

Colloque sur la production porcine 25 ans D'ÉVOLUTION!

Le mardi 19 octobre 2004, Saint-Hyacinthe

Utilisation des probiotiques chez le porc – modulateurs potentiels de la santé intestinale

Martin LESSARD, Ph.D., agr.
Chercheur scientifique

Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Lennoxville (Québec)

Conférence préparée avec la collaboration de :

Marquis ROY, agr., responsable nutrition porc
La Coop fédérée, Montréal (Québec)

Note : Cette conférence a été présentée lors de l'événement
et a été publiée dans le cahier des conférences.

Pour commander le cahier des conférences, consultez
[le catalogue des publications du CRAAQ](#)

Utilisation des probiotiques chez le porc – modulateurs potentiels de la santé intestinale

RÉSUMÉ

Parmi les additifs alimentaires susceptibles de remplacer l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance pour l'amélioration des performances ou en prophylaxie pour la prévention des maladies, les probiotiques suscitent beaucoup d'intérêt. Les microorganismes les plus fréquemment utilisés dans les préparations de probiotiques sont principalement des bactéries Gram positives telles que *Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecium* et *Pediococcus acidilactici*. Certaines levures le sont également; la plus utilisée étant le *Saccharomyces cerevisiae*. Les effets des probiotiques sur les performances et l'incidence de diarrhée sont très variables bien que généralement ils semblent y avoir des effets positifs. Un des inconvénients associés à l'emploi des probiotiques est l'hétérogénéité des résultats engendrés, sachant que l'efficacité relative des souches dépend beaucoup du contexte sanitaire. De plus, cette hétérogénéité dans les résultats peut s'expliquer par la grande variation dans la réponse individuelle des animaux à ce type d'additifs alimentaires. Les mécanismes d'action des probiotiques sont encore assez mal compris. Les plus plausibles sont : 1) la suppression ou l'élimination d'entéro-pathogènes, 2) l'inhibition de l'activité métabolique des bactéries indésirables et 3) la stimulation des mécanismes de défense non spécifiques et immunitaires. Une meilleure connaissance de ces mécanismes d'action permettra non seulement de produire des probiotiques dont les effets bénéfiques sur la santé seront améliorés mais aussi, de développer des produits qui agiront plus spécifiquement sur les populations bactériennes intestinales indésirables et sur le système immunitaire. Les probiotiques ne peuvent remplacer à eux seuls les antibiotiques. D'autres produits tels que les prébiotiques font également partie de l'arsenal que les producteurs peuvent utiliser. Cependant, pour tirer profit de ces additifs alimentaires, il est essentiel de les intégrer dans une approche globale qui tient compte de la nutrition, du stade physiologique de l'animal, des mécanismes de protection contre les bactéries indésirables, des conditions d'élevage et bien sûr du coût d'utilisation.

INTRODUCTION

Selon le rapport du comité consultatif sur l'utilisation d'agents antimicrobiens chez les animaux et les conséquences pour la résistance et la santé humaine (2002), le recours aux antibiotiques dans les élevages de porcs est largement répandu au Canada et une quantité importante est utilisée dans les élevages comme facteur de croissance pour améliorer les performances et en prophylaxie pour prévenir la maladie. Cependant, cet usage des antimicrobiens est sévèrement critiqué dû à l'acquisition possible d'une résistance à ces derniers par les microorganismes pathogènes. Chez les bactéries, la prévalence croissante de la résistance aux agents antimicrobiens constitue un phénomène inquiétant et lourd de conséquence en ce qui concerne le traitement et la prévention des maladies infectieuses tant chez l'animal que chez l'humain.

Ainsi, dans ce même rapport, les questions suivantes ont été soulevées : « Si des pays, dont le Canada, doivent limiter l'usage d'antimicrobiens chez les humains pour lutter contre les effets de la résistance alors, ne devrait-on pas examiner aussi la façon dont les antimicrobiens sont utilisés en l'agriculture? S'il s'avère nécessaire, l'agriculture ne devrait-elle pas aussi changer la façon dont ces médicaments sont utilisés chez les animaux destinés à l'alimentation, surtout pour la stimulation de la croissance et la prophylaxie de la maladie? ». Ainsi, les pressions pour réduire l'utilisation d'additifs antimicrobiens chez les animaux destinés à l'alimentation se font de plus en plus sentir et incitent les gouvernements à prendre des mesures qui encouragent la recherche de solutions de rechange qui permettent de promouvoir la santé et la productivité sans avoir à utiliser d'antimicrobiens.

Les additifs et les ingrédients susceptibles de remplacer les antibiotiques comme facteurs de croissance sont nombreux, mais pour plusieurs leur efficacité reste à démontrer. Parmi ces produits, les probiotiques suscitent beaucoup d'intérêt. Le terme « probiotiques » est utilisé pour définir les préparations de microorganismes qui sont ajoutées aux aliments pour améliorer la santé de l'hôte. Les microorganismes les plus fréquemment utilisés dans les préparations de probiotiques sont principalement des bactéries Gram positives telles que *Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecium* et *Pediococcus acidilactici*. Des levures le sont aussi, la plus utilisée étant le *Saccharomyces cerevisiae*.

