

Développement d'un programme alimentaire pour porcelet sevré en
production biologique

Numéro du projet : 10-INNO1-16

Frédéric Guay, agr. PhD.

Rapport final présenté
au ministère de l'agriculture, des pêcherie et de l'alimentation du Québec
Programme Innobio

Département des sciences animales
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université Laval
Québec

Novembre 2013

Date de fin du projet : Octobre 2013.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Liste des tableaux | 3 |
| Liste des figures | 4 |
| Brève description du projet | 5 |
| Le déroulement des travaux | 6 |
| 1.1. Phase expérimentale avec les animaux | 6 |
| 1.2. Analyse de laboratoire..... | 8 |
| 1.3. Analyses économiques | 9 |
| 1.4. Analyses statistiques | 9 |
| Les résultats obtenus | 11 |
| Conclusion et biens livrables | 20 |
| Les difficultés rencontrées et les moyens qui seront utilisés pour y remédier..... | 22 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| TABEAU 1 : COMPOSITION DES RATIONS, SIMPLE ET COMPLEXE POUR LES 15 PREMIERS JOURS POST-SEVRAGE | 7 |
| TABEAU 2: COMPOSITION DU MACROMÉLANGE POUR LES JOURS 15 À 30 | 7 |
| TABEAU 3. PERFORMANCE DES PORCELETS EN POST-SEVRAGE EN GESTION BIOLOGIQUE ALIMENTÉS AVEC UNE RATION SIMPLE OU COMPLEXE, SUPPLÉMENTÉS (S ^A) OU NON | 12 |
| TABEAU 4. DIGESTIBILITÉ DE LA MATIÈRE SÈCHE (MS), DE LA MATIÈRE ORGANIQUE (MO), DE L'ÉNERGIE, DE L'«ACID DETERGENT FIBER» (ADF), DES LIPIDES, DE L'AZOTE ET DES CENDRES SEVRAGE CHEZ DES PORCELETS NOURRIS EN RÉGIE BIOLOGIQUE AVEC UN ALIMENT SIMPLE OU COMPLEXE SUPPLÉMENTÉ OU NON. ¹ | 13 |
| TABEAU 5 INDICES DE DIVERSITÉ POUR DES PORCELETS EN POST SEVRAGE EN GESTION BIOLOGIQUE NOURRIS AVEC UNE RATION SIMPLE OU COMPLEXE SUPPLÉMENTÉ (S ^A) OU NON | 15 |
| TABEAU 6 DIFFÉRENCES DANS LA COMPOSITION DE LA COMMUNAUTÉ BACTÉRIENNE ENTRE LES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS (TYPE DE RATION (C OU S) ET SUPPLÉMENTS(S)) POUR DES PORCELETS EN GESTION BIOLOGIQUE ESTIMÉES PAR «MULTI-RESPONSE PERMUTATION PROCEDURE» (MRPP) | 16 |
| TABEAU 7 ANALYSE DE L'INDICATEUR D'ESPÈCE (ISA) POUR LES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS (TYPE DE RATION (C OU S) ET SUPPLÉMENTS (S)) POUR DES PORCELETS EN GESTION BIOLOGIQUE | 18 |
| TABEAU 8 ANALYSE DU COÛT D'ALIMENTATION ET FIXE POUR LES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS (TYPE DE RATION (C OU S) ET SUPPLÉMENTS (S)) POUR DES PORCELETS EN GESTION BIOLOGIQUE | 19 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|------------------------------------|
| FIGURE 1 SCHÉMA RÉSUMANT LA PROCÉDURE DE DÉTERMINATION DU PROFIL BACTÉRIEN PAR LH-PCR DANS LES FÈCES. | ERREUR ! SIGNET NON DEFINI. |
| FIGURE 2 CONSISTANCE DES FÈCES OBSERVÉE AUX JOURS 7 ET 14 APRÈS LE SEVRAGE CHEZ DES PORCELETS NOURRIS EN RÉGIE BIOLOGIQUE AVEC UN ALIMENT SIMPLE OU COMPLEXE SUPPLÉMENTÉ OU NON. (LE SUPPLÉMENT EST COMPOSÉ DE ALLZYME, (ALLTECH INC.), DE PEDIOCCOCUS ACIDILACTICI (BACTOCELL, LALLEMAND NUTRITION ANIMAL) ET DE MANNANOLIGOSACHARIDES (BIO-MOS, ALLTECH INC.)). | 14 |
| FIGURE 3 CHANGEMENT DANS LA STRUCTURE DE LA COMMUNAUTÉ BACTÉRIENNE DES FÈCES EN RELATION AVEC LES TRAITEMENTS (TYPE DE RATION (COMPLEXE OU SIMPLE) ET SUPPLÉMENTS (SUPP)) POUR DES PORCELETS MAINTENUS EN GESTION BIOLOGIQUE EN UTILISANT UN «NON-METRIC MULTIDIMENSIONAL SCALING (NMS 3D)». | 16 |

1. BRÈVE DESCRIPTION DU PROJET

Le sevrage est une période stressante pour le porcelet. Le porcelet est séparé de sa mère, déplacé dans un nouvel environnement et subit un changement de son alimentation. Ce dernier facteur est probablement le plus important à considérer dans l'adaptation du porcelet au sevrage. En élevage conventionnel, plusieurs ingrédients (sous-produits laitiers, farines animales, antibiotiques) sont ajoutés aux aliments pour porcelets afin de faciliter la transition. En élevage biologique, la majorité de ces ingrédients sont interdits ou non disponibles laissant le producteur avec peu d'alternatives efficaces afin d'améliorer la santé et la croissance des porcelets pendant cette période critique.

Pour améliorer la santé et la croissance du porcelet, nous proposons donc de développer un aliment biologique pour porcelet qui répondra à leurs besoins nutritionnels et qui contiendra des suppléments (prébiotique, probiotique, enzymes) reconnus pour leurs effets positifs sur la santé, particulièrement la santé intestinale, et la croissance; l'aliment sera composé à la base de céréales (donc production à la ferme) et complété de sources biologiques de protéine de haute qualité (pois et levure) et d'hydrate de carbone hautement digestible (canne à sucre).

