

# **DETERMINATION PAR MULTI-REGRESSION DE L'EFFICACITE D'UN COMPLEXE ENZYMATIQUE CONTENANT DES CARBOHYDRASES SUR LA TENEUR EN ENERGIE METABOLISABLE D'ALIMENT A BASE DE BLE, D'ORGE, DE MAÏS, DE SON DE BLE, DE TOURTEAU DE SOJA ET D'HUILE DE SOJA CHEZ LE POULET DE CHAIR ENTRE 12 ET 22 JOURS.**

**Cozannet Pierre<sup>1</sup>, Batut Hélène<sup>1</sup>, Le Meur Marjolaine<sup>1</sup> et Preynat Aurélie<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ADISSEO France S.A.S. - CERN – 03600 COMMENTRY  
[Aurelie.Preynat@adisseo.com](mailto:Aurelie.Preynat@adisseo.com)

## **RÉSUMÉ**

L'objectif du travail est d'évaluer les teneurs en énergie métabolisable apparente (EMA) et standardisée pour une rétention azoté nulle (EMAn) de 6 matières premières par régression en présence ou non d'un cocktail enzymatique contenant des carbohydases. La méthode du bilan digestif sur poulet de 12 à 22 jours (EMAn) a été appliquée pour la mesure de l'EMAn de 6 régimes expérimentaux composés de 6 matières premières incluses à différents niveaux, supplémentés ou non d'enzymes (12 traitements; 10 poulets/traitement). Les valeurs d'EMA et d'EMAn des matières premières ont ensuite été calculées à partir des mesures effectuées sur les régimes selon la méthode par régression multiple. Les teneurs en matières premières des régimes ne sont pas corrélées. L'alimentation *ad libitum* des animaux avec des régimes différents stimule la régulation de l'ingestion et de la croissance des animaux. L'ingestion est négativement corrélée à la teneur en EMAn des régimes ( $R = -0,88$ ;  $P < 0,001$ ). L'efficacité alimentaire des animaux est liée à la teneur en azote des régimes ( $R = -0,87$ ;  $P < 0,001$ ). Le gain de poids est expliqué par la quantité d'énergie et de protéine ingérée ( $R = 0,79$ ;  $P < 0,001$ ). Aucun effet de l'enzyme n'a été mis en évidence sur la consommation, le gain de poids et l'indice des animaux de 12 à 22j. D'importantes variations de la métabolisabilité des régimes pour la MS, N et EB ( $P < 0,001$ ) sont constatées entre les régimes. Les ratios MSfix/MSing, Nfix/Ning, EMA/EB et EMAn/EB des régimes sont corrélés entre eux ( $R > 0,98$ ;  $P < 0,001$ ). Le cocktail enzymatique améliore significativement les ratios MSfix/MSing, Nfix/Ning, EMA/EB et EMAn/EB de 1,1; 1,4; 1,4 et 1,3 points, respectivement. Ainsi, les valeurs de métabolisabilité de l'EB sans enzyme du blé, du maïs, de l'orge, du son de blé, du tourteau de soja et de l'huile de soja sont respectivement de 77,5; 83,0; 74,6; 32,0; 44,6 et 92,0 %. L'ajout d'enzymes améliore respectivement ces valeurs de 1,6; 1,7; 6,4 et 2,7 points pour blé, l'orge, le son de blé, le tourteau de soja soit respectivement 0,31; 0,33; 1,22 et 0,53 MJ/kg MS de teneurs en EMAn. La comparaison de la valeur calculée et de la valeur attendue pour chaque régime a permis de valider la robustesse du modèle pour l'EMAn ( $R^2 = 0,96$ ;  $P > 0,001$ ).

