

## EFFICACITÉ D'UN PROBIOTIQUE A BASE DE BACILLUS SUBTILIS EN POULETS DE CHAIR

**Gracia Marta<sup>1</sup>, Esteve-Garcia Enriq<sup>2</sup>, Cachaldora Pilar<sup>3</sup>, Marubashi Toshihiro<sup>4</sup>,  
McCartney Elinor<sup>5</sup>, Medel Pedro<sup>6</sup>, van der Aa Arno<sup>6</sup>,**

<sup>1</sup>*IMASDE AGROPECUARIA S.L., C/Napoles 3 28224 POZUELO DE ALARCON, ESPAGNE*

<sup>2</sup>*IRTA NUTRITION ANIMALE, Mas de Bover, Ctra Reus al Morell, km 3,8 43120  
CONSTANTI, ESPAGNE*

<sup>3</sup>*COREN, Pol.Ind. San Cirpian de Vinas C/4 32901 OURENSE, ESPAGNE*

<sup>4</sup>*CALPIS CO.,LTD., 4-1,2-chome, Ebisu-Minami, Shibuya-ku 150-0022 TOKYO, JAPON*

<sup>5</sup>*PEN&TEC CONSULTING, Passeig del Roser 135 Mirasol, 08195 SANT CUGAT DE  
VALLES, BARCELONA, ESPAGNE*

<sup>6</sup>*ORFFA ADDITIVES B.V., Vierlinghstraat 51 4251 LC WERKENDAM, PAYS-BAS*

### RÉSUMÉ

*Bacillus subtilis* C-3102 est testé dans quatre expérimentations impliquant 5524 poulets mâles (126 répliques). Un régime de base (témoin) est comparé à ce même régime auquel on rajoute 50 mg/kg de probiotiques ( $5 \times 10^5$  UFC/g. d'aliment). Les données recueillies sont traitées statistiquement et une méta-analyse est réalisée. Plusieurs paramètres sont contrôlés : poids vif à 21 et 42 jours, mortalité, gain de poids, prise alimentaire, Indice de Consommation 1-21, 22-42 et 1-42 jours. Le ratio EPEF (Facteur Européen d'Efficacité de Production) pour la période 1-42 jours est également déterminé.

Comparativement au lot témoin, le poids des poulets sous probiotique à 21 et 42 jours est supérieur (respectivement de 3.2 et 1.6%). Dans le modèle expérimental utilisé, la mortalité est considérée comme normale (6.4%) et non influencée par les traitements. Sur les 21 premiers jours, le probiotique augmente la croissance (36.4 vs 37.6 g/J ;  $P < 0.01$ ) et la prise alimentaire (59.2 vs 60.4 g/J. ;  $P < 0.05$ ). De 22 à 42 jours, l'Indice de Consommation est amélioré (2.02 vs 1.96 ;  $P < 0.05$ ). Sur 42 jours de vie, la croissance des poulets du lot expérimental est plus forte (61.2 vs 62.2 g/J. ;  $P = 0.055$ ), l'indice plus bas (1.90 vs 1.85 ;  $P < 0.05$ ) et le ratio EPEF est supérieur (303 vs 317 ;  $P < 0.01$ ). En conclusion, notre étude a montré que ce probiotique est efficace sur les performances du poulet de chair à la dose de 50 mg/kg.

### ABSTRACT

Four experiments involving 5,524 male broilers in 126 replicates evaluated the efficacy of *Bacillus subtilis* C-3102. A completely randomized design was applied in each study using two experimental treatments: 1) basal diets (control), and 2) basal diets with 50 mg/kg of probiotic (supplying  $5 \times 10^5$  CFU per gram feed) in both starter and grower phases. The experimental data were tested for homogeneity, pooled and combined in a meta-analysis. Parameters selected were body weight at 21 and 42 days, mortality, weight gain, feed intake and feed efficiency at 1-21, 22-42 and 1-42 days and European Production Efficiency Factor (EPEF) at 1-42 days.