EFFETS SUR LES PERFORMANCES ET LES DIARRHÉES

Étant donné que les probiotiques sont utilisés pour remplacer les promoteurs de croissance de type antimicrobien, leur impact sur les performances de croissance et l'incidence de diarrhée est d'une très grande importance en production porcine, particulièrement au sevrage. C'est d'ailleurs à ce moment que les additifs alimentaires sont principalement utilisés puisque cette période est souvent marquée par un ralentissement de la croissance et une plus grande morbidité.

La majorité des études réalisées montre que l'utilisation de bactéries probiotiques tend à améliorer les performances des porcelets après le sevrage (Abe *et al.*, 1995; Simon *et al.*, 2003; Huang *et al.*, 2004). Chez le porc en période de croissance finition, les probiotiques ont peu d'effet sur les performances zootechniques. (Pollmann *et al.*, 1980). Un des inconvénients de l'utilisation des probiotiques est l'hétérogénéité des résultats engendrés, sachant que l'efficacité relative des souches dépend beaucoup du contexte sanitaire. En effet, les bienfaits des probiotiques sur la santé sont supérieurs lorsque les animaux sont gardés dans des conditions sanitaires sous-optimales (Fuller 1999). Des résultats similaires ont été rapportés chez des animaux ayant reçu un aliment médicamenté (Dritz *et al.*, 2002). Ainsi, les performances des animaux élevés dans des conditions sanitaires excellentes sont peu ou pas améliorées par l'addition de probiotiques ou d'antibiotiques dans l'aliment de sevrage. De plus, cette hétérogénéité dans les résultats peut s'expliquer par la grande variation de la réponse individuelle des animaux à ce type d'additifs alimentaires.

La réduction de l'incidence de diarrhée par les probiotiques a également été étudiée puisque après le stress du sevrage les diarrhées demeurent un problème majeur. Bien que les résultats obtenus ne dressent pas une image uniforme, leur utilisation en prophylaxie pour réduire les diarrhées semble avoir des effets positifs (Bomba *et al.*, 1999; Kyriakis *et al.*, 1999; Huang *et al.*, 2004) (Tableau 1).

Des résultats similaires ont été rapportés suite à l'ajout de levures telle que *Saccharomyces cerevisiae*. Dans certaines études, des effets positifs ont été observés sur les performances et l'incidence de diarrhée (Surawicz *et al.*, 1989; Jurgens *et al.*, 1997; Durst *et al.*, 1998; van Heugten *et al.*, 2003) alors que dans d'autres travaux, les levures n'ont eu aucun effet sur les performances (Mathew *et al.*, 1998; Lessard *et al.*, 2003).

Tableau 1 : Influence des probiotiques sur l'incidence de diarrhée chez le porcelet (comparaisons entre le groupe témoin et le groupe probiotiques)

Probiotiques	Âge (jours)	Incidence de diarrhée	Référence
<i>Bacillus cereus</i>	28-56	Diminuée	Kyriakis <i>et al.</i> , 1999
<i>Bacillus cereus</i>	24-66	Sans effet	Kirchgessner <i>et al.</i> , 1993
<i>Enterococcus faecium</i>	1-70	Diminuée	Männer and Spieler, 1997
<i>Lactobacillus fermentum</i>	1-63	Diminuée	Conway, 1995
Mélange de lactobacilles (<i>L. gasseri</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>L. acidophilus</i> et <i>L. fermentum</i>)	28-42	Diminuée	Huang <i>et al.</i> , 2004
<i>Pediococcus acidilactici</i>	5-28	Diminuée	Durst <i>et al.</i> , 1998
	1-56	Sans effet	Lessard (non publié)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	5-28	Diminuée	Durst <i>et al.</i> , 1998
	1-56	Sans effet	Lessard <i>et al.</i> , 2003

MÉCANISMES D'ACTION

Les effets bénéfiques attribués aux probiotiques sont nombreux, mais les données scientifiques disponibles ne sont pas toujours suffisantes pour les supporter. Cependant un certain nombre de mécanismes biologiques plausibles a été suggéré pour expliquer les effets bénéfiques sur la santé. Les plus vraisemblables sont : 1) la suppression ou l'élimination d'entéro-pathogènes via la production de produits ayant une activité antimicrobienne ou par compétition pour les ressources essentielles à leur survie dans l'intestin; 2) la suppression de la production de toxines en inhibant l'activité métabolique des bactéries qui les produisent; et 3) la stimulation des mécanismes de défense non spécifiques et immunitaires (**Figure 1**). Pour exercer leurs effets bénéfiques sur l'hôte, un probiotique ne doit pas être infectieux ou toxique et doit être

capable de survivre dans le tractus intestinal. Cependant, il a été démontré que des bactéries mortes ou des composantes cellulaires peuvent inactiver des toxines libérées ou encore avoir des propriétés immuno-stimulantes (Wagner *et al.*, 2000; Gill and Rutherford, 2001; Matsuguchi *et al.*, 2003; Jijon *et al.*, 2004). Ainsi, l'usage de probiotiques pendant la période néonatale et de sevrage pourrait avoir des effets bénéfiques sur la composition et l'activité de la flore intestinale et l'activation du système immunitaire.