## **ABSTRACT**

**Enzyme complex improves energy digestibility of broiler fed diets based on wheat, barley, corn, wheat bran, soybean meal and soy oil**

An experiment was carried out to measure the apparent metabolizable energy (AME) and the apparent metabolizable energy standardized to zero nitrogen retention (AMEn) of six raw materials by regression with or without enzyme complex. Digestive balance method on broiler aged from 12 to 22 days was applied to measure the AMEn of 6 dietary treatments based on 6 raw materials included at various levels with or without enzyme complex (12 treatments; 10 broilers/treatment). Correlation coefficients were not significant among raw material levels in the diets ( $P < 0.05$ ). *Ad libitum* feeding of animals with different diets stimulated the regulation of feed intake and animals growth. Ingestion was negatively correlated with diets AMEn contents ( $R = -0.88$ ;  $P < 0.001$ ). Animals feed efficiency was related to diets nitrogen contents ( $R = -0.87$ ,  $P < 0.001$ ). Body gain was explained using both energy and protein intake ( $R = 0.79$ ;  $P < 0.001$ ). No enzyme effect was observed for performances over the entire experimental period. Balance measurements suggested significant changes in diets metabolizability for DM, N and GE ( $P < 0.001$ ). The ratios DMfix/DMing, Nfix/Ning, AME/GE and AMEn/GE were correlated ( $R > 0.98$ ;  $P < 0.001$ ). Enzyme supplementation improved significantly DMfix/DMing, Nfix/Ning, AME/GE and AMEn/GE ratios by 1.1, 1.4, 1.4 and 1.3 points respectively. Without enzyme addition, wheat, corn, barley, wheat bran, soybean meal and soy oil metabolizability values for GE were 77.5, 83.0, 74.6, 32.0, 44.6, and 92.0%, respectively. Enzyme complex supplementation improved these values by respectively 1.6, 1.7, 6.4, and 2.7 points for wheat, barley, wheat bran and soybean meal, corresponding to respectively 0.31, 0.33, 1.22, et 0.53 MJ/kg DM of AMEn values. Comparing the calculated value and the expected value for each regime validated model robustness for AMEn ( $R^2 = 0.96$ ,  $P > 0.001$ ).

## INTRODUCTION

L'Évaluation précise de la valeur nutritionnelle des matières premières les plus employées en nutrition animale revêt une importance capitale notamment dans un contexte de forte volatilité des prix. La méthode d'évaluation par différence représente la méthode d'usage la plus répandue dans cette optique (Tormo et al., 2013). Elle peut cependant être remplacée par une méthode d'évaluation alternative par régression multiple (Young et al., 1978). D'autre part, l'amélioration de la métabolisabilité des nutriments et de l'énergie est l'une des premières spécification des enzymes carbohydrases (Friesen et al., 1992). Cependant, les effets biologiques sont variables selon les préparations enzymatiques et surtout selon les caractéristiques des matières premières. L'objectif de l'essai est donc la mesure de l'effet des enzymes sur la variation de la valeur nutritionnelle de 6 matières premières très utilisées dans l'alimentation des volailles, à partir de leur distribution dans 6 régimes expérimentaux. La bonne prise en compte des effets de l'enzyme par matière première peut permettre un meilleur emploi de ces additifs au cours d'essais de performance (Cozannet et al., 2013).

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Analyses de laboratoire

Dans un premier temps, les teneurs en matière sèche (MS), matières minérales (NF V18-101), matières azotées (NF V18-100), matières grasses sans hydrolyse (NF V18-117), cellulose brute (NF V03-040), fibres Van Soest (NF V18-122), amidon Ewers (méthode polarimétrique, directive 1999/79 CE) et énergie brute (EB) (ISO 9831) des 6 matières premières ont été mesurées (Tableau 1).

### 1.2. Essais in vivo

Pour ces essais, 6 aliments ont été fabriqués. Leur composition est présentée dans le Tableau 2. Les régimes ont ensuite été divisés en 2 lots et traités par pulvérisation avec de l'eau ou une préparation enzymatique (Rovabio® Excel, Adisseo France SAS, Antony, France). Cette préparation enzymatique de type carbohydrase est issue de la fermentation de *Penicillium funiculosum* et fournit par tonne d'aliment 1100 unités viscosité d'activité endo- $\beta$ -1,4-xylanase et 100 unités d'activité endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase à la dose recommandée de 0,2 L/tonne. Les mesures de digestibilité ont été réalisées sur 120 poulets. La période expérimentale est divisée en deux phases successives, une première d'adaptation et une seconde de collecte, de respectivement 10 et 3 jours pour les poulets. Le bilan digestif est réalisé par collecte totale des excréments et suivi individuel des

consommations. Les fientes congelées immédiatement après collecte journalière sont ensuite lyophilisées et broyées pour analyse.