At 21 d of age, the broilers fed probiotic weighed 3.2% more than controls (806 vs 832 g;  $P < 0.01$ ) and 1.6% more at 42 d of age ( $P = 0.056$ ). Mortality was considered normal (mean 6.4%) in the experimental models used (feeds without coccidiostats and antibiotics, broilers in two studies bedded on once-used litter) and was unaffected by treatment. From 1 to 21 d, the probiotic improved growth (36.4 vs 37.6 g/d;  $P < 0.01$ ) and feed intake (59.2 vs 60.4 g/d;  $P < 0.05$ ). From 22 to 42 d probiotic supplementation improved feed to gain ratio (2.02 vs 1.96 g gain/g feed;  $P < 0.05$ ). Over the whole period, broilers fed the probiotic grew faster (61.2 vs 62.2 g/d;  $P = 0.055$ ), converted better (1.90 vs 1.85 feed/gain;  $P < 0.05$ ) and showed better EPEF values (303 vs 317;  $P < 0.01$ ) than controls. In conclusion, these data provide evidence that this probiotic improves broiler performance at a dose of 50 mg/kg.

## INTRODUCTION

Pour se prémunir des maladies causées par la pression microbienne en élevage intensif de poulets, plusieurs additifs peuvent être employés en soutien de la microflore intestinale. L'utilisation de probiotiques est bien connue. Ils sont décrits comme des additifs renfermant des microorganismes vivants qui peuvent avoir des effets positifs sur l'équilibre intestinal (Fuller, 1989).

La plupart des probiotiques connus ne survivent cependant pas aux traitements technologiques appliqués lors de la fabrication d'aliment pour les volailles, comme le chauffage ou l'utilisation de coccidiostatiques. Une des solutions consiste alors à utiliser ces probiotiques sous forme sporulée, comme *Bacillus subtilis*. Les spores de *Bacillus subtilis* sont connues pour leur capacité à résister à divers facteurs de stress provenant de l'environnement. Durant la sporulation la paroi cellulaire et le cortex se développent autour de la spore, puis il y a formation d'une enveloppe de protéine. Ces spores sont décrites comme métaboliquement inactives, hautement résistantes aux agressions environnementales et stables très longtemps. Cette organisation interne leur confère malgré tout une capacité de détection de substances nutritives même infimes dans l'environnement et ainsi déclencher un processus appelé germination consistant en une transformation en cellule végétativement en croissance (Driks, 2002).

L'utilisation de *Bacillus subtilis* C-3102 comme probiotique en alimentation animale a conduit à des améliorations des paramètres de production chez les truies (Yang et al, 1999; Maruta et al, 1996b), porcelets (Baidoo et al, 1999), poules (Sohail et al, 2002; Hooge et al, 2005; Hooge et al, 2008) et dindes (Blair et al, 2004). La présente étude a pour objet d'étudier l'impact de *Bacillus subtilis* C-3102 sur les performances des poulets. L'utilisation de *Bacillus subtilis* dans les aliments pour poulets permet d'améliorer la santé intestinale grâce à plusieurs modes d'action : consommation d'oxygène; stimulation des bactéries produisant de l'acide lactique; compétition et réduction de la population de bactéries pathogènes (Kato et al, 2007). *Bacillus subtilis* est représenté par des formes de spores aérobies qui évoluent dans le digesta et consomment l'oxygène causant ainsi la prolifération de bactéries natives, facultativement *Lactobacilli* anaérobies (Kato et al, 2007). La production de certaines enzymes par les spores de *Bacillus subtilis* représente également une voie de stimulation de *Lactobacilli*. Les *Bacillus* sont connus pour leur production d'exoenzymes. Plus de 20 enzymes différentes sont produites par *Bacillus subtilis* (Priest, 1977). Plus tard, il a été montré que les enzymes telles que la catalase et la subtilisine isolées à partir *Bacillus subtilis* sont chacune capables de stimuler la

croissance de *Lactobacillus* in vitro (Hosoi et al, 2000). Plusieurs études mentionnent le mécanisme de exclusion concurrentielle pour expliquer partiellement l'effet positif des probiotiques et plus particulièrement celui de *Bacillus subtilis* (Maruta et al, 1996a,b; Ragione et al, 2003; Hong et al, 2005; Revollo et al, 2006). Le terme de exclusion concurrentielle fait référence à la capacité des bactéries administrées oralement à stimuler la résistance de l'hôte contre certaines bactéries responsables de maladies infectieuses. Différents mécanismes ont été proposés dont celui de la compétition pour les sites récepteurs des muqueuses de l'hôte, compétition pour les nutriments essentiels des fonctions immunitaires de l'hôte (Hong et al, 2005).

