

Effets des flores lactiques des produits laitiers fermentés : une base scientifique pour l'étude des probiotiques microbiens dans l'espèce porcine

Stérile à la naissance, le tube digestif des porcelets est colonisé par les micro-organismes de la flore maternelle et de l'environnement de la maternité dès les premières heures de vie (Smith 1965 a, b, Raibaud et Ducluzeau 1989). Après 24 heures, les bactéries du genre *Escherichia* sont présentes à des concentrations de 10^8 - 10^9 par gramme de contenu intestinal (Smith 1965 b). Les *Lacto-*

bacilli apparaissent dans les 4-5 premiers jours de vie extra-utérine (Smith 1965 b, Muralidhara *et al* 1977). Chez l'animal adulte, les genres *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Escherichia*, *Clostridium* et *Bacteroides* constituent la flore intestinale majoritaire (Amtsberg 1984).

La fonction principale de la microflore intestinale semble être la protection de l'hôte contre l'invasion de son tractus digestif par des bactéries entéro-pathogènes (Raibaud et Ducluzeau 1989). Elle exerce également diverses autres activités telles que la synthèse de vitamines utilisables par l'hôte (Ducluzeau 1979).

Chez le porc, l'équilibre de la microflore intestinale peut être perturbé par divers facteurs tels que le sevrage, les modifications alimentaires, les regroupements d'animaux d'origine différente ou les changements de locaux (Lyons 1987). Le sevrage est un événement particulièrement difficile pour le porcelet : il se caractérise par des changements de bâtiments et d'aliments et des regroupements d'animaux. Lors du sevrage, les entérocytes subissent d'importantes modifications structurelles et fonctionnelles. La profondeur des cryptes s'accentue alors que la taille des villosités diminue. La réduction des surfaces d'absorption de l'intestin grêle et la présence d'une population d'entérocytes en voie de maturation sont deux éléments explicatifs de la prédisposition des porcelets sevrés aux diarrhées et aux difficultés de croissance (Aumaître et Corring 1978, Kidder et Manvers 1980).

Dans la pratique habituelle de l'élevage industriel, les risques de perturbations de

Résumé

Les probiotiques microbiens sont des additifs alimentaires composés de micro-organismes vivants (genres *Lactobacillus*, *Streptococcus* ou *Bacillus*), incorporés aux aliments à raison de 1 000 ppm. Les hypothèses sur leurs modes d'action ont souvent été empruntées aux résultats obtenus avec les flores lactiques des produits laitiers fermentés. Durant le transit intestinal, celles-ci exercent des effets de régulation de la microflore intestinale, des effets nutritionnels (stimulation de la digestion du lactose par exemple) ou encore des effets sur les fonctions immunitaires par le biais d'une stimulation de la production d'immunoglobulines ou d'interféron.

Les probiotiques microbiens, dont les mécanismes d'action n'ont jamais été clairement démontrés, ont fait l'objet de nombreux tests zootechniques chez le porcelet en post-sevrage dont l'équilibre microbien est particulièrement fragile. Toutefois, leurs effets sur les performances de croissance des jeunes animaux se sont révélés variables : une absence d'effets des probiotiques a été observée dans de nombreux essais zootechniques publiés.

Il apparaît donc indispensable d'envisager de nouvelles expérimentations physiologiques, microbiologiques ou immunologiques afin de pouvoir proposer un fondement moins empirique à ces nouveaux additifs alimentaires. Chez le porc, cette démarche a été initiée par quelques auteurs qui ont mis en évidence l'influence favorable des bactéries du genre *Lactobacillus* sur l'équilibre microbien intestinal, les effets d'un probiotique composé des espèces *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* et *Streptococcus faecium* ou d'un probiotique composé de germes *Sporolactobacillus P44* sur certaines fonctions digestives dans le tube digestif, ou encore l'effet d'un probiotique à base de *Lactobacillus casei* et *Lactobacillus bulgaricus* sur les fonctions immunitaires intestinales.

l'équilibre de la microflore sont minimisés par le rajout systématique aux aliments de faibles doses (5-50 ppm) d'antibiotiques ou de substances antimicrobiennes (bacitracine, lincomycine, tylosine, flavomycine, virginiamycine, carbadox...). Cette pratique présenterait cependant l'inconvénient de pouvoir favoriser, pour certaines de ces substances, le développement de souches bactériennes résistantes et potentiellement nuisibles (Pusztai *et al* 1990, Yen et Pond 1990). Composés de micro-organismes vivants, les probiotiques microbiens sont proposés comme alternative à l'antibiosupplémentation avec l'avantage de ne pas favoriser le développement de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques (Lyons 1987). Leurs modes d'action n'ont toutefois jamais été clairement démontrés. Pour plusieurs auteurs, ils agiraient par des mécanismes de régulation de la microflore intestinale ou de stimulation des fonctions digestives ou immunitaires (Jernigan *et al* 1985, Fuller 1990, Vanbelle *et al* 1990). Ces hypothèses sur les modes d'action des probiotiques microbiens ont le plus souvent été empruntées aux nombreux travaux sur les flores lactiques des produits laitiers fermentés, véritables probiotiques pour l'homme (Marteau *et al* 1990). Les principaux résultats de ces travaux sont rapportés dans le chapitre ci-dessous : ils indiquent des mécanismes d'action possibles des probiotiques microbiens.

