

UTILISATION DES PROBIOTIQUES EN ALIMENTATION PORCINE ET AVICOLE

Bernardeau Marion¹, Vernoux Jean-Paul²

¹*Directeur scientifique, Sorbial, Route de Spay 72700 Allonnes, mbernardeau@sorbial.fr*

²*Professeur, Unité de recherche des Micro-organismes d'Intérêt Laitier et Alimentaire (MILA), IFR 146, Université de Caen Basse-Normandie, Esplanade de la Paix, Caen, France, jean-paul.vernoux@unicaen.fr*

INTRODUCTION

A partir des travaux de Metchnikoff en 1908, l'idée que les bactéries lactiques ingérées vivantes pouvaient avoir un effet bénéfique a été développée. La notion de « probiotique » est née et a donné lieu à plusieurs définitions au cours du temps. Il semble y avoir aujourd'hui un consensus sur la définition publiée par un comité d'experts réunis par la FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) et l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Elle précise que les probiotiques sont des « micro-organismes vivants, qui lorsqu'ils sont administrés en quantité adéquate, confèrent un bénéfice pour la santé de l'hôte au-delà de l'effet nutritionnel premier ». Les probiotiques sont aujourd'hui largement utilisés et reconnus dans le domaine de la nutrition humaine depuis que les scientifiques ont cherché à expliquer leur mécanismes d'action et que des sociétés ont commercialisé à grand renfort de marketing des produits laitiers fermentés par des souches probiotiques. Pour autant, l'histoire des probiotiques est implicitement associée à la production animale et à son développement industriel.

HISTOIRE D'UTILISATION DES PROBIOTIQUES EN ALIMENTATION ANIMALE

Les probiotiques ont été commercialisés et utilisés dans les fermes à partir des années 1960. Leur utilisation a été encouragée (1) par le Comité Swann en 1969 qui recommandait de restreindre l'usage des antibiotiques en alimentation animale à la seule fin thérapeutique (leur utilisation « facteurs de croissance » étant associée à l'augmentation des résistances bactérienne) ; (2) par la nécessité de faire face aux conséquences d'une production animale toujours plus intense et stressante pour les animaux (économie d'échelle, augmentation de la taille des élevages, concentration des animaux, sevrage précoce, ...). Entre les années 1970 et 1990, les micro-organismes probiotiques revendiquaient des propriétés zootechniques, amélioration du gain de poids, du coefficient de digestibilité, et également des effets sanitaires (diminution des diarrhées, de la morbidité, ...). Mais cette période est aussi marquée par l'absence de cadre réglementaire contribuant à réduire la confiance des utilisateurs et dès le début des années 1990, on observe un déclin de l'utilisation des probiotiques sur le marché européen. Cette première vague d'utilisation des probiotiques en alimentation animale jusqu'en 1993 a été définie par Bernardeau et Vernoux (2009) comme « la première génération de probiotiques », caractérisée par une efficacité supposée et un cadre réglementaire peu adapté. L'absence d'efficacité (Simon *et al.*, 2001), de compréhension du mécanisme d'action et le manque de données scientifiques ont amené les professionnels de la production animale (vétérinaires, nutritionnistes, éleveurs) à considérer le concept probiotique avec grand scepticisme (Bernardeau et Vernoux, 2009).

C'est le formidable essor de l'utilisation des probiotiques en alimentation humaine et les avancées scientifiques en matière d'écologie digestive et d'interactions microbiennes (Caramia, 2004) qui vont relancer l'utilisation des micro-organismes en alimentation animale. Stimulées également par la nécessité de palier à l'interdiction des antibiotiques facteurs de croissance décrétée en 2006 en Europe, les études scientifiques sur les probiotiques sont

