Alimentation de précision par groupe en milieu commercial



Août 2014

Rapport final

Laetitia Cloutier, M. Sc., agr. Geneviève Berthiaume, B. Sc. A., chargée de projets Joël Rivest, Ph. D., analyste Michel Morin, agr., agroéconomiste



[©]Centre de développement du porc du Québec inc. Dépôt légal 2014 Bibliothèque et Archives nationales du Québec Bibliothèque et Archives Canada ISBN 978-2-924413-08-1

Équipe de réalisation

Répondant Danielle Pettigrew, agr., directrice Service santé, bien-être animal

et recherche & développement, Les Éleveurs de porcs du Québec

Responsable de projet Laetitia Cloutier, M. Sc., agr., spécialiste en alimentation,

Centre de développement du porc du Québec inc.

Collaborateurs Joël Rivest, Ph. D., analyste, CDPQ

Geneviève Berthiaume, B. Sc. A., chargée de projets, CDPQ

Michel Morin, agr., agroéconomiste, CDPQ Éric Ouellette, conseiller technique, CDPQ

Michel Larochelle, Ferme M.L. senc. Thérèse Leduc, Ferme M.L. senc.

Roland Leduc, Ali-Porc inc. Marc Sergerie, Ali-Porc inc. Yves Leduc, MBA, Ali-Porc inc.

Pierre Lessard, M. Sc., agr., nutritionniste en alimentation porcine,

Olymel S.E.C./L.P.

Antoine St-Cyr, M.Sc., agr., directeur recherche

Véronique Chabot, M.Sc., agr. professionnelle de recherche,

La Coop fédérée

Rédaction Laetitia Cloutier

Geneviève Berthiaume

Michel Morin Joël Rivest

Remerciements

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation accordée en vertu du Programme d'appui financier aux regroupements et aux associations de producteurs désignés.

Des remerciements sont également adressés à Ferme M.L. senc. et Ali-Porc inc. pour avoir fourni les équipements et le système de gestion nécessaire à la stratégie d'alimentation.

Finalement, nous souhaitons remercier Pierre Lessard d'Olymel S.E.C./L.P. pour son aide lors de l'élaboration du projet et lors de la formulation des aliments. Également, des remerciements sont adressés à Antoine St-Cyr et Véronique Chabot de La Coop fédérée pour avoir fourni les animaux et aliments nécessaires au projet ainsi que pour leur aide dans la collecte des données.

Résumé

L'objectif de ce projet était de valider l'effet de la stratégie d'alimentation de précision par sexe et par groupe de poids sur les performances de croissance des porcs en milieu commercial en plus d'évaluer le potentiel économique et le délai de récupération de l'investissement d'une telle stratégie d'alimentation.

Au total, 1 008 porcs séparés en 24 groupes de 42 porcs ont contribués au projet. Il y avait quatre traitements expérimentaux répartis selon un plan factoriel 2 x 2, soit deux sexes (femelle et castrat) et deux traitements alimentaires (conventionnelle à quatre phases d'alimentation et multiphase). Les porcs ont débuté à un poids vif initial de 24,3 kg en moyenne et ont été abattus à un poids carcasse moyen de 106,5 kg.

La stratégie d'alimentation de précision par groupe occasionne une réduction de la lysine ingérée sans affecter les performances de croissance. Ayant séparé les mâles des femelles, la stratégie d'alimentation a permis de distribuer des aliments plus concentrés en lysine aux femelles comparativement aux mâles, ce qui correspond davantage à leurs besoins respectifs.

Cette stratégie d'alimentation par sexe et par groupe de poids a permis de réduire le coût d'alimentation de 3,80 \$. Le délai de récupération de l'investissement pour une ferme de 1 000 porcs serait de trois ans en considérant uniquement le gain économique sur le coût d'alimentation.

À noter également que l'alimentation de précision par groupe, en plus de permettre de réduire les coûts d'alimentation, offrirait d'autres avantages. En effet, elle pourrait permettre de réduire les émanations d'ammoniac résultant d'une réduction des rejets en azote, de détecter plus précocement des stress sanitaires par le suivi journalier de la consommation alimentaire des porcs et de gérer plus facilement les aliments considérant l'utilisation de seulement deux aliments tout au long de la période d'engraissement.

Table des matières

Introduction	1
Matériel et Méthodes	3
Aliments expérimentaux	3
Estimation des besoins en lysine et programmes alimentaires	3
Animaux et dispositif expérimental	5
Calculs de performances	6
Analyses statistiques	6
Analyse des performances	7
Performances de croissance prédites et réelles	7
Effet du traitement alimentaire	7
Effets du sexe	10
Analyses économiques	11
Prémisse	11
Coût d'alimentation	12
Impacts sur le coût d'alimentation	12
Impacts des variations des prix du maïs et du tourteau de soja sur le coût d'alimentation par porc des deux scénarios	14
Impacts sur la main d'œuvre	15
Délai de récupération de l'investissement	
Conclusion	
Références	

Liste des tableaux

Tableau 1	Composition nutritionnelle des aliments expérimentaux
Tableau 2	Extrait du programme alimentaire des porcs femelles 4
Tableau 3	Performances de croissance et d'abattage des porcs en fonction du traitement alimentaire et du sexe
Tableau 4	Composition nutritionnelle et ratio d'acides aminés par rapport à la lysine de l'aliment B voulu, l'aliment B réel et la phase 411
Tableau 5	Ratio d'acides aminés par rapport à la lysine12
Tableau 6	Paramètres d'élevage pour les deux traitements13
Tableau 7	Prix estimé des moulées (moyenne 2013)13
Tableau 8	Comparaison des coûts d'alimentation des deux traitements à l'étude13
Tableau 9	Proportion du maïs et tourteau de soja dans les aliments14
Tableau 10	Baisse du coût d'alimentation du traitement 2 par rapport au traitement 1, en fonction de différents prix du maïs et du tourteau de soja observés entre janvier 2011 et décembre 2013 (\$/par porc)15
Tableau 11	Tâches additionnelles requises pour l'application de la stratégie d'alimentation de précision par trémie (traitement 2), par lot de 1 000 porcs16
Tableau 13	Investissement requis pour appliquer une stratégie d'alimentation de précision par trémie et le système requis17
Tableau 14	Estimation du délai de récupération de l'investissement du système d'alimentation multiphase selon les économies potentielles17
	Liste des figures
Figure 1	Évolution du taux d'incorporation des prémélanges A et B en fonction du poids des porcs femelles
Figure 2	Consommation totale journalière moyenne par traitement
Figure 3	Évolution du total cumulatif de porcs envoyés à l'abattoir en fonction du traitement alimentaire10