1 / Effets des flores lactiques du yogourt et des laits fermentés

Les travaux de Bianchi-Salvadori *et al* (1978) ont révélé les possibilités de passage et de survie de la flore lactique du yogourt dans le tractus digestif de l'homme. Ces auteurs ont observé que l'ingestion de bactéries lactiques augmentait de manière significative les flores lactiques et bifides intestinales sans affecter toutefois la population des entérobactéries. Deux autres équipes (Goodenough et Kleyn 1976, Hargrove et Alfort 1978) ont montré la survie des micro-organismes du yogourt dans les différents compartiments du tube digestif chez le rat. Les bifidobactéries et les *Lactobacillus acidophilus* contenus dans certains laits fermentés survivent également dans toutes les parties du tube digestif. Ces bactéries présentent en outre une bonne capacité à résister à l'acidité gastrique. Elles parviennent jusqu'au gros intestin avant d'être éliminées dans les selles. Le nombre de bifidobactéries augmente spectaculairement après l'ingestion de lait fermenté et diminue à l'arrêt de la consommation (Pochart *et al* 1990, 1992, Berrada *et al* 1991).

Si l'ensemble de ces travaux indiquent un passage dans le tractus digestif des germes vivants du yogourt et des laits fermentés, aucun n'a pu montrer d'implantation de ces flores exogènes dans l'intestin de l'homme ou

d'animaux holoxéniques (Ducluzeau et Rabaud 1989).

1.1 / Effets sur la microflore intestinale

Dès les années 1950, Hawley *et al* (1959) ont montré que l'administration de lait acidifié par *Lactobacillus acidophilus* réduisait la population *E.coli* des selles. Read *et al* (1966) ont obtenu des résultats semblables avec une préparation lyophilisée de *Lactobacillus acidophilus*. Chez l'homme et chez le rat, l'ingestion de lait fermenté avec *Lactobacillus acidophilus* s'est traduit par une réduction importante de la population coliforme dans les fèces et une augmentation significative de la population des bactéries lactiques (Ayebo *et al* 1980, Shahan et Ayebo 1980). Selon ces auteurs, l'ingestion de lactobacilles favorise et maintient le rôle protecteur de la flore intestinale, en excluant les micro-organismes pathogènes. Ainsi, Niv *et al* (1963) ont mis en évidence l'intérêt du yogourt dans le traitement des diarrhées de l'enfant. Le lait fermenté avec *Lactobacillus casei* GG a également réduit de manière significative la diarrhée aiguë chez des enfants (Isolauri *et al* 1991) et la diarrhée due à une toxine produite par *Clostridium difficile* (Gorbach 1990). Chez les enfants souffrant d'une diarrhée persistante, Touhami *et al* (1992) ont montré que le remplacement du lait par du yogourt conduisait à une amélioration significative.

Si ces résultats ne permettent pas de relier l'effet bénéfique à une activité antibactérienne spécifique, il est indéniable toutefois que les préparations à base de laits fermentés par des bactéries lactiques exercent une action favorable dans la lutte contre les diarrhées.

1.2 / Effets nutritionnels

Plusieurs auteurs ont mis en évidence les activités lactasiques du yogourt chez des sujets déficients en lactase intestinale (Goodenough et Kleyn 1976, Besnier *et al* 1983, Kolars *et al* 1984, Schaafsma *et al* 1988).

Garvie *et al* (1984) ont déterminé les niveaux de β -galactosidase et de lactase dans les contenus intestinaux de rats ingérant du yogourt en continu. Ils ont montré que l'ingestion de yogourt accroît significativement ces activités enzymatiques.

L'activité lactasique microbienne du yogourt a également été étudiée par Marteau *et al* (1990) chez des volontaires déficients en lactase intestinale. En comparant la digestion du lactose du lait, du yogourt et du yogourt thermisé (70 °C), ces auteurs ont observé que le temps de transit oro-caecal a été plus long après l'ingestion de yogourt. Ils ont noté également que les quantités résiduelles de lactose dans l'iléon terminal ont été inférieures après l'ingestion de yogourt non chauffé. Savaiano *et al* (1984) ont comparé les activités lactasiques potentielles du yogourt, d'un lait fermenté et d'un lait enrichi d'une culture de *Lactobacillus acidophilus*

chez des sujets déficients en lactase intestinale. Le yogourt a été le seul produit laitier fermenté induisant une digestion accrue du lactose.