mieux établies, réalisées en double aveugle, contrôlées, plus fiables et la directive Européenne de 1993 remet les micro-organismes probiotiques à l'honneur en les incluant dans la réglementation des additifs pour l'alimentation animale. Parallèlement, les productions animales connaissent entre 1980 et 2000, une série de crises qui va remodeler complètement le paysage réglementaire, aussi bien au niveau institutionnel (création de l'AFSSA – Agence Française de Santé et Sécurité Alimentaire en France 1998 et l'EFSA – European Food Safety Agency au niveau européen en 2002) que législatif (refonte complète de la réglementation de l'utilisation des additifs en alimentation animale – Dir. 70/524/EC et clarification de l'utilisation des micro-organismes comme additifs Reg. 1831/2003/EC). Cette nouvelle réglementation très rigoureuse exige de la part des industriels des données scientifiques et technologiques incluant la démonstration de l'innocuité des micro-organismes (pour l'animal, le travailleur, le consommateur et l'environnement) et la preuve de leur efficacité en accord avec les revendications zootechniques et/ou digestives (Mantovani *et al.*, 2006). Les trois volets du dossier d'enregistrement européen appliqués aux probiotiques sont (1) identité et qualité: caractéristiques de la souche (taxonomie, métabolisme, propriétés, ...), processus de fabrication, stabilité du probiotique (seul ou en mélange), méthode d'analyse ; (2) sécurité : pour l'espèce cible (innocuité à 10 fois la dose recommandée), pour le manipulateur, le consommateur (absence d'antibiorésistance, génotoxicité et mutagénicité) et pour l'environnement ; (3) efficacité : à démontrer pour l'espèce cible par un minimum de trois études significatives dans deux lieux différents. Le volet efficacité décrit l'espèce cible, les conditions (âge, stade physiologique, type de production), les doses d'utilisation, les performances revendiquées ainsi que les mécanismes d'action possibles. Les allégations possibles pour des probiotiques peuvent concerner des effets sur la performance animale, la production animale, le bien-être animal ou l'environnement.

La difficulté scientifique, la charge financière et la complexité des dossiers d'autorisation ont définitivement mis un terme à l'utilisation abusive et non fondée des probiotiques en alimentation animale. Apparaissent alors sur le marché, des probiotiques plus sûrs, plus efficaces et plus transparents que Bernardeau et Vernoux (2009) caractérisent de « probiotiques de deuxième génération » (Tableau 1).

Tableau 1 : Principales différences entre les deux générations de probiotiques utilisées en alimentation animale entre 1950-1993 et de 1993 à nos jours

	Probiotiques utilisés en alimentation animale	
	Première génération	Seconde génération
Période	1950 - 1993	de 1993
Réglementation	Absente	Dir 70/524/EC modifiée 93/114/EC
Micro-organismes	Mals définis	Bien définis
	Mono / multi souches	Mono / double souches
Aspects sécuritaires	Non évalués	Evalués
Efficacité	Cible principalement la performance de croissance	Cible les performances de croissance et la santé animale
	Absence d'analyse statistique	Avec analyses statistiques
Mode d'action	Non étudié, inconnue	Etudié, ± connu
Cibles	Animal, intérêts alimentaires	Animal, alimentation, applications vétérinaires santé

LES MICRO-ORGANISMES AUTORISES AUJOURD'HUI EN EUROPE EN ALIMENTATION ANIMALE

De nombreuses espèces microbiennes ont été utilisées en tant qu'agents probiotiques. Ces micro-organismes appartiennent aux bactéries du genre *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Escherichia coli*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* et aux levures du

genre *Saccharomyces*. Les micro-organismes utilisés en alimentation animale diffèrent sensiblement de ceux utilisés en alimentation humaine. Ces variantes intègrent les différences rencontrées au niveau des objectifs d'efficacité, des aspects sécuritaires, des fréquences d'ingestion, des contraintes de fabrication ou encore de stockage ou encore de la réglementation (Tableau 2).

Tableau 2: Différences entre les caractéristiques des probiotiques utilisés en alimentation humaine et animale (Bernardeau et Vernoux, 2009)

	Alimentation humaine	Alimentation animale
Objectifs	Effets à long terme, bien-être	Réponse rapide, performance de croissance
Sécurité	Pas de toxicité aigue par voie orale, Pas de toxicité à long terme ou de toxicité chronique	Pas de toxicité aigue par voie orale
Effectiveness	Difficile à évaluer	Facile à évaluer
Intake characteristics, matrix	Milieu humide Inclue dans une petite proportion d'aliment Souvent via des laits fermentés	Milieu sec Comme additive dans l'aliment Support végétal (matrice alimentaire)
Fréquence d'ingestion	Une fois par jour ou plus	10 à 20 fois par jour
Micro-organismes (les plus fréquents)	<i>Lactobacillus</i> spp., <i>Bifidobacterium</i> spp., <i>Enterococcus</i> spp.	<i>Enterococcus</i> spp., <i>Bacillus</i> spp., <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Nombre de souches probiotiques	Produits mono ou multi-souches	1ère génération: multi-souches 2ème génération: mono-souche
Processus	Caractéristiques organoleptiques (goût, aspect) importantes Technologie laitière non draconienne	Caractéristiques organoleptiques peu importantes Processus de granulation très draconien
Stockage	+4°C	Température ambiante
Habitat naturel	Tractus digestif, produits laitiers	Tractus digestif, sol, fruits
Réglementation	Aucune si antériorité d'utilisation chez l'homme	Sévère

