

Effet d'une supplémentation en cuivre, vitamines A et D et colostrum bovin sur les performances de croissance et le microbiome du porcelet pendant la lactation

Lucie GALIOT (1,2), Isabelle AUDET (1), Bazoumana OUATTARA (1), Nathalie BISSONNETTE (1), Guylaine TALBOT (1), Jérôme LAPOINTE (1), Luca LO VERSO (1), Martin LESSARD (1), J. Jacques MATTE (1) et Frédéric GUAY (2)

(1) Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada

(2) Département des Sciences Animales, Université Laval, Québec, QC, Canada

Frederic.Guay@fsaa.ulaval.ca

Effet d'une supplémentation en cuivre, vitamines A et D et colostrum bovin sur les performances de croissance et le microbiome du porcelet pendant la lactation

Le transfert placentaire et colostrale du cuivre et des vitamines A et D aux porcelets est limité. L'objectif de cette étude est de déterminer l'impact de suppléments en cuivre, vitamines A et D et en colostrum bovin (BC) sur les performances de croissance et le microbiote des porcelets dans des conditions commerciales. Un groupe de truies (n=50) recevait un régime conventionnel et l'autre (n=52), le même régime supplémenté en vitamine D (25-OH-D3), β -carotène et levure enrichie de cuivre à partir d'une semaine avant la parturition jusqu'au sevrage. En lactation, chaque portée était assignée aux traitements suivants: (T1), témoin; (T2), exposition aux rayons UVB avec administrations orales de rétinol acétate, 25-OH-D3 et cuivre au jour 2 (J2) et J5; (T3), administration de BC de J5 à J10 et (T4), T2 + T3. L'analyse du microbiome des fèces a été faite au sevrage sur un petit (LW) et un gros (HW) porcelets par portée. La supplémentation de la truie a augmenté le poids des porcelets à la naissance ($P = 0,10$) et à J1 ($P = 0,05$) et a diminué la proportion de petits porcelets ($< 1,1$ kg) à J1 ($P < 0,05$) mais ces effets n'étaient plus présents au sevrage. La supplémentation en colostrum (T3, T4) a accru le poids des porcelets à J21 ($P = 0,10$) et J56 ($P = 0,05$) de 230 et 700 g, respectivement. L'analyse du microbiome des fèces a indiqué que les porcelets issus des truies supplémentées et des traitements porcelets (T2, T3, T4) ont un microbiote plus diversifié ($P < 0,10$), ce dernier effet étant plus marqué pour les LW. Cette étude montre que les suppléments en vitamines A et E et en cuivre à la truie et aux porcelets peuvent moduler le microbiote des porcelets mais seul le colostrum bovin améliore les performances au sevrage et en post-sevrage.

Effect of the administration of copper, vitamins A and D and bovine colostrum on performances and microbiome in lactating piglets

Placental and colostrum transfer of copper and vitamins A and D from sows to piglets is limited. This study aimed to determine the impact of copper, vitamins A and D and bovine colostrum (BC) supplementation on piglet growth performances and microbiota on a commercial farm. One group of sows (n=50) was fed a conventional diet, and the other group (n=52) was fed extra supplementation of vitamin D (25-OH-D3), β -carotene and Cu-yeast from one week before parturition to weaning. During lactation, each litter was assigned to the following treatments: (T1) control; (T2) exposure to UVB lights and administration of oral retinol-acetate, 25-OH-D3 and copper on day 2 (D2) and D5; (T3) administration of BC from D5 to D10 and (T4) T2+T3. The microbiome in faeces was analysed at weaning on one low-weight (LW) and one high-weight (HW) piglet per litter. Sow supplementation increased weight at birth and D1, and decreased the number of LW piglets (< 1.1 kg) on D1, but the effect faded over time. Colostrum supplementation (T3, T4) increased piglet weight on D21 and D56 by 230 and 700 g, respectively. Statistical analysis of the faeces microbiome showed that piglets from supplemented sows and those receiving the treatments (T2, T3, and T4) had a more diverse microbiota, with the most impact on LW piglets. This study shows that supplementation to sows and piglets can modulate the piglet microbiota, but only bovine colostrum can improve weaning and post-weaning performances.