Besnier *et al* (1983) ont constaté que l'augmentation de l'activité lactasique de la paroi de l'intestin grêle correspondait à une stimulation de la lactase de la bordure en brosse de l'entérocyte et non à un apport exogène de lactases bactériennes. A leur tour, Schaafsma *et al* (1988) ont observé, chez des rats déficients en lactase, que l'activité lactasique du yogourt ne provenait pas des activités lactasiques microbiennes mais d'une stimulation endogène. Savaiano *et al* (1984) et Fuller (1991) pensent au contraire que la stimulation de la digestion du lactose serait due à une β -galactosidase du yogourt active dans la lumière intestinale.

1.3 / Effets sur les fonctions immunitaires intestinales

Les travaux concernant les effets des bactéries lactiques sur le système immunitaire intestinal datent des années 1980. En 1979, l'équipe de Bloksma a décrit chez les animaux axéniques une augmentation des IgG1, IgG2, IgG2a, IgG2b et IgM à la suite de la consommation de yogourt.

Conge *et al* (1980) ont décrit l'effet du yogourt vivant et thermisé sur le système

immunitaire de la souris. Les germes administrés, vivants ou tués, ont stimulé l'activité immunitaire de la rate et du thymus. Ces effets ont été plus marqués lorsque les micro-organismes étaient vivants : une augmentation importante du taux sérique des IgG2 a notamment été mesurée.

De Simone *et al* (1986) ont mesuré une augmentation importante de gamma-interféron chez des volontaires recevant du yogourt. Des observations analogues ont été faites par Halpern *et al* (1991) chez des étudiants américains suivis pendant 4 mois et consommant l'équivalent de 4 yogourts par jour.

Les bactéries lactiques exerceraient donc un effet immunorégulateur par le biais de la stimulation de la production d'immunoglobulines et d'interféron. S'il a clairement été reconnu qu'une alimentation déséquilibrée par des déficiences en certains nutriments altérait les mécanismes de défense immunitaire, il semble aujourd'hui possible, grâce à la sélection de micro-organismes, de les stimuler.

2 / Les probiotiques microbiens

De nombreux probiotiques sont actuellement commercialisés (tableau 1). Ils sont composés d'espèces microbiennes sélection-

Tableau 1. Liste des probiotiques microbiens commercialisés (L. : Lactobacillus, S. : Streptococcus, B. : Bacillus).

Nom commercial	Micro-organismes	Producteur
GASTROLACTYL	<i>L. lactis</i>	IVFC
LACTO SITSA	<i>L. helveticus</i>	Sanofi
L.F.P.	Ferments lactiques déshydratés	Cie Rolmex Inc.
BOVIFERM	<i>L. casei</i>	IVFC
LACTIFERM	<i>L. bulgaricus</i>	AB Medipharm
LBC ME17	<i>S. faecium cernelle 68</i>	Bioferment
MICROFERM	<i>S. faecium M74</i>	FA. Plate Bonn
STARFLOR	<i>S. faecium SF68</i>	Santel O.H.F.
PACIFLOR	<i>S. faecium SF68</i>	Prodeta
TOYOCERIN	<i>B. cereus CIP 5832</i>	Toyo Jozo S.A.
COFALACTYL	<i>B. toyoi</i>	Coophavet
FEEDMATE 68	<i>L. acidophilus</i>	
	<i>L. bulgaricus</i>	
	<i>S. thermophilus</i>	
	<i>S. faecium</i>	Anchor Labs
ADJULACT 2000	<i>L. acidophilus</i>	
	<i>S. thermophilus</i>	Bel Industries
PROBIOS	<i>L. helveticus</i>	
	<i>L. acidophilus</i>	Nulabs Division
	<i>L. plantarum</i>	Pionner Hi-Bred
VIVOLAC	<i>S. faecium</i>	GIFAVET
BOVIFERM FINAL	<i>L. acidophilus</i>	IVFC
	<i>S. lactis</i>	
	<i>S. faecium</i>	
	<i>B. toyoi</i>	
LACTO-SACC	Ferments lactiques, levures	Alltech

nées, hôtes habituels du tractus digestif (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Bifidobacterium spp.*, *Escherichia coli*) ou des espèces bactériennes du yoghourt (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*) ou encore de quelques espèces du genre *Bacillus* (Fuller 1989).

Généralement incorporés aux aliments à raison de 1 000 ppm (soit 10^6 germes vivants par gramme d'aliment), les modes d'action des probiotiques pourraient être similaires à ceux des flores lactiques des produits laitiers fermentés (Fuller 1990, Patience 1990, Vanbelle *et al* 1990). Stabilisateurs de l'écosystème microbien intestinal, les probiotiques microbiens agiraient soit par des mécanismes de compétition et d'exclusion favorisant la présence et la domination de ces bactéries dans certaines niches écologiques, soit par des mécanismes de type nutritionnel (acidification, production d'enzymes et peut-être de vitamines) ou par une stimulation du système immunitaire de l'hôte (Jernigan *et al* 1985, Perdigon *et al* 1987, Fuller 1990, Patience 1990).