Les genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium* sont majoritairement utilisés pour des applications en nutrition humaine, alors que les genres *Bacillus*, *Enterococcus* et *Saccharomyces* sont les micro-organismes les plus utilisés dans les élevages (Simon *et al.*, 2001) (Tableau 3). Les souches de *Bacillus*, plus stables car sporulées, sont plus à même de résister aux processus d'incorporation dans l'aliment, aux paramètres de granulation et aux conditions non exigeantes de stockage « longue durée » des aliments pour animaux (Simon, 2005). Inversement, les cellules végétatives sont beaucoup plus sensibles, ce qui explique que les lactobacilles ou les bifidobactéries, pourtant bien documentées, ont été moins utilisées au début en alimentation animale. Mais les techniques de stabilisation et de protection évoluant (enrobage, encapsulation), cinq souches de lactobacilles sont aujourd'hui autorisées et plusieurs dossiers actuellement soumis à l'EFSA pour homologation portent sur ces micro-organismes autrefois considérés comme sensibles (*Bifidobacteria*, *Lactobacillus*...). Ainsi les lactobacilles, avec une grande diversité d'espèces (Tableau 3), représentent aujourd'hui 21% des souches utilisées comme additifs en alimentation porcine et avicole, 3^{ème} groupe microbien après les genres *Bacillus* et *Enterococcus* représentant chacun 29% des utilisations (Figure 1). De nouvelles tendances sont également perçues concernant le nombre de souches constitutives des produits. La première génération de probiotiques était multi-souches. En 2007, avec la nouvelle réglementation en vigueur, les additifs probiotiques sont principalement mono-souche (85%), seuls quelques additifs contiennent deux souches (15%). Cette tendance tient vraisemblablement du fait que la préparation des dossiers scientifiques et le processus d'homologation sont longs et difficiles. Cependant, là encore, la situation évolue

et plusieurs produits contenant deux ou plusieurs souches sont actuellement examinés par l'EFSA.

Tableau 3 : Micro-organismes probiotiques autorisés en Europe pour les porcs et la volaille (liste publiée par l'AFCA-CIAL, dernière mise à jour Mars 2009).

	Espèces animales	Souches	N°Enr
Stabilisateur de flore	Porcs à l'engrais	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> NCYC Sc 47 - BIOSAF SC 47 / Lesaffre	4b1702
	Porcelets, porcs engraissement, truies	<i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134 - BONVITAL / Lactosan Starterkulturen GmbH & Co	4b1841
	Poulets d'engraissement	<i>Bacillus subtilis</i> C-3102 - DSM 15544 - CALSPORIN - Calpis Co.Ltd - ORFFA	4b1820
		<i>Bacillus subtilis</i> DSM 17299 - O35 / Chr. Hansen	4b1821
		<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> CECT 5940 - ECOBIOL / Norel SA	4b1822
		<i>Enterococcus faecium</i> DSM 3530 BIOMIN IMB 52 / Biomin GmbH	4b1850
	Dindes engraissement	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>toyoi</i> NCIMB 40112/CNCM I-1012 TOYOCERIN / Rubinum	4b1701
Amélioration du poids	Porcelets	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> CNCM I 3698 et <i>Lactobacillus farciminis</i> CNCM I 3699 SORBIFLORE – Sorbial SAS	4d2
Micro-organismes	Porcelets Porcs engraissement Truies	<i>Bacillus licheniformis</i> DSM 5749 et <i>Bacillus subtilis</i> DSM 5750 BIOPLUS 2B	E1700
		<i>Bacillus cereus</i> var. <i>toyoi</i> NCIMB 40112/CNCM I-1012 TOYOCERIN	E1701
		<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415 - CYLACTIN	E1705
	Truies Porcelets	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> NCYCSc 47 - BIOSAF SC47	E1702
		<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCM I-1079 - LEVUCCELL SB 20	E1703
	Porcelets	<i>Enterococcus faecium</i> DSM 7134 et <i>Lactobacillus rhamnosus</i> DSM 7133 - PROVITA LE	E1706
		<i>Enterococcus faecium</i> DSM 10663/NCIMB 10415 - ORALIN	E1707
		<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 11181 - LACTIFERM	E1708
		<i>Saccharomyces cerevisiae</i> MUCL 39885 - BIOSPRINT	E1710
		<i>Lactobacillus farciminis</i> CNCM MA 67/4R - BIACTON	E1714
		<i>Enterococcus faecium</i> CECT 4515 - FECINOR	E1713
		<i>Kluyveromyces marxianus-fragilis</i> B0399 MUCL 41579 TURVAL B0399	26
		Porcs engraissement	<i>Pediococcus acidilacti</i> CNCM MA 18/5M - Bactocell - FERMAID
	Dindons engraissement	<i>Bacillus licheniformis</i> DSM 5749 et <i>Bacillus subtilis</i> DSM 5750 BIOPLUS 2B	E1700
		<i>Enterococcus faecium</i> DSM 10663/NCIMB 10415 - ORALIN	E1707
		<i>Lactobacillus farciminis</i> CNCM MA 67/4R - BIACTON	12
	Poulets engraissement	<i>Bacillus cereus</i> var. <i>toyoi</i> NCIMB 40112/CNCM I-1012 - TOYOCERIN	E1701
		<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415 - CYLACTIN	E1705
		<i>Enterococcus faecium</i> DSM 10663/NCIMB 10415 - ORALIN	E1707
		<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 11181 - LACTIFERM	15
		<i>Enterococcus faecium</i> ATCC 53519 et <i>Enterococcus faecium</i> ATCC 55593 - PROBIOS-PIONEER PDFM	E1709
		<i>Enterococcus faecium</i> CECT 4515 - FECINOR	18
		<i>Pediococcus acidilacti</i> CNCM MA18/5M- Bactocell-FERMAID	E1712
<i>Lactobacillus farciminis</i> CNCM MA 67/4R - BIACTON		12	
Poules pondeuses	<i>Lactobacillus farciminis</i> CNCM MA 67/4R - BIACTON	12	
	<i>Lactobacillus acidophilus</i> D2/CLS CECT 4529	E1715	