La mesure de la teneur des fientes et des aliments en énergie brute et la différence entre l'énergie ingérée et l'énergie excrétée permettent d'aboutir dans un premier temps aux valeurs d'énergie métabolisable apparente (EMA). Afin de permettre une comparaison entre les animaux en croissance et les animaux à l'entretien, les valeurs d'énergie métabolisable à bilan azoté nul (EMAN) ont été calculées à partir du bilan azoté par le biais du gain de poids selon l'équation proposée par Lessire (2004).

### 1.3. Calculs et statistiques

Les effets de la nature de l'aliment (5 ddl), de l'ajout d'enzyme (1 ddl) et de l'interaction entre l'aliment et l'incorporation d'enzymes sur les paramètres animaux, le rapport EMAN/EB et la teneur EMAN des régimes ont été testés par analyse de variance des données individuelles. Les valeurs d'EMA et d'EMAN des matières premières ont été calculées à partir des mesures effectuées sur les régimes selon la méthode par multi régression emboîtées (Van Milgen et al., 2001). L'effet de l'enzyme est considéré par matière première.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

La teneur en nutriments des matières premières est présentée dans le Tableau 1. Les résultats obtenus sont en accord avec les données des tables (Sauvant et al., 2004). Les résultats de performance et de métabolisabilité moyens obtenus par régime sont synthétisés dans le Tableau 3. Les performances des animaux au cours de la période complète de l'essai sont significativement affectées par la nature des régimes ( $P < 0,001$ ). Ces différences de performances peuvent être reliées à la composition en nutriments des régimes (Tableau 5). Dans notre essai, elles varient dans des proportions importantes. De plus aucune relation entre les teneurs en NDF, protéine et EMAN n'existe ( $R < -0,76$  ;  $P > 0,05$  ; Tableau 5), chacun des éléments peut donc être pris en compte en tant que facteur explicatif des variations d'ingestion et l'indice. Il a pu être mis en évidence une forte corrélation négative entre l'ingestion volontaire des animaux et la teneur en énergie (EMAN) des régimes ( $R = -0,88$  ; Tableau 5). Cette observation est en accord avec les précédents résultats obtenus par Leeson et Summers (1991). L'IC est significativement corrélé à la teneur en protéines des régimes ( $R = -0,87$ ). L'amélioration de l'IC avec l'augmentation de la teneur en protéine peut être rapprochée au report du premier acide aminé limitant avec l'augmentation de la teneur en protéine totale (Plumstead et al., 2007). Le gain de poids est expliqué à la fois par la quantité d'azote et la quantité d'EMAN ingérée ( $\text{gain} = 0,013 \text{ protéine ingérée} + 0,025 \text{ EMAN ingérée}$  ;  $R^2 = 0,79$

ETR = 27g ; n = 120). Aucun effet de l'enzyme n'a été mis en évidence sur la consommation, le gain de poids et l'indice de consommation des animaux de 12 à 22j. Les valeurs de métabolisabilité de la MS, de l'azote et de l'EB sont hautement corrélées entre traitements ( $R > 0,98$ ; données non présentées). Ces valeurs de métabolisabilité sont peu reliées à la teneur en nutriment des régimes. La faible corrélation avec la teneur en NDF des régimes ( $R = 0,58$ ;  $P = 0,08$ ) est notable. Ce phénomène peut être rapproché à la composition variable en nutriments des régimes. Ces résultats sont contradictoires avec de précédents résultats obtenus chez le porc (Le Goff et Noblet, 2001). Cette étude fait cependant un usage plus restreint d'huile et teste une plus importante gamme de teneurs en NDF.

