

# EFFET D'UN COMPLEXE ENZYMATIQUE CONTENANT DES CARBOHYDRASES SUR DES REGIMES BLE-SOJA AVEC DIFFERENTS NIVEAUX ENERGETIQUES SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR

Cozannet Pierre, Le Meur Marjolaine, Batut Hélène et Preynat Aurélie

ADISSEO France S.A.S. - CERN – 03600 COMMENTRY

[Aurelie.Preynat@adisseo.com](mailto:Aurelie.Preynat@adisseo.com)

## RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact de la densité énergétique des régimes sur la croissance du poulet de chair avec ou sans supplémentation d'un complexe enzymatique contenant des activités carbohydrases (Rovabio Excel). 1440 poulets de souche Ross PM3 sont répartis entre 8 traitements (12 parquets/traitement ; 15 poulets/parquet) suivant un dispositif factoriel : 4 aliments de densité énergétique différente ont été formulés (10,03 ; 11,15 ; 12,26 et 13,38 MJ d'énergie métabolisable apparente corrigée pour la rétention azotée (EMAn)/kg), puis supplémentés ou non d'un mélange d'enzymes carbohydrases. Les teneurs en protéine et en acides aminés digestibles sont identiques entre régimes relativement à l'EMAn. Les consommations d'aliment, les poids vifs et les indices de consommation (IC) ont été évalués par parquet à 21 et 35 jours d'âge. La performance économique, différence entre le revenu créé par la vente des animaux vifs et le coût alimentaire, a été évaluée pour chacun des traitements. L'augmentation de la teneur en énergie des régimes permet l'augmentation significative des performances des animaux. Le poids final et l'IC sont positivement corrélés à la teneur en EMAn selon une relation quadratique ( $R^2 = 0,97, 0,99$  ; ETR = 43g et 0,03, respectivement). L'ingestion est significativement diminuée avec les concentrations croissantes en énergie dans l'aliment pour un poids standardisé ( $R^2 = 0,83$ , RSD = 80g). L'enzyme permet, de 0 à 35 jours, une amélioration de l'IC de 3% en moyenne et de 60g du poids vif, sans effet sur l'ingestion par rapport au témoin. Cet effet sur l'IC est relié à la teneur en EMAn des régimes ( $P < 0,001$ ) et varie de +1,4 à -6,8% pour les régimes contenant 13,38 et 11,15 MJ EMAn/kg respectivement. La performance économique passe par des maxima de 1887€ et 1953€ pour 1000 poulets correspondant à des régimes contenant 12,83 MJ EMAn/kg sans enzyme et 12,61 MJ EMAn/kg avec enzyme. Les résultats montrent la nécessité de formuler les régimes de façon précise pour l'optimisation des critères de performance et l'emploi optimal d'enzymes.

## ABSTRACT

### Enzyme complex improves performance of broilers fed wheat- and soybean-based diets with graded density: optimum definition

An experiment was carried out to measure regulation of feed intake by broiler chickens when fed on graded density diets, and possible interaction with an enzyme complex containing carbohydrases (Rovabio Excel). 1440 Male broilers were randomly assigned to 8 treatments (12 floors/treatment; 15 broilers/floor) according factorial design: 4 wheat and soybean meal-based diets providing 10.03, 11.15, 12.26 or 13.38 MJ apparent metabolisable energy standardized for zero nitrogen retention (AMEn)/kg with or without enzymes. Protein and digestible amino acid content were kept constant among diets relative to AMEn content. Daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed conversion ratio (FCR) were measured per floor at 21 and 35 days of age. Margin on feed was defined as the difference among the input from life broiler sell and the feeding cost. The results showed that increasing dietary energy density without enzyme significantly improved performance. Final body weight and FCR were positively correlated to dietary AMEn content according to a quadratic relationship ( $R^2 = 0.97, 0.99$  and RSD = 43g and 0.03, respectively). Feed intake was significantly correlated to AMEn content for a standardized body weight ( $R^2 = 0.83$ , RSD = 80g). Over the entire period, the addition of the carbohydrase enzyme improved DWG and FCR by 3 % in average. The enzyme effect on FCR was clearly related to dietary energy density ( $P < 0.01$ ), with improvement ranging from +1.4 % for 13.38 MJ AMEn/kg diet to -6.8 % for the 11.15 MJ AMEn/kg diet. By contrast, no constant enzyme effect on DFI was observed ( $P = 0.79$ ), in relation to body weight effect. Regarding economical profitability, without enzyme, the optimum margin was stated at 1887€/1000 broilers for 12.83 MJ AMEn/kg of diet, whereas enzyme addition increased this optimal at 1953€/1000 broilers for 12.61 MJ AMEn/kg of diet. Study suggest requirement for precise formulation matrix for performance optimization and right enzyme use.