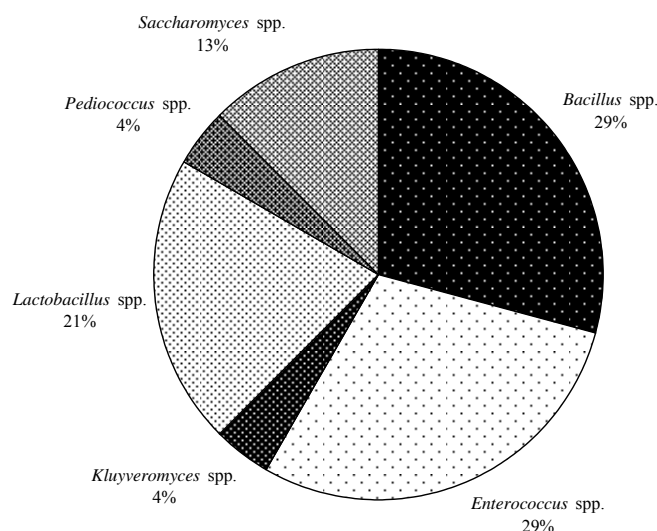


Figure 1 : Représentation des différents genres microbiens autorisés en tant qu'additifs en alimentation porcine et avicole en Europe (adapté de AFCA-CIAL, Mars 2009).

Jusqu'à présent, les additifs microbiens selon cette réglementation, peuvent revendiquer des propriétés zootechniques (relatives aux performances de croissance des animaux), digestives et stabilisatrices de la microflore intestinale. Aucune allégation relative à la prévention sanitaire, l'immunostimulation, la détoxification ou autre propriété « santé » ne peut à l'heure actuelle être revendiquée sans tomber sous l'égide de la réglementation du médicament vétérinaire. Cependant force est de constater qu'en élevage, les propriétés des micro-organismes dépassent les seuls effets « croissance », qui doivent plutôt être considérés comme une résultante de l'amélioration de l'état de santé général de l'animal. Ces dernières années, des études scientifiquement ont ainsi élargi le potentiel d'utilisation des souches probiotiques. Des applications préventives de pathologies digestives ou immunostimulantes ont ainsi été démontrées aussi bien en élevage porcin qu'avicole (Tableau 4). Dans un contexte d'assainissement des pratiques d'élevage vers une stratégie plus naturelle et respectueuse de l'environnement et du bien-être animal, les micro-organismes probiotiques présentent donc un réel potentiel de développement commercial.

Tableau 4: Exemples d'effets probiotiques récemment démontrés en élevage porcin et avicole (adapté de Bernardeau *et al.*, 2006)

