

## **INFLUENCE DE L'ADDITION D'ENZYMES BIO FEED $\beta$ CT<sup>®</sup> SUR LA DIGESTIBILITÉ ILÉALE DES COMPOSANTS D'ALIMENTS CONTENANT UNE PROPORTION VARIABLE D'ORGE CHEZ LE PORC EN CROISSANCE**

*Catherine JONDREVILLE (1), Isabelle BRONGNIART (2), F. GATEL (1), F. GROSJEAN (1)*

*(1) Institut Technique des Céréales et des Fourrages - Pouligne, 41100 Villerable*

*(2) Guyomarc'h Nutrition Animale - B.P. 234, 56006 Vannes Cedex*

*avec la collaboration technique de B. MAUDUIT (1) et du personnel du Laboratoire d'analyses biochimiques ITCF de Boigneville*

L'effet de l'introduction d'enzymes (BIO FEED  $\beta$  CT<sup>®</sup> produite par NOVO Nordisk) sur la digestibilité iléale de la protéine et de l'énergie de trois aliments contenant des proportions variables d'orge est mesurée chez le porc charcutier. Les aliments expérimentaux sont constitués d'une part d'orge et d'autre part d'un aliment constitué de pois de printemps (33,9%), de son de blé (14,0%), de tourteau de soja (22,0%), de tourteau de tournesol (18,8%), de farine de viande (4,7%) et d'huile de soja (6,6%). Les aliments sont formulés sur la base d'une même teneur en NDF. Trois taux d'incorporation d'orge dans l'aliment sont comparés : 40, 60 et 96%. Le niveau d'incorporation d'enzymes dans l'aliment est proportionnel au taux d'orge, soit 50 g/kg d'orge. Chaque aliment est testé sur 4 porcs en croissance, mâles castrés, croisés, munis d'une canule PVTC.

La digestibilité iléale des composants de l'orge n'est pas améliorée par l'introduction d'enzymes. En revanche, la valeur énergétique de l'aliment contenant 60% d'orge est améliorée de façon significative par l'introduction d'enzymes : +3,8 ; +3,6 et +3,9 points de digestibilité respectivement pour la matière sèche, l'énergie et la matière organique. La digestibilité iléale de la protéine de cet aliment n'est pas améliorée. Ces résultats suggèrent que la préparation enzymatique a amélioré la valeur alimentaire du complémentaire à l'orge dans l'aliment.

### **Effect of enzyme supplementation on the ileal digestibility of barley-based diets in growing pigs**

The effect of supplementation with a enzyme (BIO FEED  $\beta$  CT<sup>®</sup> - NOVO Nordisk) on the ileal digestibility of barley-based diets is measured in growing pigs. Experimental diets are made on one hand from barley and on the other hand from a complementary diet made from spring pea (33,9%), wheat bran (14,0%), soybean meal (22,0%), sunflower meal (18,8%), meat meal (4,7%) and soya oil (6,6%). All the diets contain the same amount of NDF. Three levels of barley are compared : 40, 60 and 96% of the diet. Enzymes are introduced according to the barley content of the diet : 50 g/kg barley. Each diet is tested on 4 growing pigs, crossbred castrated males, fitted with a PVTC canula.

Enzymes do not change barley ileal digestibility. However the ileal digestibility of the 60% barley diet increases by 3.8 ; 3.6 and 3.9 points respectively for dry matter, energy and organic matter when enzymes are added, whereas protein ileal digestibility is not improved. The enzymes seem to work on the complementary diet.

## INTRODUCTION

Le souci des formulateurs de constituer des aliments à moindre coût, les conduit parfois à utiliser des matières premières susceptibles de poser des problèmes à cause de leur teneur en fibre et/ou de la qualité de cette fibre.

Parmi les polysaccharides non amylacés des céréales conduisant parfois à des retards de croissance chez les monogastriques, figurent les polysaccharides hydrosolubles : les  $\beta$ -glucanes, présents principalement dans l'orge et l'avoine et les arabinoxylyanes, présents principalement dans le seigle, le triticale et le blé. La structure spatiale de ces molécules leur confère une capacité de rétention d'eau, pouvant conduire à l'augmentation de la viscosité intestinale à l'origine de la réduction de la digestibilité de la plupart des constituants de l'aliment (CAMPBELL et BEDFORD, 1992 ; CARRE, 1992). L'addition d'enzymes de type  $\beta$ -glucanase dans les aliments a montré son efficacité chez le porc, bien que cet effet semble décroître avec l'âge de l'animal (GRAHAM et al., 1989).