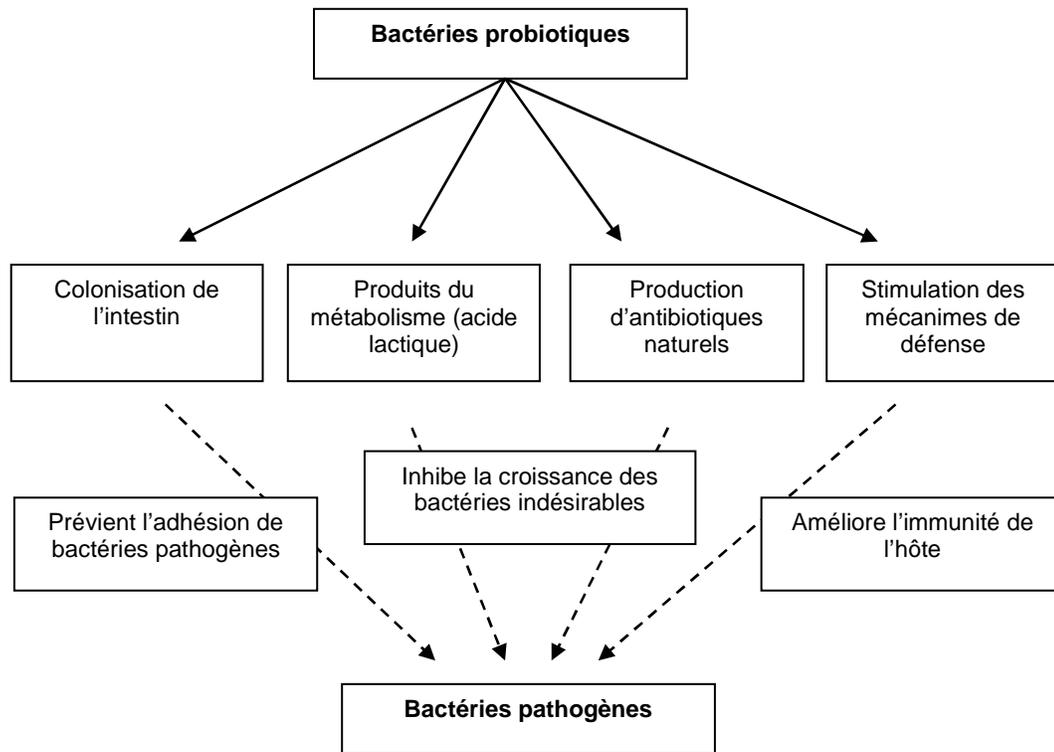


Figure 1 : Mécanismes d'action possibles des bactéries probiotiques pour améliorer la résistance aux bactéries pathogènes

Influence sur les populations microbiennes intestinales

À la naissance, le tractus gastro-intestinal du porcelet est stérile et est alors progressivement colonisé par différents microbes jusqu'à l'établissement d'une microflore très complexe (Conway 1996). Cette colonisation joue un rôle important dans le développement des fonctions intestinales et dans le maintien d'un bon état de santé. Le tractus intestinal est un milieu très dynamique dont les diverses composantes, tout en étant en interaction entre elles et avec l'hôte, sont maintenues dans un état d'équilibre. Une perturbation de cet équilibre peut provoquer des changements dans la microflore intestinale et ainsi causer des réponses physiologiques indésirables chez l'hôte. Par exemple, il est bien établi qu'une altération dans le régime alimentaire peut avoir des conséquences directes sur la microflore intestinale et ainsi

avoir des répercussions sur l'état de santé de l'animal (Lawrence, 1983). Une telle situation survient au moment du sevrage des porcelets qui sont alors plus sensibles aux infections causées par les *E. coli* pathogènes.

L'analyse de l'influence des probiotiques sur les communautés bactériennes intestinales est tout un défi puisque la majorité des bactéries intestinales ne peut être détectée par les méthodes de culture conventionnelles utilisées. Donc, l'évaluation des effets sur la microflore se limite aux bactéries infectieuses telles que *E. coli* dans la plupart des études chez le porc. Cependant, avec le développement d'approches moléculaires qui permettent d'analyser les différentes populations bactériennes dans l'intestin, il sera possible de suivre de plus près les changements qui surviennent au sein de la flore. Par exemple, il a été démontré que l'administration de *Lactobacillus reuteri* ou de promoteurs de croissance antimicrobiens à des porcs sevrés influence l'abondance des différentes populations bactériennes et leur colonisation dans l'intestin (Simpson *et al.*, 2000; Collier *et al.*, 2003).

Les résultats obtenus jusqu'à maintenant suggèrent que les probiotiques ont le potentiel de réduire la colonisation par les bactéries pathogènes quoique plusieurs travaux n'aient également rapporté aucun effet (Simon *et al.*, 2003). Toutefois, une étude récente a démontré chez des porcelets sevrés et infectés avec *E. coli* que l'administration d'une préparation de lactobacilles permet de réduire significativement les comptes de *E. coli* et des bactéries aérobies dans l'estomac, l'iléum, le caecum et le côlon alors que les lactobacilles et les bactéries anaérobies sont augmentées (Huang *et al.*, 2004).