Introduction

L'industrie porcine québécoise a connu dernièrement une crise financière importante qui s'est échelonnée sur plusieurs années. En effet, il a été difficile pour les élevages porcins d'atteindre la rentabilité, car le prix reçu pour les porcs vendus était inférieur à leur coût de production. L'augmentation des coûts d'alimentation en raison de la hausse du prix du maïs et du tourteau de soja, principaux ingrédients des aliments destinés aux porcs, combinée à la baisse du prix de vente due à une forte concurrence mondiale et à un dollar canadien fort sont les principales causes de cette crise financière. Cependant, depuis quelques mois, les éleveurs de porcs ont un sursis. En effet, le prix du porc a augmenté dû, entre autres, au resserrement de la production porcine, conséquence de la diarrhée épidémique porcine (DEP), qui a causé de lourdes pertes à l'industrie du porc des États-Unis. Ainsi, les marges des éleveurs de porcs québécois sont, pour le moment, assez bonnes. Toutefois, le prix du porc est en constante fluctuation et, surtout, les éleveurs ont peu d'influence sur ce dernier. Puisque les producteurs ne peuvent contrôler le prix de vente, la diminution du coût d'alimentation, élément le plus important du coût de production, est donc l'une des principales options pour augmenter la rentabilité des entreprises porcines.

Actuellement, environ 80 % des producteurs de porcs québécois utilisent trois ou quatre phases d'alimentation pendant la période de croissance et finition (BPR-Infrastructure inc., 2008). Ces programmes alimentaires sont généralement établis en fonction des besoins d'un porc moyen représentatif du groupe. Cependant, les besoins en nutriments varient en fonction de l'âge, du poids, du sexe et du potentiel de production (Brossard *et al.*, 2009). Cela signifie qu'avec nos programmes d'alimentation actuels, certains porcs sont sous-alimentés, pouvant entraîner une baisse des performances de croissance, tandis que d'autres sont suralimentés, entraînant un gaspillage d'éléments nutritifs. Ces nutriments gaspillés sont excrétés dans le lisier, ce qui a pour conséquence d'augmenter les rejets d'azote et de phosphore. L'impact environnemental de la production étant une préoccupation grandissante au sein du secteur porcin et chez les consommateurs, l'augmentation des niveaux d'azote et de phosphore dans les effluents d'élevages n'est pas souhaitable.

L'alimentation de précision ou individuelle est une technique d'alimentation pouvant pallier les problèmes de suralimentation ou de sous-alimentation et des rejets minéraux excessifs tout en permettant de réduire les coûts d'alimentation (Pomar *et al.*, 2009). En utilisant seulement deux aliments, soit un aliment pauvre et un aliment riche en nutriments que l'on mélange en différentes proportions selon les besoins, il est possible de fournir quotidiennement à chaque porc un aliment équilibré.

L'implantation de systèmes d'alimentation de précision chez les porcs en engraissement démontre, de par les résultats de recherche du Dr Candido Pomar d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, qu'il est en effet possible d'améliorer les marges sur le coût d'alimentation de 8 \$ (Pomar et Pomar, 2012). En effet, l'alimentation de précision individualisée présente de nombreux avantages dont une réduction du coût d'alimentation liée, entre autres, à une réduction des apports en protéines, un nutriment très coûteux. Cependant, à

l'heure actuelle, l'alimentation de précision de type individualisée n'est pas disponible sur le marché et présentera un investissement majeur pour les producteurs puisque l'ensemble des mangeoires doit, entre autres, être changé (CDPQ et Boyaud, 2013).

Ainsi, un compromis entre l'alimentation conventionnelle en grands groupes et l'alimentation individualisée est l'alimentation de précision en petits groupes ou par trémie. En effet, cette technique partage plusieurs avantages de l'alimentation individualisée en nécessitant toutefois des investissements moins importants. L'impact de cette technique d'alimentation sur les apports et les rejets en azote et phosphore a été évalué démontrant d'ailleurs une réduction de ceux-ci (Pomar et al., 2007). Plus récemment, les effets de cette technique d'alimentation sur les performances de croissance et le coût d'alimentation ont été évalués et publiés en mai 2014. Les résultats de cette étude montrent que l'alimentation de précision par groupe, appelée « alimentation multiphase journalière » dans l'étude, n'a pas d'effet sur les performances de croissance à l'exception d'une tendance des porcs sous l'alimentation multiphase journalière à avoir un gain de poids plus élevé. En ce qui a trait aux apports et rejets en nutriments, une réduction de l'azote et du phosphore ingéré de 7,3 % et de 4,4%, respectivement, ainsi qu'une réduction de l'azote et du phosphore rejeté de 12,6 % et de 6,6%, respectivement, ont été observées. Finalement, par simulation, les résultats de l'étude montrent que le coût d'alimentation serait réduit de l'ordre de 1% (Pomar et al., 2014).

Le présent projet avait donc pour objectif d'évaluer, en conditions commerciales, l'impact de l'alimentation de précision par petits groupes de porcs sur les performances de croissance, l'économie potentielle ainsi que d'évaluer le retour sur investissement de l'achat d'équipements nécessaires à la mise en place de cette stratégie.

Matériel et Méthodes

Aliments expérimentaux

Un total de six aliments a été utilisé dans le cadre de ce projet. Quatre parmi ceux-ci étaient destinés à l'alimentation des animaux du traitement témoin et les deux autres étaient destinés aux porcs du traitement multiphase.

À chaque livraison d'aliments, des échantillons ont été pris et des analyses chimiques du contenu en azote seulement ont été effectuées (Tableau 1). Les teneurs en acides aminés digestibles iléales standardisés (DIS) ont été obtenues par le logiciel *EvaPig* à partir de la composition en ingrédients des aliments (Noblet *et al.*, 2011). Les autres valeurs, soit les teneurs en énergie nette (EN), en calcium et en phosphore proviennent du fabricant des aliments.

Tableau 1 Composition nutritionnelle des aliments expérimentaux

Composition nutritionnelle			Aliments	Aliments tests			
Composition nutriti	omiene	1	2	3	4	Α	В
EN calculée	kcal/kg	2500	2450	2470	2470	2474	2471
Protéines brutes ¹	%	17,1	16,1	14,8	13,6	18,9	13,4
Lys DIS	%	1,02	0,91	0,78	0,69	1,06	0,48
Thr DIS	%	0,65	0,58	0,52	0,46	0,68	0,41
Met DIS	%	0,37	0,33	0,26	0,23	0,40	0,21
Trp DIS	%	0,16	0,14	0,12	0,11	0,16	0,11
Calcium	%	0,70	0,65	0,60	0,55	0,70	0,60
Phosphore total	%	0,42	0,42	0,37	0,38	0,40	0,36

Lys : lysine, Thr : thréonine, Met : méthionine, Trp : tryptophane

Estimation des besoins en lysine et programmes alimentaires

La détermination des besoins a été basée sur la méthode factorielle utilisée dans le cadre de l'alimentation de précision (Hauschild *et al.*, 2012). Le gain de poids moyen a été basé sur le gain de poids moyen du lot d'engraissement précédent seulement puisque, au-delà de ce lot d'engraissement, la génétique utilisée n'était pas la même.

