



Centre de
développement du
porc du Québec inc.

Validation de méthodes de prédiction des valeurs nutritionnelles du maïs québécois chez le porc en croissance

Rapport final

Par :

Janie Lévesque, M. Sc., agronome consultante

Robert Fillion, agr., CDPQ

Michel Morin, agroéconomiste, CDPQ

Collaborateurs :

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

Daniel Boyaud, M. Sc., agr., Aliments Breton inc.

Gilles Tremblay, M. Sc., agr., CÉROM

Décembre 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 tels que le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), la Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ), le Centre de recherche sur les grains (CÉROM), Aliments Breton inc. (porcelets), Aliments Porvico Ltée (gracieuseté de l'entreposage des maïs), 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. Gilles Tremblay du CÉROM et M. Luc Belzile de la FPCCQ ainsi que leurs équipes respectives pour le temps et l'énergie consacré à la recherche et la culture du maïs, M. Éric Lemieux et l'équipe de la coopérative agricole Unicoop, M. Stéphane Cadorette et Mme Micheline Lévesque des Aliments Porvico Ltée, M. Germain Camiré de Génétiporc, MM. Réjean Groleau, André Perreault, Pierre Giner, Éric Bellemare, Guy Julien, Pierre Vincent, M^{mes} Marie-Ève Tremblay, Sarah Fillion, Lyne Bergeron, Marie Vachon et Sonia Fournier du CRSAD, M^{mes} Francine Giguère et Mélissa Chevalier-Paré du département des sciences animales à l'Université Laval, M^{me} Louise Morneau de Jefe Nutrition, le comité consultatif composé de spécialistes en nutrition porcine (M^{me} Emmanuelle Lewis, MM. Marquis Roy, Richard Bilodeau, Michel Vignola, Daniel Boyaud), M. Roger Riverin du CDAQ, M. Gaétan Pellerin, transporteur, M^{me} Monique Bérard et Céline Genest de l'Encan électronique à la FPPQ, M. Marcel Frenette de la Régie des marchés agricoles et alimentaires du Québec (RMAAQ), MM. Joël Rivest, Christian Klopfenstein, Christian Doyon, Philippe McSween, Francis Pouliot, Jean-Paul Daigle, M^{mes} Valérie Dufour, Johanne Nadeau, Marie-Hélène Lepage et Monia Tremblay du CDPQ.

RÉSUMÉ

Le maïs est un ingrédient majeur en alimentation porcine au Québec. Selon le contexte de mise en marché de ce grain au Canada, la qualité d'un lot de maïs et sa valeur marchande sont évaluées par les données de classement. Pour le maïs, le poids spécifique, le pourcentage de grains endommagés, la quantité de pierres retrouvées dans l'échantillon et la présence de grains cassés et de matières étrangères sont les principaux critères évalués. Le poids spécifique est le critère qui influence le plus la valeur qu'on attribue au maïs. Il est lié à la maturité physiologique du maïs, mais d'autres facteurs peuvent influencer sa mesure. C'est pourquoi on considère que le poids spécifique n'est pas relié directement à la valeur nutritive du maïs. La valeur nutritionnelle du maïs dépend plutôt de sa teneur en composantes (énergie, acides aminés, ...), mais surtout de la facilité avec laquelle l'animal peut digérer et absorber ces composantes (digestibilité). La méconnaissance de la valeur nutritive du maïs québécois entraîne souvent une approche prudente de la part des acheteurs de grains et ceci se traduit par la dévalorisation économique des lots de grade intermédiaires (majorité de la récolte québécoise) et inférieurs. Le présent projet vise la validation dans nos conditions d'une méthode d'estimation de la valeur nutritionnelle (énergie et acides aminés) du maïs québécois. Parmi les équations de prédiction disponibles, une de celles développées récemment par l'INRA (Noblet *et al.*, 2003), nous semble particulièrement intéressante pour prédire l'énergie digestible porc du maïs à partir de la composition chimique de ce grain. En ce qui concerne les teneurs en acides aminés totaux du maïs, les équations de prédiction de Dégussa AG (2001) semblent intéressantes à valider dans nos conditions. Les estimations obtenues permettront d'ajuster la formulation des aliments en fonction de la valeur nutritive des maïs de poids spécifique différents et de vérifier si les performances des animaux sont maintenues. Le coût de ces ajustements sera également évalué.

Le dispositif expérimental prévoit l'évaluation nutritionnelle de trois lots de maïs de poids spécifiques différents (73,9, 66,6 et 62,1 kg/hl; maïs «A, B et C» respectivement) chez des porcs à l'engraissement. C'est par l'entremise de régimes principalement à base de maïs, de tourteau de soya et de gras que les expérimentations ont été effectuées. L'étude a été réalisée au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) de mars à août 2005 dans le bâtiment «UTEAP». Un programme alimentaire en trois phases (I :20 à 50 kg; II : 50 à 75 kg; III : 75 à 108 kg) a été établi et les aliments en comprimés ont été offerts à volonté de façon consécutive aux porcs dès le début de l'essai jusqu'à l'abattage. Soixante-dix-huit femelles commerciales d'un poids moyen de 20,1 kg ont été alimentées avec les trois les régimes expérimentaux dès leur entrée dans la section d'engraissement du bâtiment. Durant toute la période d'engraissement, les poids des animaux et les quantités d'aliments offertes et refusées 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 à 50, 75 et 108 kg. Le poids vif des animaux et l'épaisseur du gras dorsal mesurés par ultrasons ont permis d'estimer les masses protéiques et lipidiques. Au milieu de la période d'élevage, la digestibilité apparente de la matière sèche et de l'énergie des trois rations a été déterminée. Il a été ainsi possible de comparer l'énergie digestible mesurée des aliments avec celle prédite. Lorsque les porcs ont atteint le poids du marché, ils ont été acheminés à l'abattoir après un jeûne minimal de 16 heures afin d'être abattus, pesés et classifiés. Les données relatives à la carcasse ont été récupérées pour chacun des porcs abattus.

La composition chimique et la valeur nutritionnelle calculée varient entre les trois lots de maïs de poids spécifique différents. L'écart est faible pour certaines composantes (énergie, amidon, matière grasse, matière sèche) alors qu'il est plus important pour d'autres paramètres (protéine, acides aminés, fibres, cendres). Il semble que le poids spécifique à lui seul n'explique pas les variations observées.

Les performances zootechniques des porcs, les épaisseurs de gras et muscle, le poids chaud de la carcasse, le rendement en viande maigre et l'indice de classement obtenus sont les mêmes, que les porcs aient ingéré des aliments contenant du maïs à poids spécifique élevé (maïs «A» - 73,9 kg/hl) ou faible (maïs «C» - 62,1 kg/hl). Ceci laisse supposer que les valeurs nutritionnelles calculées des trois maïs étaient appropriées. Les équations de Noblet et de Degussa semblent prédire assez bien les teneurs en énergie digestible et en acides aminés totaux du maïs. Il semble toutefois que les valeurs énergétiques des régimes ont pu être sous-estimées et que le rapport entre l'énergie et la protéine idéale des aliments n'était pas optimal, selon les données de digestibilité obtenues. Cependant, même si cela a pu être le cas, ceci n'a pas été suffisant pour affecter la croissance des porcs. Une baisse de performances a été observée chez les porcs qui ont consommé les aliments contenant le maïs intermédiaire (maïs «B» - 66,6 kg/hl) en terme de poids spécifique. Le gain moyen quotidien des porcs est diminué de 7 % et la conversion alimentaire est détériorée de 7,6 % par rapport aux animaux qui ont consommé les aliments contenant le maïs «A», sans que la prise alimentaire ne soit différente entre les traitements. Aucun problème de santé ou de régie d'élevage et de culture ne peuvent expliquer la baisse de performances observée chez ces animaux.

Dans le contexte du projet, il est plus économique d'utiliser un maïs de grade n°2 (maïs A - 73,9 kg/hl) qu'un maïs de grade n° 4 (maïs C - 62,1 kg/hl) puisque les coûts d'alimentation sont réduits de 0,34 \$ par porc. Cependant, l'écart est faible et cette différence pourrait facilement être nulle si les escomptes appliqués au maïs dont le grade est inférieur à 2 et le contexte de prix des ingrédients variaient.

On ne peut généraliser en utilisant une donnée unique pour caractériser la valeur nutritionnelle du maïs, trop de facteurs peuvent l'influencer. Il est donc important de caractériser correctement la valeur nutritive du maïs avant son utilisation. Les équations de prédiction développées par l'INRA (Noblet *et al.*, 2003) et Degussa AG (2001) semblent appropriées pour prédire les teneurs en énergie digestibles et en acides aminés totaux du maïs.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
Hypothèse	3
MATÉRIELS ET MÉTHODES	4
Animaux, dispositif expérimental et conditions d'élevage	4
Valeurs nutritionnelles des trois lots de maïs	6
Traitements alimentaires	11
Mesures des performances zootechniques	14
Analyse économique	16
Analyses statistiques	16
RÉSULTATS ET DISCUSSION	17
Caractéristiques des lots de maïs utilisés	17
Performances zootechniques	21
Analyse économique	30
Détermination du prix du maïs	30
Évaluation des coûts d'alimentation	32
Détermination du prix d'équilibre	34
Impacts sur les revenus des producteurs	35
Impacts sur la marge brute du producteur	35
CONCLUSION	36
RÉFÉRENCES	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Facteurs déterminants des grades primaires et d'exportation pour le maïs	7
Tableau 2	Composition et estimation de la valeur nutritionnelle des trois lots de maïs.....	10
Tableau 3	Composition des aliments	12
Tableau 4	Apports en minéraux mineurs et vitamines provenant du prémélange incorporé aux aliments.....	14
Tableau 5	Valeurs nutritionnelles attribuées au maïs par le biais d'estimation ou à partir de tables nutritionnelles	20
Tableau 6	Comparaison entre les teneurs en acides aminés du maïs estimées et celles mesurées en laboratoire	20
Tableau 7	Ingestion des aliments et de leurs composantes	23
Tableau 8	Performances zootechniques des porcs	24
Tableau 9	Consommation quotidienne en eau	25
Tableau 10	Épaisseurs de muscle et de gras de la carcasse.....	27
Tableau 11	Masse corporelle en muscle et en gras de la carcasse.....	28
Tableau 12	Données d'abattage.....	28
Tableau 13	Digestibilité de l'énergie et de la matière sèche de l'aliment durant la période 50-75 kg de poids.....	29
Tableau 14	Prix des ingrédients majeurs utilisés dans les aliments (mars à mai 2005 - FOB Québec).....	32
Tableau 15	Données de consommation ajustées pour un intervalle de poids de 25 à 107 kg.....	32
Tableau 16	Données de consommation obtenues sous des conditions commerciales	33
Tableau 17	Prix des aliments offerts durant la période expérimentale.....	33
Tableau 18	Coût d'alimentation.....	34
Tableau 19	Escompte à appliquer à un maïs de grade n° 4 pour atteindre l'équilibre avec un maïs de grade n° 2 selon des données commerciales	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Distribution à l'intérieur de la salle (Traitements A, B et C ; aliments contenant respectivement du maïs dont le poids spécifique était de 74, 67 et 62 kg/hL)4
Figure 2	Variation de la température dans la section engraissement du bâtiment.....5
Figure 3	Variation de l'humidité relative dans la section engraissement du bâtiment.....6
Figure 4	Relation entre la lysine prédite et mesurée des aliments30

INTRODUCTION

Les systèmes de classement ont été mis en place afin de faciliter le commerce des grains et de fournir une façon objective de comparer les lots de grain autant pour les vendeurs que les acheteurs. La qualité d'un lot de maïs et sa valeur marchande sont donc évaluées par les données de classement. Ces données sont obtenues rapidement par des méthodes physiques ou visuelles afin de permettre le refus d'un lot qui ne respecterait pas les critères désirés avant son déchargement. Pour le maïs, le poids spécifique, le pourcentage de grains endommagés, la quantité de pierres retrouvées dans l'échantillon et la présence de grains cassés et de matières étrangères sont les principaux critères évalués. Le poids spécifique est le critère qui influence le plus la valeur qu'on attribue au maïs. Il est lié à la maturité physiologique du maïs (Richert, 1996, cité par Murphy, 2000), mais d'autres facteurs peuvent influencer cette mesure (humidité, forme et grosseur du grain, etc.) (Brière, 2001). C'est pourquoi, on considère que le poids spécifique n'est pas relié directement à la valeur nutritive du maïs (Bilodeau, 2001; Brière, 2001; Patterson *et al.*, 1993). La valeur nutritive du maïs dépend plutôt de sa teneur en composantes (énergie, acides aminés, ...), mais surtout de la facilité avec laquelle l'animal peut digérer et absorber ces composantes (digestibilité). La situation est aussi compliquée par le fait que le grade d'un lot de grain est déterminé par le critère le plus limitatif parmi plusieurs, ce qui fait que différents lots peuvent posséder le même grade pour des raisons variables. Lefrançois (1991) a ainsi observé chez des poulets qu'il y avait peu de liens entre la teneur en énergie métabolisable et les critères de classement de 69 lots de maïs de grades différents en provenance du Québec, de l'Ontario et des USA pendant trois années consécutives. Le plus souvent, il n'y avait pas de différence entre les échantillons des grades supérieurs et inférieurs. À notre connaissance, aucune étude exhaustive de la valeur nutritive du maïs québécois pour les porcs n'a été publiée. La méconnaissance de la valeur nutritive du maïs québécois entraîne souvent une approche prudente de la part des acheteurs de grains ce qui se traduit par la dévalorisation économique des lots de grade intermédiaires (majorité de la récolte québécoise) et inférieurs.

