

## LES ENZYMES EXOGENES QUI EPARGNENT L'ENERGIE EN ALIMENTATION DES VOLAILLES : UN NOUVEAU MODE D'ACTION DES ENZYMES

**Mathlouthi Nejib<sup>1</sup>, Jin Frank Lee<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ELANCO - Rue 8366 Espace El Aziz - 1073 Montplaisir, TUNIS, TUNISIE

<sup>2</sup>ELANCO - P.O. Box 41862 – MN 55441 MINNEAPOLIS, USA

[mathlouthi\\_nejib@elanco.com](mailto:mathlouthi_nejib@elanco.com)

### **RÉSUMÉ**

Les enzymes exogènes, telles que la xylanase et la  $\beta$ -glucanase, sont capables de libérer l'énergie contenue dans certaines céréales (blé, orge) après la dégradation des polysaccharides non amylacés hydrosolubles (PNAH) et d'améliorer par conséquent les performances des volailles. Récemment, il a été rapporté que les  $\beta$ -mannanes (tourteau de soja, tourteau de tournesol), sont considérés comme des immunogènes, c'est-à-dire qu'ils peuvent induire une réponse immunitaire chez les volailles. En détectant ces  $\beta$ -mannanes d'origine alimentaire, le système immunitaire inné se trompe, il les considère comme des agents pathogènes et il réagit pour les combattre. Il s'agit donc d'une réaction immunitaire inutile qui gaspille 3% de l'énergie métabolisable (EM) de l'aliment distribué aux volailles. L'addition de la  $\beta$ -mannanase (Hemicell, Elanco, USA) à la dose recommandée permet d'hydrolyser les  $\beta$ -mannanes pour libérer des oligosaccharides de mannoses qui ne sont plus reconnus par les récepteurs du système immunitaire inné. Par conséquent il est possible d'épargner l'énergie (90 kcal d'EM) qui servira à la croissance du poulet de chair. Les résultats de plusieurs essais montrent que Hemicell (110 ml/tonne d'aliment) permet d'améliorer ( $P < 0,05$ ) le gain moyen quotidien de 3,8%, l'indice de consommation de 3,3%, le score de la qualité de la litière (plus sèche), l'intégrité intestinale et l'uniformité du lot. En outre, la concentration de l'acide  $\alpha$ -1-glucoprotéines (AGP) dans le sang du poulet, indicateur de la stimulation du système immunitaire inné, est diminuée en présence de Hemicell. En conclusion, la  $\beta$ -mannanase qui épargne l'énergie présente à la fois deux effets : nutritionnel et sanitaire et elle peut fonctionner en parfaite synergie avec les enzymes qui libèrent l'énergie (xylanase,  $\beta$ -glucanase) pour maximiser la productivité des poulets de chair.

### **ABSTRACT**

#### **Energy sparing exogenous enzymes in poultry nutrition: new mode of action of feed enzymes**

The exogenous enzymes, xylanase and  $\beta$ -glucanase, are able to release energy from some feedstuffs (wheat, barley) after hydrolyzing non starch polysaccharides (NSP) and improve poultry performances. Recently, it is reported that  $\beta$ -mannans (soyabean meal, sunflower meal) are immunogen, so they are able to induce an immune response in poultry. The innate immune system mistakenly recognizes  $\beta$ -mannans from feed as pathogen and reacts to fight them. It's an unnecessary innate immune response which cost 3% of the metabolizable energy (ME) of the feed distributed to the poultry. The addition of  $\beta$ -mannanase (Hemicell, Elanco, USA) at the recommended dosage hydrolyzes the large  $\beta$ -mannans molecules into mannose-oligosaccharides which are not recognized by the innate immune system receptors. As a result, it's possible to spare energy (90 kcal of ME) which will be used for broiler growth. The results of many trials showed that the addition of Hemicell (110 ml/ton of feed) improve ( $P < 0.05$ ) the daily weight gain by 3.8%, the feed conversion ratio by 3.3%, the litter quality score, the intestinal integrity and the uniformity of the flock. Moreover, the acid- $\alpha$ -1-glucoproteins (AGP) concentration in the broiler blood, which is an indicator of the innate immune system response, decrease in the presence of Hemicell. In conclusion, the energy sparing  $\beta$ -mannanase enzyme presents health effects as well as nutritional effects and it can work in perfect synergism with energy releasing enzymes (xylanase,  $\beta$ -glucanase) to maximize growth and productivity of broiler chickens.