## INTRODUCTION

L'alimentation représente 70% des coûts totaux de production de volaille de chair. Traditionnellement, les poulets reçoivent des aliments à forte teneur en énergie. En plus d'un effet sur l'efficacité alimentaire, il est acquis que ce type d'aliment maximise la croissance animale (Leeson et al., 1996). Cependant, peu d'étude mesure l'impact de telles stratégies sur la marge de l'activité de production de viande. D'autre part, l'emploi de carbohydrases, utilisées avec succès pour l'hydrolyse des polymères non amylacés contenus dans les céréales visqueuses (blé, orge, seigle et triticale), facilite l'accès des enzymes digestives aux nutriments (Cowieson et al., 2006) et améliore la valeur nutritionnelle des régimes. L'objectif de l'étude présentée ici est d'étudier l'effet de différentes densités énergétiques de régime couplé à l'ajout d'enzyme sur les performances zootechniques et économiques des poulets de chair.

## 1. MATERIELS ET METHODES

Le dispositif expérimental est de type factoriel 4 x 2 avec 4 régimes différant par leurs densités énergétiques (10,03 ; 11,15 ; 12,26 et 13,38 MJ EMAn/kg), avec ou sans supplémentation enzymatique (Rovabio® Excel, Adisseo France SAS, Antony, France). Cette préparation enzymatique de type carbohydrase est issue de la fermentation de *Penicillium funiculosum* 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. La teneur de l'ensemble des nutriments demeure constante relativement à la teneur en EMAn des régimes. Les contraintes de formulation des régimes sont établies à partir des données communiquées par le sélectionneur (Ross PM3 Nutrition Guide ; Aviagen, Scotland, 2007). Le plan d'alimentation consiste en 2 phases: croissance (0-21j) et finition (22-35j). Deux régimes haut et bas en énergie sont formulés tel que présentés dans le Tableau 1. Ils sont ensuite mélangés selon les ratios 2/1 (medium 1) et 1/2 (medium 2) afin d'aboutir aux 2 densités intermédiaires, soit un total de 4 régimes différents, distribués sous forme de granulés. Chacune des matières premières utilisées dans le cadre de cet essai ont été évaluées pour leur teneur en EMAn avec et sans enzymes selon une méthodologie identique à celle présentée par Cozannet et al. (2013) pour une formulation précise des régimes. Une valeur d'EMAn sans enzyme et d'EMAn avec enzyme (EMAn<sub>e</sub>) est précisée pour chaque régime (Tableau 1). Pour cet essai 1440 poussins males Ross 308 ( $40,0 \pm 1,4$ g) sont répartis dans 96 parquets (15 poulets / parquet ; parquet de 1,5 m<sup>2</sup>). Les parquets sont organisés en blocs aléatoires et 12 parquets sont dévolus par traitement. La consommation moyenne journalière (CMJ), le gain

