevant 10 % de tourteau est aussi à signaler.

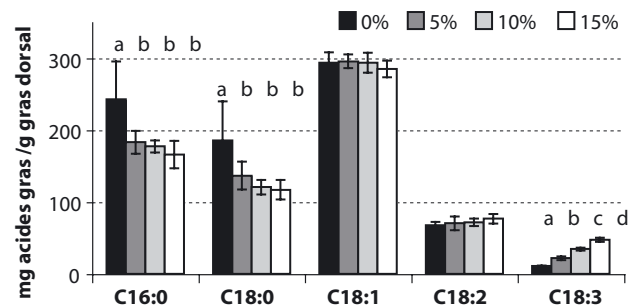


Figure 1 - Teneur en acides gras du gras dorsal de porcs recevant des quantités croissantes de tourteau de lin

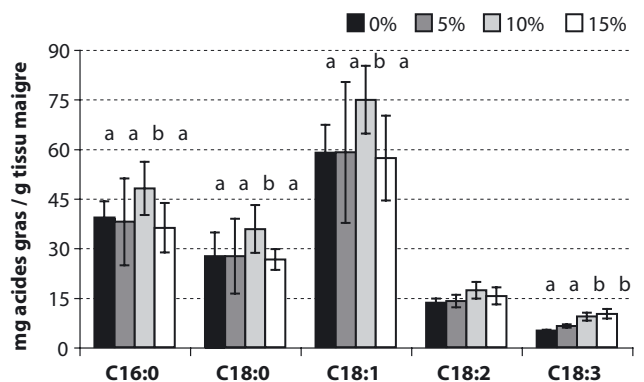


Figure 2 - Teneur en acides gras de la viande de longe de porcs recevant des quantités croissantes de tourteau de lin

Tableau 4 - Gain quotidien moyen (g), ingestion volontaire (g/j) et conversion alimentaire de porcs alimentés de régimes contenant des quantités croissantes de tourteau de lin

	Régimes (% tourteau de lin)					Signification	
	0%	5%	10%	15%	ESM	régime	sexe
						P	P
Phase 1 (32-60 kg)							
Gain quotidien moyen	900	850	830	870	0,027	0,27	
Ingestion	2,070	1,990	2,010	2,060	0,102	0,68	
Conversion alimentaire	2,29	2,38	2,50	2,32	0,092	0,30	
Phase 2 (60-85 kg)							
Gain quotidien moyen	1,000	990	1,000	950	0,032	0,67	< 0,0001
Ingestion	2,780	2,730	2,750	2,740	0,111	0,75	
Conversion alimentaire	2,68	2,81	2,82	2,93	0,128	0,57	< 0,01
Phase 3 (85-115 kg)							
Gain quotidien moyen	990	1,030	990	990	0,026	0,51	< 0,01
Ingestion	3,180	3,210	3,080	3,150	0,099	0,38	
Conversion alimentaire	3,14	3,07	3,37	3,19	0,143	0,51	
Total (32-115 kg)							
Gain quotidien moyen	950	940	910	920	0,021	0,57	< 0,01
Ingestion	2,660	2,650	2,790	2,670	0,066	0,41	
Conversion alimentaire	2,81	2,84	3,07	2,90	0,095	0,23	

3. DISCUSSION

3.1. Composition et valeur alimentaire

La composition est en accord avec celles publiées dans les tables alimentaires, à l'exception du taux de lipides qui est nettement plus élevé que celui généralement attribué à un tourteau expeller : il atteint ici 12 % contre 9 % dans les tables. Cette différence peut être attribuée aux conditions techniques d'extraction de l'huile. Celle-ci se fait par pression et la quantité d'huile extraite dépend du réglage de la presse. Un taux élevé est favorable aux porcs. Ces derniers ne valorisent pas bien les fibres, présentes en quantité dans le tourteau, alors que chaque point supplémentaire d'huile aura un effet très positif sur la valeur énergétique.