## INTRODUCTION

La présence de facteurs antinutritionnels (FAN) dans l'aliment des volailles réduit l'absorption des nutriments et affecte les performances des volailles. Les polysaccharides non amylacés hydrosolubles (PNAH) qui se trouvent au niveau de l'endosperme des grains de céréales sont considérés parmi les FAN les plus importants pour les volailles. Les PNAH sont constitués par plusieurs types de fibres tels que les lignines, les  $\beta$ -glucanes, les arabinoxylanes, galactose et mannose. Les principaux PNAH de l'orge et de l'avoine sont les  $\beta$ -glucanes alors que ceux de blé, de triticale et de seigle sont les arabinoxylanes (Classen et Bedford, 1991). En outre, les PNAH de certaines sources de protéines (Carré, 2002) telles que le tourteau de soja, le tourteau de tournesol, le tourteau de coprah et le tourteau de guar, sont riches en  $\beta$ -mannanes (galactomannanes et glucomannanes). L'ingestion des PNAH par les volailles entraîne une augmentation de la viscosité intestinale et une perturbation de la flore intestinale ce qui affecte le processus de la digestion et de l'absorption des nutriments (Mathlouthi et al., 2002a). L'addition des enzymes exogènes, telles que la xylanase et la  $\beta$ -glucanase, élimine les effets négatifs des arabinoxylanes et des  $\beta$ -glucanes tout en améliorant les performances zootechniques des poulets (Mathlouthi et al., 2002b). Le mode d'action de ces enzymes exogènes consiste à libérer l'énergie contenue dans les céréales après la dégradation des PNAH. Elles sont qualifiées, ainsi, d'enzymes libérant de l'énergie. Plus récemment, il a été démontré que les  $\beta$ -mannanes, d'origine alimentaire, induisent une réaction du système immunitaire inné chez les volailles qui coûte 3% de l'énergie métabolisable (EM) de l'aliment distribué aux volailles (Klasing, 2007). Les  $\beta$ -mannanes sont des polymères de mannoses (liaisons de type  $\beta$ -1,4) avec des branchements de galactose dans le cas de galactomannanes trouvés dans le tourteau de soja. L'addition de la  $\beta$ -mannanase permet de dégrader les mannanes en oligosaccharides de mannose qui ne sont plus capables de provoquer une réaction du système immunitaire inné. Par conséquent il est possible d'épargner l'énergie et de l'utiliser pour améliorer les performances zootechniques des volailles. Ainsi, la  $\beta$ -mannanase est qualifiée d'enzyme épargnant l'énergie. L'objectif du présent article est de présenter le mode d'action des  $\beta$ -mannanes au niveau du système immunitaire inné et l'effet de la  $\beta$ -mannanase sur les performances zootechniques du poulet de chair.