moyen quotidien (GMQ) et l'indice de consommation (IC) ont été mesurés à 21 et 35 jours d'âge. Les données (n=96) ont été analysées par analyse de variance (proc GLM ; SAS Institute, 2001). Le modèle utilisé inclut les effets fixes densité énergétique des régimes (n=4), dose d'enzyme (n=2) et l'interaction (n=8). L'effet bloc est considéré comme un effet aléatoire. Les moyennes ajustées sont présentées. La marge a été estimée par soustraction de la charge d'alimentation (coût d'aliment x quantité consommée) au gain de commercialisation de la viande (masse de vif produit x prix du vif). Le prix des matières premières à la date de l'essai (mars 2011) est pris en compte. Le coût du traitement enzymatique des aliments a été pris en compte à partir de données terrain et le prix de vente de la viande sur la base de 1,50 €/kg du kg vif. Un prix de traitement des aliments par l'enzyme arbitrairement haut a été choisi.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'étude sont présentés dans le Tableau 2. La réduction de la teneur en énergie des régimes s'accompagne d'une réduction du poids final et une augmentation de l'IC total ( $P < 0,001$ ). Les moyennes (min-max) d'IC et de poids final sont respectivement de 1,82 (1,48-2,20) et 2168 (1774-2397)g. Ces valeurs pour les régimes témoins (n=4) sont reliées à la teneur en EMAn selon une relation de type quadratique ( $R^2 = 0,99$  et  $0,99$  ;  $ETR = 0,02$  et  $36$ g, respectivement pour l'IC et le poids vif final ; donnée non présentée). Ces relations suggèrent une diminution de l'efficacité marginale d'un MJ supplémentaire à mesure de l'augmentation de la densité des régimes. La CMJ varie largement également de 118 à 100 g/j pour les régimes medium 1 et haut, respectivement. Elle est négativement reliée à la teneur en EMAn des régimes sur la plage de teneur en EMA de 11,14 à 13,38 MJ EMAn/kg. La CMJ inférieure pour le régime bas est liée à la croissance inférieure des animaux. Ces résultats confirment que, sur la plage de variation d'EMAn étudiée, les poulets de chair sont capables de réguler leur ingestion en fonction de leur besoin en énergie ainsi que démontré par Leeson et al. (1996). Cette régulation dépend cependant de la capacité d'ingestion des animaux estimée ici au travers du poids final des animaux. Ces résultats concordent avec les résultats obtenus chez le porc (de 20 à 50 kg) nourris avec des régimes de 8,10 à 11,1 MJ EN/kg (Quiniou et al., 2012). L'incorporation d'enzyme permet une amélioration de la teneur en EMAn de 0,40 et 0,24 MJ EMAn/kg en croissance et de 0,42 et 0,31 MJ EMAn/kg en finition pour le régime bas et haut, respectivement (Tableau 1). Cette augmentation permet une amélioration sur l'ensemble de la période du poids final, du GMQ et de l'IC de +59g, +1,7g/j et -0,06, respectivement. Ces effets sont en accord avec les données rapportées par Wang et al. (2005). L'effet

de l'enzyme le plus important est observé durant la période de croissance. La réduction de l'indice de consommation de -3,0 % au cours de l'ensemble de l'essai est ainsi de -3,8 % et -2,0 % pour les périodes de croissance et de finition, respectivement. Ces effets seraient liés à l'évolution du développement du tube digestif, selon Friesen et al. (1992). L'effet des enzymes sur l'ingéré volontaire interagit avec la densité du régime pour les périodes finition et totale ( $P < 0,001$ ). L'effet sur l'indice est également plus ou moins important selon le niveau de formulation énergétique des régimes ( $P < 0,001$ ). L'effet le plus important des enzymes sur l'IC (finition) est observé pour le régime Médium 1 (-6,8% ;  $P < 0,001$ ), tandis que l'effet le plus faible est observé pour le régime Haut (+1,4% ;  $P = 0,41$ ). Des valeurs intermédiaires sont observables pour les régimes Bas et Medium 2 avec respectivement -2,7 et -3,1 % d'IC. Ces effets sont liés à l'amélioration de digestibilité, mais cette amélioration explique seulement 18% de cette différence de réponse, la part restante étant expliquée par la régulation métabolique des volailles en termes d'ingestion et de croissance. La mesure de la teneur en EMAn et en EMAn des matières premières a permis d'aboutir à deux teneurs en énergie métabolisable pour les régimes. Les résultats obtenus pour les 8 traitements ont pu être poolés pour aboutir à des relations plus robustes entre la densité des régimes et les performances des animaux (Tableau 3 et Figure 1). L'effet enzyme inclus dans les modèles comme effet fixe est non significatif. Ces courbes valident l'approche mise en place dans cette étude et les pistes pour une meilleure utilisation d'enzymes dans une formulation à moindre coût. A notre connaissance une unique étude a été mise en place selon un dispositif similaire (Bedford et Classen 1992). Ces auteurs indiquent une amélioration linéaire de l'indice de consommation entre 11,80 et 12,85 MJ EM/kg avec des améliorations de 31,9 et 9,6%, respectivement. La stratégie de formulation dans cette étude diffère, avec une gamme de teneurs en énergie testées moins importante (1,05 vs 3,35 MJ/kg) et une réduction de la teneur énergétique des aliments en remplaçant le blé par du seigle plus visqueux et avec une valeur nutritionnelle moindre.