2.1 / Effets sur les performances d'élevage du porc

Dans les faits, les probiotiques microbiens ont été testés principalement dans le cadre d'essais zootechniques, particulièrement chez le porcelet en post-sevrage qui vient de subir

diverses perturbations (alimentation, logement, regroupements d'animaux) susceptibles d'affecter son équilibre microbien intestinal.

Récemment, Vanbelle *et al* (1990) ont mis en évidence que les essais zootechniques sont finalement peu révélateurs de l'efficacité de ces additifs alimentaires microbiens. Ces auteurs ont constaté que les effets des probiotiques sont très variables d'une situation à l'autre, aussi bien chez le porc que chez la volaille.

À titre d'exemple, nous avons répertorié (tableau 2) les résultats des principaux tests de croissance conduits ces dernières années chez le porcelet en post-sevrage. Dans certains cas (Pollman *et al* 1980, Roth et Kirchgessner 1986, Nguyen *et al* 1988, Ballarini *et al* 1992), les porcelets supplémentés avec des probiotiques ont présenté de meilleures performances de croissance et un meilleur indice de consommation alimentaire par rapport aux animaux témoins. Des effets positifs ont également été observés chez la truie gestante (Ballarini *et al* 1992). Dans d'autres situations (Lessard et Brisson 1987, Danek *et al* 1991, Kirchgessner *et al* 1993), les probiotiques ont amélioré la croissance des animaux sans modifier l'indice de consommation alimentaire. A l'opposé, de nombreux auteurs (tableau 2) n'ont pas mis en évidence d'effets favorables des probiotiques microbiens sur les performances de croissance des animaux. De plus, la variabilité des résultats existe pour toutes les souches bactériennes utilisées. Il convient donc de rester prudent quant à l'interprétation d'un essai zootechnique

Tableau 2. Effets des probiotiques sur les performances d'élevage (GMQ : gain moyen quotidien, IC : indice de consommation) des porcelets durant la période de post-sevrage.

Germes microbiens association d'espèces	Référence	Amélioration des performances par rapport aux animaux des lots témoins (en %)	
		GMQ	IC
Probiotique à base de : <i>L. acidophilus</i> , <i>L. plantarum</i> et <i>S. faecium</i>	Pollman <i>et al</i> 1980 Pollman <i>et al</i> 1980 Collington <i>et al</i> 1990	+ 2,6 + 9,7 0	- 3,6 - 4,4 0
<i>S. faecium</i>	Roth et Kirchgessner 1986 Roth et Kirchgessner 1986 Jost 1987	+ 5,9 0 0	- 5,3 0 0
Probiotique à base de : <i>L. fermentum</i> et <i>S. faecium</i>	Nousiainen et Suomi 1991 Nousiainen et Suomi 1991	0 0	0 0
Complexe de lactobacilles	Danek <i>et al</i> 1991 McLeese <i>et al</i> 1992 Kowarz <i>et al</i> 1994 Jost et Bracher 1992	+ 10,4 0 0 0	/ 0 0 0
<i>Bacillus cereus</i>	Eidelsburger <i>et al</i> 1992 Iben et Leibetseder 1989 Nguyen <i>et al</i> 1988 Nguyen <i>et al</i> 1988 Kirchgessner <i>et al</i> 1993	0 0 + 15,8 0 + 9	0 0 - 5,9 0 0
Probiotique à base de : <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. casei</i> et <i>S. thermophilus</i>	Lessard et Brisson 1987	+ 9	0

particulier. Ainsi, Nguyen *et al* (1988) ont aussi bien observé des effets bénéfiques que l'absence d'effets d'une souche de *Bacillus cereus* sur les performances d'élevage de porcelets en post-sevrage. Il faut remarquer aussi que les règles générales d'évaluation de l'efficacité des additifs alimentaires (Tournut 1992), et particulièrement celles relatives aux doses à administrer et à la durée de la supplémentation, ne sont pas systématiquement respectées.

Dépendante des déséquilibres microbiens intestinaux des animaux qui sont à leur tour fonction des facteurs environnementaux (sevrage, regroupements d'animaux...), l'influence des probiotiques est difficilement prévisible. Les expérimentations zootechniques ne semblent donc pas suffisantes pour expliciter et démontrer les effets réels des probiotiques. L'usage des probiotiques pourrait être assimilé à une police d'assurance utile dans certaines circonstances.

La connaissance précise des effets des probiotiques nécessitera donc la mise en place d'expérimentations physiologiques, microbiologiques ou immunologiques permettant de démontrer les véritables modes d'action de ces additifs alimentaires. Cette démarche qui permettra à terme de proposer un fondement moins empirique aux probiotiques microbiens a été initiée par quelques auteurs.