INTRODUCTION

Le transfert des vitamines et des minéraux traces de la truie aux porcelets par le placenta et le colostrum est un facteur déterminant du statut nutritionnel du porcelet dans les premiers jours après la naissance et constitue donc un élément important pour sa survie pendant cette période. Il a été récemment montré que le transfert placentaire et colostrum en cuivre, vitamines A et D pourrait être limité chez l'espèce porcine (Matte *et al.*, 2014). Au cours des dernières décennies, le développement de l'hyperprolificité a permis d'améliorer la productivité de l'élevage mais a également augmenté l'hétérogénéité des poids à la naissance au sein de la portée (Foxcroft, 2008). On observe des écarts de plus en plus importants entre porcelets légers (LW) et porcelets lourds (HW) au sein d'une même portée. La consommation de colostrum est beaucoup plus faible pour les petits porcelets nouveau-nés (Devilleers *et al.*, 2007) et amplifie l'inadéquation du transfert de micronutriments et de biofacteurs indispensables pour la croissance postnatale et la santé de ces animaux plus fragiles (Mahan et Vallet, 1997). L'établissement du microbiote intestinal pendant la lactation est aussi différent entre ces deux groupes avec plus de bactéries bénéfiques pour les HW ce qui peut avoir des conséquences sur le développement ultérieur des porcelets (Morissette *et al.*, 2017).

Or, il est connu que les vitamines A et D et le cuivre peuvent agir, entre autres, sur le microbiote intestinal, le développement de l'immunité et le métabolisme antioxydant qui sont des éléments déterminants pour la robustesse et la croissance des porcelets en lactation (Mahan et Vallet, 1997 ; Pérez *et al.*, 2011 ; Bashir *et al.*, 2016). Ainsi, une supplémentation en ces micronutriments spécifiques limités chez le porcelet pendant la lactation pourrait être bénéfique pour l'établissement de leur microbiote ainsi que leurs performances de croissance avant et après le sevrage. De plus, pour pallier au manque d'accès au colostrum, une supplémentation en colostrum pourrait diminuer la différence entre les porcelets les plus légers et les plus lourds.

Dans une étude précédente, nous avons identifié la stratégie la plus efficace de supplémentation en vitamines A et D et cuivre pour le porcelet allaité (Matte *et al.*, 2017). Le but de la présente étude est de déterminer l'impact de cette stratégie en combinaison avec le colostrum bovin sur les performances de croissance, le statut en vitamines et le microbiote de porcelets en conditions d'élevage commercial.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Les animaux et les traitements

L'essai s'est déroulé dans une ferme commerciale du Québec (Ferme Guy-Buteau Saint-Henri, Saint-Jean de Chrysostome, QC, Canada). Pour réaliser ce projet, 8 truies (Landrace x Large White) sur un total de 33 truies par bande ont été sélectionnées pour un nombre total de 13 bandes pour obtenir un nombre total de 102 truies. Toutes les truies ont reçu les mêmes aliments commerciaux de gestation et lactation (Agri-Marché inc. Saint-Isidore, QC, Canada). Les truies étaient alimentées ad libitum pendant la lactation. Une semaine avant la mise bas prévu, 4 des 8 truies ont reçu un complément alimentaire journalier, rajouté sur l'aliment, de 25-hydroxycalciférol (4 000 UI/jour), β -carotène (18 mg/jour) et de protéinate de cuivre (45 mg/jour) jusqu'à la mise-bas. Pendant la lactation, ces doses étaient multipliées par deux.

A la mise-bas (J0), tous les porcelets de chaque portée ont été assignés à l'un des traitements suivants :

(T1), témoin : pas d'intervention autre que les pratiques habituelles ;

(T2), exposition de deux heures par jour aux rayons UVB avec administrations orales de rétinol acétate (8 et 16 mg), 25-OH-D3 (4000 et 8000 UI) et cuivre (4 et 8 mg) à J2 et J5 ;

(T3), distribution de colostrum bovin (Saskatoon Colostrum, Canada) de J5 à J10. La quantité de colostrum variait en fonction des jours et a été divisée en deux repas : un le matin et un en fin de journée (200 g (jour 5), 225 g (jour 6), 250 g (jour 7), 300 g (jour 8), 350g (jour 9), 400 g (jour 10) ;

(T4), T2 + T3.

Au sevrage à 21 jours, 1113 porcelets ont été transférés dans un autre bâtiment et mis en parcs (25 porcelets/parc) et ils ont été nourris avec un programme d'alimentation commercial (Agri-Marché, Saint-Isidore, QC) comprenant trois phases alimentaires (5-7 kg, 7-15 kg et 15-25 kg).