Les différents modes de fonctionnement possibles par lesquels les probiotiques peuvent influencer les bactéries intestinales peuvent être résumés comme suit :

- Augmentation des bactéries intestinales désirables;
- Production de substances qui peuvent affecter spécifiquement la microflore (bactériocines, acides gras à courte chaîne et autres molécules bioactives);
- Compétition pour les nutriments entre les probiotiques et les bactéries indésirables;
- Agrégation des bactéries probiotiques et pathogéniques.

Dans le futur, les études permettant d'évaluer les interactions entre les bactéries probiotiques et la microflore intestinale et leurs influences sur l'activité métabolique intestinal de l'hôte contribueront grandement à mieux comprendre les mécanismes d'actions.

Influence sur la réponse immunitaire

La muqueuse du tractus intestinal représente la plus importante interface entre l'hôte et son environnement. Pour assurer la protection de l'hôte contre l'invasion d'organismes nocifs, les propriétés fonctionnelles de la muqueuse doivent donc être optimales. L'optimisation de ces fonctions est assurée par des mécanismes de défense non spécifiques et immunitaires. Les mécanismes non spécifiques incluent, entre autres, la microflore intestinale et la production de molécules, soit par les bactéries désirables ou par l'hôte, qui contrôlent la croissance des bactéries et leur adhérence à la muqueuse intestinale. Ces mécanismes constituent une première ligne de défense. Quant aux fonctions immunitaires intestinales, elles font intervenir différents types de cellules qui interagissent ensemble pour surveiller et contrôler les agents infectieux qui n'ont pas pu être arrêtés complètement par les mécanismes non spécifiques. Aucun organe n'héberge plus de cellules immunitaires que le tissu intestinal. Ces cellules peuvent être regroupées dans deux catégories principales, les lymphocytes et les phagocytes. Le premier groupe inclut les lymphocytes T et B et le second inclut les monocytes, les macrophages, les cellules dendritiques et les neutrophiles. Une fois ces cellules du système immunitaire activées par la présence d'un agent infectieux, elles produisent plusieurs facteurs nommés cytokines. Les cytokines jouent un rôle important dans l'orchestration des mécanismes de défense qui seront activés pour combattre l'agent infectieux.

De nombreuses études ont démontré que la colonisation bactérienne influence le développement des fonctions immunitaires intestinale et systémique (Kelly et King, 2001). Les mécanismes par lesquels les microorganismes influencent la réponse immunitaire du tissu intestinal ne sont pas très bien connus. Cependant, il est établi que les bactéries commensales (sans danger pour l'hôte) et pathogènes sont toutes deux capables de moduler cette réponse en affectant la production des différentes cytokines impliquées dans une réponse immunitaire (Kelly et King, 2001). Les cytokines alors produites par les différentes populations de cellules immunitaires peuvent avoir d'importantes répercussions sur les mécanismes de défense mis en place pour combattre l'infection et ainsi avoir des conséquences importantes sur l'évolution de la maladie.

Dans cet environnement complexe qu'est le tractus digestif, quels sont les effets des probiotiques sur les mécanismes de défense de type immunitaire? Peu d'études ont été faites chez le porc par conséquent la majorité des connaissances disponibles proviennent de travaux faits chez la souris et l'humain. Un des mécanismes impliqués est l'amélioration de la barrière immunologique de l'intestin et implique plus particulièrement la production d'immunoglobulines A (type d'anticorps produit dans l'intestin) et la diminution des réactions inflammatoires intestinales (Dugas *et al.*, 1999; Isolauri *et al.*, 2001; Madsen *et al.*, 2001). Plusieurs de ces effets sur la régulation des réponses inflammatoires intestinales sont attribués aux différentes cytokines produites lors de l'infection et plusieurs travaux ont démontré que les probiotiques peuvent réduire la production de celles qui augmentent les réactions inflammatoires (Dugas *et al.*, 1999; Isolauri *et al.*, 2001).

Au moment du sevrage, il a été démontré que l'expression de cytokines impliquées dans les réactions inflammatoires intestinales augmente chez le porcelet (Pié *et al.*, 2004). Cette réponse, qui survient dans les deux premiers jours après le sevrage, peut contribuer aux troubles fonctionnels intestinaux. Compte tenu des effets possibles des probiotiques sur la régulation des réactions inflammatoires, ceux-ci pourraient donc avoir des effets bénéfiques au moment du sevrage des porcelets en protégeant la muqueuse intestinale contre l'invasion de bactéries indésirables et en réduisant les réactions inflammatoires induites par des bactéries opportunistes telle que *E. coli*. Dans une étude menée dans notre laboratoire, nous avons observé une diminution de la translocation bactérienne vers les ganglions mésentériques après une infection à *E. coli* chez des porcs ayant reçu *Pediococcus acidilacti*, *Saccharomyces cerevisiae* ou la combinaison des deux par rapport à ceux ayant reçu un aliment sans probiotiques (**Figure 2**). Ces résultats suggèrent que les probiotiques ont permis de mieux contrôler le passage des bactéries vers d'autres tissus et possiblement de réduire les dommages ayant pu être causés par *E. coli* au tissu intestinal.