Nos hypothèses sont que le développement d'un aliment spécialisé biologique pour porcelet sevré (c.-à-d. addition de sources de protéines spécialisées et d'hydrates de carbone (p. ex. sucrose) et de suppléments alimentaires (enzymes, probiotiques et prébiotique) : 1) améliorera la croissance des porcelets sevrés (durée d'engraissement réduite); 2) améliorera la santé intestinale des porcelets (réduction de l'incidence des diarrhées post-sevrage); 3) favorisera l'établissement de bactéries bénéfiques pour la santé au sein de la flore fécale (réduire la proportion de bactéries pathogènes indésirables); 4) améliorera la rentabilité des élevages porcins biologiques (évaluer le coût-bénéfice de l'aliment complexe et des suppléments alimentaires).

2. LE DÉROULEMENT DES TRAVAUX

2.1. Phase expérimentale avec les animaux

La phase d'expérimentation avec les animaux s'est déroulée de septembre 2011 à juin 2012 dans deux fermes porcines biologiques, Bionat inc. et Viandes biologiques Charlevoix; ces fermes sont accréditées selon les normes canadiennes pour les systèmes de productions biologiques (Office des normes générales du Canada, 2011). Dans les deux fermes, quatre parcs de 7,2 m² ont été aménagés. À chacune des périodes de l'essai (qui correspondait au sevrage d'environ une dizaine de truies), 36 à 48 porcelets sevrés de 28 à 35 jours d'âge ont été regroupés en quatre parcs de 9 à 12 porcelets; il y a eu 2 périodes expérimentales à la ferme de Viande biologique Charlevoix et 8 à la ferme de Bionat inc. Chacune des périodes expérimentales ont duré entre 29 et 32 jours. Un total de 306 porcelets a été utilisé pour ce projet. Pour chacun des essais, les porcelets ont été divisés en 4 traitements (Tableau 1), soit deux rations, l'une simple (SIMP) et l'autre complexe (COMP), qui ont été complémentées ou non en supplément (SUPPL) d'enzymes+probiotique+prébiotique. Le complément d'enzymes (Allzyme SSF, Alltech inc.) comprenait les activités suivantes : amylase (dégradation de l'amidon des céréales), xylanase et B-glucanase (dégradation de l'hémicellulose des céréales), phytase (dégradation des phytates) et protéase (hydrolyse des protéines). Les probiotiques étaient des *Pediococcus acidilactici* (Bactocell, Lallemand Nutrition Animal) et les prébiotiques étaient des mannanoligosacharides (Bio-MOS, Alltech inc.). Les rations SIMP et COMP supplémentées ou non ont été distribuées aux porcelets pendant les 15 premiers jours post-sevrage. Après cette période tous les porcelets ont reçu le même aliment composé de céréales, de tourteaux de soya et lin et de pois (Tableau 2).

Les aliments ont été ajoutés deux fois par jour dans le réservoir d'une trémie conventionnelle pour chacun des parcs à l'étude afin d'assurer un apport à volonté en aliment. La quantité totale d'aliment a été évaluée des jours 0 à 15 et des jours 15 à 30. En plus de la distribution des aliments, les porcelets ont été pesés après le sevrage (J0) et aux jours 15 et 30 après le début de l'essai; l'ensemble des porcelets du parc ont été pesée et la croissance du parc a été donc évaluée. Aux jours 5 à 7 et 13 à 15 de l'essai, la texture des fèces des porcelets a été évaluée qualitativement et visuellement pour chacun des parcs selon la charte suivante : 1 : fèces dures, 2 : fèces légèrement molles; 3 : fèces

molles, mais toujours partiellement formées; 4 : fèces semi-liquides; 5 : fèces liquides. Pendant ces mêmes périodes, des échantillons de fèces ont été prélevés dans chacun des parcs à l'étude pour évaluer la digestibilité de l'azote, du phosphore, du calcium, de l'énergie ainsi que la fibre alimentaire pour chacun des traitements. Les échantillons de fèces des jours 12 à 14 ont aussi servi à évaluer la composition de la flore microbienne par la technique moléculaire LH-PCR.

Tableau 1 : Composition des rations, simple et complexe pour les 15 premiers jours post-sevrage

| Incorporation, % | Ration | |
|---|--------|----------|
| | Simple | Complexe |
| Blé tendre biologique | 42,8 | 37,3 |
| Tourteau de soya biologique | 31,0 | 15,0 |
| Huile de lin biologique | ---- | 1,0 |
| Huile de soya biologique | 4,5 | 4,0 |
| Tourteau de lin biologique | 18,0 | 15,0 |
| Canne à sucre biologique | ----- | 10,0 |
| Concentré de protéine de pois biologique (Parrheim Foods) | ----- | 10,0 |
| Concentré de protéine de levure (Nupro, Alltech) | ----- | 4,0 |
| Phosphate bi calcique | 1,2 | 1,2 |
| Pierre à chaux | 1,2 | 1,2 |
| Sel | 0,3 | 0,3 |
| Suppl. de vitam. et minéraux | 0,5 | 0,5 |
| Pierre diatomée | 0,5 | 0,5 |
| Total | 100 | 100 |

Tableau 2: Composition de la moulée pour les jours 15 à 28

| Incorporation, % | Ration |
|-----------------------------------|--------|
| Grains mélangés (blé, orge, pois) | 70,0 |
| Tourteau de soya biologique | 17,4 |
| Tourteau de lin biologique | 6,9 |
| Huile de soya biologique | 3,0 |
| Phosphate bi calcique | 1,02 |
| Pierre à chaux | 1,02 |
| Sel | 0,24 |
| Suppl. de vitam et min. | 0,42 |
| Total | 100 |