La teneur en nutriments des matières premières, estimée par régression multiple à partir des valeurs des régimes, est en accord avec les valeurs mesurées en laboratoire (Tableau 4). La teneur en EMAN des matières premières sans enzymes sont de 14,6 ; 15,4 ; 14,2 ; 6,1 ; 8,9 et 33,7 MJ/kg MS respectivement pour le blé, le maïs, l'orge, le son de blé, le tourteau de soja et l'huile, respectivement. Ces valeurs sont en accord avec les valeurs des tables (Sauvant et al., 2004). Les valeurs correspondantes avec enzymes sont de 14,9 ; 15,4 ; 14,5 ; 7,3 ; 9,4 et 33,7 MJ/kg MS (Tableau 4). L'effet de l'enzyme le plus important est observable sur les matières premières les plus riches en fibres : le blé, l'orge et le son de blé. Cet impact serait lié à l'amélioration de la digestibilité des fibres, effet direct

des enzymes NSP. Il serait également lié à l'amélioration de la métabolisabilité des autres nutriments dont l'accès aux enzymes endogènes est facilité par les enzymes carbohydrases exogènes. Les enzymes de type carbohydrase permettant de désencapsuler les nutriments. La qualité globale du modèle statistique du modèle est déterminée a posteriori par estimation de la cohérence entre les valeurs d'EMAN des régimes mesurées et celles calculées à partir des valeurs par matières premières. La droite de régression ainsi obtenue correspond avec la première bissectrice, présente un coefficient de détermination élevé et un écart type résiduel faible (EMAN calculée = 0,99 EMAN mesurée ;  $R^2 = 0,96$  ; ETR = 0,11 MJ/kg MS).

## CONCLUSION

La technique employée permet l'évaluation précise de la teneur en EMAN des matières premières avec et sans enzyme et de façon plus puissante que la méthode par différence. Elle permet la formulation de régimes expérimentaux plus équilibrés et l'utilisation d'un nombre accru d'animaux pour l'évaluation de chaque matière première.

Une validation du principe d'additivité des valeurs d'EMAN avec et sans enzyme est effectué au cours d'un test de performance (Cozannet et al., 2013). Ce test permettra de justifier de l'intérêt d'évaluer les matières premières avec enzyme.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cozannet, P., Le Meur, M., Batut, H., Preynat, A., 2013. soumis aux 10èmes Journée Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle (France), 26-28/03/13.
- Friesen, O.D., Guenter, W., Marquardt, R.R., Rotter, B.A., 1992. Poult. Sci. 71: 1710-1721.
- Le Goff, G., Noblet, J., 2001. J. Anim. Sci. 79: 2418-2427.
- Leeson S., Summers, J.D., (1991) University Books, Guelph, Canada.
- Lessire, M., 2004. In : INRA Editions, Versailles, France.
- Plumstead, P.W., Romero-Sanchez, H., Paton, N.D., Spears, J.W., Brake, J., 2007. Poult. Sci. 86: 2639-2648.
- Sauvant, D., Perez, J.M., Tran, G., 2004. In : INRA Editions, Versailles, France.
- Tormo, E., Cozannet, P., Rouffineau, F., Gady, C., 2013. soumis aux 10èmes Journée Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle (France), 26-28/03/13.
- Van Milgen, J., Noblet, J., Dubois, S., 2001. J. Nut. 131: 1309-1318.
- Young, L.G., Asnton, G.C., Smith, G.C., 1977. J. Anim. Sci. 44: 765-771.

**Tableau 1.** Teneur en nutriments des matières premières.

	Blé	Maïs	Orge	Son de blé	Tourteau de soja
<b>Matière sèche</b>	85,5	85,8	86,3	86,5	88,0
<b>Teneur en nutriments, % MS</b>					
Cendres	1,8	1,5	2,4	5,7	6,9
Protéines (N*6.25)	11,5	9,6	12,0	18,3	52,7
NDF	12,4	8,9	16,6	43,2	15,1
ADF	2,9	2,1	5,3	12,7	7,2
ADL	0,6	0,0	0,6	2,7	0,2
Amidon Ewers	69,8	73,7	59,6	19,3	6,9