Malgré ces lacunes, les spécialistes en nutrition tentent de caractériser la valeur nutritionnelle du maïs québécois à chaque nouvelle récolte pour les fins de formulation, mais les méthodes utilisées varient d'un individu à l'autre. Certains utilisent les valeurs moyennes de tables de composition (par exemple : NRC, 1998, Nutrient Requirements of Swine; INRA, 2002, Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage) et corrigent ces valeurs pour le taux d'humidité du grain, alors que d'autres préfèrent utiliser des équations de prédiction. Les faiblesses des valeurs de tables sont que l'origine des données est souvent mal définie, les valeurs varient d'une table à l'autre et la moyenne ne représente pas la variation importante de la valeur nutritive avec le cultivar utilisé, les conditions de

culture et de récolte ou les caractéristiques des porcs utilisés. Ainsi, nous n'avons souvent pas d'idée du nombre de déterminations, de la valeur minimale ou maximale ainsi que des caractéristiques des maïs et des animaux qui ont servi à établir la valeur d'énergie digestible (ED) porc de 3 961 kcal /kg MS rapportée par le NRC (1998), ni pour la teneur en ED porc du maïs de 3 924 kcal/kg MS publiée par l'INRA (2002), ni celle de 4 087 kcal/kg MS rapportée par Ewing (1997). De plus, les résultats de Lefrançois (1991) montrent que la teneur en énergie métabolisable pour le poulet de 69 lots de maïs a varié de 3 360 à 4 020 kcal/kg. Noblet *et al.* (2000) ont déjà rapporté que la digestibilité de l'énergie augmente avec le poids vif chez le porc, mais que cette augmentation varie selon la teneur en fibres des aliments. Des méthodes simplifiées pour le calcul de valeurs énergétiques ont été produites par Noblet *et al.* (2003) pour différentes matières premières dont la composition chimique diffère de celle rapportée dans les tables publiées par l'INRA et l'AFZ (Association française de Zootechnie) en 2002. Pour toutes ces raisons, certains nutritionnistes préfèrent estimer la valeur nutritionnelle des grains à partir d'analyses chimiques et d'équations de prédiction disponibles dans la littérature. Cependant, il faut examiner attentivement les équations disponibles avant de conclure qu'elles sont supérieures aux valeurs moyennes présentées dans les tables. Par exemple, la compagnie Degussa AG (2001) indique que la teneur en lysine (analyse coûteuse) du maïs peut être calculée à partir de sa teneur en protéines brutes (analyse de routine). Leur équation est basée sur un nombre très élevé d'analyses (n = 4 267) et contrairement à la moyenne, l'équation permet d'attribuer une valeur différente de lysine à des lots de maïs différents. Toutefois, selon cette équation la teneur en protéine brute n'explique que 34 % de la variation de la teneur en lysine des différents lots de maïs. Il faut tout de même réaliser qu'avec la moyenne, c'est 0 % de la variation entre les lots qui est considérée, ce qui nous pousse à préférer cette 2^e approche (équation plutôt que table).

Ainsi, la valeur nutritionnelle qui est attribuée au maïs québécois n'est pas uniforme et ceci démontre bien qu'il existe une incertitude quant à la méthode à utiliser pour établir sa valeur. Pour les producteurs de porcs, particulièrement ceux qui utilisent le maïs au taux de 70 % des rations (fabrication à la ferme), l'attribution de valeurs énergétiques ou protéiques inadéquates peut avoir des conséquences négatives dans leurs élevages. Avec une surestimation ou une sous-estimation de la valeur nutritionnelle du maïs, la formulation des aliments devient imprécise. Les performances et l'efficacité alimentaire des porcs en croissance seront réduites si le rapport lysine/énergie ou la teneur en énergie de l'aliment sont réduits (Smith *et al.*, 1999). Les producteurs de porcs ne peuvent donc pas se permettre de fonctionner dans l'incertitude.

C'est pourquoi, le présent projet vise la validation dans nos conditions d'une méthode d'estimation de la valeur nutritionnelle (énergie et acides aminés) du maïs québécois. Parmi les équations de prédiction disponibles, une de celles développées récemment par l'INRA (Noblet *et al.*, 2003), nous semble particulièrement intéressante pour prédire l'énergie digestible porc du maïs. Elle s'adresse exclusivement au maïs et s'applique au porc en croissance. L'équipe de Noblet travaille depuis plus de 20 ans à établir les besoins énergétiques des porcs et la valeur énergétique des aliments qui leurs sont destinés. Aucun autre groupe public ou privé dans le monde n'a généré autant de données de cette qualité pour l'alimentation des porcs, ce qui augmente notre confiance en cette nouvelle équation. Il faut toutefois comprendre que cette équation n'a pas été validée dans nos conditions d'élevage avec notre maïs local. En ce qui concerne les teneurs en acides aminés totaux du maïs, les équations de prédiction de Dégussa AG (2001) semblent intéressantes à valider dans nos conditions. Elles sont basées sur un très grand nombre d'échantillons et les équations ont été mises à jour récemment. Comme mentionné précédemment, l'utilisation de ces équations, au lieu des moyennes des tables, devrait permettre de considérer une partie de la variation qui existe entre les différents lots de céréales. Ceci devrait permettre d'ajuster la formulation des aliments en fonction de la valeur nutritive du maïs de chaque grade et de vérifier si les performances des animaux sont maintenues par ces ajustements et d'évaluer, le cas échéant, le coût de ces ajustements.

Hypothèse

La valeur nutritionnelle du maïs québécois peut être évaluée à partir de sa composition chimique et d'équations de prédiction disponibles dans la littérature scientifique. Le corollaire étant que le grade du maïs et son principal déterminant, le poids spécifique, ne reflètent pas la valeur nutritionnelle de celui-ci.

a) Objectif général

- Déterminer la valeur alimentaire (valeur nutritionnelle et performances de croissance) de trois lots de maïs québécois de grades et de valeur marchande différentes.

b) Objectifs spécifiques

- Estimer la valeur énergétique et protéique de trois lots de maïs québécois de poids spécifique différents à partir de leur composition chimique et d'équations de prédiction.
- Comparer les performances de croissance et la qualité des carcasses de porcs commerciaux alimentés avec des rations équilibrées avec ces céréales utilisant les valeurs nutritives calculées précédemment.
- Déterminer la valeur énergétique des aliments et la comparer avec la valeur prédite.
- Évaluer la valeur économique des différents lots de maïs en fonction des modifications requises aux aliments et des performances de croissance observées.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Animaux, dispositif expérimental et conditions d'élevage

Le dispositif expérimental prévoit l'évaluation nutritionnelle de trois lots de maïs de poids spécifiques différents chez des porcs à l'engraissement. C'est par l'entremise de régimes principalement à base de maïs, de tourteau de soya et de gras que les vérifications ont été effectuées. Ils ont été offerts aux porcs durant la période 20 à 108 kg de poids vif.

L'étude a été réalisée au Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) de mars à août 2005 dans le bâtiment appelé « Unité de testage et d'expérimentation en alimentation porcine (UTEAP) ». Cent vingt porcelets femelles, issus d'un croisement entre un verrat terminal de race Duroc et des truies de races différentes (Yorkshire, Landrace, Yorkshire X Landrace ou composite), sont entrés dans la section de pouponnière du bâtiment pour y être acclimatés pendant 31 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 5,3 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 20,1 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

C	A	C	B	A	B	A	B	C	A
Parc 1	Parc 2	Parc 3	Parc 4	Parc 5	Parc 6	Parc 7	Parc 8	Parc 9	Parc 10
B	C	A	B	C	B	A	C	A	B
Parc 11	Parc 12	Parc 13	Parc 14	Parc 15	Parc 16	Parc 17	Parc 18	Parc 19	Parc 20
B	C	B	A	C	A	C	B	A	C
Parc 21	Parc 22	Parc 23	Parc 24	Parc 25	Parc 26	Parc 27	Parc 28	Parc 29	Parc 30
A	B	C	A	C	B	A	B	C	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 (Traitements A, B et C ; aliments contenant respectivement du maïs dont le poids spécifique était de 74, 67 et 62 kg/hL)

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 circulation, 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 21°C et de 68 %, respectivement. Elles ont toutefois varié tout au long de l'essai entre 18 et 34°C pour la température et entre 41 à 96 % pour l'humidité (figure 2 et 3). Les températures dans le bâtiment ont été particulièrement chaudes durant la période de finition (phase III).

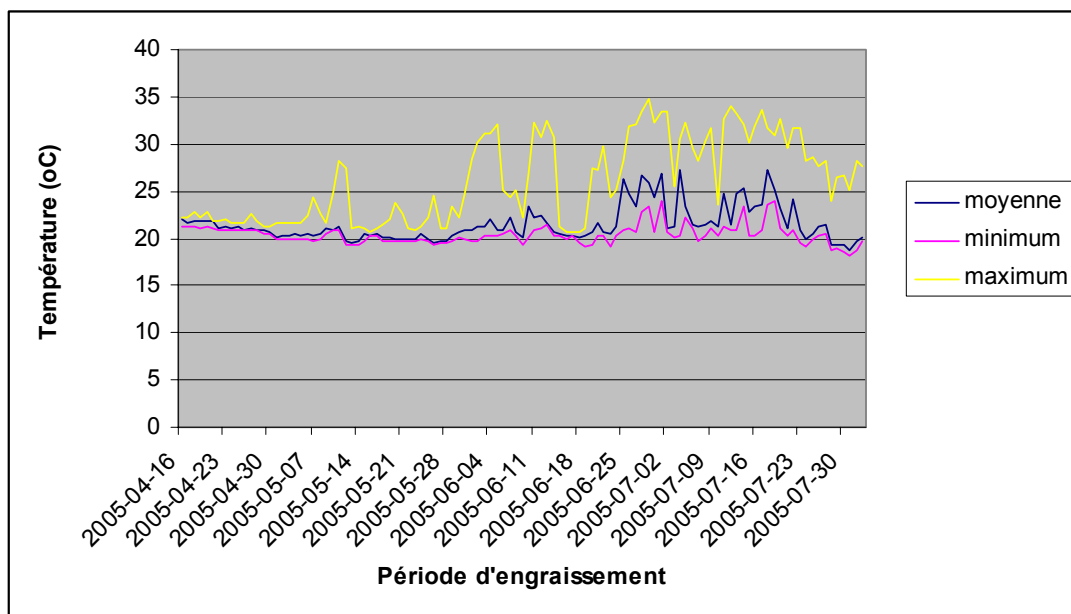


Figure 2 : Variation de la température dans la section engraissement du bâtiment

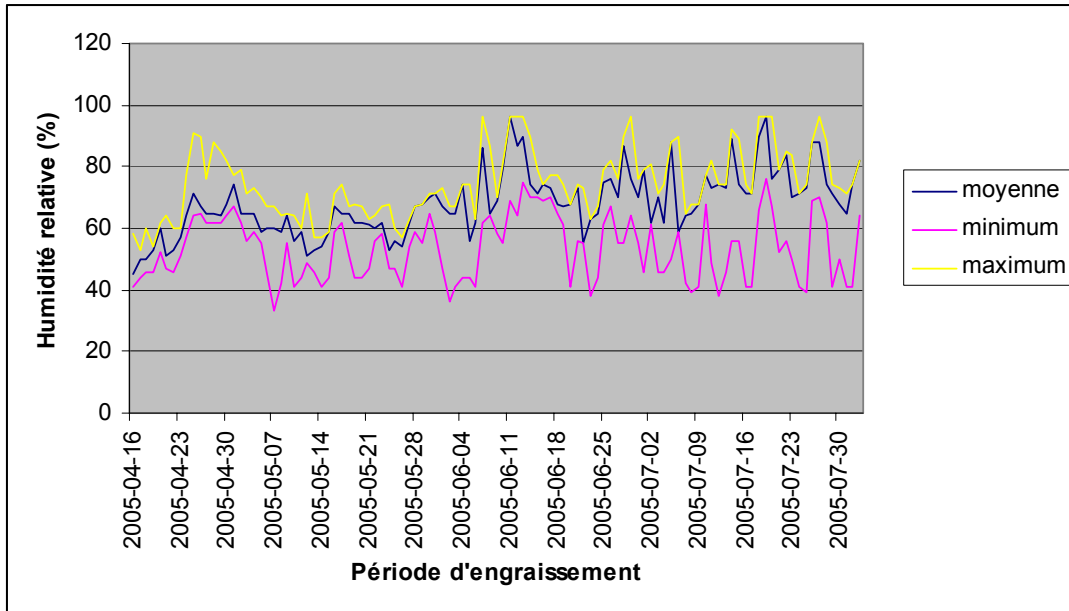


Figure 3 : Variation de l'humidité relative dans la section engraissement du bâtiment

Valeurs nutritionnelles des trois lots de maïs

Préalablement à la fabrication des aliments destinés aux porcs à l'essai, trois catégories de maïs québécois ont été recherchées à l'automne 2003 et 2004 directement dans les champs des producteurs et sur le marché. Trois lots de maïs de poids spécifique différents ont été recherchés : on visait les grades Maïs E.C. n^{os} 1, 3 et 5 jaune. La détermination du grade, selon les normes de la Commission canadienne des grains, dépend à la fois du poids spécifique du grain, mais aussi d'autres paramètres. Le pourcentage de dommages (échauffés, dommages totaux), la quantité de pierres, la proportion de maïs fendillé et de matières étrangères, l'odeur, la fraîcheur et l'uniformité du grain font partie des autres paramètres qui sont considérés lors du classement du maïs (tableau 1). La sélection des trois lots de maïs, pour les fins de l'essai, devait être faite sur la base du poids spécifique. Le grade attribué par la RMAAQ lors du classement devait avoir été assigné au maïs en raison du poids spécifique et non pas en raison des autres paramètres de classement. Les paramètres de classement, autres que le poids spécifique, devaient être assez uniformes entre les trois lots de maïs.

