

# Analyse quantitative de l'effet des bactéries probiotiques sur les fermentations dans le rumen et les performances des bovins en production

A. LETTAT<sup>1,2,3</sup>, C. MARTIN<sup>1,2</sup>, C. BERGER<sup>4</sup>, P. NOZIÈRE<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>2</sup> Clermont Université, VetAgro Sup, UMR Herbivores, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand, France

<sup>3</sup> Danisco France SAS, Zone d'Activités de Buxières, BP 10, F-86220 Dangé Saint Romain, France

<sup>4</sup> Danisco France SAS, 20 rue Brunel, F-75017 Paris, France

Courriel : pierre.noziere@clermont.inra.fr

L'acidose ruminale latente est fortement présente dans les élevages intensifs de ruminants et engendre des pertes économiques importantes. Pour la prévenir, l'utilisation en tant qu'additifs alimentaires de bactéries probiotiques, seules ou associées à la levure *S. cerevisiae*, fait l'objet de nombreuses recherches. Il convient d'en évaluer les effets sur les fermentations dans le rumen et sur les performances de production des bovins.

L'intensification des conduites alimentaires des bovins laitiers et à viande est à l'origine de l'acidose ruminale latente. Cette pathologie d'origine digestive a déjà suscité une intense activité de recherche comme en témoignent de nombreuses synthèses bibliographiques dont le dossier de la revue INRA Productions Animales publié en 2006 (Martin *et al* 2006, Peyraud et Apper-Bossard 2006, Sauvant *et al* 2006). Du fait de sa forte prévalence, estimée environ à 19% chez la vache laitière (Kleen *et al* 2009), et de ses conséquences négatives sur la santé et les performances animales (Khafipour *et al* 2009 a et b, Krause *et al* 2009), différentes stratégies ont été développées afin de prévenir l'acidose ruminale latente. Le premier levier d'action réside dans une formulation de la ration adaptée aux besoins de l'animal et un mode de distribution permettant une adaptation progressive de l'écosystème ruminal (Sauvant et Peyraud 2010). Lorsque le risque d'acidose demeure élevé malgré ces précautions, l'addition de substances tampons est recommandée pour stabiliser le pH ruminal et améliorer les performances animales (Meschy *et al* 2004). Enfin, l'utilisation d'additifs microbiens semble également constituer une solution efficace pour limiter les risques d'acidose latente chez le ruminant. Si les levures ont été largement étudiées (Chaucheyras-Durand *et al* 2008,

Desnoyers *et al* 2009, Chaucheyras-Durand et Durand 2010), la supplémentation en Bactéries Probiotiques (BP) constitue un nouveau champ de recherche particulièrement intéressant car contrairement aux levures qui ne survivent pas longtemps dans le rumen, les bactéries, plus particulièrement celles d'origine ruminale, pourraient mieux s'adapter aux conditions anaérobies du rumen et produire de meilleurs effets lorsque l'animal est en situation d'acidose.

L'utilisation des BP chez le ruminant adulte a principalement été proposée dans le but d'améliorer les performances zootechniques du bovin laitier (Stein *et al* 2006, Raeth-Knight *et al* 2007, Lehloenya *et al* 2008b) ou à viande (Lehloenya *et al* 2008a, Vasconcelos *et al* 2008) et de réduire le portage de bactéries pathogènes (*E. coli* O157:H7, Salmonelles) chez les bovins à l'engrais (Peterson *et al* 2007, Stephens *et al* 2007a, Stephens *et al* 2007b). Les BP utilisées seules ou en association sont principalement des bactéries lactiques et propioniques respectivement issues des genres *Lactobacillus* et *Propionibacterium*. Théoriquement, l'utilisation conjointe de ces deux types bactériens permettrait, dans le rumen, une production accrue de lactate par les lactobacilles qui serait ensuite métabolisé en

propionate par les propionibactéries. Le propionate étant le principal précurseur du glucose *via* la néoglucogenèse (Brockman 1990, Loncke *et al* 2009), cela pourrait *in fine* contribuer à améliorer la production laitière (Francisco *et al* 2002, Stein *et al* 2006, Weiss *et al* 2008) et la synthèse de protéines musculaires chez le bovin à viande (Lehloenya *et al* 2008a). Par ailleurs, la production de lactate par les lactobacilles permettrait de stimuler la croissance des bactéries utilisatrices de lactate. Ce mécanisme s'apparente à un effet vaccin permettant à la flore utilisatrice de lactate d'être efficace et donc de prévenir l'accumulation d'acide lactique lors de situations nutritionnelles conduisant à l'apparition de l'acidose (Nocek *et al* 2002, Nocek *et al* 2003, Meissner *et al* 2010). L'objectif de cette synthèse est donc de vérifier dans quelle mesure ces bénéfices théoriques sont observés en pratique, en particulier dans des situations d'acidose latente.

Cet article fournit une revue quantitative de l'intérêt d'une supplémentation en BP, seules ou associées à la levure *Saccharomyces cerevisiae* (SC) dans l'alimentation des ruminants en situation d'acidose latente. La première partie est consacrée aux effets des BP sur les performances zootechniques des animaux en dissociant les bovins lai-

Tableau 1. Caractéristiques des expériences menées sur vaches laitières et incluses dans la méta-analyse.