2.2. Analyse de laboratoire

Nous avons réalisé les analyses chimiques (azote, lipides, phosphore, énergie, cendre, cendre insoluble, calcium) dans les échantillons de fèces et d'aliment. Les résultats de ces analyses nous ont servi à calculer les coefficients de digestibilité des différents composés : azote, phosphore, calcium, énergie, lipides, cendre et matière organique. Pour le calcul des coefficients de digestibilité nous avons utilisé la formule suivante où le marqueur était les cendres insolubles :

$$\text{Coefficient de digestibilité} = \left(1 - \frac{[\text{Nutriment fèces}] \times [\text{Marqueur ration}]}{[\text{Nutriment ration}] \times [\text{Marqueur fèces}]} \right) \times 100$$

Dans les échantillons de fèces récoltés aux jours 12 à 14, nous avons évalué la composition de la flore microbienne. L'analyse des profils bactériens a été faite par la technique moléculaire du LH-PCR. Brièvement, les profils bactériens ont été obtenus dans un premier temps en extrayant l'ADN des cellules bactériennes. Ensuite, des fragments spécifiques du segment 16S de l'ADN bactérien ont été amplifiés par PCR. Ce fragment est connu pour varier selon l'espèce, le genre et la famille de bactéries et permet donc de caractériser les différents types de bactéries. Suite à l'amplification, les fragments obtenus par amplification PCR ont été séparés selon la longueur des fragments par électrophorèse à capillaire. Le nombre et la longueur de chacun des fragments ont été caractérisés pour chacun des échantillons de fèces. Les fragments isolés et caractéristiques de chacun des échantillons ont été, par la suite, séquencés afin d'obtenir la séquence de chacun des fragments isolés. Selon la séquence déterminée, celle-ci a été comparée avec les séquences 16S connues et compilées dans les bases de données spécialisées. Selon la séquence et la longueur de celle-ci, les fragments isolés ont pu être associés à une famille, un genre ou une espèce de bactéries.

2.3. Analyses économiques

L'étude économique a été réalisée sur le coût d'alimentation ainsi que sur l'ajustement du coût fixe par porcelet corrigé pour le GMQ. Le coût d'alimentation a été établi à partir des quantités d'aliment consommées par jour multipliées par le coût des rations par kilogramme. Le coût des ingrédients majeurs (céréales, tourteaux, cannes à sucre, concentré de protéine de pois) a été obtenu auprès de M. Tom Manley de Homestead Organic, principale meunerie d'aliments biologiques pour les animaux de la ferme dans l'est du Canada. Pour les suppléments, le coût a été fourni par les fournisseurs, soit Alltech inc. et Lallemand Animal Nutrition. Le coût fixe associé à l'engraissement d'un porcelet de 6 à 25 kg a été établi à partir des Références économiques Budget_Pouponnière AGDEX440/821k du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec et corrigé pour la durée de l'expérience.

2.4. Analyses statistiques

Les données des performances, des digestibilités et de consistance des fèces ont été analysées selon un dispositif en blocs complets (8 blocs pour l'une des fermes et 2 pour l'autre) avec un arrangement factoriel 2 x 2, avec le type de ration et l'ajout de compléments (enzymes, probiotique et prébiotique) comme facteurs principaux d'analyse. Le modèle statistique incluait donc les effets de la ration (SIMP vs COMP), l'ajout de SUPPL, l'effet de la ferme et l'effet bloc pour chacune des fermes. Lorsque les mesures ont été répétées dans le temps, le jour de prélèvement a été ajouté comme facteur. Les statistiques ont été analysées par la procédure MIXED de SAS et la procédure Repeated de SAS a été ajoutée lorsque des mesures répétées ont été analysées.

L'analyse du profil bactérien a seulement été réalisée sur les échantillons récoltés aux jours 12 à 14. Pour l'analyse des profils bactériens les indices de diversité ont été calculés : richesse (nombre de fragments uniques), équitabilité (abondance relative des fragments) et la diversité de Shannon (influencée par le nombre et l'abondance relative des fragments, et est proportionnelle au log du nombre de fragments ayant une abondance similaire) comme décrit dans McCune et Mefford (1999).

McCune, B. et M.J. Mefford. 1999. PC-ORD for Windows. Multivariate Analysis of Ecological Data. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.

Les données d'empreinte (ensemble des fragments pour un échantillon de fèces) ou «fingerprint data» ont été réduites en un point unique dans un espace tridimensionnel en utilisant la méthode du NMS («non-metric multidimensional scaling»). Pour tester les différences significatives dans la composition de la communauté bactérienne entre les rations, un MRPP (multi-response permutation procedure) a été utilisé avec les distances de Sørensen et en utilisant le PC-ORD software (McCune et Mefford, 1999). Finalement, une analyse des indicateurs (Dufrêne et Legendre, 1997) a été utilisée pour déterminer quels fragments entraînent les différences observées entre les traitements alimentaires.

Dufrêne, M. et P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs* 67(3):345-366.

3. LES RÉSULTATS OBTENUS

3.1. Performances de croissance

Au début de l'expérience, les porcelets avaient un poids corporel similaire selon les différents traitements expérimentaux ($8,3 \pm 0,7\text{kg}$) (Tableau 3). Il y a eu un effet significatif du type de ration sur le gain moyen quotidien (GMQ) ($P < 0,015$) et l'efficacité alimentaire (G:F) ($P < 0,019$) entre les jours 0 et 14 (Tableau 3). Les porcelets ayant consommés la ration COMP ont obtenu de meilleures performances (GMQ supérieur et G:F inférieur) comparativement à ceux qui ont été alimentés avec la ration SIMP. L'amélioration du GMQ a mené à une augmentation du poids corporel 14 jours après le sevrage pour les porcelets nourris avec l'aliment COMP ($P < 0,011$). L'amélioration du poids à 14 jour était, toutefois, plus marquée avec l'ajout de SUPPL à la ration COMP (Ration x Supplément, $P < 0,011$). Le type de ration et les suppléments n'ont pas eu d'effet significatif sur la consommation quotidienne d'aliment (CAQ) ($P = 0,390$) entre les jours 0 et 14 (Tableau 3).