**Tableau 2.** Composition et teneur en nutriments des régimes.

	1	2	3	4	5	6
<b>Composition, %</b>						
Blé	40,00	15,00	35,00	25,00	0,00	5,00
Maïs	27,00	20,00	0,00	8,00	46,00	13,00
Orge	0,00	27,00	15,00	30,00	5,50	25,00
Son de blé	0,00	2,50	7,50	10,00	15,00	5,00
Tourteau de soja	23,50	30,00	32,00	20,00	25,00	40,00
Huile végétale	5,00	1,00	6,00	2,50	4,00	7,50
Premix et minéraux <sup>1</sup>	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
<b>Teneur en nutriments, %</b>						
Matière sèche	88,20	87,70	88,50	87,90	88,00	88,70
Protéines (N*6.25)	17,40	20,20	21,10	17,20	18,20	23,30
NDF	10,60	13,60	14,00	15,90	14,80	13,50
Energie brute, MJ/kg MS	16,80	16,00	17,10	16,20	16,80	17,70

<sup>1</sup> Fourni par kg d'aliment: vitamine A = 12 000 UI, vitamine D<sub>3</sub> = 3 000 UI, vitamine E = 100 UI, vitamine K<sub>3</sub> = 3 mg, vitamine B<sub>1</sub> = 2 mg, vitamine B<sub>2</sub> = 8 mg, vitamine B<sub>6</sub> = 3 mg, vitamine B<sub>12</sub> = 0.02 mg, acide folique = 1 mg, biotine = 0.2 mg, acide pantothenique = 15 mg, acide nicotinique = 40 mg, Mn = 80 mg, Zn = 60 mg, I = 1 mg, Fe = 80 mg, Cu = 15 mg, Co = 0.4 mg, Se = 0.2 mg, Ethoxyquine = 0.5 mg, BHA = 0.5 mg et Narasine/nicarbazine = 80 mg.

**Tableau 3.** Performances et métabolisabilité des nutriments des régimes fournis à des poulets de 12 à 22 jours.

	Régimes						Enzyme		Statistique <sup>1</sup>			ETR	R <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	-	+	P critique				
									Régs	Enz	Int		
<b>Période totale (de 12 à 22 jours d'âge)</b>													
<b>Poids vif, g</b>													
Adaptation	436	434	436	436	437	436	436	437	0,99	0,82	1,00	18	0,00
Fin	893	936	946	889	922	929	924	915	0,03	0,43	0,14	63	0,09
<b>Ingéré, g</b>	848	920	875	907	884	822	887	865	0,01	0,13	0,16	77	0,15
<b>Indice</b>	1,86	1,84	1,72	2,02	1,83	1,67	1,83	1,81	0,01	0,53	0,08	0,10	0,54
<b>Période de bilan (de 19 à 22 jours d'âge)</b>													
<b>Poids et consommation des animaux, g</b>													
Ingéré sec	264	294	289	287	297	264	286	279	0,01	0,27	0,08	37	0,12
Poids collecte	728	747	754	719	739	747	743	735	0,15	0,36	0,15	45	0,06
<b>Ratio, %</b>													
MSfixée/MSingérée	72,0	65,7	64,0	65,3	65,7	61,3	65,1	66,2	<0,001	<0,001	0,23	1,7	0,79
Nfixée/Ningérée <sup>2</sup>	57,0	47,7	50,2	54,3	53,8	47,0	51,0	52,4	<0,001	0,08	0,03	4,1	0,45
EMA/EB	75,9	70,7	69,7	70,4	69,9	68,1	70,1	71,5	<0,001	<0,001	0,424	2,0	0,64
EMAn/EB	73,0	67,5	66,4	67,3	66,7	65,3	67,0	68,3	<0,001	<0,001	0,89	1,6	0,71
<b>Valeur énergétique, MJ/kg MS<sup>3</sup></b>													
							13,3						
EMA	14,59	13,12	13,68	13,23	13,28	13,57	9	13,76	<0,001	<0,001	0,30	0,39	0,68
							12,7						
EMAn	13,97	12,51	13,02	12,65	12,67	12,92	8	13,14	<0,001	<0,001	0,40	0,37	0,65

<sup>1</sup>Analyse de variance sur l'ensemble des données (n=120) incluant les effets fixe régime (n=6), Enzyme (n=2) et l'interaction (n=12); ETR écart type résiduel.

<sup>2</sup>Retention azotée estimée à partir du gain de poids selon l'équation de Lessire (2004)

<sup>3</sup>EMA, Energie métabolisable apparente; EMAn, EMA ajusté pour un bilan azoté nul.