Parité	Stade de lactation	Tampons	Distribution de l'alimentation	% de concentré	% Amidon	% NDF	% ADF	% MAT	Traitement	Type bactérien	Mode d'administration des probiotiques	Mode de mesure du pH ruminal	Dose en UFC/j	Référence
NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	BP	<i>Lactobacillus</i>	NR	NC	NR	Jaquette et al (1988)
NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	BP	<i>Lactobacillus</i>	NR	NC	10 <sup>9</sup>	Ware et al (1988)
NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	BP+SC	<i>Lactobacillus</i>	NR	NC	NR	Komari et al (1999)
NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	BP+SC	<i>Lactobacillus</i>	NR	NC	10 <sup>9</sup>	Block et al (2000)
NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	BP	<i>Lactobacillus</i> et <i>Enterococcus</i>	NR	NC	10 <sup>9</sup>	Gomez-Basaure et al (2001)
Multi	Début	oui	NR	70	NR	26,4	15,2	18,1	BP+SC	<i>Lactobacillus</i> et <i>Enterococcus</i>	ration du matin	cinétique sonde	10 <sup>5</sup> à 10 <sup>7</sup>	Nocek et al (2002)
Multi	Début	oui	ad lib.	55	NR	29,5	17,6	18,6	BP+SC	<i>Enterococcus</i>	ration du matin	cinétique sonde	10 <sup>9</sup>	Nocek et al (2003)
Multi	Début	oui	ad lib.	60	NR	23,8 à 28,2	NR	25,1 à 25,9	BP	<i>Megasphaera</i>	ration du matin	4h après repas	10 <sup>9</sup>	Hagg et al (2010)
Multi	Début	oui	ad lib.	46	NR	30,6	NR	18,4	BP+SC	<i>Enterococcus</i>	ration du matin	NC	10 <sup>9</sup>	Nocek et Krautz (2006)
Multi	Début	oui	NR	60	NR	29,8	NR	18,3	BP	<i>Prevotella</i>	canule ruminale	cinétique sonde	10 <sup>11</sup>	Chiquette et al (2008)
Multi	Début	oui	NR	47	NR	30,9	20,8	18,7	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration du matin	NC	17 g	Francisco et al (2002)
Multi	Début	oui	NR	47	31,1	31,4	NR	16,6	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration du matin	NC	10 <sup>11</sup>	Weiss et al (2008)
Multi	Début à fin	oui	ad lib.	48	22,7	32,6	22,0	18,3	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration	NC	10 <sup>10</sup>	Ondarza et Seymour (2008)
Primi	Début à fin	oui	ad lib.	54	NR	39,6	26,9	16,5	BP+SC	<i>Propionibacterium</i>	ration du matin	NR	10 <sup>10</sup>	Lehloanya et al (2008a)
Multi	Début à fin	oui	ad lib.	60	NR	38,7	25,1	17,1	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration	1h après repas	10 <sup>10</sup> à 10 <sup>11</sup>	Stein et al (2006)
Primi	Début à fin	oui	ad lib.	60	NR	38,7	25,1	17,1	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration	1h après repas	10 <sup>10</sup> à 10 <sup>11</sup>	Stein et al (2006)
Primi + Multi	Milieu	oui	NR	39	24,1	28,8	15,6	17,2	BP	<i>Lactobacillus</i> et <i>Propionibacterium</i>	ration du matin	cinétique sur 6 h	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>8</sup>	Raeth-Knight et al (2007)
NR	Milieu	NR	NR	61	NR	26,7	16,3	20,3	BP	<i>Lactobacillus</i> et <i>Propionibacterium</i>	ration du matin	NC	NR	West et al (2005)
Multi	Milieu à fin	non	ad lib.	65	NR	32,4	22,9	15,0	BP+SC	<i>Enterococcus</i>	ration du matin	cinétique sonde	2 g	Chiquette (2009)

BP : Bactérie(s) Probiotique(s) ; BP + SC : association BP et levure *Saccharomyces cerevisiae* ; NC : Non Concerné ; NR : Non Renseigné ; UFC : Unité Formant Colonie.

tiers et à viande. L'effet des BP sur les paramètres du rumen (pH, profils fermentaires et microbiens) est abordé dans une deuxième partie.

## 1 / Les données rassemblées et les méthodes d'analyse

Nous avons rassemblé tous les essais *in vivo* dans lesquels les effets d'un apport de BP sur les performances zootechniques et/ou les paramètres fermentaires du rumen ont été étudiés avec des rations de base présentant un risque acidogène potentiel ( $\geq 40\%$  de concentré dans la ration ; Sauvart et Peyraud 2010). Devant le manque de données relatives à l'utilisation des BP seules, nous avons également pris en compte les essais dans lesquels les BP ont été associées à la levure *S. cerevisiae*. L'ensemble des résultats de ces essais a été organisé dans une base de données regroupant un total de 33 expériences correspondant à 82 traitements. Les expériences incluses dans la méta-analyse sont décrites dans les tableaux 1 et 2.

Chez la vache laitière, 19 études ont été recensées dont 5 publiées seulement sous forme de résumés (régime, % de concentré, dose de probiotiques non renseignés). Les rations offertes aux animaux comportaient en moyenne  $56 \pm 9,6\%$  de concentré (de 39 à 70%). Les proportions de NDF, ADF et MAT étaient respectivement de  $31,2 \pm 4,7\%$  ;  $20,7 \pm 4,3\%$  ; et  $17,7 \pm 3\%$ . La plupart des rations comprenait entre 0,5 et 1,85% de tampons (carbonate de calcium pour la majorité).

Pour les bovins à viande, nous avons recensé 14 expériences (37 traitements), dans lesquelles les animaux étaient alimentés avec des rations comportant en moyenne  $87 \pm 12,8\%$  de concentré (de 56 à 100%). Les proportions de NDF, ADF et MAT n'étaient décrites que dans 6 expériences (4 pour le NDF), tandis que celle d'amidon n'est pas disponible. L'essentiel des rations comprenait des tampons chimiques et/ou des antibiotiques promoteurs de croissance.

Sur les 33 expériences rassemblées, seules 15 rapportaient l'effet des BP seules ou en association avec *S. cerevisiae* sur le pH et/ou les fermentations ruminales chez la vache laitière ou le bovin en croissance. Les rations comportaient une proportion moyenne en concentré de  $69 \pm 17\%$  (de 39 à 100%). Les proportions de NDF, ADF et MAT étaient respectivement de  $29 \pm 6,5\%$  ;  $17,5 \pm 4,3\%$  et  $18,1 \pm 4,1\%$ . Parmi ces études, 11 avaient pour but d'évaluer l'efficacité des BP à maintenir le pH ruminal.

Nous avons quantifié les réponses zootechniques et digestives des animaux à l'apport de BP seules ou à l'apport simultané de BP associées à *S. cerevisiae* (BP + SC). Les analyses ont été réalisées par analyse de variance en testant comme effets fixes, l'expérience, l'espèce animale (hiérarchisée dans l'effet expérience), la supplémentation en BP (0 vs 1) et la nature de la supplémentation (BP vs BP + SC, hiérarchisée dans l'effet supplémentation). Les réponses zootechniques analysées ont été, pour la vache laitière, la Production Laitière (PL), la Matière Sèche Ingérée (MSI), les Taux Butyreux (TB), Protéique (TP) et de Lactose (TL) ainsi que le nombre de cellules somatiques du lait ; pour les bovins à l'engrais ou en croissance, la MSI, le Gain Moyen Quotidien (GMQ) et l'efficacité alimentaire (GMQ/MSI). Les réponses digestives analysées ont été le pH, les concentrations ruminales en AGV totaux, lactate et ammoniac et les proportions molaires des AGV.

## 2 / Performances zootechniques

### 2.1 / Vaches laitières

Peu d'études ont été entreprises pour évaluer l'effet des BP sur les performances zootechniques des vaches laitières même s'il est bien établi que l'acido-

se latente a des conséquences négatives sur les performances animales : ingestion, production et composition du lait (Nocek 1997, Kleen *et al* 2003, Gozho *et al* 2005, 2006, 2007).