Animal	Souche probiotique	Commentaires	Références
Porcs	<i>Lb. farciminis</i> 3699 and <i>Lb. rhamnosus</i> 3698	Inhibition in vitro inhibition de la viabilité, de la dissémination et de l'adhésion de <i>Brachyspira hyodysenteriae</i> et <i>Brachyspira pilosicoli</i> agents pathogènes du porc et de la volaille	Bernardeau <i>et al.</i> , 2009
	<i>Lb. casei</i> (Shirota)	Survie à travers le tractus gastro-intestinal, effet sur la fermentation dans le gros intestin	Ohashi <i>et al.</i> , 2004
	Strains of <i>Lb. johnsonii</i> ; <i>Lb. pentosus</i>	Réduit le portage de <i>Salmonella</i>	Casey <i>et al.</i> , 2004
	<i>Lb. salivarius</i> DPC6005, <i>Lb. pentosus</i> DPC6004, <i>Lactobacillus casei</i>	Diminue le nombre d' <i>Enterobacteriaceae</i> dans les fèces Augmente le gain de poids des porcs infectés par le virus PRRS. N'affecte pas la réponse immunitaire.	Gardiner <i>et al.</i> , 2004 Kritas & Morrison, 2007
Porcelets	<i>Enterococcus faecium</i> EK13	Diminue le nombre d' <i>E. coli</i> dans les fèces. Diminue le cholestérol et augmente les concentrations de protéines sériques totales, calcium, hémoglobines, hématocrites et l'index de l'activité phagocytaire des leucocytes. N'influence pas le gain de poids et le nombre totale de bactéries fécales.	Stompfova <i>et al.</i> , 2006
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Augmente le gain de poids et le taux de conversion. Ne modifie pas les populations bactériennes, le nombre de levures et la concentration en acides gras volatiles.	Li <i>et al.</i> , 2006
Truies	<i>Escherichia coli</i> Nissle 1917	Colonisation à long terme et transmission dans élevage de truies, persistance individuelle et colonisation	Kleta <i>et al.</i> , 2006
Dindes	<i>Lactobacillus</i> spp.-based probiotic	Augmente le gain de poids. Diminue les coûts de production	Torres-Rodriguez <i>et al.</i> , 2007
Poulets de chair	2 <i>Lb.</i> , 1 <i>Bifidobacterium</i> , 1 <i>Enterococcus</i> , 1 <i>Pediococcus</i>	Augmente les paramètres de performance zootechniques. Module la composition de la microflora du caecum.	Mountzouris <i>et al.</i> , 2007
	<i>Lb.</i> -based probiotic	Effets sur l'immunité locale démontré par (1) une diminution des taux d'invasion intestinale et du développement d'oocystes d' <i>Eimeria acervulina</i> (EA), (2) des taux supérieurs de sécrétion d'IL-2 et diminution de la production d'oocystes d'EA.	Dalloul <i>et al.</i> , 2003
	Strains of <i>Pediococcus acidilactici</i> and <i>Saccharomyces boulardii</i>	Améliore la résistance aux coccidioses (<i>Eimeria acervulina</i> , <i>E. tenella</i>) en augmentant l'immunité humorale	Lee <i>et al.</i> , 2007
	<i>Enterococcus faecium</i> NCIMB 10415	Augmente le gain de poids, le taux de conversion, la taille des villosités dans l'ileum.	Samli <i>et al.</i> , 2007
	<i>Bacillus subtilis</i> & <i>Bacillus licheniformis</i>	Pas d'impact sur les performances de croissance, le poids du tibiotarsi, sa longueur, sa robustesse et son % de Ca. Améliore l'épaisseur la paroi du tibia median et latéral, de l'index tibiotarsal et du % de cendre	Mutus <i>et al.</i> , 2006
	<i>Lactobacillus johnsonii</i> F19785	Contrôle les entérites nécrotiques endémiques dues à <i>Clostridium perfringens</i> , réduisant les pertes économiques et l'utilisation d'antibiotiques.	La Ragione <i>et al.</i> , 2004
	<i>Lb. species</i>	Inhibe <i>Eimeria tenella</i> – in vitro	Tierney <i>et al.</i> , 2004
Poules pondeuses, fin de période	<i>Lb. species</i>	Augmente la production d'oeufs, diminue la mortalité, améliore le taux de conversion mais pas la qualité des oeufs.	Yoruk <i>et al.</i> , 2004

Un besoin identifié : En 2010, la production mondiale de viandes de porc et de volaille devrait atteindre respectivement 112,2 et 89,3 millions de tonnes (FAO, 2004). Les projections pour 2030 confirment cette tendance. Le taux annuel de croissance dans le secteur mondial de la viande est de 2,2% ; celui-ci est rendu possible grâce à l'innovation technologique et à la restructuration des secteurs de l'élevage de volaille et de porc. Ces tendances poursuivent la délocalisation de la production animale des pays développés vers les pays en développement. L'élevage des granivores (porcs et volailles) qui a répondu à la demande récente des Pays en Voie de Développement, est essentiellement conduit hors sol, de type industriel et on s'attend à la poursuite de l'évolution de ces méthodes de production. Cependant, ces systèmes commerciaux et industriels présentent des problèmes. Les densités plus élevées d'animaux et le transport des bestiaux à des marchés plus éloignés, stressent les animaux et limitent les performances de croissance. Le commerce accru de produits animaux et d'aliments du bétail multiplie les risques de transmission des maladies, tant à l'intérieur des frontières que d'un pays à l'autre. Ainsi le challenge des productions animales est de trouver une réponse naturelle, efficace, éthique et économique aux problèmes de rentabilité de production et de sécurité.

