

# Les enzymes modifient la physiologie intestinale chez le porcelet

*Agnes Veridiana MORI (1), Jeannette KLUSS (1), Romuald ZABIELSKI (2), Daniel LAUBITZ (2),  
Jaroslaw WOLINSKI (2), Pierre-André GERAERT (3)*

*(1) Adisseo France SAS, rue Marcel Lingot, 03600 Commentry, France  
(2) Kielanowski Institute of Animal Physiology and Nutrition, Jablonna, Pologne  
(3) Adisseo France SAS, 42 avenue Aristide Briand, 92160 Antony, France*

*Pierre-andre.geraert@adisseo.com*

## **Les enzymes modifient la physiologie intestinale chez le porcelet**

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'influence d'un complexe multi-enzymatique (Rovabio™ Excel) sur la morphologie de l'intestin de porcelets en post-sevrage nourris avec des régimes à base de maïs ou d'un mélange blé-orge. Dans le cas du régime à base de maïs, l'addition de carbohydrases a augmenté la profondeur des cryptes dans toutes les parties de l'intestin, et la longueur des villosités s'accroît principalement dans le duodénum. Dans le cas du régime à base de blé et d'orge, la longueur des villosités a été augmentée dans le jéjunum et l'iléon, et l'addition d'enzymes a augmenté la profondeur des cryptes dans le duodénum. Le ratio villosité/cryptes a été réduit dans le duodénum et augmenté dans le jéjunum et iléon, suggérant l'augmentation de la surface de la muqueuse. L'épaisseur de la couche musculaire a également diminué dans le duodénum et le jéjunum des animaux ayant reçu le complexe enzymatique dans les deux types de régime alimentaire, ce qui indique une probable réduction de la viscosité du digesta. L'addition d'un complexe multi-enzymatique dans l'aliment de porcelets en post-sevrage influence positivement la morphologie intestinale, entraînant l'amélioration de la capacité d'absorption des nutriments.

## **Exogenous NSP-enzymes change the intestinal physiology in piglets.**

The objective of the present study was to investigate the effect of a multi-enzyme preparation (Rovabio™ Excel) on the morphology of the small intestine in weaned piglets fed a corn-soybean meal diet or a wheat-barley diet. When animals were fed corn-based diets, carbohydrase addition increased crypt depth all over the gut, and villi length was markedly increased mainly in the duodenum. In animals fed wheat-barley based diets, enzyme supplementation increased villi length in the jejunum and ileum, and crypt size in the duodenum. The villi/crypt ratio was reduced in the duodenum and increased in the jejunum and ileum thus suggesting an increased capacity to absorb the nutrients. Reduction in muscularis thickness was observed in enzyme supplemented groups using both diets, and it was presumably the result of reduced digesta viscosity. Feeding weaning piglets with carbohydrases-supplemented diet influenced gut morphology leading to enhanced absorption capacity.

## INTRODUCTION

De nombreuses études morphologiques de la muqueuse gastro-intestinale ont été entreprises pour comprendre les changements du fonctionnement intestinal pendant le développement des porcelets et particulièrement autour du sevrage. Le sevrage induit des changements rapides, transitoires et importants de la physiologie du porcelet mais également une maturation des capacités intestinales (Boudry et al., 2004).

Le post-sevrage chez le porc correspond sans doute à la phase la plus critique en élevage. Le jeune porcelet passe d'une alimentation essentiellement lactée et liquide à une alimentation solide plus riche en fibres. Les porcelets vont en effet recevoir une alimentation à base de céréales plus ou moins riches en polysaccharides non amylacés (PNA) solubles ou insolubles (blé, orge, maïs par exemple) et de protéines végétales (tourteau de soja, graines de soja traitées pour réduire les risques d'allergénicité) et lactées. L'adaptation de la physiologie du jeune porcelet à ces changements prendra de quelques jours à quelques semaines pour être totalement opérationnelle. Des modifications de la forme des villosités et de la surface d'absorption ont été observées au niveau de la muqueuse intestinale des porcelets autour du sevrage (Biernat et al., 2000). Le post-sevrage est caractérisé par une baisse transitoire mais très forte de la consommation d'aliment qui entraîne une baisse de performance et des conditions de sous-alimentation chronique. La morphométrie intestinale, comme l'atrophie des villosités, et la chute des activités enzymatiques endogènes ont été bien documentées et sont vraisemblablement à l'origine des désordres intestinaux et des diarrhées du jeune porcelet. Des travaux récents montrent également des réactions inflammatoires (Lallès et al., 2004). Ces modifications sont suivies d'une phase de régénération probablement stimulée par l'amélioration de la consommation alimentaire.