Comparée aux vaches témoins (tableau 3), l'utilisation des BP seules (qu'elles soient lactiques, propioniques ou autres) n'a en moyenne pas modifié de façon significative l'ingestion ( $- 0,27$  kg/j), la PL ( $+ 0,89$  kg/j), ni la composition du lait à l'exception du nombre de cellules somatiques qui tend à diminuer. Les effets positifs les plus nets sur les performances zootechniques des animaux (MSI et PL) ont été observés avec les bactéries lactiques seules (lactobacilles et entérocoques). Toutefois, dans l'étude de Gomez-Basauri *et al* (2001) l'effet observé pourrait être non spécifique des BP du fait de la supplémentation de la ration en mannanoligosaccharide (polymère de mannose extrait de la paroi de *S. cerevisiae*). Concernant les bactéries propioniques, à l'exception d'un essai non publié dans une revue scientifique (West *et al* 2005), l'utilisation de *Propionibacterium freudenreichii* PF24 ou P169, seules ou en association avec des bactéries lactiques, n'a amélioré ni l'ingestion, ni la production laitière (Francisco *et al* 2002, Raeth-Knight *et al* 2007, Weiss *et al* 2008). De la même manière, aucun effet n'a été observé sur les performances zootechniques des vaches suite à la supplémentation des rations avec *Prevotella bryantii* 25A

**Figure 1.** Relation entre Production Laitière (PL) et Matière Sèche (MS) ingérée chez des vaches laitières non supplémentées (○) ou supplémentées en bactéries probiotiques seules (●) ou associées à la levure *S. cerevisiae* (●). Les traitements d'une même étude sont reliés entre eux.

Liste des publications incluses dans la méta-analyse : Ware *et al* 1988, Block *et al* 2000, Gomez-Basauri *et al* 2001, Francisco *et al* 2002, Nocek *et al* 2003, West *et al* 2005, Nocek et Kautz 2006, Raeth-Knight *et al* 2007, Chiquette *et al* 2008, Weiss *et al* 2008, Hagg *et al* 2010, Lettat 2011.

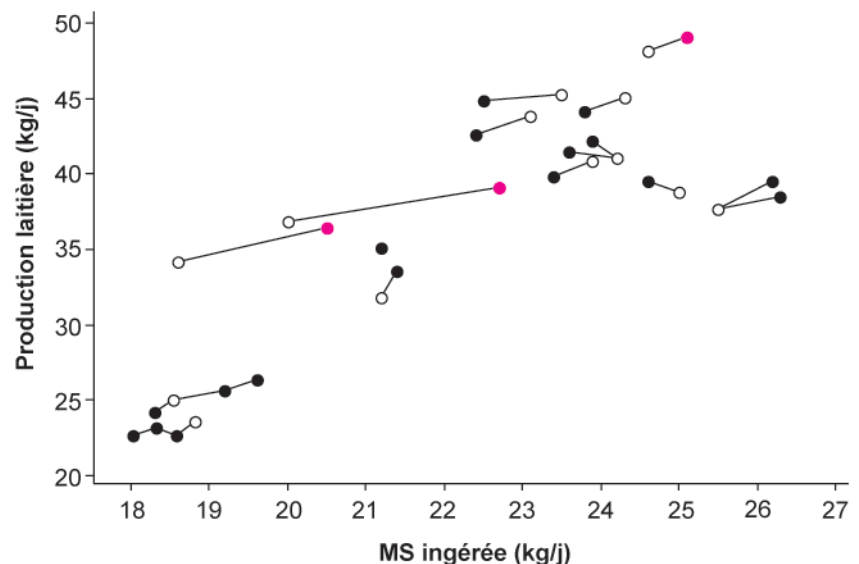


Tableau 2. Caractéristiques des expériences menées sur bovins à viande et incluses dans la méta-analyse.

Type d'animal	Stade physiologique	Tampons	Distribution de l'alimentation	% de concentré	% NDF	% ADF	% MAT	Traitement	Type bactérien	Mode d'administration des probiotiques	Mode de mesure du pH ruminal	Dose en UFC/j	Référence
Taurillons	engraissement	oui	ad lib.	92	22,0	10,2	12,5	BP	<i>Enterococcus</i>	ration du matin	cinétique sonde	10 <sup>9</sup>	Beauchemin et al (2003)
Taurillons	engraissement	oui	ad lib.	92	22,0	10,2	12,5	BP+SC	<i>Enterococcus</i>	ration du matin	cinétique sonde	10 <sup>9</sup>	Beauchemin et al (2003)
Taurillons	engraissement	oui	ad lib.	91	19,3	8,1	14,6	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration du matin	cinétique sonde	10 <sup>9</sup>	Ghorbani et al (2002)
Taurillons	engraissement	oui	ad lib.	91	19,3	8,1	14,6	BP	<i>Propionibacterium</i> et <i>Enterococcus</i>	ration du matin	cinétique sonde	10 <sup>9</sup>	Ghorbani et al (2002)
Taurillons	engraissement	oui	ad lib.	56	40,6	25,5	16,7	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration du matin	avant repas	10 <sup>11</sup>	Lehloeny et al (2008a)
Taurillons	engraissement	oui	ad lib.	56	40,6	25,5	16,7	BP+SC	<i>Propionibacterium</i>	ration du matin	avant repas	10 <sup>11</sup>	Lehloeny et al (2008a)
Taurillons	engraissement	non	ad lib.	90	NR	NR	NR	BP	<i>Propionibacterium</i>	ration du matin	NC	10 <sup>11</sup>	Swinney-Floyd et al (1999)
Taurillons	engraissement	non	ad lib.	90	NR	NR	NR	BP	<i>Propionibacterium</i> et <i>Lactobacillus</i>	ration du matin	NC	10 <sup>8</sup> à 10 <sup>11</sup>	Swinney-Floyd et al (1999)
Taurillons	engraissement	oui	ad lib.	80 à 100	NR	NR	NR	BP	<i>Lactobacillus</i>	ration du matin	1 h après repas	10 <sup>8</sup>	Van Koevering et al (1994)
Bœufs	engraissement	oui + antibiotique	NR	96	NR	8,8	12,6	BP	<i>Propionibacterium</i> et <i>Lactobacillus</i>	ration	NC	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>9</sup>	Vasconcelos et al 2007
Bœufs	finition	oui + antibiotique	NR	96	NR	7,9	15,1	BP	<i>Propionibacterium</i> et <i>Lactobacillus</i>	ration du matin	NC	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>9</sup>	Galyean et al (2000)
Bœufs	finition	NR	NR	90	NR	NR	NR	BP	<i>Propionibacterium</i> et <i>Lactobacillus</i>	ration du matin	NC	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>9</sup>	Rust et al (2000)
Bœufs	finition	oui + antibiotique	NR	83	NR	NR	NR	BP	<i>Megasphaera</i>	ration du matin	NC	10 <sup>9</sup>	Kim et Rust (2002)
Bœufs	finition	oui + antibiotique	ad lib.	96	NR	7,6	13,6	BP	<i>Propionibacterium</i> et <i>Lactobacillus</i>	ration du matin	NC	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>9</sup>	Elam et al (2003)
Bœufs	finition	oui + antibiotique	NR	95	NR	NR	NR	BP	<i>Lactobacillus</i>	ration du matin	NC	10 <sup>9</sup>	Brashears et al (2003)
Bœufs	finition	non	NR	93	NR	NR	NR	BP	<i>Lactobacillus</i>	ration du matin	NC	10 <sup>9</sup>	Peterson et al (2007)

BP : Bactérie(s) Probiotique(s) ; BP + SC : association BP et levure *Saccharomyces cerevisiae* ; NR : Non Concerné ; NC : Non Renseigné ; UFC : Unité Formant Colonie.