Durant la période de post-traitement (jours 15-28), le type de ration a eu tendance à augmenter le GMQ ($P = 0,088$) et a réduit le ratio G:F ($P = 0,024$) (Tableau 3.3.1). Durant cette période, les porcelets de la ration SIMP ont mieux performé (GMQ supérieur et ratio G:F inférieur) que ceux ayant été sur la ration COMP. Durant la période de post-traitement, il n'y a aucun effet du type de ration et des suppléments sur la CAQ (Tableau 3). De plus, le supplément n'a eu aucun effet significatif sur le GMQ et le ratio G:F entre les jours 15 et 28 (Tableau 3).

Globalement sur l'ensemble de l'expérience (jours 0-28), il n'y a pas eu d'effet significative du type de ration ou de l'ajout de suppléments sur GMQ, CAQ et le ratio G:F ainsi que sur le poids des porcelets à 28 jours (Tableau 3). De plus pendant l'expérience, le taux de mortalité a été relativement faible à 2,29% et n'a pas été associé avec un traitement en particulier (mortalité : 1 porcelet pour SIMP, 1 porcelet pour SIMP+SUPPL, 3 porcelets pour COMP et 0 porcelet pour COMP+SUPPL).

Tableau 3. Performance des porcelets en post-sevrage en gestion biologique alimentés avec une ration simple (SIMP) ou complexe (COMP), supplémentés (SUPPL) ou non

| | Ration | | | | | Valeur de P | | |
|--------------------------------------|--------|----------------|-------|----------------|-------|-------------|-------|-------------------|
| | SIMP | SIMP+ SUPPL | COMP | COMP+ SUPPL | SEM | Ration | SUPPL | Ration x SUPPL |
| <i>Traitement (jours 0-14)</i> | | | | | | | | |
| Poids J0 (kg) | 8,21 | 8,47 | 8,30 | 8,25 | 0,71 | 0,689 | 0,515 | 0,334 |
| GMQ | 0,176 | 0,154 | 0,198 | 0,240 | 0,04 | 0,015 | 0,617 | 0,132 |
| CAQ | 0,566 | 0,453 | 0,458 | 0,487 | 0,07 | 0,390 | 0,331 | 0,115 |
| G:F | 0,344 | 0,342 | 0,390 | 0,458 | 0,04 | 0,019 | 0,297 | 0,285 |
| Poids J14 (kg) | 10,99 | 10,37 | 10,99 | 11,91 | 0,40 | 0,011 | 0,587 | 0,011 |
| <i>Post-Traitement (jours 15-28)</i> | | | | | | | | |
| GMQ | 0,386 | 0,403 | 0,341 | 0,357 | 0,045 | 0,088 | 0,532 | 0,996 |
| CAQ | 0,762 | 0,770 | 0,757 | 0,804 | 0,105 | 0,671 | 0,429 | 0,569 |
| G:F | 0,538 | 0,554 | 0,476 | 0,493 | 0,064 | 0,024 | 0,536 | 0,980 |
| Poids J28 (kg) | 16,82 | 16,13 | 16,22 | 17,08 | 0,85 | 0,782 | 0,892 | 0,238 |
| <i>Globale (jours 0-28)</i> | | | | | | | | |
| GMQ | 0,287 | 0,276 | 0,268 | 0,299 | 0,04 | 0,914 | 0,666 | 0,394 |
| CAQ | 0,683 | 0,628 | 0,621 | 0,653 | 0,07 | 0,553 | 0,721 | 0,185 |
| G:F | 0,425 | 0,448 | 0,414 | 0,442 | 0,03 | 0,718 | 0,269 | 0,897 |

¹Le supplément est composé d'enzymes (Allzyme, Alltech inc.) comprenait les activités suivantes : amylase (dégradation de l'amidon des céréales), xylanase et B-glucanase (dégradation de l'hémicellulose des céréales), phytase (dégradation des phytate) et protéase (hydrolyse des protéines). Les probiotiques étaient des *Pediococcus acidophilus* (Bactocell, Lallemand Nutrition Animal) et les prébiotiques étaient des mannanoligosaccharides (Bio-MOS, Alltech inc.).

3.2. Résultats de digestibilité et de consistance des fèces

Les porcelets nourris avec la ration COMP ont eu une meilleure digestibilité de la matière sèches (P=0,011), de la matière organique (P=0,009) et l'énergie (P=0,012), et ont eu tendance à avoir une meilleure digestibilité du phosphore (P=0,068) pour la période des jours 5 à 7 (Tableau 4). Pendant la deuxième semaine (jours 12-14), la ration COMP a eu tendance à améliorer la digestibilité de la matière sèche (P=0,075), de la matière organique (P=0,060) et de l'énergie (P=0,080).

Il n'y a eu pas d'interaction significative entre le type de ration et les suppléments sur la digestibilité de la matière sèche, la matière organique, l'énergie, l'ADF (fibre à détergent

acide), les lipides, les protéines brutes, les cendres, le phosphore et le calcium pour les périodes des jours 5 à 7 et 12 à 14 (Tableau 4). Il n'y a pas non plus d'effet significatif de l'ajout de supplément sur tous les éléments mesurés pour les deux périodes de collecte (Tableau 4).