Afin de réduire l'impact des désordres digestifs en post-sevrage, différentes solutions ont été envisagées comme la supplémentation en enzymes exogènes. Les carbohydrases, enzymes qui hydrolysent les polysaccharides non amylacés (PNA), sont de plus en plus couramment utilisés dans la nutrition du porc. Les PNA solubles et insolubles sont hydrolysés et réduits en oligomères permettant aux enzymes endogènes un meilleur accès aux substrats alimentaires et une diminution de la viscosité intestinale. De plus, l'amélioration de la digestion des parois cellulaires des végétaux augmentent la disponibilité des acides aminés et sucres simples (hexoses et pentoses) entraînant une amélioration de la performance des animaux. Rovabio™ Excel est une préparation multi-enzymatique produite par un micro-organisme non-OGM, *Penicillium funiculosum*. Il contient au moins 19 activités enzymatiques compatibles identifiées, dont deux activités principales, endo-1,4- $\beta$ -xylanase et endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase (Maisonniere-Grenier et al., 2004).

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'influence de ce complexe multi-enzymatique sur la morphologie de l'intestin de porcelets en post-sevrage nourris avec des régimes à base de maïs ou de blé.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

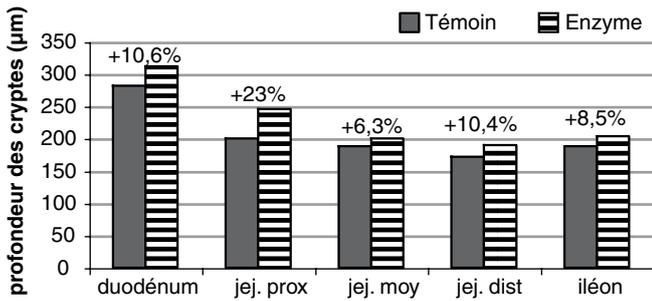
A 28 jours, 24 porcelets (6,5 kg) ont été séparés en quatre groupes de 6 animaux. Chacun de ces groupes reçoit un des quatre aliments expérimentaux : régime standard à base de maïs et de soja (3.203 kcal EM/kg ; PB 17,3 %), ou régime standard à base d'orge et de soja (3.203 kcal EM/kg ; PB 17,5 %), additionnés ou pas d'une préparation enzymatique (Rovabio™ Excel), à raison de 200 mL/tonne d'aliment, soit 1100 unités xylanase viscosimétriques. Les porcelets ont été logés individuellement et les quatre régimes alimentaires ont été distribués à volonté durant 3 semaines, puis les animaux ont été abattus au jour 23. Le poids et la taille du tractus gastro-intestinal ont été mesurés. Pour les études histologiques, des échantillons de duodénum, de jéjunum et d'iléon ont été prélevés, fixés en solution de Bouin, inclus dans la paraffine, coupés en section transversale de 5  $\mu$ m. La coloration des coupes a été réalisée à l'hématoxyline et l'éosine. La longueur des villosités et la profondeur des cryptes ont été déterminées en microscopie confocale couplée à une caméra digitale. Les données ont été analysées par ANOVA avec le logiciel Statview (Abacus Concepts, 1996).

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

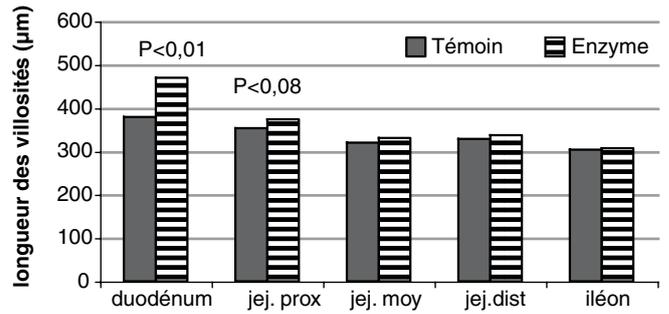
Les poids absolus de l'estomac, du duodénum, du jéjunum, de l'iléon, du pancréas et du foie, ainsi que le poids relatif calculé par kg de poids vif des porcelets n'ont pas été affectés par les traitements ( $P > 0,05$ ). En ce qui concerne les groupes qui ont reçu un mélange enzymatique dans les deux bases alimentaires, des différences significatives ont été observées sur les mesures histomorphologiques de l'intestin grêle.