Tableau 1 : Facteurs déterminants des grades primaires et d'exportation pour le maïs

Maïs jaune, blanc ou mélangé, Ouest/Est canadien (OC/EC)							
Nom de grade	Norme de qualité		Dommages		Pierres	Maïs fendillé et matières étrangères	Autres classes (%)
	Poids spécifique	Conditions	Échauffés (%)	Total (%)			
OC/EC n° 1	68	Frais et odeur agréable Grosseur uniforme	0,1	3	3G	2	5
OC/EC n° 2	66	Frais et odeur agréable	0,2	5	3G	3	5
OC/EC n° 3	64	Frais et odeur agréable	0,5	7	3G	5	5
OC/EC n° 4	62	Frais et odeur agréable	1	10	3G	7	5
OC/EC n° 5	58	Peut dégager une légère odeur, pas d'odeur sure ni de moisi	3	15	3G	12	5
Si les caractéristiques du maïs n° 5 ne sont pas satisfaites, classez	Maïs, échantillon OC/EC (classe) - Poids léger		Maïs, Échantillon OC/EC (classe) - Échauffés	Maïs, Échantillon OC/EC (classe) - Endommagés	2,5% ou moins : Maïs, rejeté (grade) (classe) Pierres ou maïs Échantillon EC (classe) Pierres Plus de 2,5% : Maïs Échantillon-Récupérés	50% ou moins : Maïs, Échantillon OC/EC (classe) C.C.F.M. Plus de 50% : Échantillon, Maïs fendillé et matières	Plus de 5%- Utilisez tous les autres critères de classement et classez Maïs (grade) - Mélangé

Source : Site de la Commission canadienne des grains

[En ligne] <http://www.grainscanada.gc.ca/Pubs/GGG/2005/17-corn-2005-f.pdf> (page consultée de 30 octobre 2005)

En raison des conditions climatiques favorables en 2003 et 2004, il n'a pas été possible de trouver sur le marché le maïs de grade n° 5 tel que désiré. Parallèlement, du maïs a été cultivé au Centre de recherche sur les grains (CÉROM) à Saint-Bruno-de-Montarville (zone de 2800 UTM). Pour s'assurer d'obtenir les trois lots de maïs, tel que demandé dans le protocole, trois hybrides de maïs avec des unités thermiques maïs (UTM) différentes ont été ensemencés. Pour l'obtention d'un maïs à poids spécifique élevé (« A »), l'hybride PIONEER 39M27 (Pioneer Hi-Bred International Inc., Johnston, IA), qui nécessite 2150 UTM, a été utilisée. Pour le maïs intermédiaire (« B ») et celui à faible poids spécifique (« C »), les hybrides respectifs DEKALB 4222 à 2850 UTM

(Monsanto, Saint-Louis, MO) et PIONEER 38H67 à 3000 UTM (Pioneer Hi-Bred International Inc., Johnston, IA) ont été ensemencés. Les trois maïs ont été semés le 30 mai 2004 avec un semoir de type MONOSEM sur un loam argileux et récoltés le 16 novembre 2004. La densité au semis était de 74 000 plants/ha. Une fertilisation a été appliquée uniquement au semis (NPK= 50-0-0 kg/ha, azote sous forme d'urée) ainsi qu'un herbicide en prélevée (Batallion soit Elim 50 g/ha + Dual-2 Magnum 0,625 L/ha + Banvel-Dicamba 0,625 L/ha).

À la récolte, les taux d'humidité des grains étaient respectivement de 21, 29 et 38 % pour les maïs « A, B et C ». Par contre, le séchage du grain dans un séchoir de type GT-RB500 (Clay Center, KS) a permis de réduire le taux d'humidité. Aucun dommage du grain n'est apparu suite au séchage. La caramélisation sévère du grain par des températures de séchage trop élevées, qui peut survenir lorsque le grain est très humide, peut réduire la valeur nutritionnelle du grain. Une réduction de 15 % des teneurs en protéine brute et en énergie peut être observée (Murphy, 2000). Au moment de la classification par la RMAAQ, le maïs « A » comportait 14,1 % d'humidité, 0,1 % de dommages totaux et un poids spécifique de 73,9 kg/hl, ce qui lui a prévalu le grade Maïs E.C. n° 2 jaune (tableau 2). Malgré que ce grain détenait le poids spécifique pour être classé Maïs E.C. n° 1 jaune, il a été classifié Maïs E.C. n° 2 jaune à cause du manque d'uniformité du grain. Quant au lot de maïs « B », il a aussi obtenu également le grade Maïs E.C. n° 2 jaune. Le poids spécifique de ce lot explique son grade. Il était de 66,6 kg/hectolitre lors de la classification, le taux d'humidité était de 13,7 % et la proportion de maïs fendillé et de matières étrangères se situait à 0,1 % (tableau 2). Pour le troisième maïs (« C »), la RMAAQ lui a attribuée le grade Maïs E.C. n° 4 jaune à cause de son poids spécifique qui était de 62,1 kg/hl. Le taux d'humidité du grain à la classification était de 14,8 % et le pourcentage de dommages totaux était de 1,7 %.

Des échantillons représentatifs des trois lots de maïs ont été prélevés et analysés en laboratoire pour diverses composantes (tableau 2).

Afin d'estimer les valeurs énergétiques des trois lots de maïs, les équations de prédiction développées par Noblet *et al.* (2003) ont été utilisées. Ces équations ont été développées spécifiquement pour le maïs et le porc en croissance et nécessitent la connaissance de la composition chimique du maïs.

Ces équations sont :

$$\text{ED porc (kcal/kg MS)} = (4140 + (14,73 \times \text{PB}) + (9,25 \times \text{CB}) + (52,4 \times \text{MG}) - (44,6 \times \text{MM})) \times \text{dE}/100$$

$$\text{dE (\%)} = (97,3 - (3,83 \times \text{CB}) + 97,4 - (3,11 \times \text{ADF}) + 88) / 3$$

où PB, CB, MG, MM et ADF sont exprimés en g/100 g MS et ED= énergie digestible, PB= protéine brute, CB= cellulose brute (ou fibre brute), MG= matières grasses, MM= matières minérales (ou cendres), ADF= Fibres détergentes acides et dE= digestibilité de l'énergie.

Quant à l'énergie nette, elle a été établie de la façon suivante :

$$\text{EM porc (kcal/kg MS)} = \text{ED} \times (\text{EM}/\text{ED}) \text{ où le rapport EM/ED} = 0,976$$

$$\text{EN porc (kcal/kg MS)} = \text{EM} \times (\text{EN}/\text{EM}) \text{ où le rapport EN/EM} = 0,801$$

où ED, EM et EN sont exprimés en kcal/kg MS et EM= énergie métabolisable et EN = énergie nette. Les valeurs énergétiques estimées se retrouvent au tableau 2 du présent rapport.

Les concentrations en protéine brute et en matière sèche des trois maïs ont été mesurées afin d'estimer les teneurs en acides aminés (tableau 2). Les équations de prédiction de Degussa AG (2001) ont servi à déterminer les teneurs en lysine, méthionine, méthionine + cystine, thréonine et tryptophane bruts des trois maïs. Les voici :

$$\text{Lysine brute (\%)} : \% \text{ PB} \times 0,0171 + 0,101 \quad r=0,58$$

$$\text{Méthionine brute (\%)} : \% \text{ PB} \times 0,0140 + 0,062 \quad r=0,53$$

$$\text{Méthionine + Cystine brute (\%)} : \% \text{ PB} \times 0,0280 + 0,131 \quad r=0,63$$

$$\text{Thréonine brute (\%)} : \% \text{ PB} \times 0,0295 + 0,052 \quad r=0,89$$

$$\text{Tryptophane brut (\%)} : \% \text{ PB} \times 0,0081$$

où PB= protéine brute et est exprimé en g/100 g MS .

Les teneurs en acides aminés bruts qui ont été estimées se retrouvent au tableau 2 du présent rapport.

Tableau 2 : Composition et estimation de la valeur nutritionnelle des trois lots de maïs

Classement	Maïs « A »	Maïs « B »	Maïs « C »
Poids spécifique (kg/hL)	73,90	66,60	62,10
Total des dommages (%)	0,10	-	1,70
Maïs fendillé-matières étrangères (%)	-	0,10	-
Teneur en eau (%)	14,10	13,70	14,80
Grade ¹	Maïs E.C. # 2 ²	Maïs E.C. # 2	Maïs E.C. # 4
Composition chimique³			
Matière sèche (%)	87,53	87,81	86,49
Protéine brute (%)	7,92	6,95	6,95
Matière grasse (%)	3,69	3,64	3,52
Amidon (%)	63,59	63,85	62,30
Cellulose brute (%)	2,17	2,44	2,66
ADF (%)	3,76	4,08	4,02
NDF (%)	9,45	12,12	13,10
Cendres (%)	0,94	1,03	1,18
Vomitoxine (ppm) ⁴	nd	0,243	0,466
Zéaralénone (ppm) ⁴	nd	nd	nd
Valeur nutritionnelle estimée³			
Lysine brute (digestible) (%) ⁵	0,22 (0,17)	0,21 (0,17)	0,21 (0,17)
Méthionine brute (digestible) (%) ⁵	0,17 (0,15)	0,15 (0,14)	0,15 (0,14)
Méthionine + Cystine brute (digestible) (%) ⁵	0,34 (0,31)	0,31 (0,28)	0,31 (0,28)
Thréonine brute (digestible) (%) ⁵	0,28 (0,23)	0,25 (0,21)	0,25 (0,21)
Tryptophane brut (digestible) (%) ⁵	0,06 (0,05)	0,06 (0,05)	0,06 (0,05)
Énergie digestible (kcal/kg) ⁶	3389	3353	3282
Énergie nette (kcal/kg) ⁶	2649	2621	2566

¹ Classement conforme aux normes de la Commission canadienne des grains. Réalisé par la RMAAQ

² Détenait les caractéristiques d'un Maïs E.C. # 1 sauf pour l'uniformité du grain

³ Sur base humide

⁴ nd : non détectable. Sous le seuil de détection qui est de 0,222 ppm pour la vomitoxine et 0,05 ppm pour la zéaralénone

⁵ Estimation des acides aminés bruts selon Degussa AG (2001). Estimation des acides aminés digestibles selon les facteurs de conversion de la table des matières premières du CDPQ (2004)

⁶ Estimée à partir de la composition chimique du maïs. Équation développée par Noblet et al. (2003)

Traitements alimentaires

Des régimes à base de maïs, tourteau de soya et de gras ont été offerts aux animaux durant la période expérimentale, le maïs n'était pas le même d'un régime à l'autre. Trois lots de maïs de valeurs nutritionnelles différentes ont été évalués. Les valeurs nutritionnelles des lots de maïs, 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 (2005a). La formulation a été effectuée sur la base de l'énergie nette et des acides aminés digestibles 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 108 kg) a été établi. Durant les trois phases, aucun facteur de croissance antibiotique n'a été incorporé aux aliments. L'eau et les aliments en comprimés ont été offerts à volonté durant toute la période expérimentale. Les tableaux 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.

La fabrication des aliments a été réalisée à la meunerie commerciale de la Coopérative agricole Unicoop (Saint-Anselme, QC). Des analyses ont été effectuées immédiatement après la fabrication afin de vérifier leur conformité. Si les aliments n'étaient pas conformes à ce qui était désiré, une nouvelle fabrication devait être envisagée, ce qui ne fut pas le cas. Par contre, la durabilité des aliments n'a pas toujours été optimale, pour plusieurs lots la valeur observée était inférieure à l'objectif visé entre 90 et 95 % (tableau 3). Afin de s'assurer que la quantité de gras ajoutée aux aliments soit adéquate, le gras fut incorporé dans le mélangeur au moment de la fabrication. Une quantité élevée de gras dans l'aliment peut faire en sorte que l'aliment soit friable après la mise en comprimés. L'ajout de gras à la surface des comprimés aurait permis l'obtention de comprimés moins fragiles, mais la quantité de gras ajoutée n'aurait pas été aussi précise et la valeur énergétique des différents aliments aurait pu varier. La mise en comprimés d'aliments composés d'ingrédients avec un faible pouvoir liant, tels que le maïs, ne garantit pas l'obtention de comprimés avec une durabilité élevée. Tous ces facteurs peuvent expliquer pourquoi la durabilité des comprimés n'a pas toujours été adéquate.