Tableau 4. Digestibilité de la matière sèche (MS), de la matière organique (MO), de l'énergie, de l'«Acid detergent fiber» (ADF), des lipides, de l'azote et des cendres sevrage chez des porcelets nourris en régie biologique avec un aliment simple (SIMP) ou complexe (COMP) supplémenté (SUPPL) ou non.¹

| | Digestibilité (%) | | | | | Valeur de P | | |
|----------------------------------|-------------------|----------------|------|----------------|-----|-------------|-------|-------------------|
| | SIMP | SIMP+ SUPPL | COMP | COMP+ SUPPL | SEM | Ration | SUPPL | Ration x SUPPL |
| <i>Digestibilité jours 5-7</i> | | | | | | | | |
| Matière sèche | 77,9 | 74,8 | 81,0 | 80,3 | 2,8 | 0,011 | 0,231 | 0,432 |
| Matière organique | 80,0 | 76,8 | 82,9 | 82,5 | 2,8 | 0,009 | 0,236 | 0,360 |
| Énergie | 77,0 | 73,6 | 80,5 | 79,2 | 3,1 | 0,012 | 0,170 | 0,560 |
| ADF | 34,9 | 28,4 | 45,4 | 34,5 | 6,8 | 0,200 | 0,183 | 0,725 |
| Lipide | 64,4 | 63,0 | 65,8 | 65,1 | 5,6 | 0,675 | 0,801 | 0,937 |
| Protéine | 77,6 | 76,3 | 78,2 | 77,2 | 3,5 | 0,676 | 0,521 | 0,934 |
| Cendre | 48,8 | 48,1 | 49,7 | 48,5 | 4,7 | 0,848 | 0,782 | 0,952 |
| Phosphore | 42,1 | 38,8 | 50,3 | 47,4 | 6,7 | 0,068 | 0,477 | 0,964 |
| Calcium | 49,7 | 49,9 | 45,9 | 54,9 | 5,8 | 0,891 | 0,300 | 0,342 |
| <i>Digestibilité jours 12-14</i> | | | | | | | | |
| Matière sèche | 77,4 | 78,2 | 79,2 | 82,1 | 2,3 | 0,075 | 0,243 | 0,514 |
| Matière organique | 79,4 | 80,2 | 81,9 | 83,9 | 2,3 | 0,060 | 0,368 | 0,681 |
| Énergie | 77,2 | 77,6 | 79,1 | 81,7 | 2,5 | 0,080 | 0,370 | 0,523 |
| ADF | 37,2 | 40,2 | 45,1 | 42,6 | 6,8 | 0,363 | 0,962 | 0,620 |
| Lipide | 67,3 | 72,7 | 71,1 | 72,2 | 4,5 | 0,644 | 0,352 | 0,535 |
| Protéine | 78,3 | 79,4 | 76,7 | 79,2 | 2,8 | 0,595 | 0,300 | 0,692 |
| Cendre | 48,2 | 49,9 | 46,1 | 53,7 | 5,1 | 0,812 | 0,214 | 0,421 |
| Phosphore | 39,3 | 43,5 | 45,5 | 52,6 | 6,7 | 0,109 | 0,229 | 0,757 |
| Calcium | 45,0 | 50,4 | 43,4 | 51,2 | 6,8 | 0,937 | 0,195 | 0,812 |

¹Le supplément est composé d'enzymes (Allzyme, Alltech inc.) comprenait les activités suivantes : amylase (dégradation de l'amidon des céréales), xylanase et B-glucanase (dégradation de l'hémicellulose des céréales), phytase (dégradation des phytate) et protéase (hydrolyse des protéines). Les probiotiques étaient des *Pediococcus acidilactici* (Bactocell, Lallemand Nutrition Animal) et les prébiotiques étaient des mannanoligosaccharides (Bio-MOS, Alltech inc.).

Les résultats de consistance des fèces présentés à la figure 1 nous montrent que la consistance n'a pas changé entre les jours 7 et 14 ($P < 0,65$) et que le type de moulée

(SIMP ou COMP) n'a pas influencé de façon globale la consistance fécale. Toutefois, l'ajout du supplément a amélioré la consistance des fèces (réduction du score) lorsque les porcs recevaient la ration complexe (Ration x supplément, $P < 0,026$).

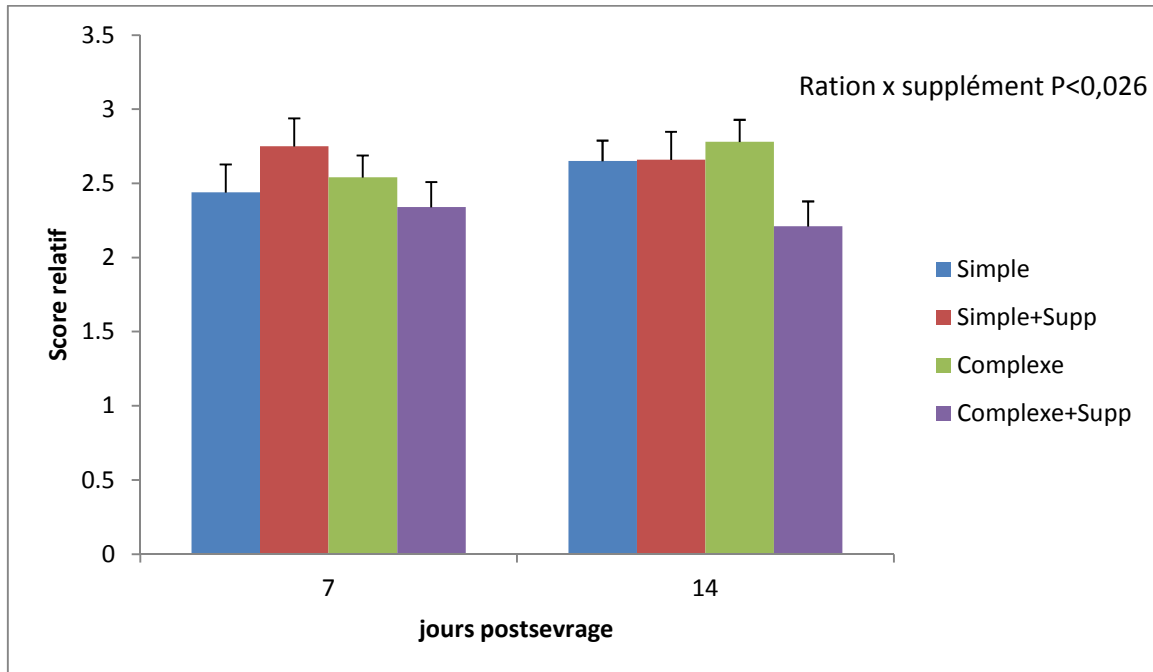


Figure 1 Consistance des fèces observée aux jours 7 et 14 après le sevrage chez des porcelets nourris en régie biologique avec un aliment simple ou complexe supplémenté ou non. (Le supplément est composé de Allzyme, (Alltech inc.), de *Pediococcus acidilactici* (Bactocell, Lallemand Nutrition Animal) et de mannanoligosacharides (Bio-MOS, Alltech inc.)).