Le but de cette étude est de mesurer l'effet de l'addition d'une préparation enzymatique, BIOFEED  $\beta$  CT<sup>®</sup>, produite par NOVO NORDISK, sur la valeur alimentaire, au niveau iléal, de trois aliments contenant une proportion variable d'orge chez le porc en croissance ; cette préparation présente une activité cellulastique, hémicellulastique (principalement  $\beta$ -glucanastique mais également xylanastique) et  $\alpha$ -amylastique. La majeure partie des aliments fabriqués pour l'alimentation du porc étant destinés à des animaux de type croissance-finition, il nous est apparu nécessaire de travailler sur des animaux de ce type plutôt que sur des animaux en post-sevrage.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Aliments

Avant leur mélange, les matières premières sont broyées à l'aide d'un broyeur à marteaux muni d'une grille de 4 mm.

Trois aliments expérimentaux sont constitués à partir de deux éléments : un aliment appelé complémentaire, dont la composition est donnée au tableau 1, et de l'orge. Les trois aliments expérimentaux correspondent à 3 taux d'incorporation de l'orge (40, 60 et 96%) (tableau 1) et sont formulés sur la base d'une même teneur en NDF (tableau 2). Chacun de ces aliments est additionné ou non de la préparation enzymatique à un taux d'incorporation de 50 g/100 kg d'orge : six aliments sont étudiés au total. Dans chacun des aliments sont introduits 0,2% d'oxyde de chrome (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) destinés à estimer le taux de récupération des digesta lors de leur collecte.

### 1.2. Animaux et conduite expérimentale

Six porcs mâles castrés croisés LWL x LWP sont munis d'une canule au niveau du caecum (Post-Valv T-Caecum) selon la technique décrite par van LEEUWEN et al. (1991) au poids vif de 20 kg et entrent en test après une période postopératoire de 2 semaines au poids moyen de 26 kg. Des mesures de vitesse de transit digestif ont été effectuées sur ces animaux, c'est pourquoi nous avons préféré cette technique à l'anastomose iléo-rectale termino-terminale (LAPLACE et al., 1989) que nous utilisons habituellement. Les animaux sont logés en cage à bilan dans un local ventilé dont la température est maintenue à 22°C. Chacun des porcs est utilisé pour 4 séries

**Tableau 1** - Composition centésimale des aliments expérimentaux

Aliment	1	2	3	4	5	6
<b>Complémentaire (1)</b>	56,000	56,000	36,000	36,000	0,000	0,000
<b>Orge</b>	40,000	40,000	60,000	60,000	96,000	96,000
<b>C.M.V. (2)</b>	3,800	3,780	3,800	3,770	3,800	3,752
<b>Enzyme</b>	0,000	0,020	0,000	0,030	0,000	0,048
<b>Oxyde de Chrome</b>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200

(1) : en % : pois de printemps : 33,85 ; son de blé : 13,99 ; tourteau de soja : 21,96 ; tourteau de tournesol : 18,85 ; farine de viande : 4,70 ; huile de soja : 6,65

(2) : en g/kg : MS : 919,87 ; Vit E : 0,600 ; Vit B1 : 0,060 ; Vit B2 : 0,050 ; Vit B3 : 0,300 ; Vit B6 : 0,110 ; Vit PP : 0,600 ; Vit K : 0,050 ; Biotine : 0,003 ; Se : 0,001 ; Fe : 1,747 ; Cu : 0,300 ; Zn : 4,481 ; Mn : 1,185 ; Co : 0,011 ; I : 0,031 ; S : 4,307 ; Mg : 0,92 ; P : 92,000 ; Ca : 231,10 ; Na : 34,200 ; Choline : 17,50