1.2. Collecte de données

Le poids des truies a été noté lors du transfert en cage de maternité, au début de la supplémentation et au sevrage. A la mise-bas, les données recueillies étaient les suivantes: le sexe et le poids de chaque porcelet né vivant et leur nombre, pour chacune des portées. Les adoptions ont été effectuées dans les 24 heures après la naissance entre portées du même traitement (supplémentée ou non). Le poids des porcelets a également été mesuré à J1, J5, au sevrage et 5 semaines après le sevrage. De ces données, les gains de poids 24 h, sevrage et post-sevrage ont été calculés. Pour chacune des portées, la proportion de porcelets LW a été calculée à la naissance, à 24 h et au sevrage. Un porcelet est considéré LW lorsqu'il pèse moins de 1 kg à la naissance, 1,1 kg à 24h et 3,5 kg au sevrage. Cette proportion a été calculée en fonction de la taille de la portée au temps donné.

Dans les 3 jours suivants la mise-bas, les porcelets ont été traités selon les procédures de routine : la taille des dents, la coupe de queue, l'injection de fer et la castration des mâles. Pendant la lactation, les porcelets morts étaient pesés individuellement.

Au sevrage, des prélèvements sanguins ont été effectués à la veine jugulaire à l'aide de tubes contenant un anticoagulant (héparine de sodium) sur un porcelet LW et un porcelet HW dans chaque portée afin de mesurer les concentrations en vitamine A, vitamine D et en cuivre. Des échantillons de fèces ont aussi été prélevés de ces mêmes animaux afin d'analyser leur microbiome pour caractériser leur microbiote. Tous les échantillons de sang et de fèces recueillis ont été conservés à -80°C.

1.3. Analyses de laboratoire

1.3.1. Vitamines A, D et cuivre

Les métabolites des vitamines A (rétinol) et D (25-hydroxycalciférol) ont été mesurés dans le plasma par HPLC simultanément sur le même échantillon par la méthode proposée par Horst *et al.* (1981).

La concentration en cuivre plasmatique a été évaluée en utilisant le kit QuantiChromCopper Assay Kit (BioAssay Systems, Hayward, USA) selon les instructions du fabricant.

1.3.2. Analyse du microbiome fécal

L'ADN a été extrait des échantillons de fèces en utilisant le kit de purification Zymo Research Fecal DNA purification kit (Cedarlane, Burlington, Canada). L'amplification PCR a été faite pour les régions hypervariables V3-V4 de l'ARN16S. Les index PCR ont été effectués avec le kit Nextera XT Index (Illumina). Le séquençage « en paire » 300 paires de bases a été fait sur le système Illumina MiSeq (Genome Québec, Montréal QC, Canada). Les données fastq générées ont été préparées pour l'analyse avec le pipeline Mothur (version 1.39.5).

1.4. Analyses statistiques

Pour les mesures de performances, la truie/portée a été considérée comme l'unité expérimentale alors que pour les mesures de micronutriments et du microbiome, le porcelet sélectionné, supposé représentatif de la portée, est considéré comme unité expérimentale. Les données ont été analysées selon un dispositif en traitements factoriels avec la supplémentation à la truie (ou non) comme traitement principal, puis le colostrum (ou non) et les micronutriments (ou non). La procédure Mixed de SAS a été utilisée pour les données de performances et du statut en micronutriments. La bande a été considérée comme un effet aléatoire. Les effets du modèle statistique étaient considérés significatifs à $P \leq 0,05$, et les tendances à $0,05 < P \leq 0,10$.

Le logiciel RStudio (version 3.4.0) a été utilisé pour les analyses statistiques du microbiome des porcelets. La diversité Beta a été analysée en utilisant les matrices de distances (Bray-Curtis) ainsi que pour les PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance). Les représentations graphiques des PCoA (Principal Coordinates Analysis) ont été créées via MicrobiomeAnalyst. Le test statistique ANOVA a été utilisé pour déterminer les différences d'abondances relatives des Phylum, Classes et Familles.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances des truies et des porcelets

Le supplément de vitamines A et D et de cuivre donné à la truie n'a eu aucun effet sur le nombre de porcelets nés vivants, mort-nés ou totaux (données non présentées). Le poids moyen à la naissance était de $1,37 \pm 0,34$ kg et il y avait 24% des porcelets avec un poids de naissance inférieur à 1 kg et donc considéré comme des porcelets LW (Quiniou *et al.*, 2012). La supplémentation en micronutriments aux truies avait tendance à augmenter le poids moyen à la naissance des porcelets (1,34 kg pour les truies témoins (CON) et 1,40 kg pour les truies supplémentées (SUP); $P = 0,10$) et cet effet devenait significatif à 24 h (1,46 kg pour les CON et 1,53 kg pour les SUP; $P = 0,05$). De la même manière que pour le poids, la proportion de petits porcelets par portée à la naissance (< 1 kg) et à 24h (< 1,1 kg) était significativement plus faible pour les truies supplémentées (A 24 h, 19,7% de petits pour les CON et 16,9% pour les SUP ; $P < 0,05$).