## 1. INTERACTION DES $\beta$ -MANNANES AVEC LE SYSTEME IMMUNITAIRE INNE CHEZ LES VOLAILLES

Le système immunitaire inné est la première ligne de défense pour les volailles. Il est caractérisé par une réaction puissante et rapide (production d'interleukines) face à la présence d'un corps étranger avant que le système immunitaire adaptatif (production d'anticorps) se mette en place (Murata, 2004). En effet, les récepteurs du système immunitaire inné au niveau de l'intestin grêle sont sensibles à la présence de molécules pathogènes dans les contenus intestinaux (Pathogen Associated Molecular Patterns: PAMP). Les  $\beta$ -mannanes d'origine alimentaire sont considérées par le système immunitaire inné comme des molécules pathogènes (PAMP) et il réagit pour les éliminer. L'erreur commise par le système immunitaire inné dans l'identification des molécules pathogènes (PAMP) est due aux raisons suivantes : (i) les  $\beta$ -mannanes localisées dans le tourteau de soja existent aussi au niveau des parois cellulaires de plusieurs microorganismes pathogènes et (ii) le déclenchement de la réponse du système immunitaire inné est non spécifique et elle est basée sur la reconnaissance de molécules pathogènes (PAMP) quel que soit son origine alimentaire ou microorganisme pathogène. En effet, des niveaux faibles de  $\beta$ -mannanes (0.20%) dans l'aliment des volailles peuvent provoquer une réponse du système immunitaire inné (Didierlaurent et al., 2005), cette réaction est d'autant plus importante que les animaux souffrent d'entérites, de coccidiose ou autre stress. L'intestin exige beaucoup d'énergie pour maintenir un système immunitaire inné actif pour surveiller la présence des agents pathogènes et protéger par conséquent l'intégrité intestinale. Ainsi, toute activation non nécessaire du système immunitaire inné entraîne un gaspillage de l'énergie (3% d'EM) et un détournement des nutriments de la croissance vers le système immunitaire (Ikegami et al., 1990 ; Nunes et Malmfö, 1992). La réponse du système immunitaire inné est plus coûteuse sur le plan énergétique que celle du système immunitaire adaptative ou spécifique (Klasing, 2007). L'acide  $\alpha$ -1-glucoprotéines (AGP) est un indicateur de la stimulation du système immunitaire inné (Murata, 2004). Cette substance est synthétisée par les cellules hépatiques et sa concentration dans le sang augmente au moment d'une infection bactérienne, une réaction inflammatoire locale ou une prolifération anormale des cellules.

En plus de la réaction inutile du système immunitaire inné, les  $\beta$ -mannanes provoquent également une baisse de l'absorption du glucose et de la sécrétion d'insuline, une inhibition de la production d'IGF-1 (Insulin Like Growth Factor-1), une réduction de la rétention azotée et de l'absorption de l'eau, une augmentation de la teneur en eau des fientes, une diminution du niveau des enzymes intestinales et par conséquent une baisse de l'énergie métabolisable de l'aliment (Sambrook et

Rainbird, 1985 ; Nunes et Malmlof, 1992 ; Klasing, 2007 ; Larhang et Torki, 2011).

Deux études ont montré l'effet négatif des  $\beta$ -mannanes sur les performances des volailles (Daskiran et al., 2004; Zou et al., 2006). En effet, des teneurs de  $\beta$ -mannanes de 2-4% (gomme de guar) dans l'aliment du poulet peuvent affecter négativement le gain de poids et l'indice de consommation de 20-30%.

## 2. EFFET DE L'ADDITION DE $\beta$ -MANNANASE SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR

L'addition de  $\beta$ -mannanase (Hemicell, Elanco, USA) permet d'hydrolyser les  $\beta$ -mannanes en oligosaccharides de mannose (< 10 sucres) qui ne sont plus capables d'activer le système immunitaire inné et d'épargner, par conséquence, l'énergie.

Afin de démontrer que les effets bénéfiques de l'utilisation de la  $\beta$ -mannanase dans l'alimentation du poulet de chair sont liés à la diminution de la stimulation inutile du système immunitaire inné par les  $\beta$ -mannanes, Anderson, et al. (2009) ont mesuré lors d'une étude réalisée dans une station expérimentale, le niveau d'AGP dans le sang des poulets de chair. Il s'agit de 1000 poulets distribués en 2 lots (témoin et expérimental). Chaque lot est constitué de 10 cages (50 poulets par cage) et les animaux reçoivent trois régimes alimentaires à base de maïs et du tourteau de soja durant l'essai (démarrage : 1-21 jours ; croissance : 21-35 jours ; finition : 35-42 jours d'âge). A l'âge de 42 jours, les poulets du lot témoin ont un indice de consommation de 1,820 et une concentration d'AGP de 304  $\mu$ g/ml. L'addition de  $\beta$ -mannanase améliore ( $P<0,05$ ) l'indice de consommation (1,756) et réduit ( $P<0,05$ ) la concentration d'AGP (225  $\mu$ g/ml) dans le sang de poulet de chair.