3.3. Analyse des profils bactériens

Les résultats d'équitabilité et de la diversité de Shannon indiquent qu'il n'y a pas eu d'effet significatif du type de ration et des suppléments sur ces paramètres (Tableau 5). Le SUPPL a cependant eu un effet significatif sur la richesse ($P=0,036$). Les résultats montrent qu'il n'y a pas eu de changement significatif sur la diversité globale de la communauté mais qu'il y aurait une différence dans le nombre d'espèce lorsque les suppléments sont ajoutés aux rations. Il y aurait moins de groupes bactériens chez les porcelets alimentés avec les suppléments.

Tableau 5 Indices de diversité pour des porcelets en post sevrage en gestion biologique nourris avec une ration simple (SIMP) ou complexe (COMP) supplémenté (SUPPL) ou non

| | | | | | SEM | Valeur de P | | |
|--------------|-------|----------------|-------|----------------|------|-------------|-------|-------------------|
| | SIMP | SIMP+ SUPPL | COMP | COMP+ SUPPL | | Ration | SUPPL | Ration x SUPPL |
| Richesse | 25,38 | 23,50 | 26,17 | 22,13 | 1,49 | 0,783 | 0,036 | 0,438 |
| Équitabilité | 0,64 | 0,67 | 0,68 | 0,68 | 0,02 | 0,263 | 0,302 | 0,488 |
| Diversité | 2,06 | 2,12 | 2,20 | 2,11 | 0,07 | 0,297 | 0,816 | 0,214 |

L'analyse du NMS montre qu'après deux semaines de traitement les porcelets nourris avec une ration SIMP ou SIMP+SUPPL ont un profil bactérien qui est similaire. En effet, les profils sont situés au même endroit sur le graphique tridimensionnel du NMS (Figure 3). Le NMS montre aussi qu'il y a une différence entre les profils bactériens des porcelets nourris avec les rations complexes (COMP ou COMP+SUPPL) et simples (SIMP ou SIMP+SUPPL). Selon le type de ration, les profils ne sont pas situés au même endroit dans le graphique du NMS (Figure 3). Finalement, la ration COMP tendait à se différer de la ration COMP+SUPPL. En effet, les profils bactériens se rapprochent sur le graphique, mais les deux profils semblent se distinguer l'un de l'autre (cubes rouges vs cubes bleus) (Figure 3). Ces profils distincts pour les porcelets supplémentés ne s'observaient pas pour ceux nourris avec les rations SIMP et SIMP+SUPPL.

Le test du MRPP (Tableau 6) supporte les résultats obtenus à l'aide du NMS. Le profil bactérien provenant des fèces des animaux nourris avec les rations COMP ou COMP+SUPPL seraient différents de ceux nourris avec les rations SIMP ou SIMP+SUPPL. À l'intérieur du même type de ration, les résultats montrent que les suppléments tendaient à modifier les profils bactériens LH-PCR pour les rations COMP vs COMP+SUPPL ($P=0,07$) mais pas pour les rations SIMP vs SIMP+SUPPL ($P=0,32$).

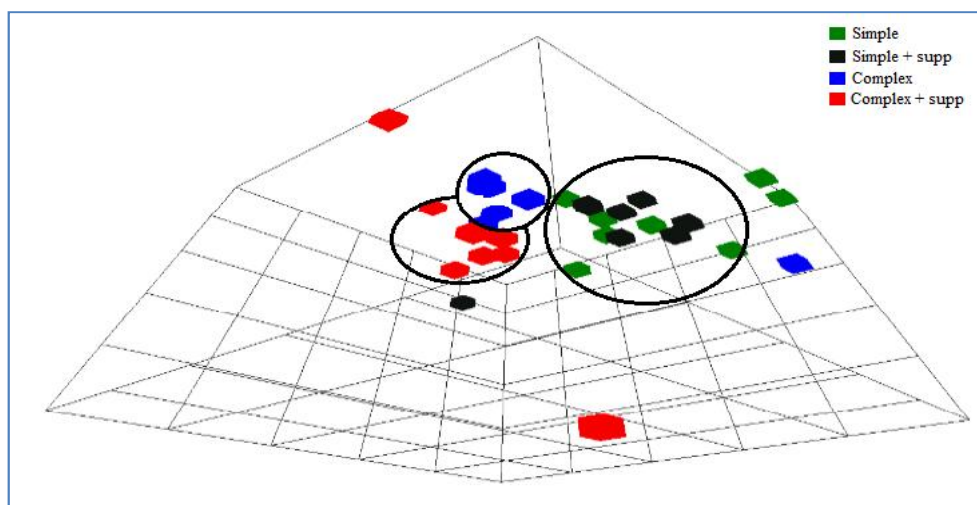


Figure 2 Changement dans la structure de la communauté bactérienne des fèces en relation avec les traitements (type de ration (Complexe ou Simple) et suppléments (supp)) pour des porcelets maintenus en gestion biologique en utilisant un «non-metric multidimensional scaling (NMS 3D)».