Des essais ont été menés pour montrer les effets de *Bacillus subtilis* sur les pathogènes (Maruta (1996a). Plusieurs expérimentations au cours desquelles des baisses de populations microbiennes de type *Salmonella*, *Campylobacter* et *Clostridium perfringens* ont été rapportés grâce à l'utilisation de *Bacillus subtilis* C-3102 dans l'aliment. Dans une expérience, une réduction importante du nombre d'oiseaux infectés par *Campylobacter* a été observée: de 100% pour le lot témoin à 40% pour le groupe d'oiseaux ayant reçu *Bacillus subtilis* C-3102 du 34<sup>ème</sup> au 56<sup>ème</sup> jour et seulement 16% pour le traitement dans lequel *Bacillus subtilis* C-3102 était distribué sur une période plus longue de 17 à 56 jours d'âge. Non seulement le nombre d'oiseaux infectés a diminué, mais aussi au sein du groupe de sujets positifs à *Campylobacter* le nombre de bactéries pathogènes retrouvé dans les fèces a été réduit de façon significative ( $P < 0.001$ ). Concernant les analyses *Salmonelles* et *Clostridium perfringens* dans les fèces, Maruta et al (1996) a aussi montré une diminution des taux d'infection.

Plusieurs autres études ont également mis en évidence une diminution de la flore pathogène lorsque *Bacillus subtilis* était utilisé dans l'aliment. Ragione (2001) a démontré une réduction d'*E.coli*. Dans d'autres publications, Ragione (2003) rapporte des effets positifs sur les *Salmonelles* et *Clostridium*, Fritts (2000) montre des réductions significatives des *Salmonelles*, de *Campylobacter* ainsi que des comptages de cellules aérobies sur les carcasses de poulets après abattage.

## 1. MATERIEL ET METHODE

### 1.1. Protocole

Une méta-analyse a été entreprise conformément aux standards de qualité actuels requis par l'Union Européenne (SCAN, 1999). Les données ont été collectées à partir de 4 expérimentations exécuté en Espagne dans lesquelles un protocole identique a été appliqué : ABI+D1151105 (Gracia et al, 2006a), ABCOR1151005 (Gracia et al, 2006b), B-269 (Esteve

et al, 2006) et ABI+D1150106 (Gracia et al, 2006c). Ensuite, leur homogénéité a été testée. Puis les données ont été poolées avant de procéder à une analyse globale. Les paramètres sélectionnés pour le traitement des données ont été les suivants : Poids Vif (g) à 21 et 42 jours d'âge (J); Gain Moyen Quotidien (g); prise alimentaire (g/jour); Indice de Conversion de l'Aliment (g d'aliment/g de gain de poids) entre 1-21, 22-42 et 1-42 jours d'âge ; mortalité (%); ratio "Facteur Européen de l'Efficacité de la Production" calculé pour la période 1-42 jours d'âge (EPEF= GMQ (g)/ IC x 10) x (100 – mortalité (%)).

### 1.2. Traitements expérimentaux

Un régime témoin a été comparé à un régime expérimental. Dans ce dernier, l'aliment a été supplémenté avec un additif de type probiotique *Bacillus subtilis* C-3102 (Calsporin®). L'aliment expérimental contenait  $5.0 \times 10^5$  UFC de *Bacillus subtilis* par gramme (équivalent à 50 ppm ou 50 g par tonne d'aliment). La concentration du probiotique pur était de  $1.0 \times 10^{10}$  UFC/g. Chaque essai était divisé en deux périodes : démarrage (1-21 jours) et finition (22-42 jours). Le régime expérimental était distribué pendant les deux périodes de façon consécutive.