2.2 / Premières études des mécanismes d'action des probiotiques microbiens

a / Influence de quelques probiotiques sur l'équilibre de la microflore

Après avoir détecté une substance entérotoxique d'un faible poids moléculaire sécrétée par *Lactobacillus acidophilus*, Mitchell et Kennworthy (1976) ont montré l'influence favorable de cette bactérie sur la réduction de la fréquence d'apparition des diarrhées chez le porcelet. Chez des porcs soumis à des souches virulentes EEC09 :K :NM, Muralidhara *et al* (1977) ont observé qu'une supplémentation de l'aliment avec *Lactobacillus lactis* favorisait le maintien de l'état de santé des animaux. D'autres auteurs ont montré que l'apport alimentaire de bactéries du genre *Lactobacillus* ou *Enterococcus* provoquait une réduction significative de la flore coliforme dans les contenus iléaux (Nousiainen 1990) et dans les fèces (Pollmann *et al* 1980, Shahani et Ayebo 1980) et une augmentation parallèle des flores lactiques.

b / Influence des probiotiques PROBIOS et *Sporolactobacillus P44* sur les fonctions digestives de l'intestin

Collington *et al* (1990) ont mis en évidence l'influence du probiotique PROBIOS (tableau 1) sur le développement des activités sacchara-

siques, lactasiques et tripeptidasiques chez le jeune porcelet. D'autres auteurs (Belville 1990, Rychen et Simões Nunes 1992, 1993) ont observé les effets du probiotique *Sporolactobacillus P44* (composé de germes *Sporolactobacillus*) sur la digestion du lactose chez le rat gnotoxénique et chez le porc en croissance-finition. Récemment, nous avons détecté les effets de ce probiotique sur la digestion protéique chez le porcelet et chez le porc en croissance-finition (Rychen et Simões 1992, 1993, 1994). Dans ces études, l'absorption apparente d'azote aminé, estimée par les aires postprandiales des différences de concentrations porto-artérielles, a été significativement supérieure chez les animaux supplémentés avec les micro-organismes *Sporolactobacillus P44*. Ces germes microbiens pourraient donc agir sur les fonctions digestives par une stimulation des activités enzymatiques endogènes, par leurs propres enzymes actives dans la lumière intestinale ou par une modification de la vitesse de transit intestinal.

c / Effets de quelques bactéries vivantes sur les fonctions immunitaires

Lessard et Brisson (1987) ont testé le probiotique LFP (tableau 1) sur la croissance et la réponse immunitaire humorale de porcelets sevrés. Un programme de vaccination avec le virus de la gastro-entérite a été appliqué à tous les animaux. Dès le premier jour de vaccination, les porcelets recevant le LFP avaient un taux d'immunoglobulines sériques plus élevé que les témoins. A la fin de l'expérience, la différence entre le groupe témoin et le groupe supplémenté avec LFP était encore significative.

Conclusion

Au cours des premières heures de vie et durant les premiers jours qui suivent le sevrage, l'équilibre de la flore microbienne intestinale du porcelet est particulièrement fragile. Des modifications de cet équilibre sont à l'origine de troubles digestifs qui affectent les performances de croissance des animaux. Cette situation explique l'intérêt des professionnels de l'élevage porcin pour des additifs alimentaires, tels que les probiotiques, susceptibles de pallier ces risques. Les tests zootechniques effectués jusqu'à ce jour indiquent cependant une variabilité importante des effets des probiotiques microbiens et cela quelque soit la souche utilisée. Ils révèlent ainsi un besoin réel d'études et d'expérimentations complémentaires afin de mieux comprendre les modes d'action de ces additifs microbiens.

Les effets des flores microbiennes du yoghourt et de certains laits fermentés (stimulation de l'activité lactasique intestinale chez le sujet déficient en lactase, modification de l'équilibre microbien intestinal en faveur

des bactéries lactiques, effets favorables sur l'immunité intestinale) doivent être pris en compte pour la poursuite de l'étude et du développement des probiotiques microbiens. Quelques travaux récents ont permis de déceler :

- une activité entérotoxique des souches *Lactobacillus acidophilus* et *Lactobacillus lactis*,
- les effets d'un probiotique composé des espèces *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* et *Streptococcus faecium* ou du probiotique à base de germes *Sporolactobacillus* P44 sur certaines fonctions digestives intestinales,
- les effets des germes *Lactobacillus casei* et *Lactobacillus bulgaricus* sur la stimulation de l'immunité intestinale.

La poursuite de ces activités de recherche permettra à terme de donner un fondement moins empirique à l'utilisation des probiotiques microbiens.