Ensuite l'efficacité de la  $\beta$ -mannanase a été évaluée dans deux essais zootechniques. Le premier essai a été réalisé sur 2400 poulets de chair mâles de souche Ross 308 et réalisé à la station expérimentale de l'IRTA (Espagne) en 2005. Ils sont distribués au hasard à l'âge d'un jour sur 24 parquets pour constituer deux lots (lot témoin et lot expérimental de  $\beta$ -mannanase) à raison de 12 parquets par lot. Les poulets de chair sont élevés sur une litière propre de copeaux de bois pendant 41 jours. Deux régimes alimentaires de base sont formulés au cours de cet essai. Un régime démarrage (1 – 20 jours d'âge) est à base de maïs (54,43 %), du tourteau de soja (23,45%) et du soja extrudé (14,45%) pour atteindre 3050 kcal d'EM/kg d'aliment et 21% de protéines brutes. Le deuxième aliment est un régime de croissance (21 – 41 jours d'âges) contenant du maïs (59,08%), du tourteau de soja (15,60%) et du soja extrudé (18,28%). Son niveau énergétique est de 3150 kcal d'EM/kg d'aliment et il renferme 19% de protéines brutes. La  $\beta$ -mannanase (Hemicell, Elanco, USA) est ajoutée à raison de 110 ml d'Hemicell par tonne d'aliment durant tout l'essai (1 – 41 jours d'âge). Tous les aliments sont en farine et ne contiennent ni

antibiotiques ni anticoccidiens et ils sont distribués à volonté. Les teneurs en  $\beta$ -mannanes sont de 0.39% et 0.35% (Tableau 1) pour l'aliment démarrage et croissance, respectivement. Les résultats obtenus (Tableau 2) montrent que la  $\beta$ -mannanase améliore le gain de poids de 3,8% (Procédure ANOVA,  $P<0,05$ ) et l'indice de consommation de 3,3% ( $P<0,01$ ). Le taux d'humidité de la litière est diminué significativement chez les poulets nourris avec un régime contenant la  $\beta$ -mannanase. De même, la luminance (L) et l'indice du jaune (b) du couleur de la peau de cuisse se trouvent améliorés ( $P<0,001$ ) suite à l'utilisation de la  $\beta$ -mannanase dans l'alimentation du poulet de chair. Par ailleurs, les animaux des deux lots ont consommé la même quantité d'aliment.

Dans une deuxième étude réalisée dans une station expérimentale, il a été évalué l'effet de la  $\beta$ -mannanase (330 g d'Hemicell par tonne d'aliment) sur l'homogénéité du lot des poulets de chair nourris avec deux régimes alimentaires (démarrage et croissance) à base de maïs et de tourteau de soja. Il s'agit d'un essai réalisé sur un effectif de 2240 poulets de chair de souche Ross 308 (mâles et femelles) où tous les animaux sont pesés individuellement pour déterminer le coefficient de variation (CV) de chaque lot. Les animaux sont distribués au hasard à l'âge d'un jour sur 16 parquets (140 poussins par parquet). Les résultats obtenus au cours de cet essai montrent que le CV (12,3%) du lot des poulets ayant reçu la  $\beta$ -mannanase (Poids moyen : 2283 g) est plus faible ( $P<0,05$ ) que celui (Poids moyen : 2200 g) du lot témoin (15,5%). En outre, il a été observé que le nombre des animaux (65 poulets) ayant un poids vif faible ( $\leq 1800$  g) est plus important chez le lot témoin que chez le lot expérimental ayant reçu la  $\beta$ -mannanase (20 poulets, poids vif  $\leq 1800$ g). En effet la dégradation des  $\beta$ -mannanes par l'enzyme exogène ajoutée dans l'aliment permet de réduire la variation de l'ingéré alimentaire entre les animaux et d'améliorer par conséquence l'uniformité du lot.