Tableau 6 Différences dans la composition de la communauté bactérienne entre les différents traitements (type de ration (COMP ou SIMP) et suppléments(SUPPL)) pour des porcelets en gestion biologique estimées par «multi-response permutation procedure» (MRPP)

| Ration | Valeur de P |
|--------------------------|-------------|
| COMP vs COMP+SUPPL | 0,07 |
| COMP vs SIMP | 0,002 |
| COMP vs SIMP+SUPPL | 0,002 |
| COMP+SUPPL vs SIMP | 0,0001 |
| COMP+SUPPL vs SIMP+SUPPL | 0,0003 |
| SIMP vs SIMP+SUPPL | 0,32 |

L'analyse de l'indicateur d'espèce (ISA) est utilisée pour contraster les profils bactériens (amplicon ou fragment LH-PCR) et trouver les fragments significativement plus abondants dans un traitement alimentaire particulier. Les fragments à 348-, 355- et 359-paires de base (bp) ont eu une valeur d'indicateur significativement plus élevé ($P < 0,01$) et ceux à 335- et 449-bp ont tendance être plus élevé dans la ration COMP ($P < 0,06$) (Tableau 7). L'identité du fragment de l'amplicon LH-PCR à 348-bp est représentée par 2 clones de *Ruminococcaceae*, 1 clone non classé de *Proteobacteria* et 1 clone de *Ignatzchineria*. L'identité du phylotype à 359-bp était 9 clones de *Blautia*, 3 clones de

Lachnospiraceae et 1 clone de *Clostridiales* et *Lactobacillus*. Aucun clone n'a pu être identifié pour les amplicons à 335-, 355- et 449-bp pour la ration COMP à l'aide de la méthode de criblage des bibliothèques.

La ration COMP+SUPPL a des valeurs d'indicateur significativement plus élevées pour les amplicons à 336- et 350-bp ($P < 0,04$). Les deux amplicons LH-PCR (339- et 347-bp) ont eu tendance à être plus élevés dans cette ration ($P < 0,07$) (Tableau 7). L'identité des fragments a pu être trouvée pour un seul amplicon soit le 350-bp dans lequel 2 clones *Erysipelotrichaceae* non classés et 1 clone de *Lactobacillus* ont pu être identifiés.

C'est dans la ration SIMP qu'il y a eu le plus d'amplicons ayant des valeurs d'indicateur les plus élevées. Les amplicons 328-, 337-, 341-, et 353-bp ont eu des valeurs significativement plus élevées ($P < 0,03$) et 320-, 334- et 379-bp ont eu tendance à être plus élevés dans la ration SIMP ($P < 0,08$). Le séquençage a permis de trouver 5 clones de *Turicibacter* dans l'amplicon LH-PCR à 320-bp, et 2 clones de *Corynebacterium* et 1 clone de *Blautia* dans l'amplicon 341-bp. Finalement, l'analyse a permis d'identifier 16 clones de *Streptococcus*, 4 clones de *Lactobacillus* et 3 clones de *Mogibacterium* dans le fragment à 353-bp. L'analyse n'a pas permis d'identifier de clone dans les autres amplicons.

Le fragment à 351-bp a eu une valeur d'indicateur significativement plus élevée ($P < 0,002$) et 346- et 372-bp ont eu tendance à être plus élevés dans la ration SIMP+SUPPL (Tableau 3.3.5). Le séquençage a permis de trouver 4 clones d'*Erysipelotrichaceae* non classés, 2 clones de *Ruminococcaceae* et 2 clones de *Prevotella* dans le fragment à 351-bp et aucun clone dans les autres amplicons.

3.4. Analyse des résultats économiques

Les résultats économiques sont présentés au tableau 8. Les résultats montrent que le coût de la ration par kilogramme de gain a été plus élevé pour le groupe des porcelets nourris avec la ration COMP suivi par les rations SIMP+SUPPL et COMP+SUPPL. Le groupe des porcelets avec la ration SIMP a eu le plus faible coût par kilogramme de gain. Le coût fixe par kilogramme de gain a été le plus faible pour le groupe nourri avec la ration COMP+SUPPL suivi par le groupe de porcelets nourris avec la ration SIMP, et SIMP+COMP et COMP. Pour le coût combiné, ration et fixe, le groupe des porcelets

SIMP a eu le coût le plus faible suivi par les groupes COMP+SUPPL, SIMP+SUPPL et COMP.

Tableau 7 Analyse de l'indicateur d'espèce (ISA) pour les différents traitements (type de ration (COMP ou SIMP) et suppléments (SUPPL)) pour des porcelets en gestion biologique

| Ration | Amplicon (bp) | Valeur de l'indicateur ^a | Valeur de p | Identité phylotypique |
|----------------|---------------|-------------------------------------|-------------|--|
| COMP | 335 | 43 | 0,06 | aucun clone |
| | 348 | 83 | 0,002 | 2 clones <i>Ruminococcaceae</i> 1 non classé <i>Proteobacteria</i> 1 clone <i>Ignatzchineria</i> |
| | 355 | 56 | 0,01 | aucun clone |
| | 359 | 50 | 0,01 | 9 clones <i>Blautia</i> 3 clones <i>Lachnospiraceae</i> 1 clone <i>Clostridiales</i> 1 clone <i>Lactobacillus</i> |
| | 449 | 33 | 0,06 | aucun clone |
| COMP+ SUPPL | 336 | 38 | 0,04 | aucun clone |
| | 339 | 38 | 0,06 | aucun clone |
| | 347 | 39 | 0,07 | aucun clone |
| | 350 | 38 | 0,03 | 2 clones non classé <i>Erysipelotrichaceae</i> 1 clone <i>Lactobacillus</i> |
| SIMP | 320 | 38 | 0,08 | 5 clones <i>Turicibacter</i> |
| | 328 | 57 | 0,005 | aucun clone |
| | 334 | 38 | 0,06 | aucun clone |
| | 337 | 47 | 0,01 | aucun clone |
| | 341 | 42 | 0,03 | 2 clones <i>Corynebacterium</i> 1 clone <i>Blautia</i> |
| | 353 | 39 | 0,02 | 16 clones <i>Streptococcus</i> 4 clones <i>Lactobacillus</i> 3 clones <i>Mogibacterium</i> |
| | 379 | 38 | 0,06 | aucun clone |
| SIMP+ SUPPL | 346 | 43 | 0,07 | aucun clone |
| | 351 | 45 | 0,002 | 4 clones non classé <i>Erysipelotrichaceae</i> 2 clones <i>Ruminococcaceae</i> 2 clones <i>Prevotella</i> |
| | 372 | 38 | 0,06 | no clone |