L'estimation de la marge par traitement est présentée sous forme graphique (Figure 2). On constate une relation quadratique entre marge économique et teneur en EMAn des régimes. L'effet fixe enzyme est significatif dans ce cas. Les deux relations mises en évidence avec et sans enzyme passent par des optima pour 12,61 et 12,83 MJ/kg, correspondant à des marges de 1953 et 1887€/1000 poulets, respectivement. Cette observation souligne également l'importance de la distinction entre l'augmentation de l'efficacité et la réduction du coût alimentaire par kg de viande. L'augmentation de la densité des régimes peut conduire à réduire l'IC mais conduit pour les valeurs d'EMA les plus élevées à une augmentation du coût alimentaire supérieure au gain résultant de la vente de la viande. L'optimum défini dans notre essai correspond aux valeurs rapportées par De Beer (2010; 12,62 MJ/kg). Cependant cet optimum peut être modifié par l'ajout d'enzymes ou d'autres additifs.

## CONCLUSION

Cette étude souligne l'importance de la formulation des aliments pour la prédiction des performances des animaux. L'énergie apparaît ici comme le meilleur prédicteur en relation avec les choix de dispositifs expérimentaux effectués. Une étape suivante consistera à découpler les apports en EMAn et acides aminés digestibles. Cette étude valide le concept d'additivité de l'effet des enzymes par matière première au cours d'un essai performance. Sous réserve de prise en compte de la valeur nutritionnelle des aliments avec enzymes les réponses ne diffèrent pas de celle des aliments sans enzymes. L'additivité de l'effet des enzymes par matière première dans cet essai semble correcte. La création de matrices de valeurs nutritionnelles doubles permettrait une optimisation de l'emploi d'enzymes. Les gains pouvant être prédits à partir des équations développées. Cependant ils nécessitent une connaissance précise de la valeur nutritionnelle des matières premières soit par mesure in-vivo (Cozannet et al., 2013) soit par prédiction à partir de leurs teneurs en nutriments (Alvarenga et al., 2011) ou de leurs propriétés spectroscopiques (Gady et al., 2009).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alvarenga, R.R., Rodrigues, P.B., Zangeronimo, M.G., Freitas, R.T.F., Lima, R.R., Bertechini, A.G., Fassani, E.J., 2011. Anim. Feed Sci. and Technol. 3-4: 257-266.
- Bedford, M.R., Classen, H.L., 1992. J. Nut. 122: 560-569.
- Cowieson, A.J., Hruby, M., Pierson, E.E.M., 2006. Nut. Res. Rev. 19: 90-103.
- Cozannet, P., Batut, H., Le Meur, M., Preynat, A., 2013. soumis aux 10èmes Journée Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle (France), 26-28/03/13.
- De Beer, M., 2010. Aviagen brief October 2010
- Friesen, O.D., Guenter, W., Marquardt, R.R., Rotter, B.A., 1992. Poult. Sci. 71: 1710-1721.
- Gady, C., Dalibard, P., Geraert, P.A., 2009. 17th European Symposium on Poultry nutrition, 295.
- Quiniou, N., Noblet, J., 2012. J. Anim. Sci. 90: 4362-4372.
- Leeson, S., Caston, L., Summer, J.D., 1996. Poult. Sci. 75: 529-535.
- Wang, Z.R., Qiao, S.Y., Lu, W.Q., Li, D.F., 2005. Poult. Sci. 84: 875-881.