Dans le cas du régime à base de maïs, l'addition d'enzymes a augmenté ( $P < 0,01$ ) la profondeur des cryptes au niveau des différents segments de l'intestin grêle : + 10,6, + 23,0, + 6,3, + 10,4 et + 8,5 % respectivement au niveau duodénal, jéjunal (distal, moyen et proximal) et iléal (Figure 1). Ces changements pourraient favoriser l'augmentation des sécrétions dans la lumière intestinale, en relation avec des changements de l'osmolarité du chyme alimentaire. L'addition d'enzymes favorise l'hydrolyse des PNA et par conséquent, augmente l'apparition de sucres mono- ou oligomériques courts. Cela pourrait être la raison principale au changement d'osmolarité au niveau intestinal. La longueur des villosités (Figure 2) s'accroît de manière significative ( $P < 0,01$ ) au niveau du duodénum (témoin : 379  $\mu$ m  $\pm$  98 ; enzyme : 470  $\mu$ m  $\pm$  105) et une tendance à l'allongement des villosités ( $P < 0,08$ ) est également observée au niveau du jéjunum proximal (témoin : 353  $\mu$ m  $\pm$  82, enzyme 374  $\mu$ m  $\pm$  53). Les modifications des villosités entraînent une augmentation de la surface de la muqueuse. L'effet de l'addition d'enzymes sur les modifications de la muqueuse est principalement observé dans les parties antérieures du tube digestif, indiquant une action rapide de la préparation enzymatique sur les PNA aux principaux sites d'absorption que sont le duodénum et le jéjunum proximal.

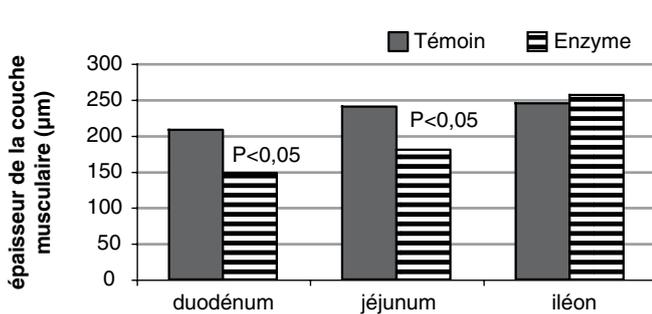
Dans le cas du régime à base de blé et d'orge, la longueur des villosités s'accroît dans le jéjunum (+4,7 % ;  $P < 0,05$ ) ainsi que dans l'iléon (+14,1 % ;  $P < 0,01$ ). L'addition d'en-



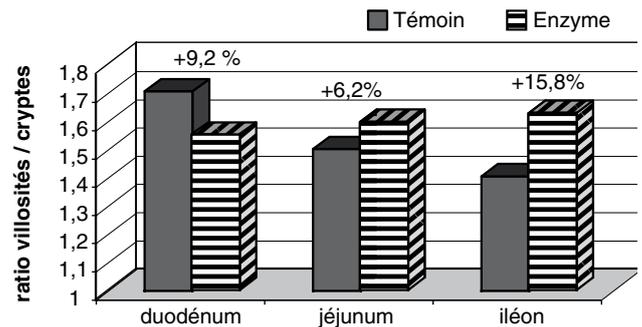
**Figure 1** – Profondeur des cryptes de l'intestin des porcelets nourris avec un régime à base de maïs avec ou sans enzyme



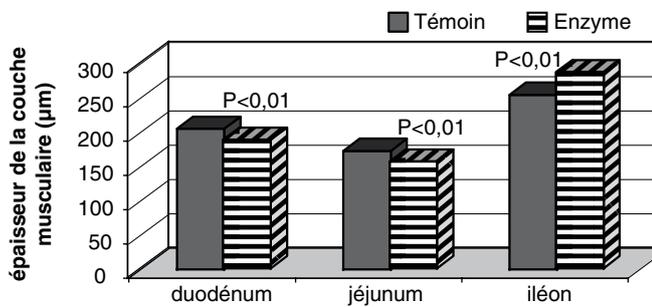
**Figure 2** – Longueur des villosités de l'intestin des porcelets nourris avec un régime à base de maïs avec ou sans enzyme