Cet effet positif de la supplémentation de la truie pendant les 7 derniers jours de gestation sur la croissance des fœtus menant à un poids à la naissance supérieur est en accord avec des précédentes études (Cromwell *et al.*, 1993 ; Hostetler *et al.*, 2003). Cet effet positif sur la croissance périnatale peut s'expliquer par une meilleure adéquation des besoins en ces micronutriments avec la croissance fœtale qui s'accélère pendant cette période (Wu *et al.*, 2006). Les mécanismes

régissant les effets des micronutriments sur les performances de croissance du fœtus sont encore toutefois mal connus. Après la naissance, on sait que la consommation de colostrum est directement reliée à la croissance 0-24 h du porcelet (Le Dividich *et al.*, 2005). Or, pendant cette période, le transfert de micronutriments par la consommation de colostrum est considérable car les concentrations colostrales en vitamines A et D et le cuivre sont 2 à 3 fois plus élevés que dans le lait (Csapo *et al.*, 1996). Toutefois, la supplémentation à la truie n'a plus d'effet sur le poids des porcelets après 24 h (Tableau 1).

Parmi les 1113 porcelets sevrés, 3,31% pesaient moins de 3,5 kg. Parmi les traitements appliqués aux porcelets le supplément en colostrum avait tendance à augmenter le poids au sevrage ($P = 0,10$) (traitements T3, T4) et augmentait le poids 5 semaines après le sevrage ($P = 0,05$) (Tableau 1). Des résultats similaires du colostrum bovin sur le poids au sevrage ont déjà été rapportés (Huguet *et al.*, 2012). En fait, le supplément de colostrum bovin apporterait des nutriments essentiels bénéfiques à la croissance post-natale (Rasmussen *et al.*, 2016). Toutefois, cet apport de colostrum bovin ne semble pas favoriser les plus petits porcelets puisque leur proportion au sevrage (< 3,5 kg) n'a pas été modifiée par ce supplément. Néanmoins, le poids supérieur des porcelets ayant reçu du colostrum bovin persiste à 8 semaines d'âge soit 6 semaines après la fin de la prise de colostrum bovin. Il est connu que le poids au sevrage est un facteur positif déterminant de la croissance post-sevrage (Paredes *et al.*, 2012).

2.2. Statut en micronutriments porcelets

Les supplémentations à la truie ou aux porcelets n'ont eu aucun effet sur le rétinol plasmatique des porcelets au sevrage ($P > 0,05$). Jang *et al.* (2015) ont noté que l'administration 40 000UI de rétinyl palmitate à des porcelets de 1 jour n'augmentait pas la concentration de rétinol plasmatique pendant la lactation. En fait, le rétinol plasmatique n'est probablement pas un bon indicateur du statut en vitamine A (Le Thanh *et al.*, 2016). Le pool hépatique de rétinol est un indicateur plus fiable de l'apport et du statut postnatal en vitamine A (Matte *et al.*, 2017). Pour le cuivre, la combinaison de la supplémentation en micronutriments et colostrum bovin a augmenté la concentration plasmatique en cuivre lorsque les porcelets venaient de truies supplémentées alors que l'inverse a été observé lorsque les truies ne recevaient pas de supplément (Interaction Traitement Truie x Traitement porcelets, $P < 0,05$). Toutefois, les variations restent faibles. Comme pour le rétinol, il est possible que le cuivre plasmatique ne soit pas un bon indicateur du statut en cuivre (Feng *et al.*, 2007).