**Tableau 2** - Caractéristiques analytiques des aliments expérimentaux et du complémentaire (g ou kcal/kg MS)

Aliment	1 et 2	3 et 4	5 et 6	Complémentaire
<b>Matière azotée totale</b>	231,9	193,4	117,4	330,2
<b>Matière organique</b>	923,0	930,0	942,0	933,3
<b>Énergie brute</b>	4494	4373	4206	4834
<b>Parois</b>	198,2	195,1	184,6	212,5
<b>NDF</b>	180,3	184,6	184,7	184,3
<b>ADF</b>	80,2	75,3	64,7	95,0
<b>ADL</b>	13,8	11,5	7,0	18,6
<b>Cellulose brute</b>	69,9	63,7	57,8	84,4
<b><math>\beta</math> glucanes</b>	10,5	17,8	32,3	2,0
<b>Amidon</b>	356,2	421,7	538,5	230,6

de mesures consécutives de sorte que chacun des aliments est testé sur 4 animaux différents. L'attribution des régimes à chacun des animaux est effectuée au hasard au début de chaque série de mesures. Le poids des animaux lors de la dernière série de mesures est de 45 kg en moyenne.

Chaque série de mesures dure 14 jours : 7 jours sont consacrés à la mesure de digestibilité iléale, 5 jours sont destinés à la détermination de la vitesse de transit des digesta, enfin 2 jours sont consacrés à une période de transition pendant laquelle les animaux reçoivent un aliment constitué de blé et de tourteau de soja. Les résultats relatifs à la détermination de la vitesse de transit des digesta ne sont pas mentionnés dans cet article.

Pendant les 7 jours que dure la mesure de digestibilité iléale, les animaux sont nourris en deux repas par jour, espacés de 12 heures exactement. Les animaux d'une même série de mesure reçoivent tous la même quantité d'aliment qui est fonction de la moyenne de leurs poids déterminés au début de chaque série de mesures et vaut 90 g d'aliment/kg (PVMoy)<sup>0,75</sup>.

Après une période d'adaptation de 4 jours, les jus iléaux sont collectés pendant 3 jours à raison de 12 heures par jour et placés à +4°C dès le prélèvement du sachet servant à la collecte. En effet le principe de mesure de la digestibilité par la canulation PVTC repose sur le fait que la durée quotidienne de collecte est égale à l'intervalle de temps qui sépare deux repas ; la vitesse de transit des digesta étant supposée constante par aliment, cette façon de procéder permet de collecter l'équivalent d'un repas par jour. A l'issue des trois jours de collecte, les jus iléaux d'un même animal sont homogénéisés ; un échantillon est séché à l'étuve pour détermination de sa teneur en matière sèche, un second échantillon est lyophilisé avant analyses chimiques.

Les valeurs de digestibilité sont calculées en prenant en compte le taux de récupération de chrome dans les jus iléaux en faisant l'hypothèse que le prélèvement effectué au moyen de la canule est représentatif des excréta arrivant au niveau du caecum.

### 1. 3. Analyses chimiques

Sur les jus iléaux et les aliments sont déterminées les teneurs en matière azotée totale (KJELDHAL x 6,25 - Kjell-Foss, Foss-electric), NDF, ADF (protocole BIPEA), matière minérale (550°C-8h), énergie brute (calorimètre IKA isopéribole 7001) et chrome (spectrométrie d'absorption atomique). Sur les aliments sont déterminées en plus les teneurs en cellulose brute (WEENDE), ADL (protocole BIPEA), parois (AFNOR, 1989), matière grasse (sans hydrolyse préalable), sucres (J.O. C.E., 1971), amidon (méthode polarimétrique EWERS),  $\beta$ -glucanes (BIOCON MEGAZYME).

## 2. RÉSULTATS

Le tableau 4 donne les taux de récupération de chrome pour chacun des aliments expérimentaux. Seul l'aliment 1 présente un taux de récupération de chrome inférieur à 80%, les autres aliments se situent entre 80 et 90%.