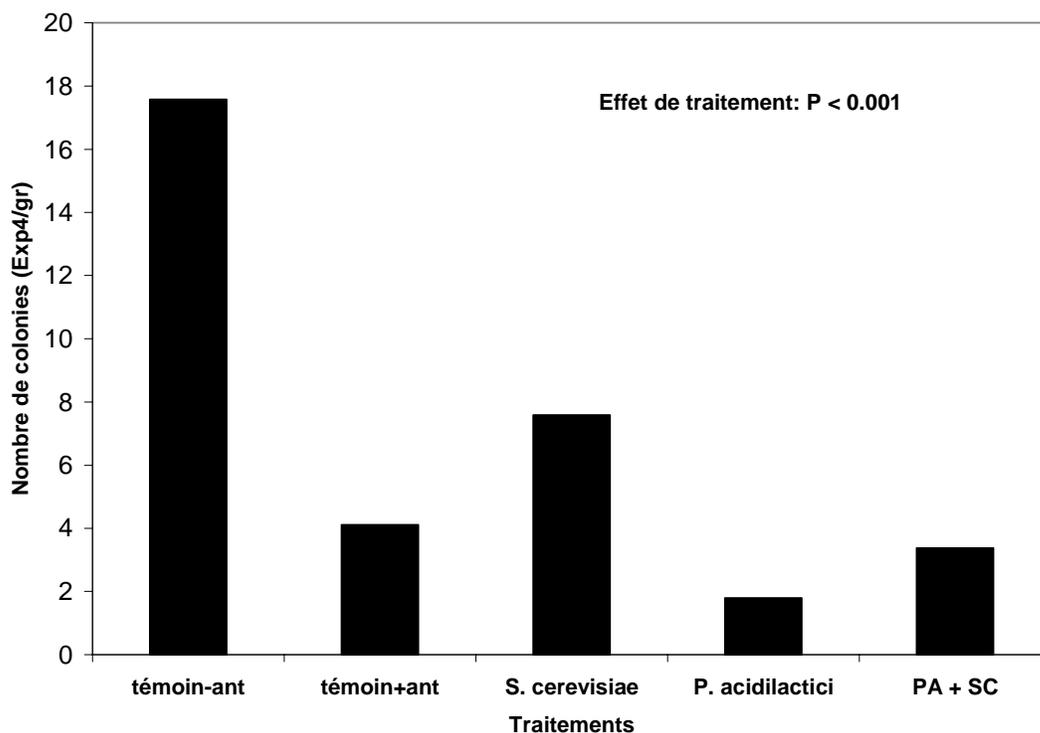


Figure 2 : Influence de l'administration du *Pediococcus acidilactici* (PA) et/ou du *Saccharomyces cerevisiae* (SC) sur le nombre de bactéries dans les ganglions mésentériques chez des porcs infectés avec *E. coli* par rapport à des groupes témoins alimentés avec un régime de base supplémenté ou non avec un antibiotique (témoin+ant et témoin-ant).

Chez le porcelet comme chez d'autres espèces animales, la composition des différentes populations de cellules immunitaires dans l'intestin change drastiquement dans les premières semaines de vie. Ces changements sont grandement influencés par la colonisation bactérienne de l'intestin qui débute dès la naissance. À ce titre, les probiotiques ont aussi le potentiel d'influencer le développement de l'immunité intestinale. Des travaux faits dans nos laboratoires et ailleurs le suggèrent puisque l'administration de probiotiques semble influencer l'établissement des lymphocytes T dans la muqueuse intestinale chez différentes espèces animales (Simon *et al.*, 2003; Dalloul *et al.*, 2003). Une étude réalisée dans notre laboratoire propose que l'administration de *P. acidilactici* dès la naissance à des porcelets sous la mère induit une augmentation de certaines populations de lymphocytes T avant le sevrage (**Figure 3**) alors que chez les animaux examinés trois jours après le sevrage l'effet probiotique n'est plus significatif. Une telle augmentation des lymphocytes T a aussi été rapportée chez des poulets alimentés dès le premier jour avec un aliment contenant un probiotique commercial par rapport à un groupe témoin traité sans probiotiques. (Dalloul *et al.*, 2003). Cependant, les effets des probiotiques sur l'établissement des cellules immunitaires dans l'intestin ne peuvent être généralisés puisque d'autres travaux faits chez le porc rapportent une diminution des lymphocytes T dans l'intestin de porcelets sevrés ayant reçu du *Enterococcus faecium* via leur mère et l'aliment de sevrage (Simon *et al.*, 2003).