Lors de ce précédent lot, des pesées ont été effectuées à quelques reprises au cours de l'élevage dans le cadre d'un autre projet de recherche, ce qui a également été pris en compte pour l'élaboration des courbes de croissance. Pour ce qui est des courbes de consommation, encore une fois, ces dernières ont été estimées à partir des données du lot précédent. Au total, deux programmes alimentaires ont été élaborés, soit un pour les femelles et un pour les mâles (voir l'extrait du programme alimentaire des femelles dans le Tableau 2).

3

Les teneurs en protéines brutes des aliments ont été analysées chimiquement à l'exception de celle de la phase 1 qui est la composition théorique en fonction de la composition en ingrédients.

Tableau 2 Extrait du programme alimentaire des porcs femelles

PV	PV fin	PV porc	Concentration en	Prémélanges		
début (kg)	(kg)	type (kg)	Lys dans l'aliment (g/kg)	A (1,10% lys SID)	B (0,51% lys SID)	
-	20	18,50	10,36	89 %	11 %	
21	22	20,5	10,16	86 %	14 %	
23	24	22,4	9,98	83 %	17 %	
57	60	55,1	7,49	41 %	59 %	
61	64	58,8	7,28	37 %	63 %	
65	68	62,5	7,08	34 %	66 %	
117	120	111,0	5,43	6 %	94 %	
121	124	114,8	5,35	4 %	96 %	
125	128	117,1	5,30	3 %	97 %	

La Figure 1 montre les taux d'incorporation des prémélanges A et B pour le programme alimentaire des porcs femelles.

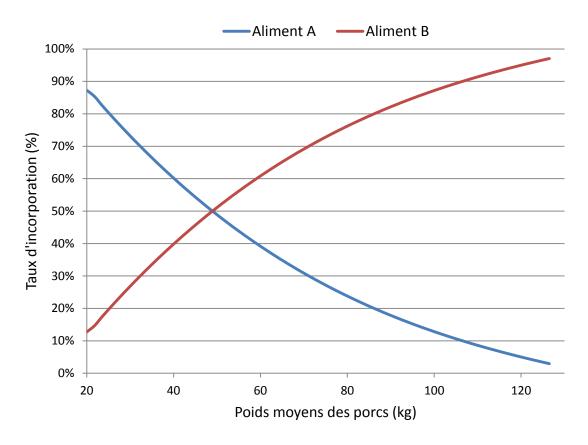


Figure 1 Évolution du taux d'incorporation des prémélanges A et B en fonction du poids des porcs femelles

Les programmes alimentaires ont été élaborés en considérant des strates de poids de 2 à 3 kg de poids vif maximal et en considérant, pour la détermination du besoin en lysine, le porc type ayant un poids plus léger d'un écart-type que le poids moyen, de manière à répondre aux besoins de la majorité des porcs dans cet intervalle de poids. À titre d'exemple, pour un intervalle de poids de 57 à 60 kg de poids vif, considérant un écart-type estimé de 3,4 kg pour un poids moyen de 58,5 kg, le poids vif du porc type pour le calcul du besoin nutritionnel en lysine est de 55,1 kg. C'est à partir des bases de données de performances des porcs de la station de Deschambault que les écarts-types ont été évalués soit en considérant des groupes de 42 porcs dont l'écart-type à 25 kg de poids vif était semblable à celui observé chez nos groupes de porcs.

Le programme alimentaire a donc été intégré au logiciel de gestion des trémies automatisées (Ali-Porc inc.). Une courbe d'évolution des poids selon les jours en engraissement a également été élaborée pour chaque sexe et groupe de poids (petit, moyen, moyen gros et gros) basée sur les performances de croissance de ces mêmes sexes et groupes de poids lors du précédent lot. Le logiciel ajuste ses recettes en fonction du nombre de jour passé en référence avec ces courbes.

Animaux et dispositif expérimental

Les traitements expérimentaux ont été appliqués à un total de 24 unités expérimentales (UE) comportant 42 porcs chacun soit un total de 1 008 porcs. Le dispositif expérimental est un plan factoriel 2 x 2 correspondant à deux traitements alimentaires et deux sexes.

A l'entrée des porcs, ces derniers ont été répartis selon leur sexe (castrat ou femelle) et leur grosseur « à l'œil » (petit, moyen petit, moyen gros et gros). Les porcs ont ainsi été répartis dans six chambres selon leur poids. Chaque chambre contenait quatre unités expérimentales (quatre trémies), soit deux unités expérimentales témoins (une de femelles et une de castrats) et deux unités expérimentales tests (également une de femelles et une de castrats). Par la suite, l'ensemble des porcs a été pesé afin d'obtenir le poids moyen de chaque unité expérimentale.

Au cours de la phase expérimentale, la consommation totale quotidienne de chaque unité expérimentale était comptabilisée par le système de gestion de l'alimentation. Les traitements attribués aux porcs malades ont été notés et les porcs morts ont été pesés.

À la fin de la période d'engraissement, les porcs ont été envoyés à l'abattoir selon le mode de gestion conventionnelle de la ferme, soit en fonction du poids vif ciblé au moment de l'abattage. Dans le cadre du présent projet, le poids vif ciblé était de 130 kg. Tous les porcs qui étaient envoyés à l'abattoir étaient préalablement pesés quatre à cinq jours précédant cet envoi. Également, de façon à suivre les données carcasses de chaque unité expérimentale, un tatouage était attribué à chacune des unités, soit un par trémie. Il est à noter également que lorsqu'il ne restait qu'un ou deux porcs par unité expérimentale, ce ou ces derniers étaient pesés le jour de l'envoi à l'abattoir et considérés comme sortis du test.

Calculs de performances

La consommation moyenne journalière (CMJ) était fournie par le système de gestion de l'alimentation. Le gain moyen quotidien (GMQ) a été calculé à partir du poids de carcasse final des porcs dont le rendement carcasse considéré était de 0,81 ainsi qu'à partir du poids réel des porcs restants qui ont été sortis du test avant leur envoi à l'abattoir. La conversion alimentaire a donc été calculée en divisant la CMJ par le GMQ.

Les données d'abattage des porcs ayant été sorties du test n'ont pas été comptabilisées. Ainsi, les poids carcasse et les épaisseurs de muscle et de gras n'incluent que les porcs ayant été sous leurs traitements alimentaires respectifs jusqu'à leur envoi à l'abattoir.