(Chiquette *et al* 2008) ou *Megasphaera elsdenii* NCIMB 41125 (Hagg *et al* 2010).

En revanche, l'utilisation de BP (lactiques ou propioniques) conjointement avec la levure *S. cerevisiae* a permis d'augmenter la MSI (+ 1,70 kg/j), la PL (+ 2,36 kg/j), et le TP (+ 1 g/kg) (tableau 3). Puisque l'association BP + SC produit des effets supérieurs à ceux observés pour les bactéries seules, un effet spécifique de *S. cerevisiae* est probable (Desnoyers *et al* 2009, Chaucheyras-Durand et Durand 2010) sans pour autant exclure une synergie entre levures et bactéries. Cependant, aucun essai n'a été directement focalisé sur l'étude de cette interaction entre les deux types d'additifs microbiens. Enfin, quel que soit le type de supplémentation en probiotiques (BP ou BP + SC), toutes les variations de PL observées ont été liées à des variations de l'ingestion, la réponse intra-essai étant de  $+ 1,0 \pm 0,2$  kg lait/kg MS ingérée (figure 1).

## 2.2 / Bovins en croissance et à l'engrais

En moyenne, aucun effet des BP seules ou en association n'a été observé sur

l'ingestion et l'efficacité alimentaire (tableau 4). L'utilisation des bactéries lactiques seules ou associées à des propionibactéries constitue l'essentiel des données rassemblées. Les effets positifs les plus notables sur les performances (GMQ, efficacité) des bovins en croissance ont été observés avec l'association de bactéries lactiques et propioniques (Swinney-Floyd *et al* 1999). La même tendance est observée sur les bovins en fin d'engraissement (Rust *et al* 2000). Les rares données sur le rumen disponibles au sein de ces essais ne permettent pas de dégager les mécanismes d'action impliqués.

En conclusion, chez la vache laitière, l'amélioration de la production laitière n'est avérée que par l'utilisation des BP (bactéries lactiques ou propioniques) combinées à la levure *S. cerevisiae*. Ces effets sont liés à une augmentation de l'ingestion. Chez le bovin à viande, les effets positifs sur la croissance ont été essentiellement obtenus par l'apport de bactéries probiotiques associant des bactéries lactiques et des bactéries propioniques (*Lactobacillus acidophilus* et *P. freudenreichii*). L'intensité des effets des BP apportées seules ou en associa-

tion avec SC sur les performances des bovins pourrait aussi s'expliquer par la présence quasi systématique de tampons et/ou de promoteurs de croissance dans les rations.

## 3 / Fermentations ruminales

### 3.1 / Effets sur le pH ruminal

La méta-analyse des effets des BP sur les fermentations ruminales a été faite sur l'ensemble des données provenant des bovins laitiers et à viande (tableau 5). Chez la vache laitière, aucun effet significatif sur le pH ruminal n'a été observé en utilisant des bactéries propioniques, que ce soit seules (Stein *et al* 2006) ou en association avec des bactéries lactiques (Raeth-Knight *et al* 2007); de même, aucun effet sur le pH n'a été observé suite à une supplémentation avec *P. bryantii* et *M. elsdenii* (Chiquette *et al* 2008, Hagg *et al* 2010). Les seules études rapportant un effet significatif sur le pH ont été obtenues par l'association de bactéries lactiques avec la levure *S. cerevisiae* (Nocek *et al* 2003, Chiquette 2009). Chez les bovins en croissance, aucun effet significatif

**Tableau 3.** Effet des bactéries probiotiques seules ou associées à la levure *S. cerevisiae* sur les performances zootechniques des vaches laitières.

		Témoin	Traité	Variation	N <sub>exp</sub>	ETR	Effets statistiques	
							Probiotique (Traité vs Témoin)	Nature du probiotique (Variation BP vs Variation BP + SC)
MSI (kg/j)	BP	23,8	23,6	- 0,27	11	0,50	P = 0,006	P = 0,001
	BP + SC	21,1	22,8	<b>1,70</b>	3			
PL (kg/j)	BP	37,5	38,4	0,89	17	1,00	P < 0,001	P = 0,05
	BP + SC	33,3	35,7	<b>2,36</b>	5			
TB (%)	BP	3,56	3,52	- 0,04	17	0,18	NS	NS
	BP + SC	4,01	3,97	- 0,04	4			
TP (%)	BP	2,99	3,01	0,02	13	0,05	P = 0,01	P = 0,06
	BP + SC	3,08	3,18	<b>0,10</b>	5			
TL (%)	BP	4,81	4,86	0,05	9	0,09	NS	NS
	BP + SC	4,61	4,72	0,11	2			
Cellules $\times 10^3$ /mL	BP	164	95	<b>- 69</b>	7	56	NS	P = 0,09
	BP + SC	181	238	57	2			

BP = Bactérie(s) Probiotique(s) seule(s) ; BP + SC = association BP et levure *Saccharomyces cerevisiae* ; PL = Production Laitière ; MSI = Matière Sèche Ingérée ; TB = Taux Butyreux ; TP = Taux Protéique ; TL = Taux de Lactose ; Cellules = nombre de cellules somatiques ; N<sub>exp</sub> = nombre d'expériences incluses dans le dispositif ; ETR = Ecart Type Résiduel ; NS = Non Significatif. Les variations significatives par rapport au témoin sont en gras.

Liste des publications incluses dans la méta-analyse : Jaquette *et al* 1988, Ware *et al* 1988, Komari *et al* 1999, Block *et al* 2000, Gomez-Basauri *et al* 2001, Francisco *et al* 2002, Nocek *et al* 2003, West *et al* 2005, Nocek et Kautz 2006, Stein *et al* 2006, Raeth-Knight *et al* 2007, Chiquette *et al* 2008, de Ondarza et Seymour 2008, Lehloenyia *et al* 2008b, Weiss *et al* 2008, Hagg *et al* 2010.

**Tableau 4.** Effet des bactéries probiotiques seules ou associées à la levure *S. cerevisiae* sur l'ingestion, la croissance et l'efficacité alimentaire des bovins en croissance et à l'engrais.

		Témoin	Traité	Variation	N <sub>exp</sub>	ETR	Effets statistiques	
							Probiotique (Traité vs Témoin)	Nature du probiotique (Variation BP vs Variation BP + SC)
MSI (kg/j)	BP	9,28	9,34	0,06	19	0,28	NS	NS
	BP + SC	7,95	7,75	- 0,20	1			
GMQ (kg/j)	BP	1,42	1,51	0,09	19	0,08	P = 0,02	NS
	BP + SC	0,67	0,87	0,20	1			
Efficacité	BP	0,16	0,18	0,01	19	0,02	NS	NS
	BP + SC	0,08	0,11	0,03	1			

BP = Bactérie(s) Probiotique(s) seule(s) ; BP + SC = association BP et levure *Saccharomyces cerevisiae* ; MSI = Matière Sèche Ingérée ; GMQ = Gain Moyen Quotidien ; N<sub>exp</sub> = nombre d'expériences incluses dans le dispositif ; ETR = Ecart Type Résiduel ; NS = Non Significatif.