**Figure 3** – Épaisseur de la couche musculaire de l'intestin des porcelets nourris avec un régime à base de maïs avec ou sans enzyme



**Figure 4** – Ratio villosités / cryptes de l'intestin des porcelets nourris avec un régime à base de blé avec ou sans enzyme



**Figure 5** – Épaisseur de la couche musculaire de l'intestin des porcelets nourris avec un régime à base de blé avec ou sans enzyme

zymes a augmenté ( $P<0,01$ ) la profondeur des cryptes (+3,1 %) dans le duodénum, ce qui indique une amplification de la prolifération cellulaire et des processus digestifs. La supplémentation enzymatique entraîne une réduction ( $P<0,05$ ) du rapport de la taille des villosités/cryptes (Figure 4) au niveau duodénil (- 9,2 %), alors que le rapport est augmenté ( $P<0,05$ ) au niveau du jéjunum (+ 6,2 %) et de l'iléon (+ 15,8 %). Cette augmentation globale du rapport villosités/cryptes au niveau des principaux sites d'absorption suggère un accroissement de la surface de la muqueuse et, par conséquent, un accroissement de la capacité d'absorption des nutriments.

Par ailleurs, les mesures effectuées indiquent que l'épaisseur de la couche musculaire est diminuée par l'apport du com-

plexe multienzymatique au niveau du duodénum et du jéjunum dans les deux types de régime alimentaire (Figures 3 et 5). Cette diminution d'épaisseur de la couche musculaire intestinale indique probablement une réduction de l'effort à fournir pour le maintien de la motilité intestinale sans doute via une diminution de la viscosité du digesta.

La supplémentation enzymatique, par des enzymes de type carbohydrases comme les cellulases, xylanases et  $\beta$ -glucanases pourrait ainsi compenser les changements transitoires observés autour du sevrage comme l'atrophie des villosités (Boudry et al., 2004), mais également avoir un effet sur la sécrétion des enzymes endogènes du porcelet comme l'ont montré Jensen et al. (1998) et plus récemment WeiFen et al. (2004).

## CONCLUSION

L'addition d'un complexe multi-enzymatique dans l'aliment des porcelets en post-sevrage influence positivement la morphologie intestinale, entraînant l'amélioration de la capacité d'absorption des nutriments.

Ces modifications sont observées très rapidement après le changement de l'alimentation (3 semaines) et ce, que le régime soit à base de blé et d'orge riche en PNA solubles ou de maïs pauvre en PNA. Afin d'améliorer la maturation du système digestif des porcelets, il est donc conseillé d'avoir recours à la supplémentation enzymatique dès la transition aux régimes de post-sevrage.

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abacus Concepts, 1996. Manuel de référence de staviw : Analyse de la variance (ANOVA). Abacus Concepts, Inc. Berkeley, CA, 77-90.
- Biernat M., Yao G., Zabielski R., Le Huerou-Luron I., Le Dividich J., 2000. Mid-term effect of formula vs. sow milk feeding on the gut morphology in piglets. 8<sup>th</sup> Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Uppsala, Sweden, June 2000.
- Boudry G., Peron V., Le Huerou-Luron I., Lalles J.P., Seve B., 2004. Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. *J. Nutr.*, 134, 2256-2262.
- Jensen M.S., Knudsen K.E.B., Inborr J., Jakobsen, K., 1998. Effect of beta-glucanase supplementation on pancreatic enzyme activity and nutrient digestibility in piglets fed diets based on hulled and hullless barley varieties. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 72, 329-345.
- Lalles J.P., Boudry G., Favier C., Le Floch N., Luron I., Montagne L., Oswald I.P., Pie S., Piel C., Seve B, 2004. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology. *Anim. Res.*, 53, 301-316.
- Maisonnier-Grenier S., Dalibard P., Geraert P.A., 2004. Enzyme versatility: Key for efficiency on various feedstuffs and species. XXII World Poultry Congress. Proceedings, Istanbul, 526 p.
- WeiFen L., Jie F., ZiRong X., CaiMei Y., 2004. Effects of non-starch polysaccharides enzymes on pancreatic and small intestinal digestive enzyme activities in piglet fed diets containing high amounts of barley. *World J. Gastroenterol.*, 10, 856-859.