Analyses statistiques

Le traitement statistique a été fait en considérant un dispositif en blocs aléatoires complets avec un arrangement factoriel 2 x 2 (soit deux traitements alimentaires combinés à deux sexes) dans chaque bloc. Les analyses ont été effectuées avec la procédure « Mixed de SAS » (SAS 9.2, 2002, SAS Institute Inc., Cary, NC) en considérant les effets fixes du traitement alimentaire, du sexe et de leur interaction, et en considérant l'effet bloc comme effet aléatoire. Une valeur P < 0,05 indique un résultat significatif alors qu'une valeur P < 0,10 indique une tendance.

Analyse des performances

Au total, 1 008 porcs ont entamé l'expérience, 11 sont morts, 19 ont été retirés pour des causes de boiterie, caudophagie, etc., ce qui représente un taux combiné (mortalité et retrait) de 3,0 % en moyenne, soit 2,4 % pour le traitement témoin et 3,6 % pour le traitement multiphase.

Tel que mentionné précédemment, suivant les envois de porcs à l'abattoir, lorsqu'il ne restait qu'un ou deux porcs par unité expérimentale, le lot était fermé en pesant les porcs restants. Au total, c'est 30 porcs qui ont terminé leur expérimentation ainsi, soit 15 porcs sous le traitement témoin et 15 porcs sous le traitement multiphase.

Performances de croissance prédites et réelles

Au cours de l'expérimentation qui a débuté le 17 décembre 2013, trois pesées partielles ont été effectuées afin de valider que les porcs suivaient toujours bien leur courbe de croissance.

Pour ce faire, deux stratégies ont été testées afin de valider la méthode la plus efficace. La première méthode consistait à peser 14 porcs par unité expérimentale et la seconde méthode consistait à peser l'ensemble des porcs de six parcs, soit le quart des parcs. Considérant que les parcs qui étaient pesés au complet étaient également pesés partiellement, ceux-ci ont servi à comparer les deux méthodes. Ainsi, bien qu'il y ait eu des tendances communes entre les parcs à devancer ou retarder leur croissance, le fait de peser seulement six parcs au complet et extrapoler pour les autres ne semble pas être une aussi bonne méthode pour estimer les performances des différents parcs comparativement aux pesées partielles qui semblent très bien fonctionner pour les performances de croissance. Bref, la pesée partielle du tiers des porcs de tous les parcs serait la stratégie à privilégier.

Pour ce qui est des résultats obtenus, lors de la première pesée partielle qui a eu lieu le 8 janvier 2014, les porcs ont bien suivi leur courbe de croissance. Lors de la pesée du 5 février 2014, les porcs avaient pris un peu de retard sur leur courbe de croissance et étaient ainsi de 3 à 4 kg plus légers que les poids prévus. Lors du dernier ajustement de courbe le 5 mars 2014, cette fois, les porcs avaient repris leur retard et l'avaient même dépassé, montrant ainsi des poids plus lourds de 4 à 5 kg que les poids prévus. Ainsi, il est possible de conclure que la courbe de croissance des porcs était adéquate dans le premier mois, mais que des ajustements restent à faire pour mieux prévoir les performances en réduisant quelque peu le GMQ prédit de 50 à 70 kg de poids vif et en augmentant celui des porcs de 70 à 100 kg.

Effet du traitement alimentaire

En termes de performances zootechniques, aucune interaction entre le sexe et le traitement alimentaire n'a été observée à l'exception de la concentration en lysine qui sera discutée ultérieurement. Les performances de croissance en fonction du traitement alimentaire et en fonction du sexe seront discutées séparément.

Les porcs du traitement témoin ont débuté à un poids vif de 24,3 kg et les porcs du traitement multiphase à 24,2 kg (Tableau 3).

Les porcs des deux traitements ont eu une CMJ et une conversion alimentaire semblable alors que le GMQ, quant à lui, montrait une tendance à être un peu plus élevé chez les porcs du traitement multiphase. La concentration et la consommation en lysine étaient significativement moins élevées chez les porcs du traitement multiphase. Plus spécifiquement, la consommation en lysine a été réduite de 18 %, tel qu'il a été également observé dans les travaux du Dr Pomar (Andretta *et al.*, 2014). Pour ce qui est de la durée d'élevage, aucune différence significative n'a été observée.

En termes de poids de carcasse, d'épaisseur de gras et d'épaisseur de muscle, les porcs des deux traitements n'étaient pas significativement différents.

Tableau 3 Performances de croissance et d'abattage des porcs en fonction du traitement alimentaire et du sexe

	Traite	Traitement sexe			Traitement * Sexe			Valeur P			
	Támain	toot	F	С	Tén	noin	te	st	Tuoit	2272	Trait.*
	Témoin	test		C	F	С	F	С	Trait.	sexe	Sexe
Performance de d	croissance										
PV initial (kg)	24,3	24,2	24,0	24,5	24,0	24,5	23,9	24,4	0,568	0,003	0,965
CMJ (kg)	2,59	2,65	2,49	2,75	2,47	2,72	2,52	2,78	0,290	<0,001	0,914
GMQ (g)	934	949	903	980	899	968	907	991	0,097	<0,001	0,363
CA	2,78	2,79	2,76	2,80	2,74	2,81	2,78	2,80	0,784	0,445	0,699
CMJ Lys (g)	20,5	16,7	17,7	19,4	19,4	21,5	16,1	17,3	<0,001	<0,001	0,186
Conc. Lys (g/kg)	7,89	6,32	7,13	7,07	7,87	7,91	6,40	6,23	<0,001	0,125	0,011
Durée (jour)	114,2	112,8	117,6	109,4	117,9	110,6	117,4	108,2	0,131	<0,001	0,302
Performance d'al	oattage										
Poids carc.(kg)	106,4	106,5	105,8	107,1	105,8	107,0	105,8	107,2	0,878	0,012	0,865
Gras (mm)	22,8	22,2	21,5	23,5	21,8	23,8	21,1	23,2	0,085	<0,001	0,947
Muscle (mm)	65,1	64,8	66,5	63,4	66,6	63,6	66,4	63,2	0,646	<0,001	0,914

Ces résultats nous montrent donc que la stratégie d'alimentation de précision par groupe permet une réduction de l'ingestion en lysine, premier acide aminé limitant dans l'alimentation des porcs pour leur croissance, sans avoir d'effets négatifs sur les performances.

La Figure 2 montre l'évolution de la consommation journalière totale des porcs des traitements témoin et multiphase. On remarque que, dans les deux cas, une baisse de la consommation s'est produite vers la fin du mois de janvier 2014, celle-ci étant toutefois plus marquée chez les porcs témoins.