Contrairement au cuivre et au rétinol, la concentration plasmatique en 25-OH-D3 a varié suite à la supplémentation en vitamine D. L'exposition des porcelets aux UVB combinée de l'administration orale de 25-OH-D3 a augmenté la concentration plasmatique de 25-OH-D3 des porcelets au sevrage de 55% ($P < 0,05$; Tableau 2). Cet effet du supplément de vitamine D est en accord avec les résultats publiés par Jang *et al.* (2015) qui ont montré qu'un supplément oral de 40 000 UI au jour 1 de lactation augmentait la concentration plasmatique au sevrage de 1,8 fois. La supplémentation à la truie tendait aussi à augmenter la concentration de 25-OH-D3

des porcelets ($P < 0.08$; Tableau 2) ce qui est en accord avec les résultats de Flohr *et al.* (2016). Enfin, les concentrations

plasmatiques du rétinol, 25-OH-D3 et du cuivre ne sont pas influencées par le poids au sevrage des porcelets (LW vs HW).

Tableau 1 – Performances des porcelets de la naissance au sevrage en fonction des suppléments des truies et des porcelets

Truie	Contrôle				Supplémentée				ESM ²	Statistiques
	-		+		-		+			
Colostrum	-	+	-	+	-	+	-	+		
Vitamines A, D + Cuivre	-	+	-	+	-	+	-	+		
Nombre de portée par groupe	12	13	13	13	12	13	12	13		
Poids à 24 h, kg	1,39	1,49	1,47	1,49	1,49	1,60	1,54	1,48	0,018	T*Col ^{ns} Vit ^{ns}
Poids à la naissance, kg	1,30	1,37	1,36	1,34	1,37	1,47	1,44	1,33	0,018	T [†] Col ^{ns} Vit ^{ns}
Poids au sevrage, kg	6,75	6,64	6,58	6,83	6,39	6,62	6,84	7,06	0,09	T ^{ns} Col [†] Vit ^{ns}
Poids en post-sevrage, kg	23,8	23,9	24,0	24,2	22,8	24,1	24,4	24,8	0,21	T ^{ns} Col* Vit ^{ns}
% porcelets naissance <1 kg	19,8	21,0	19,0	18,0	19,0	15,0	16,0	16,0	1,3	T*Col ^{ns} Vit ^{ns}
% porcelets 24 h <1,1 kg	21,6	19,7	18,6	19,0	17	18,0	16,0	16,5	1,7	T*Col ^{ns} Vit ^{ns}

[†]T : Supplémentation truie ; Col : Supplémentation en colostrum bovin au porcelet ; Vit : Supplémentation en vitamines A, D et en cuivre au porcelet ; † : $P < 0,10$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$; ns : non significatif.

²ESM : Ecart standard de la moyenne.

Tableau 2 – Concentrations plasmatiques des vitamines A, D et cuivre selon les suppléments des truies et des porcelets

Truie	Contrôle				Supplémentée				ESM ²	Statistiques ¹
	-		+		-		+			
Colostrum bovin	-	+	-	+	-	+	-	+		
Vitamines A, D + Cuivre	-	+	-	+	-	+	-	+		
Nombre d'animaux par groupe	24	26	26	26	24	26	24	26	-	-
Cuivre, mg/mL	200	186	185	185	173	184	183	195	4,57	T ^{ns} Col ^{ns} Vit ^{ns} ³
Rétinol, ng/mL	153	196	192	203	182	152	156	197	18,5	T ^{ns} Col ^{ns} Vit ^{ns}
25-OH-D3, ng/mL	7,22	12,25	6,80	12,58	9,42	13,08	9,03	12,75	0,71	T*Col ^{ns} Vit***

¹T : Supplémentation truie ; Col : Supplémentation en colostrum bovin au porcelet ; Vit : Supplémentation en vitamines A, D et en cuivre au porcelet ; † : $P < 0,10$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$; ns : non significatif.

²ESM : Ecart standard de la moyenne.

³Interaction Traitement Truie x Traitement porcelet pour la concentration plasmatique en cuivre, $P < 0,05$

2.3. Microbiote fécal

2.3.1. Diversité

La diversité des populations bactériennes fécales n'a pas été affectée par les traitements ou par le poids du porcelet au sevrage ($P > 0,05$).

L'analyse par PCoA donne l'amplitude de la quantité de variation dans la composition bactérienne des échantillons appliqués par rapport aux traitements. Ici, elle montre un effet de la supplémentation de la truie ($P = 0,019$, Figure 1) mais aussi une tendance de la supplémentation du porcelet ($P = 0,096$, Figure 2). Les comparaisons deux à deux montrent que les porcelets recevant le colostrum bovin et les micronutriments ont tendance à avoir un microbiote différent des porcelets ne recevant aucune supplémentation ($P = 0,10$). Il semble donc que la communauté bactérienne peut être modifiée avec une supplémentation en micronutriments à la truie et avec la supplémentation au porcelet pendant la lactation même si, dans notre cas, seul le traitement comprenant à la fois les micronutriments et le colostrum a

différé des autres traitements. Ce résultat est en accord avec les observations faites dans une autre étude où des porcelets sevrés étaient supplémentés avec du colostrum (Poulsen *et al.*, 2017).