### 1.3. Régimes alimentaires

Dans deux études, de l'aliment broyé a été utilisé tandis que dans les deux autres de l'aliment de type granulé a été distribué. Chaque formulation était adaptée d'une part à la région d'application de l'essai, d'autre part à la période de l'année durant laquelle l'étude s'est déroulée. La formule alimentaire était basée sur du blé, de l'orge, du maïs et de la farine de grains de soja. Les aliments démarrage avaient des taux de protéine brute compris entre 22.0 et 23.0% et les teneurs en Energie Métabolisable variaient de 2950 à 3000 kcal/kg. Les taux de protéine des aliments finition allaient de 19.0% à 21.0% et la teneur en Energie Métabolisable était de 3100 à 3150 kcal/kg. Les valeurs pour chaque étude sont indiquées dans le tableau 2.

### 1.4. Animaux

Des poussins mâles Ross 308 ont été utilisés dans tous les essais. La première étude comprenait deux traitements avec chacun 16 réplifications et au total 704 poulets. La deuxième étude comprenait deux traitements de 11 réplifications chacun et 1364 poulets. La troisième étude comprenait deux traitements avec chacun 12 réplifications et 2400 oiseaux au total. Enfin, la quatrième étude comprenait deux traitements avec 24 réplifications chacun et 1056 oiseaux au total. Dans ces études, le nombre d'oiseaux pour les groupes témoin et expérimental étaient similaires.

### 1.5. Analyse statistique

Les données ont été analysées par GLM de SASv. 6.12 (SAS, 1990) avec pour principaux effets étudiés la supplémentation *Bacillus subtilis* C-3102 et l'expérimentation. Les probabilités  $P \leq 0.05$  ont été considérées statistiquement significatives tandis que celles comprises entre 0.10 et 0.05 ont été jugées comme des tendances à la signification.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de la méta-analyse dont l'effet étudié était le traitement *Bacillus subtilis* C-3102 sont présentés dans le tableau 1. Les différences significatives n'ont pas montré des interactions significatives. Les oiseaux nourris avec des probiotiques pesaient 3.2% de plus que ceux du lot témoin à 21 jours d'âge (806.3 vs 832.1 g;  $P=0.0037$ ) et 1.6% de plus à 42 jours, tendance significative (2599.2 vs 2640.1 g;  $P=0.0558$ ). La croissance (g/jour) et la prise alimentaire (g/jour) ont été respectivement améliorées de 3.3% et 2.0% entre 1 et 21 jours d'âge ( $P<0.05$ ). L'efficacité alimentaire (g d'aliment / g gain de poids) a été améliorée de 3.0% entre 22 et 42 jours d'âge ( $P<0.05$ ). Les données issues de la période totale (1-42 jours) ont montré une amélioration de 2.6% ( $P<0.05$ ) de l'efficacité alimentaire (g d'aliment / g de gain de poids) et 4.6% ( $P<0.05$ ) pour l'EPEF. Durant la période 1-42 jours, la croissance des oiseaux ayant reçu le probiotique a été améliorée de 1.6% ( $P=0.0553$ ). Les résultats observés ont confirmé ceux décrits dans de précédentes études. Hooge (2004) a rapporté les résultats combinés de 3 essais. Ils montrent une augmentation du poids vif de 2.9% à 41 jours et un plus faible indice de conversion de l'aliment (g d'aliment / g gain de poids vif) de l'ordre de 1.5%. Ces essais ont tous été menés avec un taux d'incorporation de *Bacillus subtilis* C-3102 de seulement  $3.0 \times 10^5$  UFC par gramme d'aliment. De même, Fritts (2000) a suivi des essais en poulets avec *Bacillus subtilis* C-3102. Les résultats combinés ont montré une moindre contamination des carcasses par les *Salmonelles*, les *Campylobacter*, les cellules aérobies et l'absence d'*E-Coli*. Les paramètres de production observés dans ces essais combinés confirment les résultats trouvés dans cette présente étude, avec un accroissement du poids vif de 2.6% à 42 jours et une amélioration de l'indice de conversion de l'aliment (g d'aliment / g gain de poids vif) de 2.6% entre 21 et 42 jours. Aucune différence de mortalité entre les lots témoin et expérimental n'a été mise en évidence, respectivement 6.99% et 5.89% ( $P=0.2363$ ). Chez des poulets de chair infectés expérimentalement, Maruta (1996) a rapporté des taux d'infection significativement plus bas et la moindre présence de pathogènes comme *Salmonella*, *Campylobacter* et *Clostridium perfringens* dans les fèces des animaux

alimentés avec un probiotique de type *Bacillus subtilis*. Cependant, ces essais n'ont pu mettre en évidence de baisse de la mortalité.