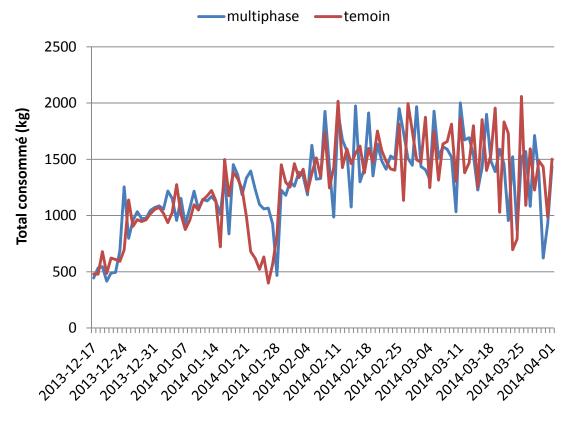


Figure 2 Consommation totale journalière moyenne par traitement

La cause de cette réduction de la consommation est mal connue, mais il a été émis comme hypothèse que cela aurait pu être causé par un stress environnemental ou sanitaire. Le logiciel de gestion a permis de relever cette situation plus rapidement et ainsi réduire son impact négatif sur les porcs.

Ainsi, la tendance montrant une augmentation du GMQ pourrait venir de cet épisode de réduction de la consommation chez les porcs témoins. Cependant, il est également possible que la stratégie d'alimentation multiphase ait eu un effet bénéfique sur les performances de croissance puisqu'une tendance semblable avait été observée dans le projet de recherche du Dr Candido Pomar portant sur la stratégie d'alimentation multiphase journalière (Pomar *et al.*, 2014).

La Figure 3 montre, quant à elle, l'évolution du nombre de porcs envoyés en fonction du temps. Cette figure montre que les porcs du traitement multiphase semblent avoir été envoyés un peu plus rapidement que les porcs témoins lors des deux premiers envois à l'abattoir. Cependant, on remarque qu'à partir du 3^e envoi, le nombre de porcs abattus est semblable. Ainsi, la tendance des porcs du traitement multiphase à avoir un GMQ plus élevé peut s'être fait ressentir quelque peu sur la vitesse d'envoi des porcs, bien que la durée d'engraissement n'ait pas été significativement plus faible chez les porcs de ce traitement (Tableau 3). Il est à noter également que cette tendance du GMQ à être supérieur chez les porcs du traitement multiphase peut être attribuable en partie à la baisse de consommation précédemment mentionnée qui aurait causé une légère diminution des performances au cours de cette période.

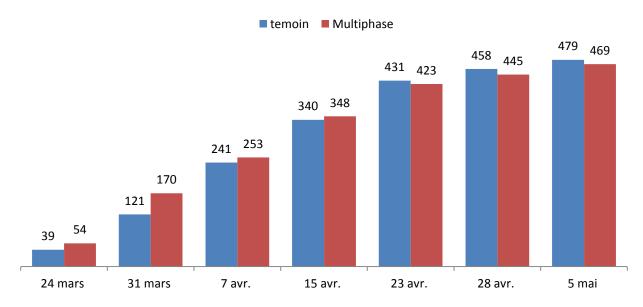


Figure 3 Évolution du total cumulatif de porcs envoyés à l'abattoir en fonction du traitement alimentaire

Effets du sexe

Pour ce qui est de l'effet du sexe, plusieurs différences ont été observées (Tableau 3). Tout d'abord, les femelles ont entamé l'expérimentation avec un poids vif initial plus faible que les castrats, elles ont consommé quotidiennement moins d'aliments et moins de lysine et ont eu un GMQ inférieur aux castrats, ce qui a occasionné une durée d'engraissement plus longue. En matière de conversion alimentaire, aucune différence de performance n'a été observée entre les deux sexes. En ce qui a trait aux performances d'abattage, les femelles avaient une épaisseur de muscle plus élevée et un poids carcasse et une épaisseur de gras inférieurs aux castrats.

L'interaction entre le sexe et le traitement alimentaire pour ce qui est de la concentration en lysine a donné un résultat plutôt intéressant. Alors que les porcs femelles ont eu une concentration en lysine semblable aux castrats dans le cas du traitement témoin, les femelles sous le traitement multiphase ont reçu un aliment plus concentré en lysine que les castrats du même traitement alimentaire. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que, considérant que les femelles ont une consommation alimentaire inférieure à celle des mâles, la mise en place de programmes alimentaires pour chaque sexe peut permettre de pallier ces différences en donnant des concentrations plus importantes en lysine dans l'alimentation des femelles, tout en réduisant quelque peu les apports en lysine des mâles qui peuvent être parfois suralimentés conventionnellement.

Analyses économiques

Prémisse

Tel qu'il était prévu, l'apport en lysine des aliments A et B a été respecté, occasionnant une réduction de la consommation en lysine chez les porcs du traitement multiphase. Par contre, au moment de la formulation, les teneurs des autres acides aminés n'ont pas été ajustées par rapport à la lysine dans l'aliment B, ce qui a pour conséquence que la teneur en protéines brutes de cet aliment n'était pas différente de celle de l'aliment 4 du traitement témoin. Ainsi, aucune différence de consommation en protéines brutes n'a été observée entre les traitements alimentaires.

Dans le cas des analyses économiques, la réduction de l'apport en protéines brutes a un impact important sur le prix des aliments. L'aliment qui aurait dû être utilisé dans le cadre de cette expérimentation a été formulé dans le même contexte de prix que les aliments utilisés dans l'étude et c'est le prix de cet aliment qui sera utilisé pour les analyses économiques (Tableau 4). En effet, il a été émis comme hypothèse que les performances de croissance des porcs n'auraient pas été affectées puisque le premier acide aminé limitant la croissance des porcs, soit la lysine, a été fourni adéquatement aux porcs et que les autres acides aminés étaient en excès par rapport aux besoins réels des porcs. Dans le cas de l'aliment B voulu, les apports en acides aminés ont été seulement ramenées à un ratio correspondant aux besoins des porcs, soit un ratio semblable à celui de la phase 4 et correspondant aux besoins (Tableau 5) (NRC, 2012).

Tableau 4 Composition nutritionnelle et ratio d'acides aminés par rapport à la lysine de l'aliment B voulu, l'aliment B réel et la phase 4

Composition nutriti	Phase 4	B réel	B voulu	
EN calculée	kcal/kg	2470	2471	2471
Protéines brutes*	%	13,6	13,4	10,2
Lys DIS**	%	0,69	0,48	0,49
Thr DIS**	%	0,46	0,41	0,33
Met DIS**	%	0,23	0,21	0,17
Trp DIS**	%	0,11	0,11	0,07
Calcium	%	0,55	0,60	0,60
Phosphore total	%	0,38	0,36	0,36

Tableau 5 Ratio d'acides aminés par rapport à la lysine

Acide aminé	Phase 4	B réel	B voulu
Acide allille		g de AA / 100 g de Lys	
Lys DIS	1,00	1,00	1,00
Thr DIS	0,67	0,85	0,67
Met DIS	0,33	0,44	0,35
Trp DIS	0,16	0,23	0,14

Cette section du rapport présente donc l'analyse de l'impact économique de l'alimentation de précision par groupe en conditions commerciales. Cette dernière tient compte des différents prix d'intrants. Il est important de noter que l'analyse porte uniquement sur les coûts puisque les revenus ne sont pas affectés par les traitements. En effet, le poids des carcasses et les indices de classement n'affichent aucune différence statistiquement significative; les revenus sont donc les mêmes, quel que soit le traitement.