Afin de pouvoir différencier les trois aliments entre eux et s'assurer que les animaux reçoivent le bon traitement, des traceurs (F-Microtracer^M, San Francisco, USA) de couleurs différentes ont été incorporés aux aliments au taux de 50 g/t lors de leur fabrication. Durant l'essai, 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 3 : Composition des aliments

	DÉBUT (20 À 50 KG)			CROISSANCE (50 À 75 KG)			FINITION (75 À 108 KG)		
	Traitements			Traitements			Traitements		
Ingrédients (kg/t)	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Maïs	655,40	631,67	622,45	748,16	723,61	713,06	809,43	780,25	768,80
Tourteau de soya	308,23	326,07	327,47	218,91	239,00	240,61	159,87	182,11	183,86
Gras	6,31	12,82	20,64	2,00	8,59	17,55	2,00	9,99	19,68
L-Lysine HCl	0,57	0,11	0,08	1,44	0,92	0,89	1,64	1,06	1,03
DL-Méthionine	0,11	0,15	0,16	-	0,03	0,03			
L-Thréonine	-	-	-	0,11	-	-	0,13	-	-
Pierre à chaux	11,43	11,32	11,31	13,23	11,82	11,80	10,48	10,43	10,38
Phosphate monodicalcique	10,26	10,18	10,21	8,38	8,28	8,31	8,64	8,36	8,46
Sel (kg)	4,99	4,98	4,98	5,07	5,05	5,05	5,11	5,10	5,09
Prémélange de vitamines et minéraux mineurs	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Antimoisissure ¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Traceur ²	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Composition chimique									
Matière sèche (%)	87,20	87,65	87,20	87,55	87,76	87,43	88,30	88,38	88,47
Protéine brute (%)	20,54	20,47	20,45	16,98	17,08	17,50	14,83	14,81	14,97
Lysine brute (dig.) (%) ³	1,16 (1,04)	1,19 (1,08)	1,16 (1,05)	0,96 (0,87)	0,99 (0,89)	1,00 (0,90)	0,84 (0,75)	0,85 (0,77)	0,83 (0,75)
Méthionine brute (dig.) (%) ³	0,35 (0,32)	0,32 (0,29)	0,32 (0,29)	0,32 (0,29)	0,26 (0,24)	0,26 (0,24)	0,30 (0,28)	0,25 (0,23)	0,25 (0,23)
Méth. + Cystine brute (dig.) (%) ³	0,68 (0,62)	0,65 (0,59)	0,64 (0,58)	0,64 (0,58)	0,55 (0,50)	0,55 (0,50)	0,56 (0,51)	0,51 (0,46)	0,51 (0,46)

Tableau 3 : Composition des aliments (suite)

	DÉBUT (20 À 50 KG)			CROISSANCE (50 À 75 KG)			FINITION (75 À 108 KG)		
	Traitements			Traitements			Traitements		
Ingrédients (kg/t)	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Thréonine brute (dig.) (%) ³	0,77 (0,67)	0,79 (0,70)	0,79 (0,70)	0,65 (0,57)	0,66 (0,57)	0,67 (0,58)	0,60 (0,52)	0,60 (0,52)	0,59 (0,51)
Tryptophane brut (dig.) (%) ³	0,25 (0,23)	0,26 (0,23)	0,26 (0,23)	0,20 (0,18)	0,21 (0,19)	0,21 (0,19)	0,16 (0,14)	0,17 (0,15)	0,17 (0,15)
Matière grasse (%)	3,34	3,82	4,53	3,40	3,87	4,51	3,46	4,07	5,10
NDF (%)	8,09	9,25	9,04	8,03	9,08	8,90	7,84	8,44	8,85
Cendres (%)	5,01	5,04	4,99	4,42	4,56	4,72	3,92	3,94	4,25
Calcium (%)	0,65	0,63	0,63	0,59	0,59	0,64	0,57	0,53	0,57
Phosphore total (%)	0,55	0,55	0,57	0,45	0,48	0,53	0,45	0,44	0,48
Sodium (%)	0,20	0,23	0,20	0,18	0,20	0,20	0,19	0,25	0,23
Énergie digestible (ED; kcal/kg) ⁴	3361	3380	3383	3338	3349	3360	3363	3368	3397
Énergie nette (EN; kcal/kg) ⁴	2381	2387	2395	2431	2430	2444	2498	2491	2520
Ratio lysine digestible / EN	4,37	4,52	4,38	3,95	4,07	4,09	3,00	3,09	2,98
Granulométrie (µm)	697	678	674	605	660	609	637	642	621
Durabilité (%)	88	90	73	87	75	74	75	62	63

¹ Myco CURB® (Agri-Marketing Corp., Mont St-Hilaire, Québec)

² F-Microtracer[™] (Micro-Tracers inc., San Francisco, États-Unis)

³ Acides aminés bruts (digestibles entre parenthèses). Les acides aminés digestibles ont été calculés en considérant les acides aminés bruts analysés et les facteurs de conversion proposés par le système de formulation utilisant les tables des matières premières du CDPQ (2004)

⁴ Selon les tables des matières premières du CDPQ (2004) pour la majorité des ingrédients. La détermination de la valeur énergétique (digestible et nette) des lots de maïs a été effectuée à partir de la composition chimique et d'une équation développée par Noblet et al. (2003).

Tableau 4 : Apports en minéraux mineurs et vitamines provenant du prémélange incorporé aux aliments¹

		Par kg d'aliment complet
Vitamine A	(U.I.)	10 000
Vitamine D ₃	(U.I.)	1 500
Vitamine E	(U.I.)	60
Vitamine K	(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 B ₁₂	(mcg)	30
Manganèse	(mg)	40
Zinc	(mg)	100
Fer	(mg)	150
Cuivre	(mg)	25
Iode	(mg)	0,6
Sélénium	(mg)	0,3

¹ La choline, au taux de 500 mg/kg, est ajoutée à l'aliment séparément du prémélange

Mesures des performances zootechniques

Durant toute la période d'engraissement, les poids des animaux et les quantités d'aliments offertes et refusées 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 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, approximativement à 20, 50, 75 et 108 kg. Les régimes expérimentaux ont été offerts aux porcs immédiatement après le transfert en engraissement soit, à 20 kg de poids vif. La consommation alimentaire a été mesurée pour chacun des parcs (deux porcs/parc). Afin de quantifier la prise alimentaire, les aliments restants dans la trémie étaient pesés lors du changement d'aliments ou de la sortie des animaux et déduits de la quantité offerte. L'installation de compteurs d'eau individuels (Lecomte, modèle LR, Saint-Hyacinthe, QC), dans chacun des parcs, nous a permis de mesurer l'ingestion d'eau des porcs tout au long de leur croissance.

Des mesures ont également été prises sur chacun des animaux vivants à différents moments pendant l'engraissement (50, 75 et 108 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 différentes occasions 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.

Au milieu de la période d'élevage, la digestibilité apparente de la matière sèche et de l'énergie des trois rations a été déterminée en utilisant les cendres insolubles dans l'acide comme marqueur naturel (Kavanagh *et al.*, 2001.). Il a été ainsi possible de comparer l'énergie digestible mesurée des aliments avec celle prédite. Pour ce faire, des échantillons de fèces (« grab samples ») des porcs de 18 parquets (6 parquets/traitement) ayant consommé les rations à base des trois grades de maïs ont été récoltés pendant 5 jours consécutifs. Les teneurs en matière sèche, en énergie brute et en cendres insolubles (McCarthy, 1974) des échantillons de fèces et d'aliments ont été déterminées. La digestibilité de la matière sèche et de l'énergie a été calculée avec l'équation proposée par Lloyd *et al.* (1978) pour l'utilisation d'un marqueur indigeste.

Lorsque les porcs ont atteint le poids du marché, ils ont été acheminés à l'abattoir A. Trahan Transformation (Yamachiche, QC) après un jeûne minimal de 16 à 20 heures 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 quatre 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.).

Un porc est mort en cours d'essai (traitement B) et un autre durant l'attente à l'abattoir (traitement A). Des traitements curatifs ont été appliqués de façon individuelle lorsque nécessaire (4 porcs du traitement B et 2 porcs du traitement A). Les analyses qui ont été réalisées considéraient les jours de présence des animaux morts ou éliminés.

Analyse économique

L'analyse économique vise à évaluer l'impact de l'utilisation de deux maïs («A et C») de poids spécifique et de valeur marchande différentes 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. L'analyse se base principalement sur les coûts d'alimentation, puisqu'il s'agit du poste de dépense qui risque le plus d'être affecté par une modification du régime alimentaire. De plus, l'évaluation des coûts des aliments est faite pour un contexte de fabrication en meunerie commerciale.

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). Pour chacune des variables analysées, la normalité des résidus et l'homogénéité de la variance ont été vérifiés. Cette validation a permis d'identifier quelques données extrêmes. Après vérification, il fut décidé de conserver ces données.

L'utilisation comme covariable du poids vif au début de l'essai (20 kg) et à la fin de l'essai (108 kg) ont été testés. Le poids initial a été testé pour l'ensemble des variables, alors que le poids final l'a été pour les données d'abattage. Lorsque les covariables n'étaient pas significatives, ce sont les moyennes ajustées du modèle sans covariable qui ont été retenues. Les covariables ont été significatives pour les variables suivantes : l'épaisseur de gras ultrasons à 108 kg, l'épaisseur du gras de la carcasse, le poids chaud de la carcasse, le rendement en viande maigre de la carcasse, le poids à 50 kg et les masses protéiques à 50 et 75 kg. 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

Caractéristiques des lots de maïs utilisés

La composition chimique et la valeur nutritionnelle calculée de nos trois lots de maïs de poids spécifique différent ont varié (tableau 5). Pour certaines valeurs, l'écart est faible alors que pour d'autres, il est plus important. La différence entre les valeurs minimales et maximales présentées au tableau 5 est inférieure à 5 % pour la matière sèche, les valeurs énergétiques, les matières grasses et l'amidon. La variation entre les lots de maïs est plus importante pour la protéine brute (14 %) et les acides aminés essentiels (8 à 14 %), à l'exception du tryptophane, un acide aminé présent en très faible quantité dans le maïs. Ces écarts sont difficiles à relier au poids spécifique puisque les lots « B » et « C » ont une composition azotée similaire, malgré des poids spécifiques différents. Selon Johnston (1995), les concentrations en protéine, fibre et minéraux du maïs diminuent, alors que les teneurs en amidon et en matières grasses s'accroissent normalement avec l'augmentation du poids spécifique du maïs. La composition chimique et la valeur nutritionnelle du maïs peut varier selon la variété utilisée, les conditions de culture, la température de séchage, la structure de l'amidon, la matrice lipide/protéine/amidon et aussi par la présence de facteurs anti-nutritionnels (Socorro *et al.*, 1989; Herrera-Saldana *et al.*, 1990; Leeson *et al.*, 1993; Leigh, 1994; Brown, 1996; Collins *et al.*, 1998; Cromwell *et al.*, 1999; Collins et Moran, 2001; cités par Cowieson, 2005). Il est donc possible que les teneurs plus élevées en protéine du lot « A » soient simplement liées au cultivar utilisé. En effet, la teneur en protéine brute de différents cultivars de maïs récoltés sur le même site à un degré de maturité similaire a varié entre 8,4 et 10,8 % sur une base de matière sèche (Snow *et al.*, 2004).

Quoique les trois lots de maïs ont été cultivés dans les mêmes conditions, les hybrides utilisés n'étaient pas les mêmes et ne nécessitaient pas les mêmes niveaux d'UTM pour atteindre la maturité physiologique. Le but était de produire des lots de maïs différents au niveau du poids spécifique et il fallait donc utiliser des variétés qui n'avaient pas le même besoin en terme d'UTM. Par conséquent, on considère que la maturité au moment de la récolte n'était pas la même d'un maïs à l'autre. Les teneurs en eau des maïs à la récolte (21, 29 et 38 %; maïs «A, B et C», respectivement) le confirment puisqu'en général, la teneur en eau du maïs diminue avec l'approche de la maturité (Richert, 1996 cité par Murphy, 2000).

Dans le cas des teneurs en amidon des trois maïs, les valeurs obtenues par analyse ne varient pas dans le même sens que le poids spécifique (tableau 5). Quant aux fibres, l'augmentation des teneurs avec la diminution du poids spécifique est logique puisque les faibles poids spécifiques ont été obtenus en récoltant des grains immatures. Ceux-ci devraient être plus petits, moins remplis et contenir proportionnellement plus de composantes de surface riches en fibres.

Le poids spécifique ne devrait pas être le seul paramètre à considérer pour évaluer la valeur nutritive d'une récolte (Bilodeau, 2001). Il y a une faible relation entre le poids spécifique et la valeur énergétique du maïs, d'autres facteurs tels que les différences entre les hybrides, la maturité atteinte au moment de la gelée mortelle, l'humidité à la récolte, la température de séchage et les dommages encourus lors de la manipulation du grain peuvent tous contribuer significativement à la variabilité qui existe entre les maïs (Murphy, 2000).

Le maïs « A » semble correspondre le plus, mais seulement pour certaines composantes, aux valeurs proposées dans les différentes tables nutritionnelles existantes, quoique des différences existent entre chacune d'elles (tableau 5). Les valeurs d'énergies digestible et métabolisable des trois maïs sont plus faibles que celles proposées par les différentes tables nutritionnelles (tableau 5).

Ainsi, pour préciser correctement la valeur nutritionnelle du maïs, la connaissance de sa composition chimique est requise. Toutefois, ceci peut comporter des désavantages puisque le coût des analyses et le délai pour l'obtention des résultats peuvent être un frein à leur réalisation. La détermination en laboratoire des teneurs en acides aminés du maïs requiert un temps d'attente élevé et leur analyse demande généralement que le travail soit fait à l'externe en raison du coût élevé des équipements spécialisés qui sont nécessaires. L'utilisation d'équations de prédiction pour déterminer la concentration en acides aminés à partir de la protéine brute et la matière sèche du maïs permet en partie de pallier à cette lacune, l'analyse de la matière sèche et de la protéine brute étant rapide et peu coûteuse. Comme les teneurs en protéine brute des trois lots de maïs sont dissemblables, des différences ressortent pour les teneurs en acides aminés. Si on compare les valeurs estimées aux résultats d'analyses chimiques du maïs, on constate que les teneurs en acides aminés sont assez proches entre elles, mais qu'il existe tout de même des différences (tableau 6). Quant à la valeur énergétique du maïs, son estimation est nécessaire puisque les énergies digestible, métabolisable et nette du maïs ne peuvent pas se mesurer directement en laboratoire sans utiliser d'animaux. L'analyse chimique des diverses composantes du maïs est essentielle pour déterminer la valeur énergétique de ce dernier (Noblet *et al.*, 2003). Les valeurs d'énergies qui ont été estimées ne sont pas identiques si on compare les trois maïs entre eux (tableau 5). Quoique les différences soient faibles, le maïs «A» est le plus énergétique des maïs (écarts de +52 et +76 kcal ED/kg MS ou de +41 et +59 kcal EN/kg MS; maïs «A» vs «B et C» respectivement). Les augmentations respectives de 24 et 8 % des teneurs en cellulose brute et en ADF du maïs « C » par rapport au maïs « A » ont eu cependant peu d'effet sur l'énergie digestible. Selon les équations proposées par Noblet *et al.* (2003), l'augmentation de ces deux composantes diminue la digestibilité de l'énergie, mais contribue à augmenter l'énergie brute. Il faut aussi considérer que le maïs contient peu de fibres et que l'augmentation de 24 % de la teneur en cellulose brute n'est qu'une augmentation de 0,6 points de pourcentage.