**Tableau 1.** Composition et teneur en nutriments des régimes

	Croissance		Finition	
	bas	haut	Bas	haut
<b>Composition, g/kg</b>				
Blé	402	414	365	472
Son de blé	470	-	566	-
Tourteau de soja	83	400	30	350
Huile	-	144	-	138
DL-méthionine	2	4	1	1
HCl-lysine	5	2	3	5
L-threonine	2	1	1	-
Carbonate de calcium	11	9	11	9
Phosphate bicalcique	15	15	13	14
Sel	5	5	5	5
Premix <sup>1</sup>	6	6	6	6
<b>Teneur en nutriments, g/kg</b>				
Matières azotées totales	173,9	231,9	159,8	205,2
EMAn <sup>2</sup> , MJ/kg	10,03	13,38	10,03	13,38
EMAn <sup>3</sup> , MJ/kg	10,43	13,62	10,45	13,69
Lysine digestible	9,5	12,7	7,3	9,7

<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.

<sup>2</sup> Energie métabolisable apparente à bilan azoté nul (EMAn) calculée à partir des valeurs mesurées sans enzyme par matières premières.

<sup>3</sup> EMAn des régimes avec enzyme (EMAn<sup>e</sup>) calculée à partir des valeurs mesurées avec enzyme par matières premières.

**Tableau 2.** Effet de la concentration énergétique des régimes et de l'ajout d'enzyme sur les performances de poulet de chair (0-35j)

Niveau EMAn	Bas		Medium 1		Medium 2		Haut		Statistique <sup>1</sup>			
	-	+	-	+	-	+	-	+	rég	enz	inter	ETR
<b>Poids vif, g</b>												
Initial	40	40	40	40	40	40	40	40	1	1	1	2
21 jours	716 <sup>d</sup>	728 <sup>d</sup>	840 <sup>c</sup>	841 <sup>c</sup>	896 <sup>b</sup>	908 <sup>b</sup>	907 <sup>b</sup>	948 <sup>a</sup>	<0.001	0.02	0.18	33
Final	1774 <sup>e</sup>	1854 <sup>d</sup>	2173 <sup>c</sup>	2227 <sup>c</sup>	2326 <sup>b</sup>	2360 <sup>b</sup>	2397 <sup>b</sup>	2469 <sup>a</sup>	<0.001	<0.001	0.759	81
<b>Consommation journalière, g/j</b>												
Croissance	63.0 <sup>b</sup>	60.7 <sup>bc</sup>	65.1 <sup>a</sup>	62.8 <sup>b</sup>	62.1 <sup>b</sup>	61.4 <sup>b</sup>	58.3 <sup>d</sup>	59.0 <sup>cd</sup>	<0.001	0.01	0.047	2.2
Finition	178.2 <sup>bc</sup>	186.1 <sup>b</sup>	197.5 <sup>a</sup>	187.5 <sup>b</sup>	177.9 <sup>bc</sup>	174.6 <sup>c</sup>	162.2 <sup>d</sup>	172.4 <sup>c</sup>	<0.001	0.563	0.002	9.9
Total	109.1 <sup>bcd</sup>	110.9 <sup>bc</sup>	118.1 <sup>a</sup>	112.7 <sup>b</sup>	108.4 <sup>bcd</sup>	106.7 <sup>cd</sup>	99.8 <sup>e</sup>	104.2 <sup>d</sup>	<0.001	0.793	0.003	4.6
<b>Gain de poids journalier, g/j</b>												
Croissance	32.2 <sup>d</sup>	32.7 <sup>d</sup>	38.1 <sup>c</sup>	38.1 <sup>c</sup>	40.8 <sup>b</sup>	41.3 <sup>b</sup>	41.3 <sup>b</sup>	43.2 <sup>a</sup>	<0.001	0.009	0.106	1.4
Finition	75.6 <sup>f</sup>	80.5 <sup>e</sup>	95.2 <sup>d</sup>	99.0 <sup>c</sup>	102.1 <sup>bc</sup>	103.7 <sup>b</sup>	106.4 <sup>ab</sup>	108.6 <sup>a</sup>	<0.001	0.003	0.582	4.7
Total	49.6 <sup>e</sup>	51.8 <sup>d</sup>	60.9 <sup>c</sup>	62.5 <sup>c</sup>	65.2 <sup>b</sup>	66.3 <sup>b</sup>	67.3 <sup>ab</sup>	69.3 <sup>a</sup>	<0.001	<0.001	0.769	2.2
<b>Indice</b>												
Croissance	1,956 <sup>a</sup>	1,854 <sup>b</sup>	1,711 <sup>c</sup>	1,649 <sup>d</sup>	1,526 <sup>e</sup>	1,487 <sup>f</sup>	1,412 <sup>g</sup>	1,365 <sup>h</sup>	<0,001	<0,001	0,025	0,038
Finition	2,358 <sup>a</sup>	2,315 <sup>a</sup>	2,075 <sup>b</sup>	1,900 <sup>c</sup>	1,743 <sup>d</sup>	1,683 <sup>d</sup>	1,524 <sup>e</sup>	1,588 <sup>e</sup>	<0,001	<0,001	0,009	0,095
Total	2,199 <sup>a</sup>	2,140 <sup>b</sup>	1,938 <sup>c</sup>	1,806 <sup>d</sup>	1,662 <sup>e</sup>	1,610 <sup>f</sup>	1,483 <sup>g</sup>	1,504 <sup>g</sup>	<0,001	<0,001	0,001	0,061
Total EMAn <sup>2</sup>	22,05 <sup>ab</sup>	22,35 <sup>a</sup>	21,61 <sup>b</sup>	20,80 <sup>c</sup>	20,37 <sup>cd</sup>	20,27 <sup>cd</sup>	19,84 <sup>d</sup>	20,56 <sup>cd</sup>	<0,001	0,862	0,004	0,7
Total std <sup>3</sup>	2,255 <sup>a</sup>	2,177 <sup>b</sup>	1,895 <sup>c</sup>	1,749 <sup>d</sup>	1,580 <sup>e</sup>	1,519 <sup>f</sup>	1,387 <sup>g</sup>	1,383 <sup>g</sup>	<0,001	<0,001	0,007	0,071