Références bibliographiques

- Amitsberg G., 1984. Die Darmflora des Schweines : Zusammensetzung und Wirkungsmechanismen. Der Praktische Tierarzt, 12, 1097-1108.
- Aumaître A., Corring T., 1978. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. Nutr. Metab., 22, 2173-2179.
- Ayebo A.D., Angelo I.A., Shahani K.M., 1980. Effect of ingesting *Lactobacillus acidophilus* milk upon fecal flora and enzyme activity in humans. Milchwissenschaft, 35, 73-84.
- Ballarini G., Martelli P., Tournut J., 1992. *Saccharomyces cerevisiae* (S.c. 47 - Biosaf) as feed additive to sows and piglets. Proceedings of the 12th I.P.V.S. Congress, 17-20 August 1992, The Hague, The Netherlands, 639.
- Belville C., 1990. Influence du bacille sporulé P44 sur la digestibilité du lactose chez les rats gnotoxéniques. Mémoire de fin d'études. Université de Provence, Marseille
- Berrada N., Lemeland J.F., Laroche G., Thouvenot P., Piaia M., 1991. *Bifidobacterium* from fermented milks : survival during gastric transit. J. Dairy Sci., 74, 409-413.
- Besnier M.O., Bourlioux P., Fourniat J., Ducluzeau R., Aumaître A., 1983. Influence de l'ingestion de yoghourt sur l'activité lactasique intestinale chez des souris axéniques ou holoxéniques. Ann. Microbiol., 134, 219-230.
- Bianchi-Salvadori B., Gotti M., Brughera F., Polinelli U., 1978. Variations in the lactic and *bifidus* flora in the intestine after administration of yogurt lactic cultures. Lait, 58, 17-42.
- Bloksma M., De Meer E., Van Dijk H., Wilers J.M., 1979. Adjuvanticity of *Lactobacillus* I - Differential effect of viable and killed bacteria. Clin. Exp. Immunol., 37, 367-375.
- Collington G.K., Parker D.S., Armstrong P.G., 1990. The influence of inclusion of either an antibiotic or a probiotic in the diet on the development of digestive enzyme activity in the pig. Br. J. Nutr., 64, 59-70.
- Conge G.A., Gouache P., Desormeau-Bedot J.P., Loisillier F., Lemonnier D., 1980. Effets comparés d'un régime enrichi en yoghourt vivant ou thermisé sur le système immunitaire de la souris. Reprod. Nutr. Develop., 20, 929-938.
- Danek P., Novak J., Semradova H., Diblikova E., 1991. Administration of the probiotic *Lactobacillus casei* CCM 4160 to sows : its effects on piglets efficiency. Zivoc. Vyr., 36, 411-415.
- De Simone C., Bianchi-Salvadori B., Negri R., Ferrazzi M., Boldinelli L., Vesely R., 1986. The adjuvant effect of yogurt on production of gamma - interferon by Con A - stimulated human peripheral blood lymphocytes. Nutr. Rep. Intern., 33, 419-433.
- Ducluzeau R., 1979. Some views on the interactions between the gastrointestinal microflora of animals and their diet. Livest. Prod. Sci., 6, 243-253.
- Ducluzeau R., Raibaud P., 1989. Les interactions bactériennes dans le tube digestif. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., 8, 291-311.
- Eidelsburger U., Kirchgessner M., Roth F.X., 1992. Zum Einfluss von Fumarsäure, Salzsäure, Natriumformiat, Tylosin und Toyocerin auf tägliche Zunahmen, Futteraufnahme, Futterverwertung und Verdäulichkeit. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 68, 82-92.
- Fuller R., 1989. Probiotics in man and animals. J. Appl. Bacteriol., 66, 365-378.
- Fuller R., 1990. Probiotics in agriculture. Agbiotech News and Information, 2, 217-220.
- Fuller R., 1991. Probiotics in human medicine. Gut, 32, 439-442.
- Garvie I.E., Cole C.B., Fuller R., Hewitt D., 1984. The effect of yogurt on some components of the gut microflora and on the metabolism of lactose in the rat. J. Appl. Bacteriol., 56, 237-245.
- Goodenough E.R., Kleyn D.H., 1976. Influence of viable yogurt microflora on digestion of lactose by the rat. J. Dairy Sci., 59, 601-606.
- Gorbach S.L., 1990. Lactic acid bacteria and human health. Ann. Med., 22, 37-41. Halpern G.M., Vruwink K.G., Van De Water J., 1991. Influence of long-term yogurt consumption in young adults. Int. J. Immuno. Ther., 7, 205-210.
- Hargrove R.E., Alfort J.A., 1978. Growth rate and feed efficiency of rats fed yogurt and other fermented milks. J. Dairy Sci., 61, 11-19.
- Hawley H.B., Shepherd P.A., Wheater D.M., 1959. Factors affecting the implantation of lactobacilli in the intestine. J. Appl. Bacteriol., 22, 360-367.