Les trois maïs ne contenaient pas de zéaralénone, mais les maïs « B et C » contenaient de la vomitoxine (tableau 2). Cette dernière mycotoxine peut affecter la consommation et même provoquer des vomissements chez le porc à de fortes concentrations (Charmley et Trenholm., 2000). Quoique les concentrations dans les lots de maïs étaient faibles, nous avons tout de même vérifié les teneurs dans les aliments de finition. Les concentrations retrouvées sont sous le seuil de détection qui est de 0,222 ppm pour l'aliment A et de 0,314 et 0,321 ppm de vomitoxine pour les aliments B et C, respectivement. Il est recommandé de ne pas dépasser 1 ppm de vomitoxine dans les aliments destinés aux porcs (Commission canadienne des grains, 2005) ce qui nous laisse supposer que les performances des porcs ne devaient pas être affectées. Toutefois, ceci est vrai si aucune autre mycotoxine n'est présente dans le même lot de grain. Certaines mycotoxines lorsqu'elles sont réunies, produisent un effet additif, voire même synergique, sur la santé ou les performances des animaux. Une combinaison de différentes mycotoxines peut produire un effet toxique plus marqué que celui prévu à partir de l'effet individuel de chaque toxine. Le type d'interaction dépend non seulement de la combinaison particulière des mycotoxines, mais également de l'espèce animale touchée (Charmley et Trenholm., 2000). Des symptômes peuvent apparaître chez le porc même si les analyses des aliments n'indiquent que de faibles concentrations de mycotoxines (Trenholm *et al.*, 1983 cité par Smith *et al.*, 2005). La probabilité que cela survienne est plus grande en présence des mycotoxines produites par des champignons du genre *Fusarium* (Smith *et al.*, 1995). La vomitoxine est une mycotoxine produite par un champignon de ce type. Nous demeurons donc un peu perplexe par rapport à cette information. Il existe plusieurs mycotoxines qui peuvent être produites, les tests de laboratoire pour détecter la présence des diverses mycotoxines ne sont pas nécessairement accessibles ou disponibles et peuvent être très onéreux. Nous avons toutefois jugé bon d'analyser les concentrations de T-2 et d'ochratoxine dans les aliments de finition. Les concentrations de T-2 dans les aliments de finition A, B et C sont nulles ou sous le seuil de détection qui est de 50 ppb et les teneurs respectives en ochratoxine sont également nulles ou sous le seuil de détection qui est de 2 ppb. Bien qu'ils supportent l'absence de synergie entre différentes mycotoxines dans ces lots de grains, ces résultats n'éliminent pas totalement cette possibilité et il demeure que d'autres mycotoxines non mesurées pourraient avoir été présentes.

Tableau 5 : Valeurs nutritionnelles attribuées au maïs par le biais d'estimation ou à partir de tables nutritionnelles¹

Composantes	Maïs « A » ²	Maïs « B » ²	Maïs « C » ²	NRC (1998)	INRA (2002)	CDPQ (2004)	ITP (2002)	Feedstuffs (2005)
Matière sèche (%)	87,53	87,81	86,49	89,00	86,40	88,00	86,40	87,00
E digestible (kcal /kg)	3871	3819	3795	3961	3924	3894 - 4050	3920	--
E métabolisable (kcal/ kg)	3779	3726	3703	3843	3831	3801 - 3933	--	3851
E nette (kcal /kg)	3026	2985	2967	2691	3067	3044 - 3131	3059	--
Protéine brute (%)	9,05	7,91	8,04	9,33	9,38	10,00	9,40	8,62
Lysine brute (%)	0,26	0,24	0,24	0,29	0,28	0,23 - 0,28	0,28	0,28
Méthionine brute (%)	0,19	0,17	0,17	0,19	0,20	0,18 - 0,20	0,20	0,21
Méth. + Cystine brute (%)	0,39	0,35	0,36	0,40	0,43	0,40 - 0,44	0,43	0,41
Thréonine brute (%)	0,32	0,28	0,29	0,33	0,35	0,31 - 0,38	0,35	0,33
Tryptophane brut (%)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06 - 0,07	0,06	0,08
Matière grasse (%)	4,22	4,15	4,07	4,38	4,28	4,20	4,30	4,02
Amidon (%)	72,65	72,71	72,03	--	74,20	--	74,20	--
Cellulose brute (%)	2,48	2,78	3,07	--	2,55	2,84	2,50	2,18
ADF (%)	4,30	4,65	4,65	3,15	3,01	3,41	--	--
NDF (%)	10,80	13,80	15,15	10,79	12,04	9,32	12,00	--
Cendres (%)	1,07	1,17	1,36	--	1,39	1,36	1,40	--

¹ Sur une base 100 % de matière sèche

² La matière sèche, la protéine brute, la matière grasse, l'amidon, la cellulose brute, l'ADF, le NDF et les cendres ont été mesurés en laboratoire, les autres valeurs ont été établies en utilisant les équations appropriées et la composition chimique du maïs

Tableau 6 Comparaison entre les teneurs en acides aminés du maïs estimées et celles mesurées en laboratoire¹

	Estimées à partir de prédiction ²			Mesurées en laboratoire		
	Maïs « A »	Maïs « B »	Maïs « C »	Maïs « A »	Maïs « B »	Maïs « C »
Protéine brute (%)	9,05 ³	7,91 ³	8,04 ³	8,95 ⁴	7,94 ⁴	7,95 ⁴
Lysine brute (%)	0,26	0,24	0,24	0,27	0,26	0,24
Méthionine brute (%)	0,19	0,17	0,17	0,25	0,16	0,16
Méth. + Cystine brute (%)	0,39	0,35	0,36	0,46	0,33	0,33
Thréonine brute (%)	0,32	0,28	0,29	0,33	0,31	0,31
Tryptophane brut (%)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06

¹ Sur une base de 100 % de matière sèche

² Selon Degussa AG (2001) pour les acides aminés, la protéine brute est mesurée en laboratoire

³ Moyenne de plusieurs analyses

⁴ Résultat d'une seule analyse

Performances zootechniques

Selon les résultats présentés, la consommation quotidienne d'aliments et de leurs composantes est similaire entre les traitements, si on considère la période totale de l'engraissement (20 à 108 kg de poids vif) (tableau 7). Seule l'ingestion de matière grasse diffère entre les traitements. À l'exception de cette dernière composante, la consommation des aliments et de leurs composantes est la même entre les traitements pour la majorité des phases alimentaires, sauf pour la période 20 à 50 kg de poids vif. Durant cette phase, les porcs qui ont consommé le régime contenant le maïs « A » ingèrent plus d'aliments à chaque jour que les animaux qui ont consommé l'aliment fabriqué avec le maïs « B » et plus de matière sèche que les deux autres traitements (tableau 7). Par conséquent, l'énergie nette ingérée par les porcs du traitement « A » est significativement supérieure à celle consommée par les animaux du traitement « B » et la protéine brute ingérée est plus grande que celle des traitements « B et C ». Une tendance à la hausse est observée en faveur des porcs du traitement « A » pour la consommation de lysine brute et d'énergie digestible, sans toutefois que les apports en lysine digestible ne soit différents entre les traitements. Outre les apports en thréonine et en tryptophane (brute et digestible) qui sont les mêmes entre les traitements, la consommation de méthionine et méthionine + cystine (brute et digestible) est plus grande pour les animaux du traitement « A » comparativement aux deux autres traitements (données non présentées). Ceci étant vrai pour la période de 20 à 50 kg et aussi pour la durée totale de l'engraissement (20 à 108 kg) (résultats non présentés). Malgré les effets qui sont ressortis significatifs en début d'engraissement (20 à 50 kg) pour plusieurs des paramètres présentés au tableau 7, il n'y a toutefois aucune différence significative qui existe entre les traitements pour les autres périodes alimentaires et la durée totale de l'engraissement. Même si de la vomitoxine a été détectée dans les maïs et dans les aliments de finition « B et C », la consommation des porcs n'a pas été réduite, sauf durant la première période. Cette dernière mycotoxine peut affecter la consommation des porcs au-delà de 1 ppm (Commission canadienne des grains, 2005), ce qui n'est pas le cas dans cette étude.

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 7). En général, elle augmente à mesure que le pourcentage de matières grasses s'accroît dans les rations soit, du traitement « A vers C » (tableau 3). Ceci est expliqué par le fait que les aliments étaient formulés pour être isoénergétiques. Le maïs « C », à qui on a attribué la valeur énergétique la plus faible par rapport aux autres maïs, nécessite un ajout plus grand de gras à la ration au moment de la formulation afin d'obtenir le même niveau d'énergie que les autres traitements. La quantité de gras dans les rations ne semble pas avoir influencé la consommation alimentaire des porcs.

Les performances zootechniques observées durant la période expérimentale sont présentées au tableau 8. Il n'existe pas de différence significative entre les traitements alimentaires pour le poids vif en début d'essai ni pour celui en fin d'expérience. Le gain moyen quotidien et la conversion alimentaire ne sont pas statistiquement différents entre les régimes à l'étude, pour les périodes 20 à 50 kg et 50 à 75 kg de poids vif, seulement des différences numériques sont perceptibles. Cependant, à partir de la troisième phase alimentaire (75 à 108 kg) le gain moyen quotidien des porcs du traitement « B » est réduit de 68 g/j comparativement à celui des animaux du traitement « A » et cette différence est de l'ordre de 61 g/j si on considère la période totale de l'engraissement (20 à 108 kg). Quant à la conversion alimentaire, les porcs du traitement « B » ont tendance à moins bien convertir leurs aliments en kg de gain durant la phase III et cet effet devient significatif entre les traitements « B et C » lorsqu'on considère la durée totale de l'engraissement. Une différence de 0,18 points de conversion est observée entre les traitements « B et C » dans la période 20 à 108 kg de poids.

Les porcs qui ont reçu les aliments « A et C », contenant des maïs de poids spécifique différents (73,9 et 62,1 kg/hl ; maïs « A et C » respectivement), ont des performances zootechniques équivalentes (tableau 8). Ceci suggère que les rations ont été bien équilibrées et que les valeurs nutritionnelles de ces maïs ont été estimées correctement. Ce grain était l'ingrédient majeur des aliments servis aux porcs.

Quant aux porcs du traitement « B », qui ont consommé les aliments contenant le maïs intermédiaire (poids spécifique de 66,6 kg/hl), on peut dire qu'ils ont eu une croissance moins rapide et qu'ils ont été moins efficaces à convertir leurs aliments en kilogramme de gain. Leurs moindres performances (GMQ, C.A.) ne semblent pas liées, du moins selon nos vérifications, à un problème de santé ou de régie d'élevage ou des conditions de culture de ce lot de maïs. Un porc du traitement « B » est mort en cours d'essai et un porc du traitement « A » est mort durant l'attente à l'abattoir. Des traitements curatifs ont été administrés de façon individuelle lorsque nécessaire pour seulement 6 porcs (4 porcs du traitement « B » et 2 porcs du traitement « A »). La consommation d'eau des porcs est similaire à celle des autres traitements (6,5 L/porc·j de 20 à 108 kg ; tableau 9). Selon les concentrations en mycotoxines des aliments et les performances obtenues, rien ne nous laisse croire que leur présence dans l'aliment ou une synergie possible entre plusieurs mycotoxines non dosées aient pu engendrer une détérioration des performances des porcs du traitement « B », d'autant plus que la prise alimentaire n'a pas été réduite et qu'aucun symptôme particulier n'est apparu. La durabilité des comprimés peut influencer la mesure de la consommation alimentaire d'un animal. Un aliment qui s'effrite facilement dans la trémie peut favoriser le gaspillage, augmenter la quantité d'aliment servie et ainsi détériorer la conversion alimentaire. Par contre, dans notre essai, la durabilité des aliments fut plus souvent faible pour les aliments « C » que

ceux du traitement « B » et la prise alimentaire enregistrée n'a pas été différente entre les traitements sauf pour la période de 20 à 50 kg de poids vif. La diminution du GMQ des porcs du traitement « B » malgré une consommation similaire à celle des porcs du traitement « A » reste difficile à expliquer car les aliments possèdent, du moins selon les analyses effectuées, un contenu nutritionnel équivalent. On pourrait croire que les aliments n'étaient pas bien équilibrés à cause d'une mauvaise estimation des valeurs énergétique ou protéique du maïs, mais si cela avait été le cas, les performances des porcs des autres traitements auraient également été affectées. Les animaux utilisés provenaient de croisements différents et il n'est pas impossible que lors de la distribution aléatoire des animaux aux traitements, le hasard ait défavorisé le traitement « B ». La probabilité qu'un problème d'échantillonnage explique ces résultats est faible, mais réelle.