Liste des publications incluses dans la méta-analyse : Van Koevering *et al* 1994, Swinney-Floyd *et al* 1999, Galyean *et al* 2000, Kim *et al* 2000, Rust *et al* 2000, Beauchemin *et al* 2003, Brashears *et al* 2003, Elam *et al* 2003, Peterson *et al* 2007, Vasconcelos *et al* 2007.

des BP n'a été observé sur le pH ruminal, quelle que soit la composition des BP étudiées : bactérie propionique seule, *P. acidopropionici* P15 (Ghorbani *et al* 2002) ou *P. freudenreichii* P169 (Lehloenya *et al* 2008a), bactérie propionique associée à la bactérie lactique *E. faecium* 212 (Ghorbani *et al* 2002) ou à la levure *S. cerevisiae* (Lehloenya *et al* 2008a), bactérie lactique seule (ÉF212) ou associée à la levure *S. cerevisiae* (Beauchemin *et al* 2003).

En raison de la diversité des situations expérimentales selon les essais (types d'animaux, de régime, nature et dose des BP utilisées...), il est difficile de tirer une conclusion quant à l'efficacité relative des différents probiotiques pour limiter l'acidité dans le rumen. D'après les résultats rassemblés à la figure 2, nous émettons l'hypothèse selon laquelle la régulation du pH ruminal par les BP ne serait effective que lorsque le pH ruminal moyen avec la ration de base est suffisamment faible. Ainsi, dans la seule étude publiée ayant démontré un effet notable de la supplémentation en BP sur le pH (Chiquette 2009), aucun antibiotique ni tampon n'était inclus dans la ration de base qui était associée à un pH ruminal initial bas de 5,41. Des résultats récents (Lettat 2011) chez la vache laitière vont dans le sens de cette hypothèse, puisque la supplémentation en BP seules n'a induit une augmentation du pH moyen (+ 0,24 unités) qu'avec une ration de base riche en amidon (ensilage de maïs + céréales) induisant un pH bas (5,73) ; en revanche, avec une ration de base riche en parois (ensilage d'herbe + pulpe) induisant un pH plus élevé (5,94), la supplémentation en BP n'a pas induit d'augmentation significative du pH (+ 0,08 unités).

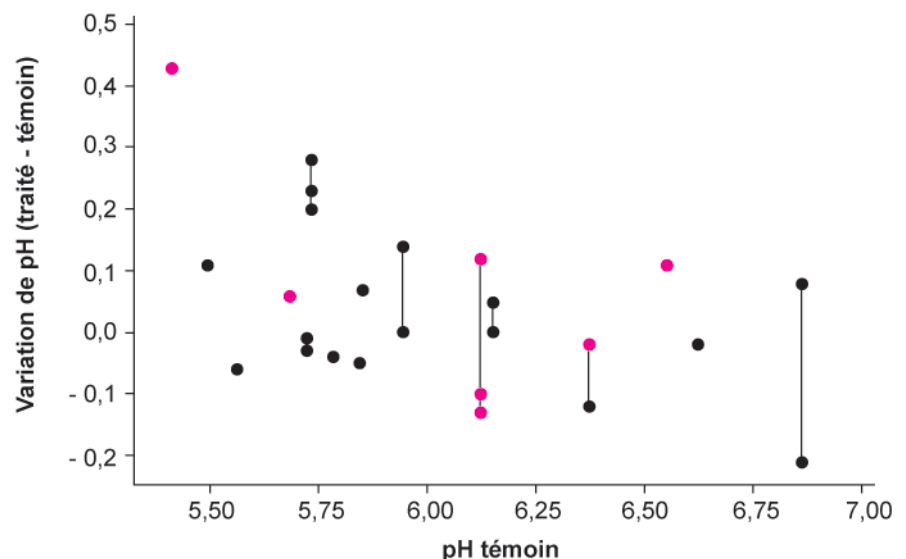
### 3.2 / Effets sur les profils fermentaires

Les effets des BP sur les profils fermentaires du rumen sont variables et en moyenne assez faibles (tableau 5). Parmi les différentes variables caractérisant le profil fermentaire, la proportion d'acétate a été significativement réduite suite à l'apport de BP et BP + SC, tandis que la concentration en lactate tendait à augmenter avec BP + SC. En

intra-expérience, on observe généralement une augmentation des concentrations en AGV totaux et en ammoniac, au maximum de + 11 mM et + 43 mg/L respectivement (Chiquette *et al* 2008) et une diminution de la proportion d'acétate, au maximum de - 4,8 mol/100 mol (Chiquette 2009) essentiellement au profit du propionate, au maximum + 7,7 mol/100 mol (Beauchemin *et al* 2003). Une tendance similaire mais non quantifiée a été rapportée dans d'autres

**Figure 2.** Variation du pH ruminal en fonction du pH du rumen du lot témoin (non supplémenté) chez des bovins laitiers et à viande supplémentés en bactéries probiotiques seules (●) ou associées à la levure *S. cerevisiae* (●). Les traitements d'une même étude sont reliés entre eux.

Liste des publications incluses dans la méta-analyse : Van Koevering *et al* 1994, Ghorbani *et al* 2002, Nocek *et al* 2002, Beauchemin *et al* 2003, Nocek *et al* 2003, Stein *et al* 2006, Raeth-Knight *et al* 2007, Chiquette *et al* 2008, Lehloenya *et al* 2008a, Chiquette 2009, Hagg *et al* 2010, Lettat 2011.



**Tableau 5.** Effets des bactéries probiotiques seules ou associées à la levure *S. cerevisiae* sur le pH et les fermentations ruminales.

		Témoïn	Traité	Variation	N <sub>exp</sub>	ETR	Effets statistiques	
							Probiotique (Traité vs Témoïn)	Nature du probiotique (Variation BP vs Variation BP + SC)
pH	BP	6,07	6,06	- 0,02	13	0,1	NS	P = 0,11
	BP + SC	6,05	6,12	0,07	7			
AGV totaux (mM)	BP	103	105	1,8	9	3,1	NS	NS
	BP + SC	110	112	2,0	2			
Acétate (%)	BP	61,1	60,4	- 0,67	11	1,35	P = 0,05	NS
	BP + SC	60,4	58,3	<b>- 2,10</b>	3			
Propionate (%)	BP	27,0	27,1	0,05	13	2,46	NS	NS
	BP + SC	22,7	24,2	1,45	2			
Butyrate (%)	BP	11,3	11,1	- 0,17	11	0,86	NS	NS
	BP + SC	13,0	12,3	- 0,70	2			
Acétate/Propionate	BP	2,63	2,51	- 0,12	11	0,24	NS	NS
	BP + SC	2,81	2,53	- 0,28	2			
Lactate (mM)	BP	1,87	1,59	- 0,28	7	0,99	NS	P = 0,09
	BP + SC	0,80	2,96	2,16	2			
NH <sub>3</sub> (mg/L)	BP	81,2	89,2	8,0	9	9,6	NS	NS
	BP + SC	77,3	73,3	- 3,9	2			

BP = Bactérie(s) Probiotique(s) seule(s) ; BP + SC = association BP et levure *Saccharomyces cerevisiae* ; N<sub>exp</sub> = Nombre d'expériences incluses dans le dispositif ; ETR = Ecart Type Résiduel ; NS = Non Significatif. Les variations significatives par rapport au témoin sont en gras.