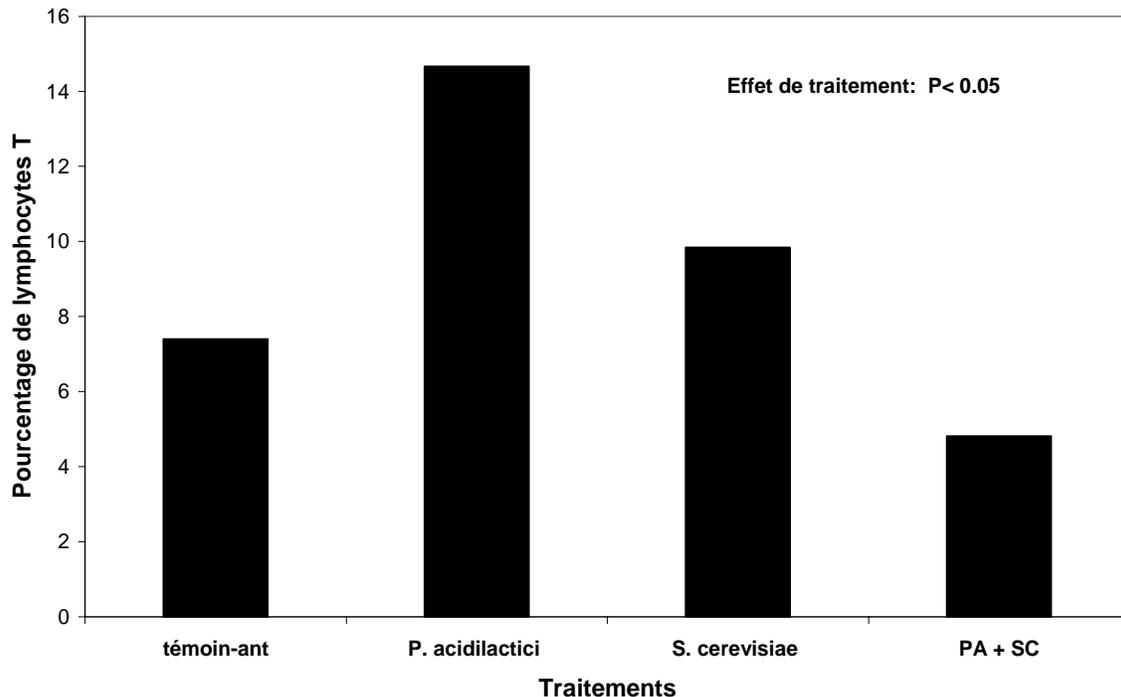


Figure 3 : Influence de l'administration dès la naissance trois fois par semaine du *Pediococcus acidilactici* (PA) et/ou du *Saccharomyces cerevisiae* (SC) sur le nombre de lymphocytes T dans la muqueuse intestinale de porcelets allaités et âgés de 18 jours comparativement à des animaux témoins n'ayant pas reçu de probiotiques et d'antibiotiques (témoin-ant).

COÛT D'UTILISATION ET COMPARAISONS

Le tableau 2 qui suit regroupe différents additifs alimentaires et permet de faire certaines comparaisons. Il est destiné à donner une idée des différents taux d'utilisation et du coût de produits offerts sur le marché.

On y retrouve six produits disponibles commercialement parmi lesquels il y a deux sources de probiotiques, un prébiotique, une source de mannan oligosaccharides (MOS) et deux antimicrobiens (antibiotiques) fréquemment utilisés en élevage commercial. Les deux probiotiques sont des bactéries non pathogènes qui devraient aider les porcelets à mieux performer. Le prébiotique est un produit qui fournit certains sucres (fructo-oligosaccharides) qui sont spécifiquement disponibles aux bactéries non pathogènes de l'intestin. Il devrait donc permettre à celles-ci et aux probiotiques, introduit via la ration, de mieux se développer dans l'intestin. Le produit fournissant les mannan oligosaccharides qui sont extraits de paroi cellulaire de levure, auraient une action quelque peu similaire aux probiotiques, puisqu'il devrait empêcher l'attachement des pathogènes à la paroi intestinale. Cet attachement étant plus difficile, il est espéré que leur nombre sera plus faible et que les dommages causés (diarrhée, retard de croissance) seront moindres. Enfin, les deux antimicrobiens présents dans le tableau sont deux produits qui ont une action particulière au niveau du système digestif.

De nombreux autres produits sont aussi en liste pour remplacer les antimicrobiens utilisés comme facteurs de croissance (acidifiants, levures, extrait de plantes, huiles essentielles) mais ils ne sont pas présentés ici, puisqu'ils ont déjà fait l'objet de différentes présentations au cours des dernières années.

Tableau 2 : Comparaison de certains additifs disponibles commercialement pour améliorer les performances des porcelets en pouponnière.

Type de produits	Coût d'achat (\$/kg)	Inclusion (kg/t.m.)	Aliment (kg/porcelet)	Coût d'utilisation (\$/ porcelet)	Potentiel d'amélioration (a) (%)
Probiotique 1	15,00	0,4	25	0,15	0 à 7
Probiotique 2	60,00	0,1	12	0,07	0 à 7
Prébiotique	15,00	0,3	12	0,06	0 à 3
M.O.S. (b)	5,50	2,0 à 3,0	25	0,27	0 à 8
Antimicrobien 1	15,25	0,25	25	0,10	4 à 15
Antimicrobien 2	14,00	2,0	25	0,70	4 à 15

(a) Ces améliorations s'appliquent aux différents critères techniques utilisés pour mesurer les performances : prise alimentaire journalière, gain moyen quotidien, conversion alimentaire et la mortalité.

(b) Mannan oligosaccharides

Le coût d'achat est le prix d'acquisition du produit sur le marché. L'inclusion est la quantité à incorporer par tonne d'aliment selon les recommandations des différents fournisseurs. La quantité d'aliment est le nombre total de kg de moulée que le porcelet devrait consommer en pouponnière et qui contient l'additif. Le coût d'utilisation représente ce qu'il en coûte en additif par porcelet (certains produits sont recommandés pendant toute la période pouponnière, alors que d'autres ne sont recommandés que dans les deux premiers aliments). Le potentiel d'amélioration est le surplus de performance espéré chez les porcelets tel que présenté par les différents fournisseurs et les essais publiés dans la littérature.