Deux traitements ont été comparés : dans le premier traitement, l'éleveur de type finisseur alimente ses porcs en quatre phases; dans le deuxième traitement, l'éleveur de type finisseur applique la stratégie d'alimentation de précision par groupe, c'est-à-dire en mélangeant un aliment pauvre et un aliment riche en différentes proportions selon les besoins des animaux par trémie.

L'analyse porte d'abord sur la différence des coûts d'alimentation entre les deux traitements, en utilisant le prix moyen des moulées en 2013. Elle est complétée par une analyse de sensibilité selon différentes combinaisons de prix du maïs et du tourteau de soja. Cela permet de voir si l'alimentation multiphase demeure rentable selon les variations des prix du maïs et du tourteau de soja (donc des prix des moulées). De plus, comme l'alimentation multiphase se traduit par des tâches additionnelles, une description partielle de ces tâches est ajoutée à l'analyse.

Enfin, l'investissement en matériel et les coûts d'adaptation des bâtiments pour installer le système d'alimentation de précision par groupe ont ensuite été pris en compte, ceci afin de calculer le temps nécessaire pour rentabiliser l'investissement d'un système automatisé permettant d'alimenter les animaux selon cette technique.

Coût d'alimentation

Impacts sur le coût d'alimentation

Le tableau ici-bas présente les paramètres d'élevage pour les deux traitements de base. Il est à noter qu'aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les deux traitements du point de vue des performances zootechniques.

Tableau 6 Paramètres d'élevage pour les deux traitements

Critères		
Taille des lots	Têtes	1 000
Durée totale d'élevage incluant le vide sanitaire	Semaines	18
Taux de mortalité et rejets	%	3,0
Nombre de porcs produits	Têtes/an	2 802
Poids des porcelets à l'entrée	kg	24,2
Poids moyen d'envoi à l'abattoir	kg	133,1
Poids moyen des carcasses	kg	106,5
Kg de carcasse produits	kg/place-porc	298,4

Les revenus par porc ne sont pas considérés dans les calculs, puisque ceux-ci sont les mêmes dans les deux traitements. Seule la différence entre les coûts d'alimentation a été évaluée. De plus, il est à noter que les coûts fixes n'ont pas été pris en compte.

Si les performances sont équivalentes pour les deux traitements, il n'en va pas de même pour les prix des différents aliments utilisés pendant le projet (voir Tableau 7). Les moulées A et B du traitement 2 sont respectivement la plus chère et la moins chère des six moulées.

Tableau 7 Prix estimé des moulées (moyenne 2013)

	Traitement 1				Traitement 2		
		1	2	3	4	Α	В
Prix moyen estimé 2013	\$/Tm	369	360	352	340	398	317

Note : le prix de l'aliment B retenu dans nos paramètres est le prix déterminé en fonction de la teneur en maïs et en tourteau de soja de l'aliment B voulue et non celle de l'aliment B reçue.

La combinaison de ces deux moulées permet cependant au traitement 2 d'afficher un coût d'alimentation plus faible que le traitement 1 (voir Tableau 8). En effet, selon les conditions définies dans ce rapport, le traitement 2 montre un coût d'alimentation inférieur à celui du traitement 1 de 3,80 \$/porc. Annuellement, cela correspond à un coût d'alimentation inférieur de 11,04 \$/place-porc comparativement au traitement 1.

Tableau 8 Comparaison des coûts d'alimentation des deux traitements à l'étude

Critères sur une base annuelle	Traitement 1 Témoin	Traitement 2 Multiphases	Différence	
Consommation alimentaire économique	kg/porc	301,5	301,5	
Prix moyen des aliments consommés	\$/Tm	350 \$	338 \$	(12,60) \$
Coût d'alimentation	\$/porc	105,62 \$	101,82 \$	(3,80) \$
	\$/100 kg	99,27 \$	95,61 \$	(3,66) \$
	\$/place-porc	299,27 \$	288,24 \$	(11,04) \$

La principale raison qui explique ces résultats vient du fait que le prix moyen des aliments pour le traitement 1 est plus élevé que dans le cas du traitement 2. Ceci est dû au fait que même si la stratégie d'alimentation multiphase n'utilise que deux moulées, l'une riche et l'autre pauvre en nutriments, elles sont mélangées et la moulée pauvre représente près de 74 % de la moulée consommée. Ainsi, comme la moulée pauvre (B) coûte considérablement moins cher que la moulée riche (A), le coût moyen d'alimentation est plus faible.

De plus, il est à noter qu'une partie de l'économie obtenue est probablement due au fait que les sexes ont été alimentés séparément. En effet, une étude a montré qu'une alimentation par sexe pourrait permettre de réduire les coûts d'alimentation de l'ordre de 1 \$/porc (CDPQ et Boyaud, 2013).

Particularité de la formulation des aliments A et B

Les proportions de A et B consommées par les porcs est en fonction de la composition nutritionnelle de ces aliments. Dans le cas du présent projet, l'aliment A était plus riche en lysine que nécessaire, ce qui a impliqué une moins grande utilisation de cet aliment et une plus grande utilisation de l'aliment B. L'aliment A étant plus riche en nutriment, son prix était également plus cher, mais en considérant une moins grande quantité consommée entre autres, le coût d'alimentation demeurait plus faible pour le traitement 2 comparativement au traitement 1. Bref, les proportions utilisées de A et B peuvent varier grandement et ne seront donc pas systématiquement de 25 % pour l'aliment A et de 75 % pour l'aliment B. Si la teneur en lysine était réduite pour l'aliment A, sa proportion aurait augmenté et son prix aurait diminué pouvant ainsi donner les mêmes résultats. La formulation optimale en termes de composition nutritionnelle et de prix est donc dynamique.

Impacts des variations des prix du maïs et du tourteau de soja sur le coût d'alimentation par porc des deux scénarios

Les prix des moulées sont cependant variables dans le temps. Afin de voir si l'avantage d'utiliser une alimentation multiphase se maintient dans le temps, une analyse de sensibilité a été effectuée en faisant varier les prix du maïs et du tourteau de soja. Puisqu'il s'agit des deux principales composantes des moulées, leur impact sur le prix des moulées est important. En effet, la proportion du maïs et du tourteau de soja dans les différents aliments variait entre 69 % et 86 % (Tableau 9).