- Iben C.H., Leibetseder J., 1989. Untersuchung der Leistungsfördernden Wirkung von Toyocerin in der Ferkelaufzucht. Wien Tierarztl. Mschr., 76, 363-366.
- Isolauri E., Juntunen M., Rautonen T., Sillanaukee P., Koivula T., 1991. A human *Lactobacillus* strain (*Lactobacillus casei* sp strain GG) promotes recovery from acute diarrhea in children. Pediatrics, 88, 90-97.
- Jernigan M.A., Miles D., Arafa A.S., 1985. Probiotics in poultry nutrition : a review. Worlds Poult. Sci. J., 41, 99-107.
- Jost M., 1987. Probiotics as growth promoters for piglets. 38th Annual Meeting of EAAP, 1-2.
- Jost M., Bracher A., 1992. Utilisation des probiotiques YEA-SACC et LACTO-SACC comme stimulateurs de performances dans l'élevage des porcelets. Revue suisse d'agriculture, 24, 21-24.
- Kidder D.E., Manners M.J., 1980. The level and distribution of carbohydrases in the small intestine mucosa of pigs from 3 weeks of age to maturity. Br. J. Nutr., 43, 141-153.
- Kirchgessner M., Roth F.X., Eidlberger U., Gedek B., 1993. Nutritive effect of *Bacillus cereus* as a probiotic on piglet rearing. Influence of growth variables and gastrointestinal tract. Archives of Animal Nutrition, 44, 111-121.
- Kolars J.C., Levitt M.D., Aouji M., Savaiano D.A., 1984. Yogurt, an autodigesting source of lactose. N. Engl. J. Med., 310, 1-3.
- Kowarz M., Lettner F., Zollitsch W., 1994. A microbial growth promoter for sows and piglets. Boden-kultur, 45, 85-97.
- Lessard M., Brisson G.J., 1987. Effect of a *Lactobacillus* fermentation product on growth, immune response and fecal enzyme activity in weaned pigs. Can. J. Anim. Sci., 67, 509-516.
- Lyons T.P., 1987. Probiotics : an alternative to antibiotics. Pig News Inf., 8, 157-164.
- Marteau P., Flourie B., Pochart P., Chastang C., Desjeux J.F., Rambaud J.C., 1990. Effect of the microbial lactase (E.C.3.2.1.23) activity in yogurt on the intestinal absorption of lactose : an *in vivo* study in lactase deficient humans. Br. J. Nutr., 64, 71-79.
- McLeese J.M., Tremblay M.L., Patience J.F., Christison G.I., 1992. Water intake patterns in the weaning pig : effect of water quality, antibiotics and probiotics. Anim. Prod., 54, 135-142.
- Mitchell I.G., Kennworthy R., 1976. Investigations on a metabolite from *Lactobacillus bulgaricus* which neutralises the effect of enterotoxin from *Escherichia coli* pathogenic for pigs. J. Appl. Bacteriol., 41, 163-174.
- Muralidhara K.S., Sheggeby G.G., Elliker P.R., England D.C., Sandine W.E., 1977. Effect of feeding lactobacilli on the coliform and *Lactobacillus* flora of intestinal tissue and feces from piglets. Journal of Food Protection, 40, 288-295.
- Nguyen T.H., Duperray J., Eckenfelder B., Lecamp B., Lefrançois S., Levesque A., Nebout J.M., Ridremont B., Salle F., Sergheraert R., 1988. Quelques probiotiques facteurs de croissance. Rev. Aliment. Anim., 3, 31-37.
- Niv M., Levy W., Greenstein N.M., 1963. Yogurt in the treatment of infantile diarrhea. Clin. Ped., 2, 407-411.
- Nousiainen J., 1990. Efficiency of mixed probiotic - lactic acid bacteria and lactose derivatives - in the piglet rearing. Brief communications of XXIII International Dairy Congress, Montreal.
- Nousiainen J., Suomi K., 1991. Comparative observations on selected probiotics and olaquindox used as feed additives for piglets around weaning. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr., 66, 212-223.
- Patience J.F., 1990. Probiotics : opportunities and applications and implications. Western Nutrition Conference, 105-111.
- Perdigon G., Nader M.E., Alvarez S., Olivier G., Desce A., 1987. Enhancement of immun response in mice fed with *S. thermophilus* and *Lactobacillus acidophilus*. J. Dairy Sci., 70, 919-926.
- Pochart P., Marteau P., Bisetti N., Goderel I., Bourlioux P., Rambaud J.C., 1990. Isolement des bifidobactéries dans les selles après ingestion prolongée de lait au *Bifidus* (lb). Med. Mal. Infect., 20, 75-78.
- Pochart P., Marteau P., Bouhnik Y., Goderel I., Bourlioux P., Rambaud J.C., 1992. Survival of bifidobacteria ingested via fermented milk during their passage through the human small intestine : an *in vivo* study using intestinal perfusion. Am. J. Clin. Nutr., 55, 78-80.
- Pollmann D.S., Danielson D.M., Peo E.R., 1980. Effect of *Lactobacillus acidophilus* on starter pigs fed a diet supplemented with lactose. J. Anim. Sci., 51, 638-644.
- Pusztai A., Grant G., King T.P., Clarke E.M.W., 1990. Chemical probiosis. In : Recent Advances in Animal Nutrition, Butterworths, W. Haresign, D.J. Cole, 47-60.
- Raibaud P., Ducluzeau R., 1989. Etude de la colonisation bactérienne du tractus gastro-intestinal à l'aide de modèles expérimentaux. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz., 8, 361-373.
- Read A.E., Mc Carthy C.F., Heaton K.W., Laidlan J., 1966. *Lactobacillus acidophilus* in treatment of hepatic encephalopathy. Br. Med. J., 1, 1267-1269.
- Roth F.X., Kirchgessner M., 1986. Zur nutritiven Wirksamkeit von *Streptococcus faecium* (Stamm m74) in der Ferkelaufzucht. Landwirtsch. Forschung, 39, 198-205.
- Rychen G., Simões Nunes C., 1992. Effects of microbial probiotics on blood biochemical parameters in the pig. Nutr. Clin. Metabol., 6, 178.
- Rychen G., Simões Nunes C., 1993. Effects of a microbial probiotic (*Sporolactobacillus P44*) on postprandial porto-arterial concentration differences of glucose, galactose and amino-nitrogen in the growing pig. Reprod. Nutr. Develop., 33, 531-539.
- Rychen G., Simões Nunes C., 1995. Effects of three microbial probiotics on postprandial porto-arterial concentration differences of glucose, galactose and amino-nitrogen in the young pig. Br. J. Nutr. (in press).
- Savaiano D.A., Abouelanouar A., Smith D.E., Levitt M.D., 1984. Lactose malabsorption from yogurt, pasteurized yogurt, sweet *acidophilus* milk, and cultured milk in lactase-deficient individuals. Am. J. Clin. Nutr., 40, 1219-1223.
- Schaafsma G., Deriks P., Dekker P.R., Waard H., 1988. Nutritional aspects of yogurt. Microbial lactase