### 2.1. Valeur alimentaire des aliments sans enzymes (tableau 3)

L'augmentation du taux d'incorporation d'orge dans les aliments s'accompagne d'une augmentation de la digestibilité iléale apparente de la matière sèche, de la matière organique, de l'énergie et de la digestibilité iléale vraie de la matière azotée. Cette tendance, non significative lorsque le taux

Tableau 3 - Digestibilité iléale des aliments sans enzyme

Taux d'incorporation d'orge	40%	60%	96%	Probabilité	CVR (%)
Aliment	1	3	5		
<b>Valeur alimentaire des aliments</b>					
Digestibilité iléale apparente (%)					
Matière sèche	60,7b	62,4b	68,3a	*	4,4
Énergie	63,7	64,1	68,0	0,09	3,9
Matière organique	63,1b	64,5b	70,2a	*	4,1
Hémicelluloses (1)	15,6	14,1	15,8	NS	66,4
Digestibilité iléale vraie (%) (2)					
Matière azotée	83,3b	83,8b	87,2a	*	2,0
<b>Valeur alimentaire du complémentaire</b>					
Digestibilité iléale apparente (%)					
Matière sèche	56,3	55,5	-	NS	11,8
Énergie	62,9	60,8	-	NS	8,9
Matière organique	60,2	59,1	-	NS	10,6
Digestibilité iléale vraie (%) (2)					
Matière azotée	81,0	82,2	-	NS	2,5

Les valeurs sur une même ligne indexées par une lettre différente sont significativement différentes

Entre parenthèses : l'écart type de l'échantillonnage

NS : P > 0,10 ; \* : P < 0,05 ; \*\* : P < 0,01 - risque  $\alpha$  = 0,05 -

(1) NDF- ADF

(2) Digestibilité iléale vraie MAT = Digestibilité iléale apparente MAT + MAT endogène (g/kg MS ingérée)\*100/Teneur en MAT de l'aliment (g/kg MS) ; avec MAT endogène = 13,87 g/kg MS ingérée (WÜNSCHE et al., 1987)

d'incorporation d'orge passe de 40 à 60% (+1,7 ; +1,4 et +0,5 points de digestibilité pour la matière sèche, la matière organique et la matière azotée respectivement), le devient lorsqu'il atteint le taux de 96% (7,6 ; 7,1 et 3,9 points de digestibilité supplémentaires pour la matière sèche, la matière organique et la matière azotée par rapport à l'aliment à 40% d'orge ; 5,9 ; 5,7 et 3,4 points supplémentaires pour la matière sèche, la matière organique et la matière azotée par rapport à l'aliment à 60% d'orge). Pour l'énergie, l'augmentation de la digestibilité iléale apparente lorsque le taux d'incorporation d'orge augmente est de plus faible amplitude (+0,4 et +4,3 points respectivement de l'aliment 1 à l'aliment 3 et de l'aliment 1 à l'aliment 5,  $P = 0,09$ ).

Le calcul par différence nous permet d'appréhender la valeur alimentaire du complémentaire (tableau 3). Les valeurs de digestibilité obtenues (matière sèche, énergie, matière organique et matière azotée) sont identiques pour les deux taux d'incorporation d'orge (40 et 60%) ; l'absence de toute interaction digestive orge x complémentaire dans les aliments sans enzyme est ainsi mise en évidence. Les composants du complémentaire sont moins digestibles que ceux de l'orge : -12,4 ; -6,1 ; -10,6 et -5,6 points de digestibilité respectivement pour la matière sèche, l'énergie, la matière organique et la matière azotée.

La mesure de la digestibilité des fibres, quelles qu'elles soient, n'est pas aisée, soit à cause d'une variabilité animale importante soit en raison des difficultés rencontrées lors du dosage des fractions NDF et ADF sur des milieux tels que les jus iléaux. Dans ces conditions il a été impossible de déterminer de façon satisfaisante la digestibilité de la fraction NDF ou celle de la fraction ADF. Il semble toutefois que la digestibilité des hémicelluloses (digestibilité de la fraction NDF-ADF) ait la même valeur pour les trois aliments (15,2% en moyenne). Au vu de ces résultats, on peut supposer que les hémicelluloses

ayant pour origine l'orge et les hémicelluloses ayant pour origine le complémentaire montrent la même digestibilité.

## 2.2. Effet de l'introduction d'enzymes sur la valeur alimentaire des aliments (tableau 4)

Il existe une tendance à l'interaction enzyme x taux d'incorporation d'orge sur le coefficient d'utilisation digestive de l'ensemble des composants étudiés exceptées les hémicelluloses ; l'interaction est significative pour la matière azotée. Concernant les hémicelluloses, il n'existe aucune interaction enzyme x taux d'incorporation d'orge, mais un effet significativement positif de l'introduction d'enzymes sur leur digestibilité ( $P < 0,05$ ).