**Tableau 4.** Valeur nutritionnelle des matières premières avec et sans enzymes estimée par régression multiple.

	Blé	Maïs	Orges	Son de blé	Tourteau de soja	Huile végétale
<b>Teneur en nutriments, % MS<sup>1</sup></b>						
Matière sèche	86,0 (85,5)	87,0 (85,8)	87,3 (86,3)	88,0 (86,5)	87,8 (88,0)	100,0
Protéines (N*6.25)	11,8 (11,5)	9,4 (9,6)	11,5 (12,0)	17,3 (18,3)	51,4 (52,7)	0,9
Energie brute MJ/kg MS	18,9 (18,2)	18,6 (18,8)	19,0 (18,4)	19,1 (19,4)	19,9 (19,9)	36,6
<b>Ratio, %</b>						
MOfixée/MOingérée	78,1	82,2	65,4	35,7	41,5	85,3
Nfixée/Ningérée <sup>2</sup>	81,2	77,6	70,7	32,9	41,9	-
EMA/EB	78,4	86,3	77,8	33,8	47,6	98,0
EMAn/EB	77,5	83,0	74,6	32,0	44,6	92,0
<b>Ratio avec enzymes, %</b>						
MOfixée/MOingérée	78,6	82,2	69,3	37,2	42,7	85,4
Nfixée/Ningérée	82,5	77,7	81,9	39,5	41,9	-
EMA/EB	82,2	86,3	80,3	40,6	49,8	98,0
EMAn/EB	79,1	83,0	76,3	38,4	47,3	92,0

<sup>1</sup>Valeurs mesurées entre parenthèses

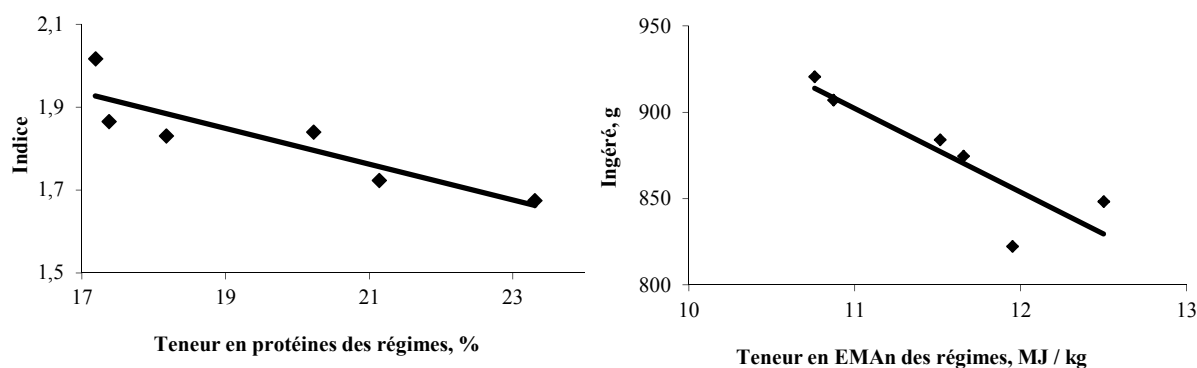
<sup>2</sup>Retention azotée estimée à partir du gain de poids selon l'équation de Lessire (2004)

**Tableau 5.** Matrice de corrélation de Pearson entre la composition des régimes (n=6) et les performances animales (de 12 à 22 jours d'âge).<sup>1</sup>.

Variables	Protéines	EMAn	Ratio <sup>2</sup>	NDF	Indice	Ingéré
Protéines	1					
EMAns	0,13	1				
Ratio <sup>2</sup>	<b>0,91</b>	-0,34	1			
NDF	-0,02	-0,76	0,27	1		
Indice	<b>-0,87</b>	-0,48	-0,63	0,30	1	
Ingéré	-0,45	<b>-0,88</b>	-0,04	0,52	0,64	1

<sup>1</sup> Les valeurs en gras sont significativement différentes de zéro (P < 0.05)

<sup>2</sup> Ratio entre la teneur en protéines et la teneur en EMAn des régimes en g/MJ



**Figure 1.** Relation linéaire entre la teneur en protéines et en EMAn des régimes et les performances animales (de 12 à 22 jours d'âge).