Les aliments pour animaux et leurs ingrédients doivent donc être le support de stratégies préventives capables de potentialiser l'aliment, de réduire les stress et de sécuriser l'ensemble de la chaîne alimentaire (Mantovani *et al.*, 2006). Les stratégies capables de limiter la dissémination des infections en production animale auront de plus en plus d'importance dans le futur car les élevages supportent en tout premier lieu la responsabilité de la production d'aliments sécurisés et sains (Hartung, 2005). Les additifs probiotiques sont présentés comme de futurs ingrédients capables de contrôler le portage et la dissémination d'agents pathogènes et zoonotiques. Cette aptitude est appelée stratégie « ante-abattage » de l'anglais « preharvest » (Callaway *et al.*, 2004 ; Sargeant *et al.*, 2007). Des micro-organismes probiotiques ont ainsi démontrés leur aptitude à contrôler la dissémination de STEC en élevage; d'*E. coli* 0157 dans des élevages de bovins (LeJeune and Wetzel, 2007) ; de *Salmonella enterica* chez des porcelets sevrés (Casey *et al.*, 2007) ou encore d'inhiber la croissance de *Salmonella Typhimurium* (Ji Hyun Yun, *et al.*, 2008). Les micro-organismes probiotiques peuvent également contribuer à potentialiser l'aliment et donc la rentabilité de l'élevage en réduisant la présence de toxines comme les mycotoxines (Trufanov *et al.*, 2008 ; Niderkorn *et al.*, 2009).

Les outils : L'intégration des systèmes biologiques en recherche nutritionnelle a d'ores et déjà débuté. Ce nouveau domaine de recherche appelé la nutriginomique consiste à étudier la façon dont les gènes et les nutriments interagissent. Cette approche ouvre de nouvelles voies pour les sciences de la nutrition et conduira à la mise sur le marché de nouvelles générations de produits destinés à optimiser différentes fonctions chez les animaux. Avec cette nouvelle science vont apparaître des marqueurs biologiques et les connaissances en matière de mécanisme d'action vont s'accroître. Ainsi les extrapolations scientifiques des revendications « santé » vont devenir possibles car basées sur des observations plus fiables et non des prédictions (van Ommen et Stierum, 2002). Aujourd'hui des outils scientifiques existent, ils vont permettre le développement de la troisième génération de probiotiques.

Le cadre réglementaire : C'est pourquoi, l'EFSA a très récemment proposé d'étendre le champ d'allégations pour les additifs destinés à l'alimentation animale (EFSA, 2008). Ainsi de nouvelles catégories sont proposées. Elles peuvent s'inscrire dans deux ensembles ; l'un relatif au bien-être animal (régulateurs métaboliques, immunomodulateurs, détoxifiants,

autres additifs relatifs au bien-être); et l'autre à l'amélioration de la qualité des produits (contrôleurs de contamination microbienne, améliorateur de la valeur nutritionnelle, additifs sensoriels, séquestrant de mycotoxines). Ainsi s'ouvrent de réelles opportunités réglementaires qui devraient favoriser l'innovation et le développement de produits probiotiques revendiquant des allégations fonctionnelles.

Certains micro-organismes ont des propriétés fonctionnelles scientifiquement prouvées, capables de répondre à la problématique et aux enjeux actuels des productions animales. Avec la mise en place d'une réglementation stricte, harmonisée intégrant les dernières nouveautés en matières scientifiques, tous les éléments sont réunis pour faciliter et encourager les industriels à mettre sur le marché des micro-organismes probiotiques de troisième génération (Tableau 5).

Tableau 5 : Proposition pour un futur positionnement des micro-organismes probiotiques en alimentation animale qui tient compte du contexte scientifique et réglementaire.