La digestibilité iléale des composants de l'orge n'est pas affectée par l'addition d'enzymes dans l'aliment : -0,4 ; +0,1 et -0,3 points de digestibilité de l'aliment 5 à l'aliment 6 respectivement pour la matière sèche, l'énergie et la matière organique. La différence de 2,7 points de digestibilité observée sur la matière azotée n'est pas significative. Seules les hémicelluloses voient leur digestibilité augmentée avec l'introduction d'enzymes dans l'aliment (+10,6 points), la différence n'est toutefois pas significative compte tenu de la variabilité importante de cette mesure.

Pour l'aliment contenant 60% d'orge, l'introduction d'enzymes a un effet positif sur la digestibilité de l'ensemble des composants exceptée la matière azotée : +3,8 ; +3,6 et +3,9 points de digestibilité pour la matière sèche, l'énergie et la matière organique respectivement. La digestibilité des hémicelluloses augmente de 17,6 points.

Il existe au contraire une tendance à la diminution de la digestibilité de l'ensemble des composants de l'aliment contenant 40% d'orge (-3,0 ; -3,1 et -2,7 points de digestibilité

**Tableau 4 - Digestibilité iléale des aliments expérimentaux**

Taux d'incorporation d'orge	40%		P	CVR (%)	60%		P	CVR (%)	96%		P	CVR (%)	Inter action	CVR (%)
	sans	avec			sans	avec			sans	avec				
Enzyme	1	2			3	4			5	6				
Aliment	1	2			3	4			5	6				
Taux de récupération de chrome (%)	75,2 (8,2)	80,1 (4,1)	-	-	89,2 (14,2)	85,3 (11,1)	-	-	89,0 (6,2)	88,2 (11,3)	-	-	-	-
Digestibilité iléale apparente (%)														
Matière sèche	60,7 (3,8)	57,7 (2,3)	NS	5,3	62,4 (1,9)	66,2 (1,3)	*	2,8	68,3 (0,5)	67,9 (3,4)	NS	3,9	0,06	4,1
Énergie	63,7 (3,4)	60,6 (2,5)	NS	4,8	64,1 (1,9)	67,7 (1,2)	*	2,7	68,0 (0,5)	68,1 (3,7)	NS	4,2	0,06	4,0
Matière organique	63,1 (3,6)	60,4 (2,3)	NS	4,9	64,5 (1,9)	68,4 (1,1)	*	2,6	70,2 (0,5)	69,9 (3,4)	NS	3,8	0,06	3,9
Hémicelluloses (1)	15,6 (13,4)	17,4 (4,9)	NS	61,3	14,1 (6,9)	31,7 (2,5)	**	24,8	15,8 (3,0)	26,4 (12,5)	NS	47,2	NS	44,2
Digestibilité iléale vraie (%) (2)														
Matière azotée	83,3a (1,8)	77,9b (2,2)	**	4,8	83,8a (0,8)	84,3a (1,2)	NS	1,4	87,2a (1,7)	84,5a (2,5)	NS	3,2		2,3

Les valeurs sur une même ligne indexées par une lettre différente sont significativement différentes

Entre parenthèses : l'écart type de l'échantillonnage

NS :  $P > 0,10$  ; \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  - risque  $\alpha = 0,05$  -

(1) NDF- ADF

(2) Digestibilité iléale vraie MAT = Digestibilité iléale apparente MAT + MAT endogène (g/kg MS ingérée)\*100/Teneur en MAT de l'aliment (g/kg MS) ; avec MAT endogène = 13,87 g/kg MS ingérée (WÜNSCHE et al., 1987)

respectivement pour la matière sèche, l'énergie et la matière organique). Pour la matière azotée, la diminution de 5,4 points de digestibilité lorsque les enzymes sont introduites dans l'aliment est significative. La digestibilité des hémicelluloses n'est pas affectée par la présence d'enzymes dans l'aliment.