- activity and digestion of lactose. *Neth. Milk. Dairy. J.*, 42, 121-134.
- Shahani K.M., Ayebo A.D., 1980. Role of dietary lactobacilli in gastrointestinal microecology. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 2448-2457.
- Smith H.W., 1965 a. Observations on the flora of the alimentary tract of animals and factors affecting its composition. *J. Pathol. Bacteriol.*, 89, 95-122.
- Smith H.W., 1965 b. The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Pathol. Bacteriol.*, 90, 495-513.
- Touhami M., Boudraa G., Mary J.Y., Soltana R., Desjeux J.F., 1992. Conséquences cliniques du remplacement du lait par le yogourt dans les diarrhées persistantes du nourrisson. *Ann. Pediatr. (Paris)*, 39, 79-86.
- Tournut J., 1992. Efficacy of a feed additive protocol. Proceedings of the 12th I.P.V.S. Congress, 17-20 August 1992, The Hague, The Netherlands, 641.
- Vanbelle M., Teller E., Focant M., 1990. Probiotics in animal nutrition : a review. *Arch. Anim. Nutr.*, 7, 543-567.
- Yen J.T., Pond W.G., 1990. Effect of carbadox on net absorption of ammonia and glucose into hepatic portal vein of growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 68, 4236-4242.

Abstract

Effects of milk fermented products : a scientific basis to study microbial probiotics in the pig.

One of the main functions of gastrointestinal microflora is to protect the host against pathogenic exogenous bacteria. Although it appears stable, the microflora balance can be disturbed by several husbandry practices such as weaning, a change in feed, a housing change or a regrouping of animals.

Microbial probiotics are feed additives constituted by viable micro-organisms (*Lactobacillus*, *Streptococcus* and *Bacillus*) which should improve the microbial balance and contribute to normal digestive functions. However, their modes of action have not been clearly demonstrated. It has also been demonstrated that the lactic flora of yogurt or fermented milk exerts beneficial effects on the intestinal microbial balance. These products could be considered as probiotics for humans. For example, yogurt micro-organisms improve lactose digestion in lactase deficient subjects. It has also been demonstrated that continuous feeding of fermented milk products improves gut microbial balance and has beneficial effects against diarrhoea. Furthermore, *Lactobacilli* ingestion stimulates the antigenic recognition through interferon production and increases IgG synthesis.

Microbial probiotics have been mainly tested on rearing performances of weaned piglets. However, no beneficial effects have been reported after many performance trials. If the effects of microbial probiotics on growth performance of young animals are questionable, it appears essential to plan physiological, microbiological or immunological experiments to gain a better understanding of microbial probiotic mechanisms and to provide a scientific background to these newly developed feed additives. Some authors have already initiated research on their mechanisms and have noticed a positive effect of several *Lactobacillus* strains on lactic and coliform population balances. They have also studied the effects of a probiotic based on *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* and *Streptococcus faecium* or a probiotic constituted by the *Sporolactobacillus P44* strain on nutritive functions of the digestive tract and the effect of a probiotic based on *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus bulgaricus* on some immunological functions.

RYCHEN G., SIMOES NUNES C., 1995. Effets des flores lactiques des produits laitiers fermentés : une base scientifique pour l'étude des probiotiques microbiens dans l'espèce porcine. *INRA Prod. Anim.*, 8 (2), 97-104.