En 2004 une méta-analyse a été menée dans le cadre du dossier d'enregistrement de *Bacillus subtilis* C-3102 à l'Union Européenne. Le taux d'incorporation du probiotique pur dans l'aliment était plus élevé :  $1.0 \times 10^6$  UFC par gramme, ce qui est comparable à 100 ppm (100 g par tonne d'aliment). Les essais de cette étude ont été menés au Centre IRTA (Espagne), Roslin (Ecosse), Foulum (Danemark) et CLO (Belgique). Une amélioration de 2.7% de l'indice de conversion de l'aliment durant toute la période de vie (1-42 jours) a été observée, ce qui corrobore les résultats de cette étude. La croissance a été plus forte pour le plus fort dosage, conduisant ainsi à une amélioration significative du poids vif final (+63.6 g,  $P < 0.001$  vs +40.9 g,  $P = 0.0558$  pour 100 et 50 ppm respectivement) (EFSA, 2006).

## CONCLUSIONS

Le probiotique *Bacillus subtilis* C-3102 a montré des effets positifs sur l'équilibre de la microflore intestinale et sur les paramètres de production chez les différentes espèces animales d'élevage. Cette présente étude a montré que *Bacillus subtilis* C-3102 avait influencé positivement les différents paramètres de production quand il était utilisé en tant que probiotique pour poulets de chair, sur toute la période de l'élevage. Les principaux effets ont été observés au niveau de la croissance et donc du poids vif. L'indice de conversion de l'aliment a été également amélioré. Ces résultats ont conduit à une augmentation du ratio EPEF (European Production Efficiency Factor) prouvant ainsi que les résultats économiques pour les éleveurs de volailles étaient améliorés. Ces résultats viennent confirmer ceux d'essais précédents menés aux Etats-Unis. Cette étude particulière a démontré également que, dans les conditions européennes saines d'élevage et de nutrition, la supplémentation de *Bacillus subtilis* était particulièrement efficace sur l'équilibre de la flore microbienne intestinale et donc sur les performances des volailles.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baidoo, S., Yang, Q., Walker, R. Marubashi, T., Imabayashi, T., 1999. J. Anim. Sc. 80 Suppl. 1: 391
- Blair, E.C., Allen, H.M., Brooks, S.E., Firman, J.D., Robbins, D.H., Nishimura, K. and Ishimaru, H., 2004. Int. J. Poult. Sc., 3: 75-79.
- Driks, A., 2002. Cell. Mol. Life Sci., 59: 389-391.
- EFSA, Opinion of Scientific Panel, 2006. EFSA Journal (2006) 336: 1-15.
- Esteve, E. and McCartney, E., 2006. Trial report IRTA, Reus, Spain. Unique Study Code: B-269
- Fritts, C., Kersey, J., Motl, M., Kroger, E. Yan, F., Jiang, J., Campos, M., Waldroup, L., Waldroup P., 2000. J. Appl. Poult. Res., 9: 149-155.
- Fuller, R., 1989. J. Appl. Bact., 66: 365-378.
- Gracia, M. and McCartney, E., 2006a. Trial report Imasde, Madrid, Spain. Unique Study Code: ABI+D1151105
- Gracia, M. and McCartney, E., 2006b. Trial report Coren, Madrid, Spain. Unique Study Code: ABCOR1151005
- Gracia, M. and McCartney, E., 2006c. Trial report Imasde, Madrid, Spain. Unique Study Code: ABI+D1150106
- Hongh, H., Duc, L., Cutting, S., 2005. FEMS Microbiol. Rev., 29: 813-835.
- Hooge, D., Ishimaru, H. and Sims, M., 2004. J. Appl. Poult. Res., 13: 222-228.
- Hooge, D., Kato, M. and Nishimura, K., 2005. Poultry Science Association. Proc. Annual Meeting 2005, Auburn, Alabama, USA.
- Hooge, D., Otomo, N., and Johnson, S., 2008. Poultry Science Association. Proc. Annual Meeting 2008, Niagara Falls, Ontario, Canada
- Hosoi, T., Ametani, A., Kiuchi, K. and Kaminogawa, S., 2000. Can. J. Microbiol., 46: 892-897.
- Kato, M., Otomo, N., Nishimura, K., Tadano, Y., Marubashi, T., Miyazaki, H., Maruta, K., Hooge, D., 2007. J. Poult. Sc. 86, Suppl. 1:216
- Maruta, K., Miyazaki, H., Masuda, S., Takahashi, M., Marubashi, T., Tadano, Y. and Takashi, H., 1996a. Anim. Sc. Tech., 67: 273-280.
- Maruta, K., Miyazaki, H., Masuda, S., Takahashi, M., Suzuki, S., Tadano, Y. and Takashi, H., 1996b. Anim. Sc. Techn., 67: 403-409.
- Priest, F., 1977. Bacteriol. Rev., 41: 711-753.
- Ragione, R. and Woodward, M., 2003. Vet. Microbiol., 94: 245-256.
- Ragione, R., Casula, G., Cutting, S. And Woodward, M., 2001. Vet. Microbiol. 79: 133-142.
- Revollodo, L., Ferreira, A., Mead, G., 2006. J. Appl. Poult. Res., 15:341-351.
- SCAN, EU Commission Health & Consumer Protection Directorate-General. Directorate C- Scientific Opinions, Guidelines Assessment Additives PART II: Enzymes and Micro-Organisms, 1999.
- Sohail, S., Bryant, M., Voitle, R. and Roland, D., 2002. J. Appl. Poult. Res., 11: 379-387.
- Yang, Q., Baidoo, S., Walker, R. Marubashi, T., Imabayashi, T., 1999. J. Anim. Sc. 80 Suppl. 1: 390.