Les différents additifs présentés ici ont des potentiels d'amélioration de performances qui varient entre eux et selon les conditions présentes dans les élevages où ils sont utilisés. Pour cette raison, il n'y a pas de comparaison de profit potentiel présenté dans ce tableau. Votre conseiller en nutrition peut vous aider à faire cette dernière étape de comparaison. Il ne faut donc pas utiliser les données présentées dans la dernière colonne pour faire son choix de produits.

CONCLUSION

Les probiotiques font partie des moyens que les producteurs peuvent utiliser pour réduire l'utilisation des antibiotiques comme facteurs de croissance. Généralement, ils ne sont pas aussi efficaces que les antibiotiques mais en raison des pressions grandissantes de retirer les antibiotiques des aliments ils deviennent une alternative intéressante. Les mécanismes d'actions des probiotiques sont toujours mal connus. Une meilleure connaissance de ceux-ci permettra non seulement de développer des probiotiques dont les effets bénéfiques sur la santé seront améliorés mais aussi de développer des produits qui agiront plus spécifiquement sur les populations bactériennes intestinales indésirables et sur le système immunitaire. Par exemple, l'efficacité des probiotiques pourrait être davantage améliorée par l'ajout de facteurs alimentaires tels que les prébiotiques qui stimulent sélectivement la croissance de bactéries dites désirables ou autres qui agissent sur le développement du système immunitaire de l'animal.

Dans l'artillerie utilisée jusqu'à maintenant pour améliorer la croissance et réduire les diarrhées post-sevrage, les antibiotiques se comparent à des coups de canon alors que les probiotiques et les autres alternatives sont comme des coups de fusils. Ainsi, pour tirer profit de ces derniers, il est essentiel d'intégrer ces traitements dans une approche globale qui tient compte de la nutrition, du stade physiologique de l'animal, des mécanismes de protection contre les bactéries indésirables, des conditions d'élevage et bien sûr du coût d'utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

Abe, F., Ishibashi, N., and Shimamura. S. 1995. Effect of administration of Bifidobacteria and lactic acid bacteria to newborn calves and piglets. *J. Dairy Sci.* 1995 : 2838-2846.

Collier C. T., Smiricky-Tjardes M. R., Albin D. M., Wubben J. E., Gabert V.M., Deplancke B., Bane D., Anderson D. B., Gaskins H.R. 2003. Molecular ecological analysis of porcine ileal microbiota responses to antimicrobial growth promoters. *J Anim Sci.* 81 : 3035-45.

Conway, P. L. 1995. Prophylactic treatment of piglets with *Lactobacillus* strains of porcine origin. Dans *Probiotics : « Prospect of use in opportunistic infections »*. p. 89-100, édité par R. Fuller, P. J. Heidt, V. Rusch and D. van der Waaj. Publié par Old Herbon University Seminar Monographs, Institute for Microbiology & Biochemistry: Herbon, Germany.

Conway, P. L. 1996. Development of intestinal microbiota. Dans « *Gastrointestinal microbes Vol. 2* ». Édité par R. I. M. B.A. Whyte and R. E. Isaacson. Chapman & Hall, London, p. 3-39.

Dalloul R. A., Lillehoj H. S., Shellem T. A., Doerr J.A. 2003. Enhanced mucosal immunity against *Eimeria acervulina* in broilers fed a *Lactobacillus*-based probiotic. *Poult Sci.* 82 : 62-66.

Dritz, S. S., Tokach, M. D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L. 2002. Effects of administration of antimicrobials in feed on growth rate and feed efficiency of pigs in multisite production systems. *J Am Vet Med Assoc.* 220 : 1690-1695.

Dugas, B., Mercenier, A., Lenoir-Wijnkoop, I., Arnaud, C., Dugas, N., and Postaire, E. 1999. Immunity and probiotics. *Immunology Today.* 9 : 387-390.

Durst, L., Feldner, M., Gedek, B., and Eckel, B. 1998. Bakterien als probiotikum in der sauebütterung und der ferkelaufzucht. *Krafftutter* 9 : 356-364.

Fuller R. 1999. Probiotics for farm animals. Dans « *Probiotics : a general review* », G. W. Tannock (éditeur). Horizon Scientific Press, Wymondham UK, p. 15-22.

Gill H. S., Rutherford K. J. 2001. Viability and dose-response studies on the effects of the immunoenhancing lactic acid bacterium *Lactobacillus rhamnosus* in mice. *Br J Nutr.* Aug ; 86(2) : 285-9.

Huang, C.H., Qiao, S.Y., Li, D.F., Piao, X.S., and Ren, J.P. 2004. Effects of *Lactobacilli* on the Performance, Diarrhea Incidence, Vfa Concentration and Gastrointestinal Microbial Flora of Weaning Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17 : 401-409.

Isolauri, E., Sutas, Y., Kankaanpaa, P., Arvilommi, H., and Salminen, S. 2001. Probiotics : effects on immunity. *American Journal of Clinical Nutrition* 73 : 444S-450S.