	Probiotiques utilisés en alimentation animale	
	Seconde génération	Troisième génération
Période	1993 – 2010 ?	2010 - ?
Réglementation	Dir 70/524/EC modifiée 93/114/EC	Allégations santé : sur la base de l'opinion scientifique de EFSA, 2008 sur les groupes fonctionnels d'additifs utilisés en alimentation animale (EFSA, 2008) Harmonisation réglementation humaine/animale
Micro-organismes	Bien définis Mono / double souches	Bien définis Mono / double souches / multi-souches
Aspects sécuritaires	Evalués	Evalués par une approche réaliste (QPS)
Efficacité	Cible les performances de croissance et la santé animale Analyses statistiques	Santé et prévention de pathologies Essais cliniques randomisés, réalisés en double aveugle, avec contrôle et meta-analyses
Mode d'action	Etudié, ± connu	Etudié et connu
Cibles	Animal, alimentation, applications vétérinaires santé	L'ensemble de la chaîne alimentaire pour des aspects de sécurité et de rentabilité Agriculture biologique

CONCLUSION

Les avancées scientifiques mettent en évidence et prouvent de véritables effets fonctionnels qui vont permettre d'élargir leur champ d'application. Les propriétés probiotiques permettent aujourd'hui d'envisager des stratégies intégratives de prévention, de contrôle et de maîtrise sanitaire enfin de rentabilité, au niveau de l'ensemble de la chaîne alimentaire et ce dans une démarche d'agriculture durable. Encadrés par une réglementation rigoureuse et évolutive, les additifs microbiens probiotiques de troisième génération ont un bel avenir devant eux.

REFERENCES

- Bernardeau M and Vernoux JP. 2009. "Overview of the use of probiotics in the Feed/Food chain". In: "Probiotics: Production, Evaluation and Uses in Animal Feed", 2009: 15-45. Editors: Nelson Pérez Guerra and Lorenzo Pastrana Castro. Biotechnology & Applied Biochemistry, Kerala, India. ISBN: 978-81-308-0323-4.

- Bernardeau M, Gueguen M & Vernoux JP (2006) Beneficial lactobacilli in food and feed: long-term use, biodiversity and proposals for specific and realistic safety assessments. *FEMS Microbiol Rev.* 2006 Jul;30(4):487-513.
- Bernardeau M, Gueguen M., Smith DG, Corona-Barrera E., Vernoux JP, 2009. Antagonistic activities of two *Lactobacillus* strains against *Brachyspira*. *Vet Microbiol.* 138(1-2); 184-190.
- Callaway TR, Anderson RC, Edrington TS, Genovese KJ, Harvey RB, Poole TL, Nisbet DJ. 2004. Recent pre-harvest supplementation strategies to reduce carriage and shedding of zoonotic enteric bacterial pathogens in food animals. *Anim Health Res Rev.* 5(1):35-47.
- Caramia G. 2004. Probiotics: from Metchnikoff to the current preventive and therapeutic possibilities. *Pediatr Med Chir.* 26(1):19-33.
- Casey PG, Casey GD, Gardiner GE, Tangney M, Stanton C, Ross RP, Hill C & Fitzgerald GF (2004) Isolation and characterization of anti-*Salmonella* lactic acid bacteria from the porcine gastrointestinal tract. *Lett Appl Microbiol* 39: 431-438.
- Casey PG, Gardiner GE, Casey G, Bradshaw B, Lawlor PG, Lynch PB, Leonard FC, Stanton C, Ross RP, Fitzgerald GF, Hill C. 2007. A five-strain probiotic combination reduces pathogen shedding and alleviates disease signs in pigs challenged with *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium. *Appl Environ Microbiol.* 73(6):1858-63.
- Dalloul RA, Lillehoj HS, Shellem TA & Doerr JA (2003) Intestinal immunomodulation by vitamin A deficiency and *Lactobacillus*-based probiotic in *Eimeria acervulina*-infected broiler chickens. *Avian Dis* 47: 1313-1320.
- EFSA, Scientific Opinion, Functional groups of additives as described in Annex 1 of Regulation (EC) No 1831/2003; Self-task of the Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed; (EFSA-Q-2007-173); Adopted on 11 December 2008; *The EFSA Journal* (2008) 920, 1-19
- FAO 2004 Agriculture mondiale : horizon 2015-2030.
- Gardiner GE, Casey PG, Casey G, Lynch PB, Lawlor PG, Hill C, Fitzgerald GF, Stanton C & Ross RP (2004) Relative ability of orally administered *Lactobacillus murinus* to predominate and persist in the porcine gastrointestinal tract. *Appl Environ Microbiol* 70: 1895-1906.
- Hartung J. 2005. Safeguarding herds from the animal hygiene point of view. *Dtsch Tierarztl Wochenschr.* 112(8):313-6.
- Kleta S, Steinrück H, Breves G, Duncker S, Laternus C, Wieler LH, Schierack P. 2006. Detection and distribution of probiotic *Escherichia coli* Nissle 1917 clones in swine herds in Germany. *J Appl Microbiol.* 101(6):1357-66.
- Kritas SK, Morrison RB. 2007. Effect of orally administered *Lactobacillus casei* on porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus vaccination in pigs. *Vet Microbiol.* 31;119(2-4):248-55.
- La Ragione RM, Narbad A, Gasson MJ & Woodward MJ (2004) *In vivo* characterization of *Lactobacillus johnsonii* F19785 for use as a defined competitive exclusion agent against bacterial pathogens in poultry. *Lett Appl Microbiol* 38: 197-205.
- Lee S, Lillehoj HS, Park DW, Hong YH, Lin JJ. 2007. Effects of *Pediococcus*- and *Saccharomyces*-based probiotic (MitoMax) on coccidiosis in broiler chickens. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis.* 30(4):261-8.
- LeJeune JT, Wetzel AN. 2007. Preharvest control of *Escherichia coli* O157 in cattle. *J Anim Sci.* 85(13 Suppl):E73-80.
- Li J, Li D, Gong L, Ma Y, He Y, Zhai H. 2006. Effects of live yeast on the performance, nutrient digestibility, gastrointestinal microbiota and concentration of volatile fatty acids in weanling pigs. *Arch Anim Nutr.* 60(4):277-88.
- Mantovani A, Maranghi F, Purificato I, Macri A. 2006. Assessment of feed additives and contaminants: an essential component of food safety. *Ann Ist Super Sanita.* 42(4):427-32.
- Mountzouris KC, Tsirtsikos P, Kalamara E, Nitsch S, Schatzmayr G, Fegeros K. 2007. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, and *Pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. *Poult Sci.* 86(2):309-17.
- Mutus R, Kocabagli N, Alp M, Acar N, Eren M, Gezen SS. 2006. The effect of dietary probiotic supplementation on tibial bone characteristics and strength in broilers. *Poult Sci.* 85(9):1621-5.
- Niderkorn V, Morgavi DP, Aboab B, Lemaire M, Boudra H., 2009. Cell wall component and mycotoxin moieties involved in the binding of fumonisin B1 and B2 by lactic acid bacteria. *J Appl Microbiol.* 106(3):977-85.
- Ohashi Y, Tokunaga M & Ushida K (2004) The effect of *Lactobacillus casei* strain Shirota on the cecal fermentation pattern depends on the individual cecal microflora in pigs. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 50: 399-403.
- Samli HE, Senkoylu N, Koc F, Kanter M, Agma A. 2007. Effects of *Enterococcus faecium* and dried whey on broiler performance, gut histomorphology and intestinal microbiota. *Arch Anim Nutr.* 61(1):42-9.