2.3.2. Abondance relative des populations bactériennes dans le microbiote

Dans l'ensemble, la répartition des taxons au niveau du phylum correspond à ce qu'ont rapporté d'autres auteurs pour des porcelets au sevrage (Chen *et al.*, 2017).

L'analyse du microbiome au niveau phylogénique de la famille montre que le colostrum bovin tend à diminuer l'abondance relative des *Enterobacteriaceae* (3,6% pour T3 et T4 et 7,25% pour les autres ; $P = 0,08$). Cette famille est la plus abondante lors d'une inflammation et serait même favorisée en conditions inflammatoires (Zeng *et al.*, 2017). Ce phénomène diminuerait la diversité bactérienne et pourrait, lors d'un stress, amener une infection entérique (Gresse *et al.*, 2017). Ainsi, avoir une moins grande proportion de cette famille serait bénéfique pour les porcelets avant le sevrage.

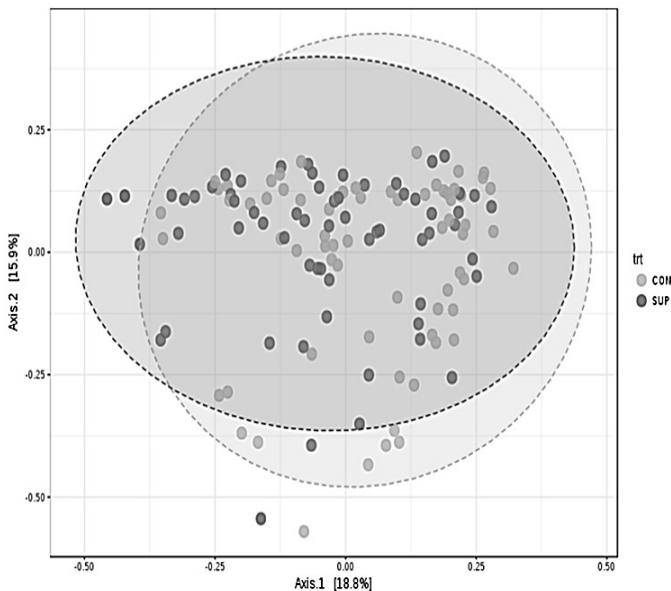


Figure 1 – Effet du traitement de la truie sur la diversité du microbiote des porcelets au sevrage (PCoA)
 CON = truies témoins ; SUP = truies supplémentées.

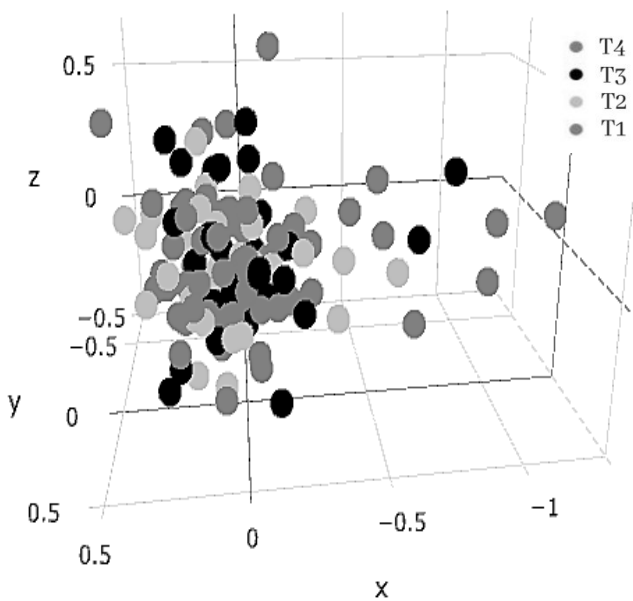


Figure 2 – Effet du traitement porcelet sur la diversité du microbiote des porcelets au sevrage (NMDS 3D)
 T1 = témoin ; T2= vitamines A, D et cuivre ;
 T3 = colostrum bovin ; T4 =T2+T3.

Le colostrum bovin a modifié l’abondance des *Lactobacillaceae*: les porcelets LW avaient une abondance moins importante que les HW lorsqu’ils reçoivent le colostrum bovin ($P = 0,05$).