Tableau 7 : Ingestion des aliments et de leurs composantes ¹

Phase I (20-50 kg)	TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type ²	P
Aliment ingéré (kg TQS/porc·j) ³	1,71 a	1,61 b	1,62 ab	0,04	0,03
Matière sèche (kg/porc·j)	1,49 a	1,41 b	1,42 b	0,03	0,04
Protéine brute (g/porc·j)	351,84 a	330,20 b	332,01 b	8,07	0,02
Matière grasse (g/porc·j)	57,21 a	61,62 b	73,55 c	1,56	< 0,0001
Lysine brute (g/porc·j)	19,87	19,20	18,83	0,46	0,08
Lysine digestible (g/porc·j)	17,81	17,42	17,05	0,42	0,19
Énergie digestible (kcal/porc·j)	5757,20	5452,32	5492,40	132,95	0,06
Énergie nette (kcal/porc·j)	4078,51 a	3850,50 b	3888,35 ab	94,07	0,04
Phase II (50-75 kg)					
Aliment ingéré (kg TQS/porc·j) ³	2,47	2,34	2,34	0,12	0,47
Matière sèche (kg/porc·j)	2,16	2,05	2,04	0,11	0,47
Protéine brute (g/porc·j)	418,87	399,41	408,75	20,70	0,65
Matière grasse (g/porc·j)	83,87 a	90,50 a	105,34 b	4,67	0,0002
Lysine brute (g/porc·j)	23,68	23,15	23,36	1,18	0,90
Lysine digestible (g/porc·j)	21,46	20,81	21,02	1,07	0,83
Énergie digestible (kcal/porc·j)	8234,41	7831,43	7848,09	403,99	0,53
Énergie nette (kcal/porc·j)	5996,96	5682,40	5708,55	293,79	0,50

Tableau 7 : Ingestion des aliments et de leurs composantes ¹ (suite)

Phase III (75-108 kg)	TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type	P
Aliment ingéré (kg TQS/porc-j) ³	2,60	2,59	2,56	0,08	0,85
Matière sèche (kg/porc-j)	2,30	2,29	2,26	0,07	0,87
Protéine brute (g/porc-j)	386,12	384,10	383,20	11,76	0,97
Matière grasse (g/porc-j)	90,09 a	105,56 b	130,55 c	3,37	< 0,0001
Lysine brute (g/porc-j)	21,87	22,05	21,25	0,66	0,46
Lysine digestible (g/porc-j)	19,53	19,97	19,20	0,60	0,44
Énergie digestible (kcal/porc-j)	8756,09	8735,01	8695,69	267,03	0,97
Énergie nette (kcal/porc-j)	6503,93	6460,48	6450,73	198,00	0,96
Global (20-108 kg)					
Aliment ingéré (kg TQS/porc-j) ³	2,24	2,23	2,16	0,06	0,34
Matière sèche (kg/porc-j)	1,97	1,96	1,90	0,05	0,32
Protéine brute (g/porc-j)	383,92	376,98	372,91	10,82	0,59
Matière grasse (g/porc-j)	76,34 a	87,89 b	102,64 c	2,28	< 0,0001
Lysine brute (g/porc-j)	21,71	21,79	21,04	0,62	0,42
Lysine digestible (g/porc-j)	19,51	19,70	18,99	0,56	0,43
Énergie digestible (kcal/porc-j)	7515,86	7494,31	7299,12	197,84	0,49
Énergie nette (kcal/porc-j)	5474,62	5447,65	5313,69	142,83	0,49

¹ Moyennes ajustées

² Erreur type de la différence entre les traitements

³ TQS = Tel que servi

Tableau 8 : Performances zootechniques des porcs¹

Phase I (20-50 kg)	TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type ²	P
Poids initial (kg)	20,07	20,06	20,06	0,32	1,00
Poids final (kg)	49,82	48,15	49,02	0,90	0,20
GMQ (g/j)	874,37	825,76	850,81	26,22	0,20
C.A.	1,96	1,96	1,91	0,04	0,35
Aliment ingéré (kg/porc-j) ³	1,71 a	1,61 b	1,62 ab	0,04	0,03
Durée (j) ⁴	34	34	34	-	-
Phase II (50-75 kg)					
Poids initial (kg)	49,82	48,15	49,02	0,90	0,20
Poids final (kg)	78,11	74,69	76,91	1,72	0,15
GMQ (g/j)	1011,13	938,77	997,12	40,10	0,17
C.A.	2,44	2,50	2,34	0,08	0,19
Aliment ingéré (kg/porc-j) ³	2,47	2,34	2,34	0,12	0,47
Durée (j) ⁴	28,00	27,23	28,00	-	-

Tableau 8 : Performances zootechniques des porcs¹ (suite)

Phase III (75-108 kg)	TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type ²	P
Poids initial (kg)	78,11	74,69	76,91	1,72	0,15
Poids final (kg)	107,83	108,55	106,73	1,03	0,22
GMQ (g/j)	938,92 a	870,50 b	911,23 ab	25,60	0,04
C.A.	2,78	2,99	2,82	0,10	0,08
Aliment ingéré (kg/porc·j) ³	2,60	2,59	2,56	0,08	0,85
Durée (j) ⁴	32,00	37,50	33,08	-	-
Global (20-108 kg)					
Poids initial (kg)	20,07	20,06	20,06	0,32	1,00
Poids final (kg)	107,83	108,55	106,73	1,03	0,22
GMQ (g/j)	937,94 a	876,95 b	916,49 ab	22,07	0,03
C.A.	2,39 ab	2,54 a	2,36 b	0,06	0,02
Aliment ingéré (kg/porc·j) ³	2,24	2,23	2,16	0,06	0,34
Durée (j) ⁴	94,00	97,12	95,08	-	-

¹ Moyennes ajustées

² Erreur type de la différence entre les traitements

³ Tel que servi

⁴ Durée moyenne de la période (nombre moyen de jours de présence par porc)

Tableau 9 : Consommation quotidienne en eau¹

Période	CONSOMMATION EN EAU (LITRE/TÊTE-JOUR)				
	Traitements				
	A	B	C	Erreur-type ²	P
20-50 kg	3,93	4,42	4,13	0,24	0,14
50-75 kg	6,46	6,83	7,08	0,52	0,50
75-108 kg	8,11	8,27	9,23	1,06	0,53
20-108 kg	6,13	6,67	6,75	0,52	0,45

¹ Moyennes ajustées

² Erreur type de la différence entre les traitements

Les données relatives aux épaisseurs de gras et de muscle mesurées sur l'animal vivant pendant la croissance, les masses protéique et lipidique ainsi que les données relatives à la carcasse prises en abattoir sont présentées aux tableaux 10, 11 et 12. À l'exception des épaisseurs du muscle à 50 et 75 kg de poids, aucune différence significative n'a été détectée entre les traitements pour les paramètres présentés dans les tableaux 10 et 11. Les porcs du traitement « B » ont une plus faible épaisseur de muscle à 50 kg de poids que les autres animaux et cet effet devient une tendance au poids de 75 kg sans toutefois que cette différence n'apparaisse à la fin de l'élevage (tableau 10). Les masses lipidiques et protéiques estimées sont les mêmes entre les animaux peu importe le

traitement appliqué (tableau 11). Le poids chaud de la carcasse, les épaisseurs de gras et de muscle mesurées sur la carcasse en abattoir, le rendement en viande maigre et l'indice de classement ne diffèrent pas entre les trois traitements (tableau 12). Il y a 68 % des porcs qui ont été envoyés à l'abattoir dans la bonne strate de poids carcasse (80 à 91,9 kg), alors que 21 % étaient trop lourds et 11 % étaient trop légers (données non présentées). Les températures élevées de juillet (période III) ont entraîné une certaine hétérogénéité parmi les porcs à l'essai. Les deux porcs d'un même parc devaient être abattus le même jour puisque le parc représentait l'unité expérimentale. Ces deux éléments ont fait en sorte qu'une variation du poids était présente à l'intérieur d'un même parc lors de l'envoi à l'abattoir. Quant au rendement de la carcasse, il tend à être plus élevé pour les porcs du traitement « B » comparativement aux porcs des autres traitements (tableau 12). Toutefois, cette tendance est faible et représente environ 1 % des valeurs des autres traitements. Les différences de rendement de la carcasse devraient pouvoir s'expliquer par l'effet des traitements sur le contenu du système digestif, le poids des viscères ou la composition de la carcasse. Il faut toutefois noter que plusieurs facteurs tels que le poids vif (Wagner *et al.* 1999), la race de porc (White *et al.*, 1993; Edwards *et al.* 2003) et l'alimentation (Rahnema et Borton, 2000; King *et al.*, 2000) peuvent modifier ces éléments et le rendement de la carcasse, et que leurs interactions ne sont pas clairement définies, ce qui rend difficile une généralisation de ces résultats. Par exemple, les porcs des races les plus maigres démontrent un rendement de carcasse supérieur aux porcs d'une race plus grasse (White *et al.*, 1993; Edwards *et al.* 2003). Toutefois, le traitement des porcs maigres et gras, d'une de ces études avec de l'hormone de croissance, a entraîné une diminution du gras dorsal, mais aussi du rendement de leur carcasse (White *et al.*, 1993).

Le tableau 13 présente la digestibilité apparente de l'énergie et de la matière sèche des aliments servis aux porcs à l'essai. Ces données permettent la comparaison entre l'énergie digestible mesurée des aliments avec celles prédites. Selon les résultats obtenus, on constate que les digestibilités apparentes de la matière sèche et de l'énergie des aliments diffèrent entre les traitements. Au poids d'environ 70 kg, la digestibilité est supérieure pour les porcs du traitement « A » comparativement à celle des aliments du traitement « C ». Les valeurs d'énergie digestible mesurées des aliments, obtenues en considérant la digestibilité apparente de l'énergie et l'énergie brute (EB) des aliments (4384, 4464 et 4468 kcal EB/kg MS; aliments de croissance « A, B et C » respectivement), sont équivalentes entre les trois traitements (tableau 13). Tel que formulé initialement, les trois aliments offerts durant la période de croissance (50 à 75 kg), contiennent les mêmes niveaux d'énergie digestible peu importe le traitement appliqué. Par contre, si on compare les valeurs d'énergies digestibles mesurées des aliments à celles prédites, on constate que les teneurs mesurées sont supérieures (3503, 3531 et 3514 kcal ED mesurée/kg aliment et 3338, 3349 et 3360 kcal ED prédite/kg aliment pour les

traitements « A, B et C », respectivement). La sous-estimation serait sensiblement du même ordre d'un traitement à l'autre soit, de 4,7, 5,2 et 4,4 % pour les aliments « A, B et C », respectivement. Malgré que le maïs n'est pas le seul ingrédient de la ration, ceci laisser toutefois supposer que les valeurs énergétiques prédites du maïs, à partir des équations de Noblet *et al.* (2003), pourraient avoir été sous-estimées. La détermination la plus précise possible de la valeur énergétique des aliments est primordiale afin d'assurer des performances optimales ainsi que le rapport entre l'énergie et la protéine idéale des aliments. Dans le cas de cette étude, le déséquilibre dans les apports d'énergie et de protéine idéale, s'il a eu lieu, a fort probablement été le même entre les traitements puisque les apports réels en lysine (brute et digestible) et en énergie sont les mêmes. Il faut utiliser prudemment les digestibilités obtenues dans la présente expérience. La période de collecte (5 jours) était plus courte que celle utilisée (10 jours) dans la majorité des travaux de l'équipe de Noblet *et al.* (2003). De plus, les aliments utilisés étaient pauvres en cendres insolubles ce qui augmente la variation des résultats obtenus. Dans le cas de l'énergie, ce n'est pas tant la valeur absolue qui est importante que le classement relatif ou la hiérarchie des matières premières les unes par rapport aux autres. En ce sens, l'équation de Noblet, tout comme les résultats de digestibilité, suggèrent que le maïs « C » contenait un peu moins d'énergie que le maïs « A ».

Tableau 10 : Épaisseurs de muscle et de gras de la carcasse ^{1,2}

	ÉPAISSEURS DE GRAS (mm)					ÉPAISSEURS DE MUSCLE (mm)				
	TRAITEMENTS					TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type ³	P	A	B	C	Erreur-type ³	P
50 kg	7,73	7,45	7,77	0,26	0,43	42,43 a	40,45 b	42,38 a	0,78	0,02
75 kg	10,66	10,11	10,88	0,66	0,49	54,00	51,60	52,51	1,05	0,08
108 kg	13,20	13,57	13,54	0,80	0,82	64,14	64,29	62,77	1,39	0,49

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

² Moyennes ajustées

³ Erreur type de la différence entre les traitements

Tableau 11 : Masse corporelle en muscle et en gras de la carcasse ^{1,2}

	MASSE LIPIDIQUE (kg)					MASSE PROTÉIQUE (kg)				
	TRAITEMENTS					TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type ³	P	A	B	C	Erreur-type ³	P
50 kg	7,16	6,71	7,05	0,26	0,23	8,16	7,91	8,02	0,14	0,24
75 kg	15,20	13,91	15,02	0,72	0,17	12,32	11,88	12,12	0,23	0,17
108 kg	26,12	26,71	25,75	0,81	0,49	16,27	16,30	16,11	0,14	0,40

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

² Moyennes ajustées.