Celle-ci est similaire à celle mentionnée dans les tables INRA (3675 kcal/kg MS ; INRA, 2004) alors que le tourteau étudié ici contient plus d'huile. Par contre, nous n'avons observé aucune différence entre porcs en croissance et truies. Normalement, une différence d'environ 120 kcal est observée et s'explique par la meilleure capacité digestive des truies, expliquée par un tractus digestif plus développé et surtout un temps de rétention plus long (Le Goff et Noblet, 2001). L'absence de différence se doit peut-être au fait que les porcs en croissance utilisés pesaient plus de 70 kg et avaient déjà un tractus digestif bien développé.

Nos valeurs d'énergie nette sont également élevées. Un tourteau comme celui du lin est riche en fibres et en protéines. Ces deux constituants n'ont pas un bon rendement d'utilisation de l'énergie et une valeur d'énergie nette plus faible était attendue. Il est très probable que c'est la teneur très élevée en huile qui confère cette teneur aussi élevée chez le porc.

3.2. Croissance des porcs

Les résultats de croissance attestent que les régimes étaient correctement équilibrés puisqu'aucune différence de croissance n'a été constatée entre traitements. Un doute subsistait au sujet de l'estimation de la teneur en énergie nette du tourteau de lin car correction avait été apportée pour tenir compte de la teneur plus élevée dans le tourteau de lin (12 %) par rapport aux données disponibles dans les tables d'alimentation (9 %). Les résultats attestent que cette correction était justifiée.

L'absence de différence d'ingestion démontre que le tourteau de lin ne contient pas de substances antinutritionnelles ou ayant mauvais goût. Aucune différence d'ingestion n'a été constatée entre mâles et femelles. La différence de taux de croissance tient donc au meilleur potentiel des mâles.

Des études précédentes avaient fait état de baisses de croissance de porcs lorsque ces derniers étaient alimentés avec du tourteau de lin (Bell et Keith, 1993). Cependant, une analyse attentive de ces essais montre que l'augmentation du taux de tourteau dans le régime s'accompagnait d'une baisse de teneur en énergie digestible et aussi d'une réduction de l'apport en lysine. En effet, dans ce cas, le tourteau de lin se substituait au soja, sans correction pour l'apport en lysine alors que la protéine de lin en contient nettement moins que celle du soja. C'est la raison pour laquelle nos régimes ont été formulés avec du pois. La teneur en énergie digestible de ce dernier est élevée et sa protéine jouit du taux de lysine le plus élevé parmi les matières premières végétales utilisées en alimentation animale. Thacker et al. (2004) ont alimenté des porcs avec des teneurs croissantes de Linpro, un mélange commercial 50:50 de lin extrudé et de pois et ont pu maintenir une croissance constante chez les porcs.

Notre étude démontre donc que des régimes contenant jusqu'à 15 % de tourteau de lin et équilibrés en énergie nette et en acides aminés digestibles permettent d'assurer une croissance identique à celle de porcs ne recevant pas de tourteau. La décision d'incorporer du tourteau de lin dépendra du prix de cette matière première et de ses possibles propriétés fonctionnelles, comme par exemple la possibilité d'enrichir les carcasses des porcs en acide gras de type oméga-3.

3.3. Composition en acides gras des carcasses

Chez les animaux monogastriques comme le porc, les acides gras consommés dans les aliments peuvent être intégrés directement dans les triglycérides de la carcasse. Différentes études ont déjà démontré que la consommation de graine de lin augmente significativement la teneur en acide α -linoléique des carcasses de porcs (Romans et al., 1995a,b ; Thacker et al., 2004). Cependant, à notre connaissance, cette observation n'avait pas encore été démontrée pour des porcs nourris au tourteau de lin. Il est remarquable de constater que, même des niveaux limités de tourteau de lin dans le régime permettent une augmentation significative d'acide α -linoléique dans la carcasse des porcs, aussi bien dans le gras intramusculaire que dans le lard dorsal (Figure 1). Chaque point supplémentaire de tourteau dans le régime permet une augmentation de 2,5 mg d'acide α -linoléique/g de gras dorsal et environ 0,33 mg/g tissu maigre de longe. Dans ce cas, les porcs ont reçu du tourteau durant toute la période de croissance. On ignore donc le temps nécessaire pour obtenir un tel résultat. Dans un essai similaire avec du lin entier, Romans et al. (1995b) ont montré qu'une augmenta-