Liste des publications incluses dans la méta-analyse : Van Koeveering *et al* 1994, Ghorbani *et al* 2002, Nocek *et al* 2002, Beauchemin *et al* 2003, Nocek *et al* 2003, Stein *et al* 2006, Raeth-Knight *et al* 2007, Chiquette *et al* 2008, Lehloenya *et al* 2008a, Chiquette 2009, Hagg *et al* 2010.

travaux publiés (Weiss *et al* 2008, Chiquette 2009) ou observée dans un essai récent chez la vache laitière (Lettat 2011). Concernant le lactate, les concentrations ont été soit indétectables (Ghorbani *et al* 2002, Beauchemin *et al* 2003, Lehloenya *et al* 2008a) soit inférieures à 10 mM, ce qui correspond à des concentrations compatibles avec l'état d'acidose latente (Martin *et al* 2006), pour les autres essais. Les rares données disponibles ne permettent pas de conclure sur les effets de l'apport des BP seules ou associées à *S. cerevisiae*.

### 3.3 / Effets sur le microbiote ruminal

Malgré son implication directe dans l'acidose, seulement trois études (Ghorbani *et al* 2002, Beauchemin *et al* 2003, Chiquette 2009) ont été recensées sur l'effet des BP sur le microbiote ruminal. Ghorbani *et al* (2002) ont observé une

diminution du nombre de bactéries amylolytiques et une augmentation de la densité des protozoaires suite à l'apport de *P. acidopropionici* P15, ce qui explique l'augmentation du butyrate dans cette étude (Eugène *et al* 2004). L'augmentation de la densité des protozoaires est bénéfique car ceux-ci contribuent à stabiliser le pH et les fermentations ruminales par diverses fonctions (métabolisation du lactate, prédation des bactéries amylolytiques, séquestration de l'amidon...) (Fonty *et al* 1995, Eugène *et al* 2004, Morgavi *et al* 2008). Dans l'étude de Beauchemin *et al* (2003), aucun effet n'a été observé suite à l'apport de *E. faecium* + *S. cerevisiae* alors que la supplémentation en *E. faecium* seule a augmenté le nombre de coliformes et a eu tendance à diminuer le nombre de protozoaires, ce qui constitue un effet négatif pour l'animal. Enfin, dans l'étude de Chiquette (2009), l'effet préventif des BP sur l'acidose n'a pas été associé à une modification des populations cellulolytiques (*F. succinogenes*,

*R. albus* et *R. flavefaciens*) et/ou utilisatrices de lactate (*M. elsdenii*). En revanche, nous avons observé récemment (Lettat 2011) que l'amélioration du pH était associée à une augmentation de la densité bactérienne totale et des proportions de *Prevotella* et *R. albus*. En résumé, les mécanismes d'action des bactéries probiotiques utilisées dans l'alimentation des ruminants pour prévenir l'acidose ruminale sont encore difficiles à comprendre.

### Conclusion

Cette analyse quantitative de la littérature nous a permis de préciser l'intérêt des bactéries probiotiques en tant qu'additif alimentaire pour moduler les fermentations microbiennes du rumen et améliorer les performances des bovins en production. Les résultats montrent que la supplémentation des

rations en BP, utilisées seules ou en association avec les levures, peut améliorer de façon modérée les performances animales (lait, viande). Il est important de noter que la présence de tampons et/ou de promoteurs de croissance dans les rations peut également avoir contribué à cet effet.

Il est difficile d'expliquer la variabilité de l'efficacité des bactéries probiotiques pour stabiliser le pH ruminal compte tenu du faible nombre d'études, de la variabilité des conditions expérimentales (animaux, types bactériens, doses) et du fait que l'essentiel des rations étudiées

étaient supplémentées avec des tampons. Les effets bénéfiques les plus marqués ont été observés chez la vache laitière avec des associations de bactéries lactiques et de levures, lorsque le pH moyen induit par la ration de base était bas. Il est donc possible que ces effets ne soient pas spécifiques des bactéries probiotiques, mais des levures, dont les effets ont déjà été rapportés dans la littérature. Une action synergique des deux types microbiens n'est pas à exclure.

Nos données expérimentales récentes obtenues sur vaches laitières confirment que l'efficacité des bactéries probio-

tiques dépend du pH ruminal initial et sont les premières à démontrer l'efficacité spécifique des bactéries lactiques et/ou propioniques pour limiter les risques d'acidose ruminale latente. L'ensemble des résultats présentés dans cet article sont prometteurs et devront être confirmés par des recherches complémentaires sur le long terme et impliquant un plus grand nombre d'animaux laitiers ou à viande, afin de confirmer les tendances observées par cette méta-analyse et préciser les mécanismes d'action des bactéries probiotiques. Par ailleurs, il serait pertinent de tester l'effet dose et la synergie bactéries-levures.