## CONCLUSION

Les  $\beta$ -mannanes sont des facteurs antinutritionnels qui existent dans plusieurs sources de protéines destinées à l'alimentation des volailles. Le système immunitaire inné se trompe, il les considère comme des microorganismes pathogènes et il réagit pour les éliminer. Cette réaction inutile du système immunitaire inné gaspille de l'énergie au détriment de la croissance du poulet de chair. L'addition de la  $\beta$ -mannanase permet d'améliorer le gain de poids, l'indice de consommation, la qualité de la litière, la couleur de la peau et l'homogénéité du lot du poulet de chair. Enfin, il est intéressant de mener d'autres études pour évaluer l'efficacité de la  $\beta$ -mannanase en présence des enzymes qui libèrent l'énergie (xylanase,  $\beta$ -glucanase).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Anderson D.M., Hsiao H., N.M. Dale N. M. 2009. II. *International Scientific Forum, Concurrent Meeting of: The southern Poultry Society, 30th Annual Meeting; The Southern Conference on Avian Diseases, 50th Annual Meeting*, January 26-27, Georgia World Congress Center, Atlanta, GA.
2. Carré B., 2002. In *Poultry Feedstuffs*, J. McNab and N. Boorman, ed. CABI Publishing, New York, pp 39-56.
3. Classen H.L., Bedford M.R. 1991. In *Recent Advances in Animal Nutrition*. W. Haresign and D.J.A. Cole ed. Jordan Hill, Oxford, pp 95-116.
4. Daskiran M., Teeter R.G., Fodge D., Hsiao H.Y. 2004. *Poult. Sci.*, (83), 662-668.
5. Didierlaurent, A., Simonet, M., Sirard, J.C. 2005. *Cell. Mol. Life Sci.*, (62), 1285-1287
6. Hsiao H.-Y., Anderson, D.M., Ferrel, J. 2014. *J. Anim. Sci.*, (92): Abstract #328
7. Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H.. 1990. *J. Nutr.*, (120), 353-360
8. Klasing K.C. 2007. *Br. Poult. Sci.*, (48), 525-537.
9. Larhang, R. and Torki, M. 2011. First International Conference, Babylon and Razi universities pp.243-247
10. Mathlouthi N., Lallès J.P., Lepercq P., Juste C., Larbier M. 2002a. *J. Anim. Sci.*, (80), 2773-2779.
11. Mathlouthi N., Mallet S., Saulnier L., Quemener B., Larbier M. 2002b. *Anim. Res.*, (51), 395-40
12. Murata H. 2004. *The Vet. J.*, (168), 28-40.
13. Nunes, C. and Malmlof, K. 1992. *Brit. J. Nutr.*, (68), 693-700.
14. Sambrook I. and Rainbird A. 1985. *Brit. J. Nutr.* (54), 27-35.
15. Zou X.T., Qiao X.J., Xu Z.R. 2006. *Poult. Sci.*, (85), 2176-2179.

**Tableau 1.** Teneurs en  $\beta$ -mannanes solubles (%) de certaines matières premières utilisées en alimentation des volailles (Hsiao et al., 2014)

| Matières premières            | $\beta$ -mannanes solubles (%) |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Tourteau de soja, 44% PB      | 1,45                           |
| Tourteau de soja, 48% PB      | 1,10                           |
| Soja extrudé                  | 0,70                           |
| Tourteau de colza             | 0,39                           |
| Tourteau de tournesol, 34% PB | 0,36                           |
| Tourteau de guar, 50% PB      | 3,46                           |
| Tourteau de guar, 40% PB      | 7,90                           |
| Maïs                          | 0,03                           |
| Blé                           | 0,21                           |
| Orge                          | 0,02                           |
| Sorgo                         | 0,00                           |
| PB : protéines brutes         |                                |

**Tableau 2.** Efficacité de la  $\beta$ -mannanase chez le poulet de chair nourri avec un régime à base de maïs et de tourteau de soja

| Paramètres                                                                    | Témoin | $\beta$ -mannanase | Probabilité |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|-------------|
| Poids vif final, kg (n=12)*                                                   | 2,085  | 2,166              | P<0,05      |
| Gain moyen quotidien, g/j (n=12)                                              | 49,8   | 52,5               | P<0,05      |
| Ingéré alimentaire quotidien, g/j (n=12)                                      | 90     | 90,5               | NS          |
| Indice de consommation (n=12)                                                 | 1,810  | 1,751              | P<0,01      |
| Score de la litière (0 = litière très sèche ; 4 = litière très humide) (n=12) | 3,5    | 2,8                | P<0,01      |
| Couleur de la peau : (n=12)                                                   |        |                    |             |
| L                                                                             | 54,3   | 55,3               | P<0,001     |
| a                                                                             | 9,5    | 9,7                | NS          |
| b                                                                             | 14,6   | 13,4               | P<0,001     |

\*Le poids des poussins à l'âge d'un jour est similaire pour les deux lots. Ainsi, le poids est homogène pour les deux lots

N : nombre de répétition par lot

NS : la différence entre les moyennes est non significative (Procédure ANOVA).