La famille des *Lactobacillaceae* compte dans ses genres *Lactobacillus* et ce dernier est reconnu comme pouvant réguler le stress oxydatif chez l’humain ainsi que le développement d’espèces bactériennes pathogènes (Moreno-Indias *et al.*, 2014). De plus, les *Lactobacillaceae* sont capables d’utiliser les carbohydrates du colostrum et ainsi augmentent le potentiel de croissance de ces animaux plus faibles (Colon et Bird, 2015). Ainsi, ce résultat montre que la réponse à la supplémentation du colostrum a en fait été plus marquée chez les HW possiblement en lien avec un avantage compétitif pour l’accès à ce complément comparativement aux porcelets LW. (Devillers *et al.*, 2007).

La supplémentation aux truies modifie aussi le microbiote des porcelets avec l’abondance relative de *Ruminococcaceae* qui était moins importante quand la truie est supplémentée (14,7% pour les SUP et 18,6 pour les CON; $P = 0,046$). Cette famille utilisant les carbohydrates issus des plantes. On pourrait penser que les porcelets soient mieux « outillés » pour s’adapter à des régimes alimentaires post-sevrage à base de céréales et moins adaptés au lait maternel. La truie modifie donc le microbiote du porcelet et une supplémentation à la mère peut donc être efficace pour modifier la flore du porcelet. A ce jour, selon la littérature sur le sujet, les mécanismes de modification du microbiote via une modification du régime de la truie ne sont pas connus.

CONCLUSION

En conclusion, une supplémentation en micronutriments à la truie en fin de gestation a permis d’augmenter le poids des porcelets en début de vie et a affecté leur microbiote au sevrage. Par contre, la supplémentation en micronutriments aux porcelets pendant la lactation, bien qu’elle permette d’améliorer le statut en micronutriments, n’a pas eu d’impact positif sur les performances ou sur le microbiote.

Cette étude a permis de montrer qu’une supplémentation en colostrum bovin accroît les performances de croissance au sevrage et cet effet s’accroît en post-sevrage. Ces effets bénéfiques sont parallèles à l’effet du colostrum sur le microbiote fécal des porcelets.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Swine Innovation Porc ainsi que leurs partenaires privés associés pour ce projet, DSM Nutritional Products, Shur-Gain-Nutreco et Lallemand Animal Nutrition pour le soutien financier et logistique apporté à ce travail.

Les auteurs remercient aussi le personnel de la ferme Saint Henri pour le soin apporté à l’application des différents traitements et le suivi complet lors de ces 13 mois d’expérimentation. Les auteurs remercient également tout le personnel du Centre porcin d’Agriculture et Agroalimentaire Canada à Sherbrooke pour l’aide et le soutien dans les analyses des différents échantillons.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bashir M., Prietl B., Tauschmann M., Mautner S.I., Kump P.K., Treiber G., Wurm P., Gorkiewicz G., Högenauer C., Pieber T.R., 2016. Effects of high doses of vitamin D3 on mucosa-associated gut microbiome vary between regions of the human gastrointestinal tract. *Eur. J. Nutr.*, 4, 1479-1489.
- Chen L., Xu Y., Chen X., Fang C., Zhao L., Chen F., 2017. The maturing development of gut microbiota in commercial piglets during the weaning transition. *Front. Microbiol.*, 8, 1688.
- Colon M., Bird A., 2015. The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. *Nutrients*, 7, 14-44.
- Cromwell G. L., Monegue H. J., Stahley T. S., 1993. Long-term effects of feeding a high copper diet to sows during gestation and lactation. *J. Anim. Sci.*, 71, 2996-3002.