## Références

- Beauchemin K.A., Yang W.Z., Morgavi D.P., Ghorbani G.R., Kautz W., Leedle J.A., 2003. Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 81, 1628-1640.
- Block E., Nocek J.E., Kautz W.P., Leedle J.A.Z., 2000. Direct fed microbial and anionic salt supplementation to dairy cows fed 21 days pre- to 70 days postpartum. *J. Anim. Sci.* 78, Suppl. 1, 304.
- Brashears M.M., Galyean M.L., Lonergan G.H., Mann J.E., Killinger-Mann K., 2003. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 and performance by beef feedlot cattle given *Lactobacillus* direct-fed microbials. *J. Food Prot.*, 66, 748-754.
- Brockman R.P., 1990. Effect of insulin on the utilization of propionate in gluconeogenesis in sheep. *Br. J. Nutr.*, 64, 95-101.
- Chaucheyras-Durand F., Walker N.D., Bach A., 2008. Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 145, 5-26.
- Chaucheyras-Durand F., Durand H., 2010. Probiotics in animal nutrition and health. *Beneficial Microbes.*, 1, 3-9.
- Chiquette J., 2009. Evaluation of the protective effect of probiotics fed to dairy cows during a subacute ruminal acidosis challenge. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 153, 278-291.
- Chiquette J., Allison M.J., Rasmussen M.A., 2008. *Prevotella bryantii* 25A used as a probiotic in early-lactation dairy cows: effect on ruminal fermentation characteristics, milk production, and milk composition. *J. Dairy Sci.*, 91, 3536-3543.
- de Ondarza M.B., Seymour W.M., 2008. Case study: Effect of propionibacteria supplementation on yield of milk and milk components of dairy cows. *Prof. Anim. Scientist.*, 24, 254-259.
- Desnoyers M., Giger-Reverdin S., Bertin G., Duvaux-Ponter C., Sauvant D., 2009. Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J. Dairy Sci.*, 92, 1620-1632.
- Elam N.A., Gleghorn J.F., Rivera J.D., Galyean M.L., Defoor P.J., Brashears M.M., 2003. Effects of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* (strains NP45 and NP51) and *Propionibacterium freudenreichii* on performance, carcass, and intestinal characteristics, and *Escherichia coli* strain O157 shedding of finishing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 81, 2686-2698.
- Eugène M., Archimède H., Sauvant D., 2004. Quantitative meta-analysis on the effects of defaunation of the rumen on growth, intake and digestion in ruminants. *Livest. Prod. Sci.*, 85, 81-97.
- Fonty G., Jouany J.P., Forano E., Gouet P., 1995. L'écosystème microbien du réticulorumen. In: Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M. (Eds): *Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion*. INRA, Paris, France, 299-347.
- Francisco C.C., Chamberlain C.S., Waldner D.N., Wettemann R.P., Spicer L.J., 2002. Propionibacteria fed to dairy cows: effects on energy balance, plasma metabolites and hormones, and reproduction. *J. Dairy Sci.*, 85, 1738-1751.
- Galyean M.L., Nunnery G.A., Defoor P.J., Salyer G.B., Parsons C.H., 2000. Effects of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* (Strains 45 and 51) and *Propionibacterium freudenreichii* PF-24 on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. *Burnett Center Progress Report N° 8*. 12p. [http://www.afs.ttu.edu/burnett\\_center/progress\\_reports/bc8.pdf](http://www.afs.ttu.edu/burnett_center/progress_reports/bc8.pdf)
- Ghorbani G.R., Morgavi D.P., Beauchemin K.A., Leedle J.A., 2002. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 80, 1977-1985.
- Gomez-Basauri J., de Ondarza M.B., Siciliano-Jones J., 2001. Intake and milk production of dairy cows fed lactic acid bacteria and mannanoligosaccharide. *J. Dairy Sci.*, 84, Suppl. 1, 283.
- Gozho G.N., Plaizier J.C., Krause D.O., Kennedy A.D., Wittenberg K.M., 2005. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *J. Dairy Sci.*, 88, 1399-1403.
- Gozho G.N., Krause D.O., Plaizier J.C., 2006. Rumen lipopolysaccharide and inflammation during grain adaptation and subacute ruminal acidosis in steers. *J. Dairy Sci.*, 89, 4404-4413.
- Gozho G.N., Krause D.O., Plaizier J.C., 2007. Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90, 856-866.
- Hagg F.M., Erasmus L.J., Henning P.H., Coertze R.J., 2010. The effect of a direct fed microbial (*Megasphaera elsdenii*) on the productivity and health of Holstein cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 40, 101-112.
- Jaquette R.D., Dennis R.J., Coalson J.A., Ware D.R., Manfredi E.T., Read P.L., 1988. Effect of feeding viable *Lactobacillus acidophilus* (BT1386) on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 71, Suppl. 1, 219.
- Khafipour E., Krause D.O., Plaizier J.C., 2009a. Alfalfa pellet-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows increases bacterial endotoxin in the rumen without causing inflammation. *J. Dairy Sci.*, 92, 1712-1724.
- Khafipour E., Krause D.O., Plaizier J.C., 2009b. A grain-based subacute ruminal acidosis challenge causes translocation of lipopolysaccharide and triggers inflammation. *J. Dairy Sci.*, 92, 1060-1070.
- Kim S.W., Standford D.G., Roman-Rosario H., Yokoyama M.T., Rust S.R., 2000. Potential use of *Propionibacterium acidipropionici*, strain DH42, as a direct-fed microbial for cattle. *J. Anim. Sci.*, 78, Suppl. 1, 1225.
- Kleen J.L., Hooijer G.A., Rehage J., Noordhuizen J.P.T.M., 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. *J. Vet. Med. A.*, 50, 406-414.
- Kleen J.L., Hooijer G.A., Rehage J., Noordhuizen J.P.T.M., 2009. Subacute ruminal acidosis in Dutch dairy herds. *Vet. Rec.*, 164, 681-684.
- Komari R.K., Reddy Y.K.L., Suresh J., Raj D.N., 1999. Effect of feeding yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and *Lactobacillus acidophilus* on production performance of crossbred dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82, Suppl. 1, 128.
- Krause K.M., Dhuyvetter D.V., Oetzel G.R., 2009. Effect of a low-moisture buffer block on ruminal pH in lactating dairy cattle induced