**Table 1.** Effet du Traitement ( T1 Témoin vs T2 *Bacillus subtilis* C-3102) et de l'Expérience (Etude 1 vs Etude 2 vs Etude 3 vs Etude 4) sur le Gain Moyen Quotidien (GMQ, g/j), la Prise Alimentaire (PI, g/j), l'Indice de Conversion de l'Aliment (ICA, g aliment/ g gain de poids vif) et le Facteur Européen d'Efficacité de la Production (EPEF) pour les poulets

| Période en jours      | 1-21              |                    |                   | 22-42             |                    |                    | 1-42              |                    |                   | EPEF             |
|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
|                       | GMQ               | PI                 | ICA               | GMQ               | PI                 | ICA                | GMQ               | PI                 | ICA               |                  |
| Traitement            |                   |                    |                   |                   |                    |                    |                   |                    |                   |                  |
| T1 Témoin             | 36.4 <sup>b</sup> | 59.2 <sup>b</sup>  | 1.64              | 86.3              | 172.9              | 2.02 <sup>b</sup>  | 61.2 <sup>y</sup> | 115.7              | 1.90 <sup>b</sup> | 303 <sup>b</sup> |
| T2 <i>Bacillus</i> s. | 37.6 <sup>a</sup> | 60.4 <sup>a</sup>  | 1.61              | 87.0              | 170.4              | 1.96 <sup>a</sup>  | 62.2 <sup>x</sup> | 115.0              | 1.85 <sup>a</sup> | 317 <sup>a</sup> |
| SEM (n=63)            | 0.28              | 0.015              | 0.015             | 0.65              | 1.09               | 0.020              | 0.34              | 0.62               | 0.012             | 3.44             |
| Expérience            |                   |                    |                   |                   |                    |                    |                   |                    |                   |                  |
| 1 Imasde, 2005        | 38.7 <sup>a</sup> | 60.5 <sup>c</sup>  | 1.56 <sup>b</sup> | 81.5 <sup>c</sup> | 170.9 <sup>b</sup> | 2.12 <sup>c</sup>  | 60.1 <sup>c</sup> | 115.7 <sup>c</sup> | 1.93 <sup>b</sup> | 278 <sup>d</sup> |
| 2 Coren, 2005         | 36.5 <sup>b</sup> | 64.4 <sup>a</sup>  | 1.77 <sup>d</sup> | 97.1 <sup>a</sup> | 178.2 <sup>a</sup> | 1.84 <sup>a</sup>  | 66.8 <sup>a</sup> | 121.3 <sup>a</sup> | 1.82 <sup>a</sup> | 350 <sup>a</sup> |
| 3 IRTA, 2006          | 36.2 <sup>b</sup> | 53.0 <sup>d</sup>  | 1.47 <sup>a</sup> | 79.7 <sup>c</sup> | 161.8 <sup>c</sup> | 2.03 <sup>bc</sup> | 57.5 <sup>d</sup> | 106.1 <sup>d</sup> | 1.85 <sup>a</sup> | 297 <sup>c</sup> |
| 4 Imasde, 2005        | 36.5 <sup>b</sup> | 61.2 <sup>bc</sup> | 1.69 <sup>c</sup> | 88.3 <sup>b</sup> | 175.5 <sup>a</sup> | 1.99 <sup>b</sup>  | 62.4 <sup>b</sup> | 118.4 <sup>b</sup> | 1.90 <sup>b</sup> | 315 <sup>b</sup> |
| SEM (n=32)            | 0.40              | 0.49               | 0.022             | 0.92              | 1.54               | 0.028              | 0.48              | 0.88               | 0.017             | 4.87             |