Tableau 9 Proportion du maïs et tourteau de soja dans les aliments

		Traitement 1			Traitement 2		
		1	2	3	4	Α	В
Proportion du maïs et du tourteau de soja	%	78	74	79	77	86	69

Les bornes de prix pour le maïs et le tourteau de soja sont les prix minimum et maximum (\$/tonne) observés ces trois dernières années, soit entre janvier 2011 et décembre 2013. Le prix des autres ingrédients qui composent les recettes des moulées 1, 2, 3, 4, A et B a été considéré comme fixe.

Pour cette période, le traitement 2 (multiphase) détient un avantage économique absolu sur le traitement 1 (voir Tableau 10). En effet, le coût d'alimentation du traitement 2 (multiphase) est toujours inférieur à celui du traitement 1 (témoin), peu importe la combinaison de prix du maïs et du tourteau de soja.

Tableau 10 Baisse du coût d'alimentation du traitement 2 par rapport au traitement 1, en fonction de différents prix du maïs et du tourteau de soja observés entre janvier 2011 et décembre 2013 (\$/par porc)

	Prix du tourteau de soja (\$/tonne)								
	\$	350	400	450	500	550	600	650	700
	175	-1,35	-1,95	-2,55	-3,15	-3,75	-4,35	-4,95	-5,55
ne)	200	-1,33	-1,93	-2,53	-3,13	-3,73	-4,33	-4,92	-5,52
(\$/tonne)	225	-1,31	-1,90	-2,50	-3,10	-3,70	-4,30	-4,90	-5,50
<u>\$</u>	250	-1,28	-1,88	-2,48	-3,08	-3,68	-4,28	-4,88	-5,48
maïs	275	-1,26	-1,86	-2,46	-3,06	-3,66	-4,26	-4,86	-5,46
Prix du	300	-1,24	-1,84	-2,44	-3,04	-3,64	-4,23	-4,83	-5,43
Pri	325	-1,22	-1,81	-2,41	-3,01	-3,61	-4,21	-4,81	-5,41
	350	-1,19	-1,79	-2,39	-2,99	-3,59	-4,19	-4,79	-5,39
	375	-1,17	-1,77	-2,37	-2,97	-3,57	-4,17	-4,77	-5,37

Ainsi, on observe une diminution de la différence de coût d'alimentation entre les deux traitements au fur et à mesure que la différence entre le prix du maïs et du tourteau de soja s'affaiblit. Autrement dit, plus le tourteau de soja est abordable et plus le maïs est cher, moins l'alimentation de précision est profitable (traitement 2).

Par exemple, si le prix du maïs se chiffre à 375 \$/tonne et que celui du tourteau de soja s'élève à 350 \$/tonne, le traitement 2 permet une économie de 1,17 \$/porc. Par contre, l'économie atteint 5,55 \$/porc lorsque le prix du maïs se chiffre à 175 \$/tonne et que celui du tourteau de soja s'élève à 700 \$/tonne.

Cependant, c'est le prix de la protéine (tourteau de soja) qui semble avoir la plus grande influence sur les économies reliées à l'alimentation de précision (traitement 2).

Impacts sur la main d'œuvre

L'application de la stratégie d'alimentation de précision par trémie, telle que décrite dans ce projet, nécessiterait des tâches additionnelles comparativement au traitement témoin et celles-ci ont été énumérées et quantifiées de façon approximative pour un bâtiment de 1 000 places-porcs au Tableau 11.

Tableau 11 Tâches additionnelles requises pour l'application de la stratégie d'alimentation de précision par trémie (traitement 2), par lot de 1 000 porcs

Description de la tâche	Temps total requis (heure)
Pesée initiale et répartition des porcs en petits groupes	12
Pesée partielle (1er mois)	8
Pesée partielle (2e mois)	8
Pesée partielle (3e mois)	8
Mise à jour des données dans le logiciel	3
Total	39

Selon le mode de gestion de chaque entreprise, ces tâches pourraient causées du temps supplémentaire ou non. En effet, la répartition initiale par poids amènerait une économie de temps à la fin de la période d'engraissement puisque les porcs plus gros et plus petits ont été rassemblés et, qu'ainsi, la recherche des porcs prêts pour l'abattage est plus simple et courte. Bref, les heures supplémentaires pourraient être en totalité compensées par le fait que les heures régulières en fin de période d'engraissement seraient moins importantes, voir cette stratégie pourrait permettre d'économiser du temps ce qui a d'ailleurs été le cas pour la ferme ML. Également, il est à noter que la gestion de ce système d'alimentation nécessiterait un suivi professionnel, particulièrement lors de l'implantation et de l'établissement de la courbe de croissance.

Néanmoins, dans le cadre d'entreprise effectuant seulement un ou deux envois à l'abattoir, cette stratégie pourrait impliquer du temps supplémentaire. Ainsi, en considérant un salaire horaire, incluant les avantages sociaux, de 18,66 \$/heure (CECPA, 2014), le temps de maind'œuvre supplémentaire requis pour l'application de la stratégie d'alimentation de précision par trémie (traitement 2) est évalué à 728 \$ par lot. Annuellement, cela représenterait des coûts supplémentaires en main-d'œuvre de l'ordre de 2 102 \$. De plus, sachant que ces coûts ont été évalués pour un bâtiment de 1 000 places-porcs, cela représenterait donc des coûts supplémentaires en main-d'œuvre d'environ 0,75 \$/porc vendu et de 2,10 \$/place-porc. Cependant, une fois la stratégie bien implantée dans l'entreprise, une seule pesée partielle serait nécessaire. Ainsi, le temps en main-d'œuvre supplémentaire pourrait être réduit d'environ 16 heures. Par conséquent, en considérant un salaire horaire, incluant les avantages sociaux, de 18,66 \$/heure (CECPA, 2014), le temps de main-d'œuvre supplémentaire requis pour l'application de la stratégie d'alimentation de précision par trémie (traitement 2) se chiffrerait plutôt à 429 \$ par lot. Annuellement, cela représenterait des coûts supplémentaires en maind'œuvre de l'ordre de 1 240 \$. Aussi, sachant que ces coûts ont été évalués pour un bâtiment de 1 000 places-porcs, cela représenterait donc des coûts supplémentaires en main-d'œuvre d'environ 0,44 \$/porc vendu et de 1,24 \$/place-porc.

Délai de récupération de l'investissement

L'installation d'un système d'alimentation multiphase dans un bâtiment de 1 000 places-porcs coûte approximativement 35 000 \$ (voir Tableau 13).