### 3. DISCUSSION

Les taux de récupération de chrome dans les jus iléaux sont supérieurs à ceux qu'observent KÖHLER et al. (1990) sur des animaux de poids équivalent, munis d'une canule PVTC et recevant des aliments de teneur en fibres comparables à celle de nos aliments expérimentaux. Comme le préconisent ces auteurs, l'ensemble des résultats de digestibilité est exprimé après correction par le taux de récupération de chrome. L'aliment 1 (40% d'orge sans enzymes) présente toutefois des taux de récupération inférieurs à ceux des autres aliments ce qui pourrait expliquer la variabilité des résultats obtenus sur cet aliment.

La faible valeur alimentaire du complémentaire par rapport à celle de l'orge, démontrée en l'absence d'enzymes, est vraisemblablement due à la richesse en lignocellulose de ce produit par rapport à l'orge. Les aliments présentent en effet tous la même teneur en NDF mais une qualité de fibre très différente : la quantité d'hémicelluloses (NDF-ADF) augmente avec le taux d'incorporation d'orge alors que le taux de lignocellulose (ADF) diminue (tableau 1). Cette sensibilité de la digestibilité iléale à la fraction lignocellulose a été montrée à de nombreuses occasions (DROCHNER, 1991). Toutefois, aucun effet de la fraction lignocellulose du complémentaire sur la valeur alimentaire de l'orge ne semble exister puisque aucune interaction digestive entre le complémentaire et l'orge n'a été décelée.

Bien que les valeurs de digestibilité obtenues soient très variables, il semble que l'introduction d'enzymes entraîne une amélioration de la digestibilité des hémicelluloses dans les aliments contenant 60 et 96% d'orge. Toutefois, avec l'aliment contenant 96% d'orge, cette augmentation de la digestibilité des hémicelluloses ne s'accompagne pas d'une augmentation de la digestibilité des autres composants de l'aliment, qu'il s'agisse d'énergie ou d'azote. Étant donnée la proportion de  $\beta$ -glucanes dans les hémicelluloses de l'orge (27% environ, soit moins d'un tiers) il est délicat de déterminer si les enzymes ont réellement agi sur les  $\beta$ -glucanes de l'orge. Quoi qu'il en soit, l'éventuel effet négatif des  $\beta$ -glucanes de l'orge sur la digestibilité chez le porc en croissance peut être remis en cause, d'autant plus que dans les aliments ne contenant pas d'enzyme, aucune interaction digestive n'a été mise en évidence entre l'orge et le complémentaire. Selon GRAHAM et al. (1988) des animaux de poids supérieur à 40 kg ne montreraient plus aucune sensibilité à l'introduction de  $\beta$ -glucanases dans l'aliment parce qu'ils seraient eux-mêmes pourvus de glucanase vraisemblablement d'origine microbienne. Certains auteurs indiquent que 68% des

$\beta$ -glucanes seraient digérés avant la fin de l'iléon chez des animaux de 40 kg, et 95% chez des animaux de 80 kg (GRAHAM et al., 1988 - 1989). L'addition de  $\beta$ -glucanases dans l'alimentation ne serait profitable qu'à des animaux de moins de 20 kg.

Concernant l'aliment contenant 60% d'orge il existe une amélioration de la digestibilité de l'ensemble des composants exceptée la protéine. Les enzymes utilisées ici sont constituées d'un mélange à activité multiple (cellulasique en particulier), il est donc probable, au vu de ces résultats et de ceux obtenus sur l'aliment à base d'orge seule, que les enzymes aient agi non seulement sur les hémicelluloses mais également sur d'autres fractions de la fibre du complémentaire entraînant une amélioration de la digestibilité de l'ensemble des composants de l'aliment, exceptée la protéine. La préparation enzymatique utilisée ici serait efficace sur des aliments peu digestibles et riches en lignocellulose. Nous ne pouvons ici donner aucune valeur de digestibilité ni de la fraction NDF, ni de la fraction ADF pour appuyer cette hypothèse. La moindre sensibilité de la protéine à l'introduction d'enzymes pourrait être liée à sa moindre sensibilité à une augmentation de la teneur en fibres (DIERICK et al., 1983). Une autre hypothèse pourrait être l'introduction dans l'aliment, avec la préparation enzymatique, de micro-organismes qu'on retrouverait à la fin de l'iléon, ce qui entraînerait une diminution artificielle de la digestibilité de la protéine.