³ Erreur type de la différence entre les traitements

Tableau 12 : Données d'abattage ¹

Paramètres	TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type ²	P
Poids chaud de la carcasse (kg)	86,45	87,25	86,51	0,51	0,23
Rendement de la carcasse (%)	80,44	81,07	80,21	0,45	0,06
Épaisseur de gras (mm) ³	16,84	16,47	17,19	0,89	0,73
Épaisseur de muscle (mm) ³	62,58	63,00	62,56	1,17	0,91
Rendement en viande maigre de la carcasse (%) ⁴	61,58	61,66	61,37	0,41	0,77
Indice de classement ⁵	111,38	111,67	111,69	0,87	0,93

¹ Moyennes ajustées

² Erreur type de la différence entre les traitements

³ Mesurée en abattoir avec une sonde invasive Destron

⁴ 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 25 octobre 2005)

⁵ Obtenue en considérant le rendement en viande maigre et le poids de la carcasse moyen de l'unité expérimentale (parc)

Tableau 13 : Digestibilité de l'énergie et de la matière sèche de l'aliment durant la période 50-75 kg de poids

Période 50-75 kg	TRAITEMENTS				
	A	B	C	Erreur-type ¹	P
Aliment ingéré (kg/porc·j) ²	2,65	2,58	2,52	0,18	0,78
Poids moyen (kg)	71,03	68,43	69,98	1,52	0,24
Digestibilité apparente de la matière sèche (%)	90,47 a	89,18 ab	89,04 b	0,49	0,02
Digestibilité apparente de l'énergie (%)	90,52 a	89,33 ab	89,23 b	0,52	0,05
Énergie digestible mesurée de la ration (kcal/kg aliment) ³	3503	3531	3514	20,47	0,40

¹ Erreur type de la différence entre les traitements

² Sur une base telle que servie

³ Obtenue en considérant l'énergie brute de l'aliment mesuré en laboratoire avec une bombe calorimétrique adiabatique et la digestibilité apparente de l'énergie mesurée selon la technique des cendres insolubles dans l'acide comme marqueur naturel (Kavanagh et al., 2001)

Pour les aliments complets, la concordance entre les teneurs prédites et mesurées des acides aminés est élevée (coefficient de concordance de 0,755 à 0,902; données non présentées). Cependant, en considérant la lysine comme exemple, on peut voir que les prédictions sont légèrement biaisées (figure 4). La droite de régression entre les valeurs visées, ou prédites, et les valeurs obtenues ou mesurées, est inférieure à la droite visée qui passe par l'origine avec une pente de 1 (figure 4). L'équation de prédiction parfaite (droite visée) indique simplement que les valeurs mesurées devraient correspondre exactement aux valeurs prédites. Pour les neuf aliments analysés, la teneur réelle en lysine était en moyenne de 0,07 points de pourcentage plus élevée que celle prédite (figure 4). Cette différence est probablement liée aux teneurs en lysine attribuées aux autres ingrédients à partir de la table de composition, plutôt qu'au maïs, puisque la teneur en lysine du maïs est faible et que pour le maïs les valeurs analysées sont similaires aux valeurs prédites (tableau 4). Dans les aliments de début, le maïs amène seulement de 11 à 13 % de la lysine totale de l'aliment. Cette proportion est plus élevée en finition, soit de 19 à 23 % de la lysine totale, en raison d'une teneur en protéine plus faible et d'une plus grande proportion de maïs dans ces aliments. Ces observations combinées ont fait que les droites observées et visées se rapprochent avec la diminution de la teneur en lysine ou l'augmentation de la proportion de maïs dans l'aliment et supportent l'hypothèse d'une déviation causée principalement par les teneurs en lysine attribuées aux autres ingrédients.

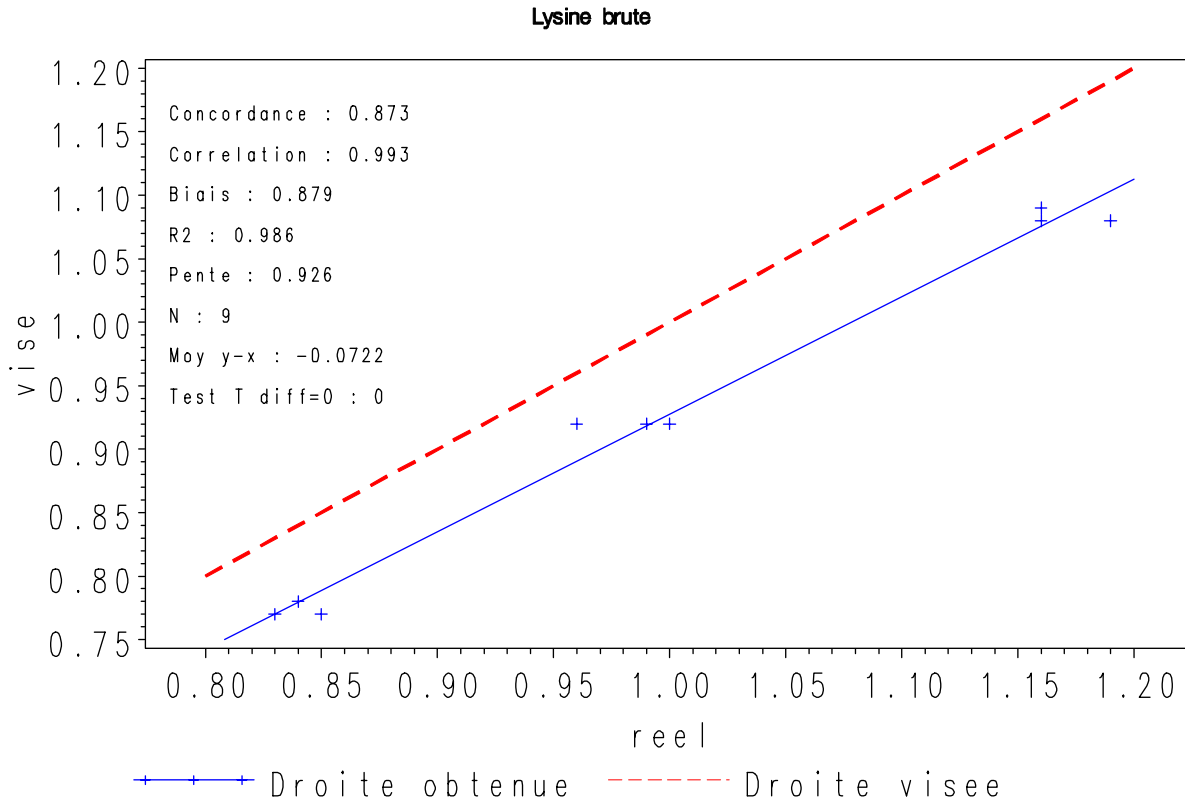


Figure 4 : Relation entre la lysine prédite et mesurée des aliments

Analyse économique

Détermination du prix du maïs

Le maïs produit au Canada est classifié selon cinq grades (tableau 1). Au Canada, le Maïs E.C. n° 1 est le grade le plus élevé et il n'est pas utilisé pour l'alimentation animale, mais plutôt pour la consommation humaine. Par ailleurs, 98 % des grains de maïs récoltés et classés au Québec sont de grades Maïs E.C. n° 2 et 3¹.

Le prix d'achat du maïs au Québec est fixé en fonction de l'offre et de la demande locale, mais surtout en fonction de la valeur de remplacement du maïs. Ceci veut dire que le coût pour importer du maïs (américain ou ontarien) au Québec est considéré. Le prix de référence (généralement le prix du marché de Chicago pour le maïs importé des États-Unis), le taux de change et les coûts de transport sont pris en compte, comme si le maïs provenait des États-Unis. Le grade attribué au maïs entre aussi en considération

¹ Monographie de l'industrie des grains au Québec, MAPAQ, 2004, p.23.

dans la détermination de sa valeur marchande. Pour les maïs qui ont un grade inférieur au Maïs E.C. n° 2, un escompte est appliqué sur le prix établi par rapport au grade supérieur et cette réduction peut varier car les conditions d'offre et de demande l'influence fortement (Acheteurs de grains, communications personnelles, août 2005). En général, l'escompte qui est fixé pour les grades Maïs E.C. n°s 3, 4 et 5 est de 3 à 5 \$ pour un maïs de grade n° 3, un 5 \$ additionnel pour un grade n° 4 et un autre 5 \$ d'escompte est appliqué pour un grade n° 5 (Acheteurs de grains, août 2005, communications personnelles). Les valeurs marchandes des lots de maïs à l'essai ont donc été établies en considérant le grade de ces grains.

Dans la présente étude, trois lots de maïs de poids spécifique différents ont été évalués. Toutefois, pour les fins de l'analyse économique, ce sont les données des traitements « A et C » qui ont été utilisés. L'analyse vise donc à évaluer l'impact économique d'utiliser le maïs « A » classé Maïs E.C. grade n° 2 (poids spécifique de 73,9 kg/hl) et « C » classé Maïs E.C. grade n° 4 (poids spécifique de 62,1 kg/hl) dans les aliments des porcs. L'écart entre les deux maïs pour le poids spécifique (11,8 kg/hl) et le grade est important et les performances obtenues n'ont pas été perturbées comme il semble être le cas pour le traitement « B ». On peut dire que le poids spécifique influence le prix attribué au maïs puisqu'il sert à établir le grade du maïs. Un maïs à poids spécifique élevé devrait normalement se voir attribuer un grade et un prix élevé, mais ce n'est pas toujours le cas. Puisque les autres paramètres de classement (matières étrangères, grains chauffés, etc.) influencent aussi la détermination du grade, leurs teneurs élevées dans le grain peut faire déclasser un maïs à poids spécifique élevé dans une catégorie inférieure. Sa valeur marchande sera ainsi moins élevée, c'est particulièrement le cas du maïs « A ». Le maïs « A » détenait le poids spécifique pour être classé Maïs E.C. n° 1, mais il a été classifié Maïs E.C. n° 2 à cause du manque d'uniformité du grain. Par contre, on a attribuée le grade Maïs E.C. n° 4 au maïs « C » à cause de son poids spécifique qui était de 62,1 kg/hl, mais il était à la limite d'être classé dans le grade n° 5 qui requiert un poids spécifique entre 58 et 62 kg/hl (tableau 1).

Pour les besoins de l'analyse économique, le montant de l'escompte qui a été attribué au maïs « C » (grade n° 4) fut de 8 \$ (3 et 5 \$ d'escompte par rapport au Maïs E.C. n° 2). Par conséquent, le maïs « A » a donc une valeur marchande plus élevée que le maïs « C » (tableau 14). Les prix des ingrédients majeurs utilisés dans les aliments des porcs sont présentés au tableau 14.

**Tableau 14 Prix des ingrédients majeurs utilisés dans les aliments
(mars à mai 2005 - FOB Québec)**

(\$ par tonne)	Début 20-50 kg	Croissance 50-75 kg	Finition 75-109 kg
Maïs «A» grade n° 2 ¹	130,27	130,34	132,85
Maïs «C» grade n° 4 ²	122,27	122,34	124,85
Tourteau de soja ¹	285,00	329,00	313,00
Gras animal ¹	397,00	414,00	418,00

¹ Source : AAC, août 2005

² Escompte de 8 \$ par rapport au maïs «A»

Évaluation des coûts d'alimentation

Les performances des animaux sont les mêmes entre les traitements « A et C » peu importe la phase alimentaire ou si on considère la période totale de l'engraissement (20 à 108 kg). C'est pourquoi, pour déterminer la quantité d'aliments consommées par les animaux, la conversion alimentaire moyenne des deux traitements a été utilisée et elle a été ajustée pour un intervalle de poids qui se situe entre 25 et 107 kg (tableau 15). Cet ajustement est prévu afin de pouvoir se comparer à des données commerciales pour lesquelles l'ajustement est dans le même intervalle de poids.

Tableau 15 : Données de consommation ajustée pour un intervalle de poids de 25 à 107 kg

	Phase alimentaire			Total 25-107 kg
	Début 25-50 kg	Croissance 50-75 kg	Finition 75-107 kg	
Conversion alimentaire ajustée	1,98	2,37	2,77	
Aliment total ingéré (kg)	49,60	59,33	88,86	197,79

À titre de comparaison, des données obtenues en condition commerciale ont aussi été utilisées pour l'analyse économique. Ces dernières proviennent du rapport *Performances en maternité et en engraissement 1999-2003*; elles sont présentées au tableau 16.

Tableau 16 : Données de consommation obtenues sous des conditions commerciales

	Phase alimentaire			Total 25-107 kg
	Début 25-50 kg	Croissance 50-75 kg	Finition 75-107 kg	
Conversion alimentaire ajustée	2,13	2,60	3,14	2,66
Aliment total ingéré (kg)	53,20	65,03	100,48	218,71

Source : CDPQ (2005b)

L'estimation du prix des aliments par phase d'engraissement a été effectuée en considérant les variations de prix des ingrédients tout au long de la période expérimentale. Un surcoût de 40 \$ pour la fabrication et pour les autres frais a été ajouté pour adapter les prix à un contexte de fabrication en meunerie commerciale. Finalement, tous les coûts liés au protocole expérimental ont été exclus.

On constate que les aliments « C » contenant du maïs de grade n° 4 sont plus onéreux que les aliments « A » contenant le maïs de grade n° 2 (tableau 17). Par exemple, l'aliment C offert durant la phase I (25 à 50 kg de poids) coûtait 2,25 \$ de plus par tonne que l'aliment « A ». Les rations « A et C » ont été balancées pour contenir les mêmes niveaux d'énergie et de protéine. Les maïs « A et C » n'avaient pas la même composition ni la même teneur en énergie. Par conséquent, les quantités de maïs, de tourteau de soya et de gras variaient entre les aliments « A et C ». Comparativement aux aliments « A », une partie du maïs des aliments « C » a été remplacé par du tourteau de soya et du gras. Or, le prix de ces deux ingrédients est supérieur à celui du maïs ce qui contribue à augmenter le coût des aliments « C » malgré la valeur marchande du maïs « C » qui est plus faible (tableau 17).

Tableau 17 : Prix des aliments offerts durant la période expérimentale

Prix des aliments (\$ / tonne)			
Période	Aliment « A »	Aliment « C »	Différence
Début	240,68	242,93	2,25
Croissance	237,73	239,36	1,63
Finition	226,28	227,73	1,45

Considérant ces données, les coûts d'alimentation par porc ont été établis. Le coût par tête est plus élevé pour le traitement « C » que celui pour le traitement « A » (tableau 18). Cependant, la différence entre les traitements est faible, soit 0,34 \$ par porc.