Tableau 13 Investissement requis pour appliquer une stratégie d'alimentation de précision par trémie et le système requis

Quantité	Matériel	Prix unitaire (\$)	Prix total (\$)
24	Trappe moteur	250	6 000
1	Balance / mélangeur		
9	Capteurs de proximité		
1	Automate et composantes		
	Cabinets, câblage et quincaillerie		
1	Ordinateur de communication		
1	Programme AliPorc		
	Installation		28 875
			34 875

Notes:

- Chaque bâtiment étant distinct, le prix ne tient pas compte des particularités propres à chacune des installations telles que, vis d'amenée au mixeur, modification au soigneur, etc.
- Le producteur est responsable de l'installation physique des trappes sur la chaîne de distribution ainsi que des frais d'électricien.

Amortie sur dix ans, cette somme représenterait une charge annuelle de plus de 4 750 \$ à 6 % d'intérêt. De plus, si les économies de coût d'alimentation sont considérées, le délai de récupération de l'investissement du système d'alimentation multiphase pourrait se faire en environ trois ans (Tableau 14).

Tableau 14 Estimation du délai de récupération de l'investissement du système d'alimentation multiphase selon les économies potentielles

Critères sur une base annuelle	Bénéfice \$/place-porc	Délai de récupération de l'investissement, en année	
Baisse du coût d'alimentation	11,04 \$	3,2	

Toutefois, chaque bâtiment comporte ses particularités. Ainsi, le coût lié à l'installation d'un système d'alimentation multiphase doit être adapté à chaque situation.

Conclusion

Les résultats de ce projet montrent que l'alimentation de précision par trémie, dont les porcs sont répartis par sexe et par groupe de poids, permet une réduction de la consommation en lysine sans avoir d'effets sur les performances de croissance et les caractéristiques des carcasses.

En terme économique, cela se reflète par la réduction du coût d'alimentation de 3,80 \$ dans le cas précis du présent projet impliquant ainsi une ségrégation par sexe. Cette réduction varierait en fonction du coût des aliments et plus spécifiquement selon l'écart de prix entre la protéine et l'énergie (tourteau de soja versus maïs), car plus l'écart est important, plus le coût d'alimentation est réduit.

Enfin, un investissement initial est aussi nécessaire. En effet, la mise en place de cette stratégie nécessite l'installation d'un système d'alimentation multiphase sur la ferme. Chaque bâtiment étant unique, il est difficile d'évaluer exactement l'ampleur de cet investissement. Selon les conditions définies dans ce rapport, le délai de récupération de l'investissement pourrait se situer aux alentours de trois ans considérant uniquement la réduction du coût d'alimentation. Or, l'investissement nécessaire n'étant pas proportionnel à la taille de l'élevage, il est possible d'optimiser ce système dans un bâtiment de plus grande taille et, par conséquent, de réduire le délai de récupération de l'investissement.

Le système d'alimentation de précision par trémie offre également plusieurs autres avantages en plus de la réduction du coût d'alimentation. Tout d'abord, le suivi journalier de la consommation des porcs permet de détecter les baisses de consommation pouvant être associées à un stress sanitaire avant l'apparition des signes visuels. Également, l'utilisation de seulement deux aliments pour l'ensemble de la durée d'engraissement permet une gestion plus facile des aliments, particulièrement lors de la transition entre deux lots de porcs puisqu'aucune vidange des silos n'est nécessaire. Finalement, la réduction de l'ingéré en lysine, mais également en protéines, permet une réduction de l'excrété en azote, ce qui entraînerait une réduction des émanations d'ammoniac. De la même façon, il serait possible de réduire la consommation en phosphore et ainsi réduire son excrétion ce qui pourrait permettre d'augmenter les quantités épandues de lisier sur une même surface de sol.

Finalement, de façon à orienter davantage le choix des producteurs de porcs, il serait intéressant de valider si des stratégies intermédiaires pouvaient également montrer des bénéfices en matière de coût d'alimentation pour mettre en place la stratégie. À titre d'exemple, des stratégies d'alimentation multiphase journalière, sans aucune ségrégation des porcs ou en ne séparant que les mâles et les femelles ou par groupe de poids, pourraient être intéressantes à valider.

Références

- Andretta, I., Pomar, C., Rivest, J., Pomar, J., Lovatto P.A. et J. Radünz Neto. 2014. Effet de l'alimentation de précision sur les performances, l'excrétion de nutriments et le coût d'alimentation du porc charcutier. Journées de la recherche porcine, 46 : 107- 112.
- BPR-Infrastructure inc. 2008. Suivi 2007 du Portrait agroenvironnemental des fermes du Québec : Rapport final. Québec: BPR, 56 p.
- Brossard, L., Dourmad, J.Y, Rivest, J. et J. van Milgen. 2009. Modelling the variation in performance of a population of growing pig as affected by lysine supply and feeding strategy. Animal, 3(8): 1114-1123.
- CDPQ. 2013. Men\$uel porc. Rapport du 10 mai.
- CDPQ et D. Boyaud. 2013. Alimentation de précision en engraissement : planification du transfert technologique, Québec: CDPQ, 42 p.
- Centre d'étude sur les coûts de production en agriculture (CECPA). 2014. Étude sur le coût de production : Porcelets et porcs 2012. Lévis: CECPA, 78 p.
- Noblet, J., Valancogne, A., Tran, G. et AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S. 2011. EvaPig®. INRA, AFZ, AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S. [Logiciel]. Version 1.3.0.4.
- Hauschild, L., Lovatto, P.A., Pomar, J. et C. Pomar. 2012. Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. Journal of Animal Science, 90(7): 2255–2263.
- National Research Council (NRC). 2012. Proteins and amino acids. In: Nutrient requirements of swine. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, pp. 15-44.
- Pomar, C., Pomar, J., Dubeau, F., Joannopoulos, E. et J.P. Dussault. 2014. The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and phosphorus excretions, and feed costs in growing–finishing pigs. Animal, 8(5): 704-713.
- Pomar, C. et J. Pomar. 2012. Sustainable Precision Livestock Farming: A Vision for the Future of the Canadian Swine Industry. Advances in Pork Production, 23: 207-213.
- Pomar, C., Hauschild, L., Zhang, G.H., Pomar J. et P.A. Lovatto. 2009. Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. Revista Brasileira de Zootecnia, 38: 226-237.
- Pomar, C., Pomar, J., Babot, D. et F. Dubeau. 2007. Effet d'une alimentation multiphase quotidienne sur les performances zootechniques, la composition corporelle et les rejets d'azote et de phosphore du porc charcutier. Journées de la recherche porcine, 39 : 23-30.



Centre de développement du porc du Québec inc. Place de la Cité, tour Belle Cour 2590, boulevard Laurier, bureau 450 Québec (Québec) G1V 4M6

418 650-2440 • **418 650-1626**