- with subacute ruminal acidosis. *J. Dairy Sci.*, 92, 352-364.
- Lehloeny K.V., Krehbiel C.R., Mertz K.J., Rehberger T.G., Spicer L.J., 2008a. Effects of propionibacteria and yeast culture fed to steers on nutrient intake and site and extent of digestion. *J. Dairy Sci.*, 91, 653-662.
- Lehloeny K.V., Stein D.R., Allen D.T., Selk G.E., Jones D.A., Aleman M.M., Rehberger T.G., Mertz K.J., Spicer L.J., 2008b. Effects of feeding yeast and propionibacteria to dairy cows on milk yield and components, and reproduction. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 92, 190-202.
- Lettat A., 2011. Efficacité et mode d'action des bactéries propioniques et/ou lactiques pour prévenir l'acidose latente chez le ruminant. Thèse, Ecole Doctorale SVSAE, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 209p.
- Loncke C., Ortigues-Marty I., Vernet J., Lapiere H., Sauvant D., Nozière P., 2009. Empirical prediction of net portal appearance of volatile fatty acids, glucose, and their secondary metabolites ( $\beta$ -hydroxybutyrate, lactate) from dietary characteristics in ruminants: A meta-analysis approach. *J. Anim. Sci.*, 87, 253-268.
- Martin C., Brossard L., Doreau M., 2006. Mécanismes d'apparition de l'acidose ruminale latente et conséquences physiopathologiques et zootechniques. *INRA Prod. Anim.*, 19, 93-108.
- Meissner H.H., Henning P.H., Horn C.H., Leeuw K.J., Hagg F.M., Fouché G., 2010. Ruminal acidosis: a review with detailed reference to the controlling agent *Megasphaera elsdenii* NCIMB 41125. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 40, 79-100.
- Meschy F., Bravo D., Sauvant D., 2004. Analyse quantitative des réponses des vaches laitières à l'apport de substances tampon. *INRA Prod. Anim.*, 17, 11-18.
- Morgavi D.P., Jouany J.P., Martin C., 2008. Changes in methane emission and rumen fermentation parameters induced by refaunation in sheep. *Aust. J. Exp. Agric.*, 48, 69-72.
- Nocek J.E., 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.*, 80, 1005-1028.
- Nocek J.E., Kautz W.P., 2006. Direct-fed microbial supplementation on ruminal digestion, health, and performance of pre- and post-partum dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89, 260-266.
- Nocek J.E., Kautz W.P., Leedle J.A.Z., Allman J.G., 2002. Ruminal supplementation of direct-fed microbials on diurnal pH variation and *in situ* digestion in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 85, 429-433.
- Nocek J.E., Kautz W.P., Leedle J.A.Z., Block E., 2003. Direct-fed microbial supplementation on the performance of dairy cattle during the transition period. *J. Dairy Sci.*, 86, 331-335.
- Peterson R.E., Klopfenstein T.J., Erickson G.E., Folmer J., Hinkley S., Moxley R.A., Smith D.R., 2007. Effect of *Lactobacillus acidophilus* strain NP51 on *Escherichia coli* O157:H7 fecal shedding and finishing performance in beef feedlot cattle. *J. Food Prot.*, 70, 287-291.
- Peyraud J.L., Apper-Bossard E., 2006. L'acidose latente chez la vache laitière. *INRA Prod. Anim.*, 19, 79-92.
- Raeth-Knight M.L., Linn J.G., Jung H.G., 2007. Effect of direct-fed microbials on performance, diet digestibility, and rumen characteristics of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90, 1802-1809.
- Rust S.R., Metz K., Ware D.R., 2000. Effects of Bovamine™ rumen culture on the performance and carcass characteristics of feedlot steers. *J. Anim. Sci.*, 78, Suppl. 2, 83.
- Sauvant D., Peyraud J.L., 2010. Calculs de ration et évaluation du risque acidogène. *INRA Prod. Anim.*, 23, 333-342.
- Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2006. Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *INRA Prod. Anim.*, 19, 69-78.
- Stein D.R., Allen D.T., Perry E.B., Bruner J.C., Gates K.W., Rehberger T.G., Mertz K., Jones D., Spicer L.J., 2006. Effects of feeding propionibacteria to dairy cows on milk yield, milk components, and reproduction. *J. Dairy Sci.*, 89, 111-125.
- Stephens T.P., Loneragan G.H., Chichester L.M., Brashears M.M., 2007a. Prevalence and enumeration of *Escherichia coli* O157 in steers receiving various strains of *Lactobacillus*-based direct-fed microbials. *J. Food Prot.*, 70, 1252-1255.
- Stephens T.P., Loneragan G.H., Karunasena E., Brashears M.M., 2007b. Reduction of *Escherichia coli* O157 and *Salmonella* in feces and on hides of feedlot cattle using various doses of a direct-fed microbial. *J. Food Prot.*, 70, 2386-2391.
- Swinney-Floyd D., Gardner B.A., Owens F.N., Rehberger T.G., Parrott T.D., 1999. Effects of inoculation with either *Propionibacterium* strain P-63 alone or combined with *Lactobacillus acidophilus* strain LA53545 on performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 77, Suppl. 1, 77-78.
- Van Koeveering, M.T., Owens F.N., Secrist D.S., Anderson R.H., Herman R.E., 1994. Cobactin II for feedlot steers. *J. Anim. Sci.*, 72, Suppl. 1, 83.
- Vasconcelos J.T., Elam N.A., Brashears M.M., Galyean M.L., 2008. Effects of increasing dose of live cultures of *Lactobacillus acidophilus* (Strain NP 51) combined with a single dose of *Propionibacterium freudenreichii* (Strain NP 24) on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 86, 756-762.
- Ware D.R., Read P.L., Manfredi E.T., 1988. Lactation performance of two large dairy herds fed *Lactobacillus acidophilus* strain BT138 in a switchback experiment. *J. Dairy Sci.*, 71, Suppl. 1, 219.
- Weiss W.P., Wyatt D.J., McKelvey T.R., 2008. Effect of feeding propionibacteria on milk production by early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91, 646-652.
- West J.W., Bernard J.K., Cross G.H., Trammell D.S., 2005. Effects of Live Bacterial Inoculants on Performance of Lactating Dairy Cows. [http://www.bovamine.com/publications/Georgia\\_Final\\_report.pdf](http://www.bovamine.com/publications/Georgia_Final_report.pdf)

## Résumé

L'acidose ruminale latente est une préoccupation majeure chez les ruminants à potentiel élevé de production. Sa prévention par la supplémentation des rations avec des Bactéries Probiotiques (BP) est une stratégie potentiellement intéressante compte tenu de leur capacité à s'adapter à l'environnement très compétitif du rumen. Une méta-analyse des données publiées regroupant 33 expériences (82 traitements) a permis de mettre en évidence l'effet des BP, seules ou associées à la levure *Saccharomyces cerevisiae* (BP + SC), sur les fermentations dans le rumen et les performances zootechniques de bovins laitiers et à viande. Chez ces derniers la supplémentation en BP ou en BP + SC n'a pas affecté en moyenne les performances animales. En revanche, chez la vache laitière la supplémentation en BP + SC a permis d'augmenter l'ingestion (+ 1,7 kg/j) et la production de lait (+ 2,36 kg/j) sans modifier sa composition. L'effet des probiotiques sur les fermentations dans le rumen est très variable et en moyenne relativement faible. La régulation du pH ruminal moyen par les BP seules ou les BP + SC n'est effective que lorsque la ration de base entraîne un pH ruminal inférieur à 5,75. Enfin, bien que non pris en compte dans le dispositif statistique du fait d'un nombre limité de données, les réponses des performances animales semblent également dépendre du type de BP employées.

## Abstract

---

### *Quantitative analysis of the effect of bacterial probiotics on rumen fermentations and performances in dairy and beef cattle*

Subacute ruminal acidosis is a major concern in nutrition of high-producing ruminants. Its prevention by supplementing diets with probiotic bacteria (PB) is a potentially effective strategy that should be considered in light of the ability of probiotics to positively modulate the ruminal flora and fermentations. A meta-analysis of 33 experiments (82 treatments) was made to highlight the effect of PB, used alone or associated with the yeast *Saccharomyces cerevisiae* (PB + SC), on ruminal parameters and animal performance of dairy and beef cattle. Although in beef cattle supplementation with PB or with PB + SC did not affect the average animal performance, in dairy cows, supplementation with PB + SC increased intake (+ 1.7 kg/day) and milk production (+ 2.36 kg/day) without affecting milk composition. The effect of probiotics on ruminal fermentations was inconsistent and relatively weak. However, for low initial mean pH values (pH < 5.75), supplementation with PB alone or PB + SC significantly increased the pH. Finally, although not included in the statistical model because of limited data, animal responses also appear to depend on the type of PB used.

LETTAT A., MARTIN C., BERGER C., NOZIÈRE P., 2012. Analyse quantitative de l'effet des bactéries probiotiques sur les fermentations dans le rumen et les performances des bovins en production. INRA Prod. Anim., 25, 4, 351-360.