tion significative du taux d'acides gras dans la carcasse peut déjà être observée après 1 semaine et que l'augmentation se poursuit jusqu'à au moins 4 semaines de traitement. Dans un autre essai, ces auteurs (Romans et al., 1995a) ont aussi montré une augmentation du taux d'oméga-3 en fonction du taux de lin dans le régime. Sur base de ces travaux, on peut donc indiquer qu'il faut près d'un mois pour atteindre un palier de concentration en acides gras insaturés dans la carcasse mais que la quantité déposée sera surtout fonction du taux de lin dans le régime.

CONCLUSION

Le tourteau de lin peut représenter jusqu'à 15 % d'un régime pour porcs en croissance, pour autant que le régime soit correctement équilibré en énergie nette et en acides aminés digestibles. L'ingestion de tourteau de lin augmente significativement la teneur en acide α -linoléique des carcasses et cette augmentation est proportionnelle au taux de tourteau incorporé dans le régime.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement la société Vandeputte s.a. (Mouscron, Belgique, <http://www.vandeputte.com>) pour le financement du projet et la fourniture du tourteau de lin. Le Prairie Swine Centre est financé par le Fonds de Développement de l'Agriculture de la Saskatchewan, Sask Pork, Manitoba Pork et Alberta Pork. Enfin, les auteurs remercient les étudiantes Jenny Marriott et Kathryn Ross.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. AOAC, Arlington, VA.
- Bell J., Keith M., 1993. Nutritional evaluation of linseed meals from flax with yellow or brown hulls, using mice and pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 43, 1-18.
- Calder P., 1999. Dietary fatty acids and the immune system. *Lipids*, 34, S137-S140.
- INRA. 2004. Table de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Sauvant D., Perez J.M., Tran G. coord.) INRA Editions, Paris, 301p.
- Le Goff, G., Noblet, J., 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *J. Anim. Sci.*, 79, 2418-2427
- Leterme P., Eastwood L., Patience J., 2007. Flaxseed and flaxseed meal in swine nutrition. In: Proc. Western Nutrition Conference, Saskatoon, 26-27 Sept, pp 241-247.
- Masood A., Stark K., Salem N., 2005. A simplified and efficient method for the analysis of fatty acid methyl esters suitable for large clinical studies. *J. Lip. Res.*, 46, 2299-2305.
- Matthews K., Homer D., Thies F., Calder P., 2000. Effect of whole linseed (*Linum usitatissimum*) in the diet of finishing pigs on growth performance and on the quality and fatty acid composition of various tissues. *Br. J. Nutr.*, 83, 637-643.
- Noblet J., Fortune H., Shi X.S., Dubois S., 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 72, 334-354.
- Noblet J., Shi X., 1994. Effect of bodyweight on digestive utilization of energy and nutrients of ingredients and diets in pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 37, 323-338.
- NRC, National Research Council, 1998. Nutrient Requirements of Swine, 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- O'Fallon J., Busboom J., Nelson M., Gaskins C., 2007. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. *J. Anim. Sci.*, 85, 1511-1521.
- Romans J., Johnson R., Wulf D., Libal G., Costello W., 1995a. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork. I. Dietary level of flaxseed. *J. Anim. Sci.*, 73, 1982-1986.
- Romans J., Wulf D., Johnson R., Libal G., Costello W., 1995b. Effects of ground flaxseed in swine diets on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid content of pork. II. Duration of 15% dietary flaxseed. *J. Anim. Sci.*, 73, 1987-1999.
- Thacker P., Racz V., Soita H., 2004. Performance and carcass characteristics of growing and finishing pigs fed barley-based diets supplemented with Linpro (extruded whole flaxseed and peas) or soybean meal. *Can. J. Anim. Sci.*, 84, 681-688.