| Probabilité           |                   |                    |                   |                   |                    |                    |                   |                    |                   |                  |
| Traitement            | <b>0.0037</b>     | <b>0.0283</b>      | 0.2353            | 0.4645            | 0.1239             | <b>0.0492</b>      | 0.0553            | 0.4708             | <b>0.0142</b>     | <b>0.0062</b>    |
| Expérience            | 0.0001            | 0.0001             | 0.0001            | 0.0001            | 0.0001             | 0.0001             | 0.0001            | 0.0001             | 0.0001            | 0.0001           |
| Traitement x Exp      | 0.7294            | 0.8513             | 0.9210            | 0.3146            | 0.7516             | 0.0765             | 0.6268            | 0.7356             | 0.1386            | 0.5533           |

<sup>a-d</sup> = Les différentes lettres en exposant à l'intérieur d'une colonne dans des sections séparées (Traitement, Expérience) indiquent des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ). Les différences statistiques significatives entre les traitements sont indiquées en caractère gras.

<sup>x-y</sup> = Les différentes lettres en exposant à l'intérieur d'une colonne dans des sections séparées (Traitement, Expérience) indiquent des différences qui tendent à être significatives ( $0.05 < P \leq 0.10$ )

EPEF à 42 jours, calculé par réplcation = Facteur Européen d'Efficacité de la Production = (Gain Moyen Quotidien (g)/ ICA x 10) x (100 – mortalité (%))

**Table 2.** Valeurs des aliments utilisés dans chaque étude. Les teneurs en Protéine brute (%) et en Energie Métabolisable (kcal/kg) sont respectivement des valeurs réelles issues d'analyses de laboratoire et des valeurs calculées.

|                                 | Aliments démarrage |                       | Aliments finition |                       |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
|                                 | T1 Témoin          | T2 <i>Bacillus</i> s. | T1 Témoin         | T2 <i>Bacillus</i> s. |
| Protéine brute (%)              |                    |                       |                   |                       |
| 1 Imasde, 2005                  | 22.6               | 23.1                  | 20.5              | 21.0                  |
| 2 Coren, 2005                   | 21.6               | 21.6                  | 20.8              | 20.0                  |
| 3 IRTA, 2006                    | 22.2               | 22.50                 | 19.1              | 19.3                  |
| 4 Imasde, 2005                  | 23.2               | 23.1                  | 21.2              | 21.2                  |
| Energie Métabolisable (kcal/kg) |                    |                       |                   |                       |
| 1 Imasde, 2005                  | 3000               | 3000                  | 3150              | 3150                  |
| 2 Coren, 2005                   | 2950               | 2950                  | 3150              | 3150                  |
| 3 IRTA, 2006                    | 3000               | 3000                  | 3100              | 3100                  |
| 4 Imasde, 2005                  | 2950               | 2950                  | 3150              | 3150                  |