Considérant les données obtenues et en extrapolant pour un engraissement de 1 000 places avec 3 000 porcs produits annuellement, on peut dire que cela représente des dépenses supplémentaires de 1 020 \$ par année si des aliments contenant du maïs de grade n° 4 (maïs « C ») sont utilisés comparativement à des aliments avec du maïs de grade n° 2 (maïs « A »). En transposant les coûts des aliments utilisés lors du projet à des performances obtenues en conditions commerciales, le différentiel de coût d'alimentation est dans le même sens, soit de 0,37 \$ par tête en faveur du traitement « A » (51,00 et 51,37 \$ par porc pour les traitements « A et C », respectivement).

Tableau 18 : Coût d'alimentation

Période	Coût d'alimentation (\$ / porc)	
	Aliments A	Aliments C
Début	11,94	12,05
Croissance	14,10	14,20
Finition	20,11	20,24
Total	46,15	46,49

Détermination du prix d'équilibre

Dans le contexte du projet, malgré un escompte de 8 \$ par tonne sur la valeur marchande du maïs « C » (grade n° 4), il est financièrement plus avantageux d'utiliser les aliments contenant le maïs « A » (grade n° 2) puisqu'une économie de 0,34 \$ par porc pour les coûts d'alimentation est possible. Cependant, si l'escompte appliqué au maïs « C » était plutôt de 10,50 \$ par tonne, il n'y aurait aucune différence entre les deux traitements pour les coûts d'alimentation.

L'escompte à appliquer au maïs « C » (grade n° 4), par rapport au maïs « A » (grade n° 2) pour atteindre l'équilibre ou les mêmes coûts d'alimentation, a été calculée avec des données commerciales. Pour ce faire, les prix du maïs et du tourteau de soja des années 1999 à 2004 ont été utilisés et les recettes ont été gardées constantes ainsi que les prix des autres ingrédients. Or, selon le contexte de prix pour du tourteau de soya et du maïs de grade n° 2 pendant les années 1999 et 2004, l'escompte à accorder à un maïs de grade n° 4 devrait être de 8 à 10 \$ par tonne de maïs pour atteindre l'équilibre avec un maïs de grade n° 2 en terme de coût d'alimentation (tableau 19).

Toutefois, le maïs « C » (grade n° 4) était à la limite d'être classé grade n° 5. Le poids spécifique requis dans la classe n° 5 se situe entre 59 et 62 kg/hl alors que le poids spécifique du maïs était de 62,1 kg/hl (tableau 1). L'escompte appliqué dans ce cas est beaucoup plus grand (environ 13 à 15 \$ la tonne par rapport au maïs de grade n° 2).

Si tel avait été le cas, le coût d'alimentation aurait été réduit avec le maïs « C » comparativement au maïs « A » si on suppose que les performances des porcs sont les mêmes. L'écart de coûts d'alimentation est faible entre les deux traitements, or, comme les escomptes appliqués au maïs de grade inférieur au n° 2 peuvent varier, de mêmes que les prix des autres ingrédients, nous pensons que les maïs de grade n° 2 et 4 pourraient parfois s'équivaloir en terme de coût d'alimentation, tout dépendant du contexte de prix.

Tableau 19 : Escompte à appliquer à un maïs de grade n° 4 pour atteindre l'équilibre avec un maïs de grade n° 2 selon des données commerciales¹

Année	Prix du marché FOB Québec (\$ / tonne) ²		
	Maïs de grade n° 2	Tourteau de soya	Escompte accordé à un maïs de grade n° 4
2004	157,00	275,00	-8,00
2003	160,00	331,00	-9,50
2002	168,00	326,00	-9,00
2001	151,00	322,00	-10,00
2000	140,00	313,00	-10,00
1999	141,00	264,00	-8,50
Moyenne 1999-2004	152,00	311,00	-9,50

¹ : Source : CDPQ (2005b)

² AAC, août 2005

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 les traitements « A et C » dont les aliments contenaient respectivement du maïs avec un poids spécifique de 73,9 kg/hl maïs « A ») et de 62,1 kg/hl (maïs « C »). Le revenu de vente des porcs est donc le même. De plus, nous assumons que l'utilisation d'un maïs ou l'autre n'entraîne pas de changements au niveau des rotations à l'intérieur d'un bâtiment ou du nombre de porcs produits. Les revenus par porc produit et par bâtiment seraient donc 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 ne sera attribuable qu'aux différences de coûts d'alimentation.

CONCLUSION

La composition chimique et la valeur nutritionnelle calculée varient entre les trois lots de maïs de poids spécifique différents. L'écart est faible pour certaines composantes (énergie, amidon, matière grasse, matière sèche) alors qu'il est plus important pour d'autres paramètres (protéine, acides aminés, fibres, cendres). Il semble que le poids spécifique à lui seul n'explique pas les variations observées.

Les performances zootechniques des porcs, les épaisseurs de gras et muscle, le poids chaud de la carcasse, le rendement en viande maigre et l'indice de classement obtenus sont les mêmes que les porcs aient ingéré des aliments contenant du maïs à poids spécifique élevé (maïs « A » - 73,9 kg/hl) ou faible (maïs « C » - 62,1 kg/hl). Ceci laisse supposer que les valeurs nutritionnelles calculées des trois maïs étaient appropriées. Les équations de Noblet et de Degussa semblent préciser assez bien les teneurs en énergie digestible et en acides aminés totaux du maïs. Par contre, il semble que les valeurs énergétiques des régimes ont pu être sous-estimées et que le rapport entre l'énergie et la protéine idéale des aliments n'était pas optimal, selon les données de digestibilité obtenues. Toutefois, ceci n'a pas été suffisant pour affecter la croissance des porcs. Une baisse de performances a été observée chez les porcs qui ont consommé les aliments contenant le maïs intermédiaire (maïs «B» - 66,6 kg/hl) en terme de poids spécifique. Par rapport aux performances des porcs qui ont ingéré les aliments contenant le maïs «A», le gain moyen quotidien des porcs est diminué de 7 % et la conversion alimentaire est détériorée de 7,6 %, sans que la prise alimentaire ne soit différente des autres traitements. Aucun problème de santé ou de régie d'élevage et de culture ne peuvent expliquer la baisse de performances observée chez ces animaux. Cependant, nous ne pouvons pas exclure la présence de mycotoxines ou d'autres facteurs négatifs dans ce lot de maïs non évalués par les analyses chimiques.

Des analyses de laboratoire sont de mises afin de caractériser correctement la valeur nutritive du maïs. Les valeurs de tables ne correspondent pas nécessairement aux résultats des analyses chimiques et varient d'une table à l'autre. L'estimation des teneurs en énergie et en acides aminés du maïs, à partir d'équations de prédiction et de la composition chimique, est un moyen rapide et peu coûteux pour atteindre cet objectif. La caractérisation de la valeur nutritionnelle des lots de maïs est indispensable pour formuler le plus précisément possible les rations des porcs et pour maximiser les performances zootechniques.

Dans le contexte du projet, il est plus économique d'utiliser un maïs de grade n° 2 (maïs A - 73,9 kg/hl) qu'un maïs de grade n° 4 (maïs C - 62,1 kg/hl). Les coûts d'alimentation sont réduits de 0,34 \$ par porc alors que les revenus de vente des porcs sont les mêmes. Toutefois, cette différence pourrait devenir nulle si les escomptes, appliqués au maïs de grade inférieur au n° 2, et le contexte de prix des ingrédients variaient. Selon le contexte de prix entre 1999 et 2004 pour du tourteau de soya et du maïs de grade n° 2, l'escompte à accorder à un maïs de grade n° 4 devrait être de 8 à 10 \$ par tonne de maïs pour atteindre l'équilibre avec un maïs de grade n° 2 en terme de coût d'alimentation. Généralement, les escomptes appliqués au maïs varient de 8 à 10 \$ par tonne selon nos sources.

Ainsi, on ne peut généraliser en utilisant une donnée unique pour caractériser la valeur nutritionnelle du maïs, trop de facteurs peuvent l'influencer. Il est donc important de caractériser correctement la valeur nutritive du maïs avant son utilisation. Les équations de prédiction développées par l'INRA (Noblet *et al.*, 2003) et Degussa AG (2001) semblent appropriées pour prédire les teneurs en énergie digestibles et en acides aminés totaux du maïs.

RÉFÉRENCES

- Bilodeau, R. 2001. Maïs de qualité : critère d'évaluation. Dans : Colloque maïs-soya : mieux savoir pour mieux agir, 24 et 25 janvier, St-Hyacinthe : 43-54.
- Brière, D. 2001. Le vrai poids spécifique ou la révolution par la mesure volumique. Producteur Plus, 10(3) : 50-53.
- Centre de développement du porc du Québec inc. 2004. Tables des matières premières, 31 p.
- Centre de développement du porc du Québec inc. 2005a. Tables d'alimentation des porcs, 16 p.
- Centre de développement du porc du Québec inc. 2005b. Performances en maternité et en engraissement : évolution des performances en engraissement 1999-2003. Site du Centre de développement du porc du Québec inc. [En ligne] <http://www.cdpqinc.qc.ca/document/Analyse%20de%20groupe%202005.pdf>. Page consultée le 13 décembre 2005.
- Charmley, L.L. et H.L. Trenholm. 2000. Fiche de renseignements - Les mycotoxines. Site de l'Agence canadienne d'inspection des aliments [En ligne]. <http://www.inspection.gc.ca/francais/animal/feebet/quelnew/mycof.shtml>. Page consultée le 25 novembre 2005.
- Commission canadienne des grains. 2005. Seuils de tolérances des grades s'appliquant aux grains fusariés et limites recommandés pour le DON : Utilisation de grain fusarié en alimentation animale. Recommandations - Agriculture Manitoba. [En ligne]. <http://www.graincanada.gc.ca/Pubs/fusarium/background/don5-f.htm>. Page consultée le 30 novembre 2005.
- Cowieson, A.J. 2005. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. Anim. Feed Sci. and Technology, 119 : 293-305.
- Dale, Nick and Amy Batal. 2005. Feedstuffs ingredient analysis table : 2005 edition. Feedstuffs, 76(38) : 16-17.
- Degussa AG. 2001, The amino acids composition of feedstuffs : feed additives, 5^e edition.

- Edwards, D.B., Bates, R.O. et W.N Osburn. 2003. Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. *J. Anim. Sci.*, 81 : 1895-1899.
- Ewing, W.N. 1997. *The feeds directory*. Empress Publishing Denmark, Copenhagen, 118 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.
- Institut technique du porc. 2002. *Tables d'alimentation pour les porcs*. Paris: ITP, 40 p.
- Johnston, L.J. 1995. Use of low-test weight corn in swine diets and the lysine/protein relationship in corn. *Swine health and production*, 3(4) : 161-164.
- Kavanah, S., Lynch, P.B., O'Mara, F. et P.J. Caffrey 2001. A comparaison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 89 : 49-58.
- King, R.H., Dunshea, F.R., Morrish, L., Eason, P.J., van Barneveld, R.J., Mullan, B.P. et R.G. Campbell. 2000. The energy value of *Lupinus angustifolius* and *Lupinus albus* for growing pigs. *Animal Feed Sci. Technol.*, 83 : 17-30.
- Lefrançois, M. 1991. *Relations entre le classement commercial et la valeur nutritive des céréales pour le poulet de chair*. Thèse de doctorat, Université Laval, 270 p.
- Lloyd, L.E., McDonald, B.E. et E. W. Crampton. 1978 *Fundamentals of nutrition*. San Francisco : W.H. Freeman, 466 p.
- McCarthy, J.F., Aherne, F.X. et D.B. Okai. 1974. Use of HCL insoluble ash an index material for determine apparent digestibility with pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 54 : 107-109.
- Murphy, J. 2000. Summary of research on feeding low test weight corn to pigs. Site of Ministry of Agriculture and Food. [En ligne].
http://www.gov.on.ca/OMAFRA/English/livestock/swinw/facts/info_n_summary.htm.
Page consultée le 10 juillet 2002.
- Noblet, J. et G. Le Goff. 2000. *Journées Rech. Porcine en France*, 32 : 177-183.

- 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.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*, 10th ed. Washington, DC: National Academy Press, 189 p.
- Patterson, R., Tuitoek, J. et L. Young. 1993. Nutritional value of immature corn of different bulk density for young pigs. *University of Guelph : Ontario Swine Res. Rev.*, no 0293 : 24-27.
- Pomar, C. et J.J. Matte. 1995. Effet de l'incorporation d'écales 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.
- Rahnema, S. et R., Borton. 2000. Effect of consumption of potato chip scraps on the performance of pigs. *J. Anim. Sci.*, 78 : 2021-2025.
- 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 : 2-13.
- SAS Institute Inc. 1999. *SAS (Version 8.0)*, [Logiciel]. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Smith, J.W., Tokach, M.D., Nelssen, J.L. et R.D. Goodband. 1999. Effects of lysine : calorie ratio on growth performance of 10- to 25-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.*, 77 : 3000-3006.
- Smith, T.K., Diaz, G. et H.V.L.N. Swamy. 2005. Current concepts in mycotoxicoses in swine. Dans: *The mycotoxin blue book*. Nottingham: Nottingham University Press , p. 235-248.
- Snow, J.L., Stein, H.H., Ku, P.K. et N.L. Trottier. 2004. Amino acid digestibility and nitrogen utilization of high oil, high lysine, and waxy maize fed to growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 113 : 113-126.

White, B.R., Lan, Y.-H., McKeith, F.K., McLaren, D.G., Novakofski, J., Wheeler, M.B. et T.R. Kasser. 1993. Effects of porcine somatotropin on growth and carcass composition of Meishan and Yorkshire barrows. *J. Anim. Sci.*, 71 : 3226-3238.