Le fait que la digestibilité des hémicelluloses et des autres composants de l'aliment contenant 40% d'orge (ou 56% de complémentaire) ne soit pas (ou négativement) affectée par l'addition d'enzymes dans l'aliment pourrait être lié au fait que le taux d'incorporation d'enzymes dans l'aliment est calculé à partir du taux d'incorporation d'orge, ce qui conduirait à nous trouver dans des conditions limitantes d'activité enzymatique dans l'aliment à 40% d'orge (rapportés à 100 kg de complémentaire, les taux d'incorporation d'enzymes sont respectivement de 36 et 83 g pour l'aliment 2 et l'aliment 5). La comparaison des aliments 1 et 2 doit cependant être prise avec précautions, notamment en raison de la variabilité des résultats obtenus sur l'aliment 1.

### CONCLUSION

La comparaison des aliments à proportion croissante d'orge n'a pas montré d'effet dépressif des  $\beta$ -glucanes de l'orge sur la valeur alimentaire des aliments chez le porc en croissance. Une étude sur des animaux plus jeunes permettrait peut-être de mettre en évidence cet effet. Toutefois les enzymes BIO FEED  $\beta$  CT<sup>®</sup> permettent d'améliorer significativement la valeur alimentaire et en particulier énergétique, d'aliments plus riches en lignocellulose, vraisemblablement grâce à son action cellulasique. Il serait intéressant, sur de tels aliments, d'évaluer l'amélioration obtenue sur les performances des animaux ; en effet l'amélioration de la digestibilité obtenue ici a lieu au niveau de l'intestin grêle, segment du tube digestif où l'énergie absorbée est la mieux valorisée par l'animal.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, 1989. Détermination de la teneur en parois végétales insolubles dans l'eau, NFV 18-111.
- BIPEA, doc XC104X-9003.
- CAMPBELL G.L., BEDFORD M.R., 1992. *Can. J. Anim. Sci.*, 72, 449-466.
- CARRÉ B., 1992. Les polysaccharides non amylacés hydrosolubles. In : Les contaminants et les facteurs antinutritionnels dans les aliments des volailles : vrai ou faux problème. Cahier n°8. 8° rencontre annuelle du groupe français de la WSPA. WSPA eds. PARIS, 51-58.
- DIERICK N., VERVAEKE I., DECUYPERE J., HENDERICKX H.L., 1983. *Rev. Agric.*, 36, 1691-1712.
- DROCHNER W., 1991. Digestion of carbohydrates in the pig. In : Proc. Vth Intern. Symp. on Digestive Physiology in Pigs, VERSTEGEN M.W.A., HUISMAN J., HARTOG den L.A. Eds, EAAP Publication n°54, 24-26 April 1991, WAGENINGEN, THE NETHERLANDS, 367-388.
- GRAHAM H., AMAN P., LÖWGREN W., 1998. Enzyme supplementation of pig feeds. In : Digestive Physiology in the pig, Proc. 4th Intern. Seminar, Polish Academy of Science, BURACZEWSKA L., BURACZEWSKI S., PATUSZEWSKA B., ZEBROWSKA T. Eds., JABLONNA, POLAND, 371-376.
- GRAHAM H., FADEL J.G., NEWMAN C.W., NEWMAN R.K., 1989. *J. Anim. Sci.*, 67, 1293-1298.
- J.O. C.E., 1971. Première directive.
- KÖHLER T., HUISMAN J., HARTOG den L.A., 1990. *J. Sci. Food Agric.*, 53, 465-475.
- LAPLACE J.P., DARCY-VRILLON B., PEREZ J.M., HENRY Y., 1989. *Br. J. Nut.*, 61, 75-87.
- LEEUWEN van P., KLEEF van D.J., KEMPEN van G.J.M., HUISMAN J., VERSTEGEN M.W.A., 1991. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.*, 65, 183-193.
- WÜNSCHE J., HÉRMANN U., MEINL M., KREIENBRING F., ZWIERS P., 1987. *Arch. Tierernähr.*, 37, 745-764.