- Csapo J., Martin T.G., Csapo-Kiss Z.S., Hazas Z., 1996. Protein, fats, vitamin and mineral concentrations in porcine colostrum and milk from parturition to 60 days. *Int. Dairy J.*, 6, 881-902.
- Devilliers N., Farmer C., Le Dividich J., Prunier A., 2007. Variability of colostrum yield and colostrum intake in pigs. *Animal*, 7, 1033-1041.
- Feng J., Ma W.Q., Gu Z.L., Wang Y.Z., Liu J.X., 2007. Effects of dietary copper (II) sulfate and copper proteinate on performance and blood indexes of copper status in growing pigs. *Biol. Trace Elem. Res.*, 120, 171-178.
- Flohr J.R., Woodworth J.C., Bergstrom J.R., Tokach M.D., Dritz S.S., Goodband R.D., DeRouchey J.M., 2016. Evaluating the impact of maternal vitamin D supplementation on sow performance: II. Subsequent growth performance and carcass characteristics of growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 94, 4643-4653.
- Foxcroft G., 2008. Hyper-Prolificacy and acceptable post-natal development – a possible contradiction. *Adv. Pork Prod.*, 19, 205
- Gresse R., Chaucheyras-Durand F., Fleury M.A., Van de Wiele T., Forano E., Blanquet-Diot S., 2017. Gut microbiota dysbiosis in postweaning piglets: Understanding the Keys to Health. *Trends Microbiol.*, 25, 851-873.
- Horst R.L., Littledike E.T., Riley J.L., Napoli J.L., 1981. Quantitation of vitamin D and its metabolites and their plasma concentrations in five species of animals. *Anal. Biochem.*, 116, 189-203.
- Hostetler C.E., Kincaid R.L., Miranda M.A., 2003. The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *Vet. J.*, 166, 125-139.
- Huguet A., Le Dividich J., Le Huëron-Luron I., 2012. Improvement of growth performance and sanitary status of weaned piglets fed a bovine colostrum-supplemented diet. *J. Anim. Sci.*, 90, 1513-1520.
- Jang Y.J., Ma J.Y., Monegue J.S., Monegue H.J., Stuart R.L., Lindemann M.D., 2015. Temporal plasma vitamin concentrations are altered by fat-soluble vitamin administration in suckling pigs. *J. Anim. Sci.*, 93, 5273-5282.
- Le Dividich J., Rooke J., Herpin P., 2005. Nutritional and Immunological importance of colostrum for the new-born pig. *J. Agric. Sci.*, 143, 469-485.
- Mahan D.C., Vallet J.L., 1997. Vitamin and mineral transfer during fetal development and the early postnatal period in pigs. *J. Anim. Sci.*, 75, 2731-2738.
- Matte J.J., Audet I., Girard C.L., 2014. Le transfert périnatal des vitamines et minéraux mineurs de la truie à ses porcelets: au-delà d'une seule insuffisance en fer ? *Journées Rech. Porcine*, 46, 71-76.
- Matte J.J., Audet I., Ouattara B., Bissonnette N., Talbot G., Lapointe J., Guay F., Lo Verso L., Lessard M., 2017. Effet des sources et voies d'administration du cuivre et des vitamines A et D sur le statut postnatal de ces micronutriments chez le porcelet sous la mère. *Journées Rech. Porcine*, 49, 69-74.
- Moreno-Indias I., Cardona F., Tinahones F.J., Queipo-Ortuno M.I., 2014. Impact of the gut microbiota on the development of obesity and type 2 diabetes mellitus. *Front. Microbiol.*, 5, 190.
- Morissette B., Talbot G., Beaulieu C., Lessard M., 2017. Growth performance of piglets during the first 2 weeks of lactation affects the development of the intestinal microbiota. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 102, 525-532.
- Paredes S.P., Jansman A.J.M., Verstegen M.W.A., Awati A., Buist W., Denhartog L.A., Van Hees H.M.J., Quiniou N., Hendricks W.H., Gerrits W.J.J., 2012. Analysis of factors to predict piglet body weight at the end of the nursery phase. *J. Anim. Sci.*, 90, 3243-3251.
- Pérez A.G., Waguespack A.M., Binder T.D., Southern L.L., Falker T.M., Ward T.L., Steidinger M., Pettigrew J.E., 2011. Additivity of effects from dietary copper and zinc on growth performance and fecal microbiota of pigs after weaning. *J. Anim. Sci.*, 89, 414-425.
- Poulsen A-S., De Jonge N., Sugiharto S., Nielsen J.L., Lauridsen C., Canibe N., 2017. The microbial community of the gut differs between piglets fed sow milk, milk replacer or bovine colostrum. *Brit. J. Nutr.*, 117, 964-978.
- Quiniou N., Brossard L., Van Milgen J., Salaün Y., Quesnel H., Gondret F., Dourmad J-Y., 2012. La variabilité des performances animales en élevage porcin: Description et implications pratiques. *INRA Prod. Anim.*, 25, 5-16.
- Wu G., Bazer F.W., Wallace J.M., Spencer T.E., 2006. Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *J. Anim. Sci.*, 84, 2316-2337
- Zeng M.Y., Inohara N., Nunez G., 2017. Mechanisms of inflammation-driven bacterial dysbiosis in the gut. *Muc. Immunol.*, 10, 18-26.