- Sargeant JM, Amezcua MR, Rajic A, Waddell L., 2007. Pre-harvest interventions to reduce the shedding of *E. coli* O157 in the faeces of weaned domestic ruminants: a systematic review. *Zoonoses Public Health*. 54(6-7):260-77
- Simon O, Jadamus A & Vahjen W (2001) Probiotic feed additives –effectiveness and expected modes of action. *J Anim Feed Sci* 10: 51-67.
- Stompfova, V., Marcinakova, M., Simonova, M., Gancarcikova, S., Jonecova, Z., Scirankova, L., Koscova, J., Buleca, V., Cobanova, K. and Laukova, A. 2006, *Anaerobe*, 12, 242.
- Tierney J, Gowing H, Van Sinderen D, Flynn S, Stanley L, McHardy N, Hallahan S & Mulcahy G (2004) *In vitro* inhibition of *Eimeria tenella* invasion by indigenous chicken *Lactobacillus* species. *Vet Parasitol* 122: 171-182
- Torres-Rodriguez A, Donoghue AM, Donoghue DJ, Barton JT, Tellez G, Hargis BM. 2007. Performance and condemnation rate analysis of commercial turkey flocks treated with a *Lactobacillus* spp.-based probiotic. *Poult Sci*. 86(3):444-6.
- Trufanov OV, Kotyk AM, Bozhok LV., 2008. Effect of probiotic preparation based on *Bacillus subtilis* (BPS-44) in experimental mycotoxicoses of chickens. *Mikrobiol Z*. 70(1):52-8.
- van Ommen B, Stierum R. 2002. Nutrigenomics: exploiting systems biology in the nutrition and health arena. *Curr Opin Biotechnol*. 13(5):517-21.
- Yoruk MA, Gul M, Hayirli A & Macit M (2004) The effects of supplementation of humate and probiotic on egg production and quality parameters during the late laying period in hens. *Poult Sci* 83: 84-88.
- Yun JH, Lee KB, Sung YK, Kim EB, Lee HG, Choi YJ. 2009. Isolation and characterization of potential probiotic lactobacilli from pig feces. *J Basic Microbiol*. 49(2):220-6.