Tableau 8 Analyse du coût d'alimentation et fixe pour les différents traitements (type de ration (COMP ou SIMP) et suppléments (SUPPL)) pour des porcelets en gestion biologique

| | SIMP | SIMP+ SUPPL | COMP | COMP+ SUPPL |
|---|-------|----------------|-------|----------------|
| <i>Traitement (jours 0-14)</i> | | | | |
| Poids J0 (kg) | 8,21 | 8,47 | 8,30 | 8,25 |
| Coût moulée, \$/kg | 1,256 | 1,279 | 1,510 | 1,533 |
| CAQ, kg/j | 0,566 | 0,453 | 0,458 | 0,487 |
| Coût ration, \$/0-14 jours | 9,95 | 8,11 | 9,68 | 10,45 |
| Poids J14 (kg) | 10,99 | 10,37 | 10,99 | 11,91 |
| <i>Post-Traitement (jours 15-28)</i> | | | | |
| Coût moulée, \$/kg | 1,093 | 1,093 | 1,093 | 1,093 |
| CAQ, kg/j | 0,762 | 0,770 | 0,757 | 0,804 |
| Coût ration, \$/15-28 jours | 10,67 | 10,78 | 10,60 | 11,26 |
| Poids J28 (kg) | 16,82 | 16,13 | 16,22 | 17,08 |
| <i>Globale (jours 0-28)</i> | | | | |
| Coût ration total, \$/0-28 jours | 21,61 | 19,89 | 21,26 | 22,75 |
| Coût fixe total \$/0-28 jours | 3,84 | 3,99 | 4,11 | 3,68 |
| Coût ration_fixe total, \$/0-28 jours | 25,45 | 23,88 | 25,37 | 26,43 |
| Gain total 0-28 jours, kg | 8,62 | 7,66 | 7,92 | 8,84 |
| Coût ration, \$/kg gain 0-28 jours | 2,51 | 2,60 | 2,68 | 2,57 |
| Coût fixe, \$/kg gain 0-28 jours | 0,45 | 0,52 | 0,52 | 0,42 |
| Coût ration_fixe, \$/kg gain 0-28 jours | 2,96 | 3,12 | 3,20 | 2,99 |

4. CONCLUSION ET BIENS LIVRABLES

L'objectif de ce projet était de développer un aliment pour porcelet sevré qui répondrait aux normes de la production biologique et qui permettrait l'emploi de produits biologiques disponibles. Les farines animales, interdites, ont été remplacé par des concentrés de protéine de pois et de levure, et les sous-produits laitiers, peu disponibles, ont été substitués par de la canne à sucre biologique.

En termes de performances, la moulée COMP avec ou sans SUPPL a permis d'obtenir un meilleur gain moyen quotidien et une meilleure efficacité alimentaire dans les deux semaines suivant le sevrage. Cette amélioration des performances est associée avec une amélioration de la digestibilité de la matière sèche, de la matière organique et de l'énergie, principalement. Par contre, les porcelets consommant la ration SIMP avec ou sans SUPPL ont rattrapé leur retard de croissance pendant les deux semaines suivant l'application des traitements, lorsque tous les animaux étaient nourris avec une ration de type tourteau soya-lin, céréales et pois. Globalement sur l'ensemble de la période expérimentale pendant les 28 jours post-sevrage, il n'y a eu aucun effet du type de ration ou de l'ajout de suppléments sur les performances de croissance des porcelets.

En ce qui touche l'analyse du profil bactérien, une différence significative de la communauté microbienne a été observé entre les moulées SIMP et COMP dans la deuxième semaine post-sevrage. Les quelques genres et familles bactériens qui ont pu être identifiés permettent, sous toute réserve, de croire que la ration COMP permettrait d'augmenter le nombre de bactéries bénéfiques pour le porcelet. De plus, la ration COMP avec SUPPL tend à différencier le profil bactérien comparativement aux autres rations, ce qui pourrait expliquer une certaine amélioration de la texture des fèces (fèces moins molle). Sur le plan économique, l'utilisation de la ration SIMP sans SUPPL serait la plus rentable à utiliser dans les conditions étudiées. Toutefois, dans d'autres conditions d'élevage où les taux de mortalité et de maladie seraient plus élevés, il n'est pas impossible de croire que la ration COMP puisse être avantageuse considérant son effet sur la flore bactérienne. D'autres études seraient nécessaires pour confirmer ces hypothèses.

Le principal bien livrable de ce projet est les différents programmes alimentaires évalués durant ce projet. Les rations présentées au tableau 1 pourront être utilisées par les producteurs en gestion biologique comme aliments pour porcelet en post-sevrage ou en pré-sevrage sous la mère en espérant maximiser les performances, réduire leurs coûts d'alimentation ou encore améliorer la santé intestinale de leurs animaux. Chacune des rations offrent des avantages et inconvénients qu'il faudra évaluer selon les conditions de chacune des élevages. En parallèle avec l'objectif principal de cette étude, ce projet a permis de caractériser partiellement la flore fécale de porcelets en gestion biologique. Ces informations pourront être utilisées éventuellement afin de mieux définir et caractériser la flore bactérienne en gestion biologique et ainsi mieux déterminer les risques sanitaires associés à la gestion biologiques du porc. Finalement, ce projet a permis la formation d'une étudiante de 2^e cycle, Mme Sabrina Plante, qui sera un atout certain pour le secteur agroalimentaire du Québec.

LES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES ET LES MOYENS QUI SERONT UTILISÉS POUR Y REMÉDIER.

Pendant, la réalisation de la phase expérimentale sur l'une des fermes (Viande biologique Charlevoix), le producteur a préféré mettre fin à sa participation après deux blocs d'expérimentation. Nous avons donc ajouté et réalisé deux blocs supplémentaires à l'autre ferme, Bionat inc, afin de compléter l'ensemble du projet; un bloc a été ajouté en plus puisqu'il nous restait suffisamment d'aliment pour le compléter. Pour le reste du projet (analyses de laboratoire, statistique), le tout c'est passé comme prévu lors de la planification du projet.