Jijon H., Backer J., Diaz H., Yeung H., Thiel D., McKaigney C., De Simone C., Madsen K. DNA from probiotic bacteria modulates murine and human epithelial and immune function. *Gastroenterology*. 2004 May ;126(5) : 1358-73.

Jurgens, M. H., Rikabi, R. A. and Zimmerman, D. R. 1997. The effect of dietary active dry yeast supplement on performance of sows during gestation-lactation and their pigs. *J. Anim. Sci.* 75 : 593–597.

Kelly, D. and King, T. P. 2001. Luminal bacteria: regulation of gut function and immunity. In *Gut environment of pigs*. Edited by A. Piva, K. E. Bach Knudsen and J. E. Lindberg , Nottingham University Press, p. 113-131.

Kirchgessner M., Roth F. X., Eidelsburger U., Gedek B. 1993. The nutritive efficiency of *Bacillus cereus* as a probiotic in the raising of piglets. 1. Effect on the growth parameters and gastrointestinal environment. *Arch Tierernahr.* 44 : 111-21. German.

Kyriakis, S. C., Tsiloyiannis, V. K., Vlemmas, J., Sarris, K., Tsinas, A. C., Alexopoulos, C., and Jansegers, L. 1999. The effect of probiotic LSP 122 on the control of post-weaning diarrhoea syndrome of piglets. *Res. Vet. Sci.* 67 : 223-228.

Lawrence, T. L. J. 1983. Dietary manipulation of the environment within the gastrointestinal tract of the growing pig and its possible influence on disease control: some thoughts. *Pig Veterinary Society Proceeding* 10 : 40-49.

Lessard M., Matte, J. J., Roy, D. Gagnon, N., Dupuis, N., Fairbrother, J. M., Asselin, C, Farnworth, E. Durand, H., Goulet, J., Bernier, J. F. 2003. The influence of probiotics on growth performance, immunity and intestinal flora in piglets. Résumé présenté lors du « Annual Scientific Exchange 2003 » Institut Rosell Lallemand, septembre 2003, Québec, Canada, p. 15-18.

Madsen, K., Cornish, A., Soper, P., McKaigney, C., Jijon, H., Yachimec, C., Doyle, J., Jewell, L., and DeSimone, C. 2001. Probiotic bacteria enhance murine and human intestinal epithelial barrier function. *Gastroenterology* 121 : 580-591.

Männer, K. and Spieler, A. 1997. Probiotics in piglets – an alternative to traditional growth promoters. *Microecology Therapy* 26 : 243-256.

Mathew, A. G., Chattin, S. E., Robbins, C. M. and Golden D. A. 1998. Effects of a direct-fed yeast culture on enteric microbial populations, fermentation acids, and performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 76 : 2138–2145.

Matsuguchi T., Takagi A., Matsuzaki T., Nagaoka M., Ishikawa K., Yokokura T., Yoshikai Y. 2003. Lipoteichoic acids from *Lactobacillus* strains elicit strong tumor necrosis factor alpha-inducing activities in macrophages through Toll-like receptor 2. *Clin Diagn Lab Immunol.* 10 : 259-66.

Pié, S., Lalles, J. P., Blazy, F., Laffitte, J., Seve, B., and Oswald, I. P. 2004. Weaning Is Associated with an Upregulation of Expression of Inflammatory Cytokines in the Intestine of Piglets. *J. Nutr.* 134 : 641-647.

Pollmann D. S., Danielson D. M., Peo E. R. Jr. 1980. Effect of *Lactobacillus acidophilus* on starter pigs fed a diet supplemented with lactose. *J Anim Sci.* 51 : 638-44.

Rapport du Comité consultatif sur l'utilisation d'antimicrobiens chez les animaux et les conséquences pour la résistance et la santé humaine. 2002. L'utilisation au Canada d'antimicrobiens chez les animaux destinés à l'alimentation : les conséquences pour la résistance et la santé humaine. Préparé pour la Direction des médicaments vétérinaires, Santé Canada.

Simon, O., Vahjen, W., and Scharek, L. 2003. Micro-organisms as feed additives - Probiotics. In *Proceeding of the 9th international symposium on digestive physiology in pigs.*, Volume 1, p. 295-318, Banff, Canada. Edited by R. O. Ball. Published by University of Alberta.

Simpson J. M., McCracken V. J., Gaskins H. R., Mackie R.I. 2000. Denaturing gradient gel electrophoresis analysis of 16S ribosomal DNA amplicons to monitor changes in fecal bacterial populations of weaning pigs after introduction of *Lactobacillus reuteri* strain MM53. *Appl Environ Microbiol.* 66 : 4705-14.

Surawicz, C. M., Elmer, G. W., Speelman, P., McFarland, L. V., Chinn J. and Van Belle G. Prevention of antibiotic-associated diarrhea by *Saccharomyces boulardi*: a prospective study. *Gastroenterology.* 1989 : 961-988.

Van Heugten, E., Funderburke, D. W., and Dorton, K. L. 2003. Growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora in weanling pigs fed live yeast. *J. Anim Sci.* 81[4], 1004-1012.

Wagner R. D., Pierson C., Warner T., Dohnalek M., Hilty M. and Balish E. 2000. Probiotic effects of feeding heat-killed *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* to *Candida albicans*-colonized immunodeficient mice. *J Food Prot.* 63 : 638-44.