<sup>1</sup> Analyse de variance réalisée à partir de l'ensemble des données (n=96) incluant les effets fixes régime (rég ; n=4), enzyme (enz ; n=2) et l'interaction (inter ; n= 8) ; l'écart type résiduel (ETR) est donné par variable

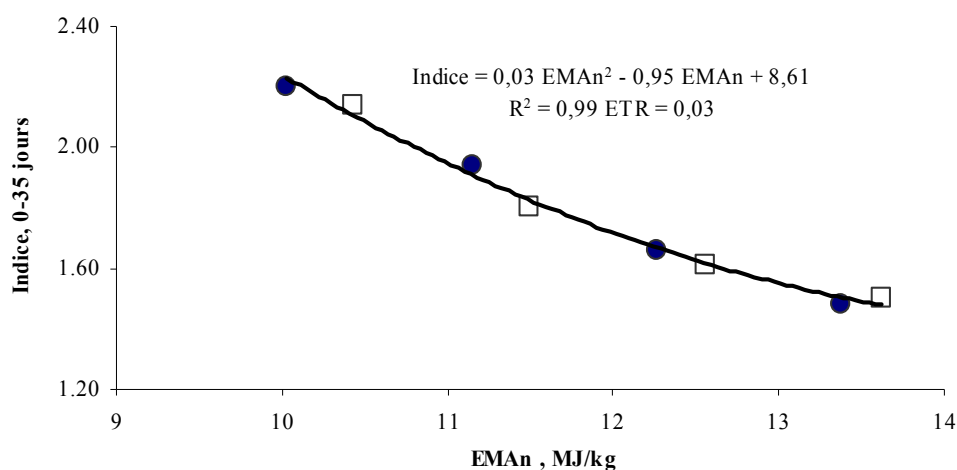
<sup>2</sup> Indice de conversion en kJ/g

<sup>3</sup> Indice standardisée pour un poids final des animaux de 2kg.

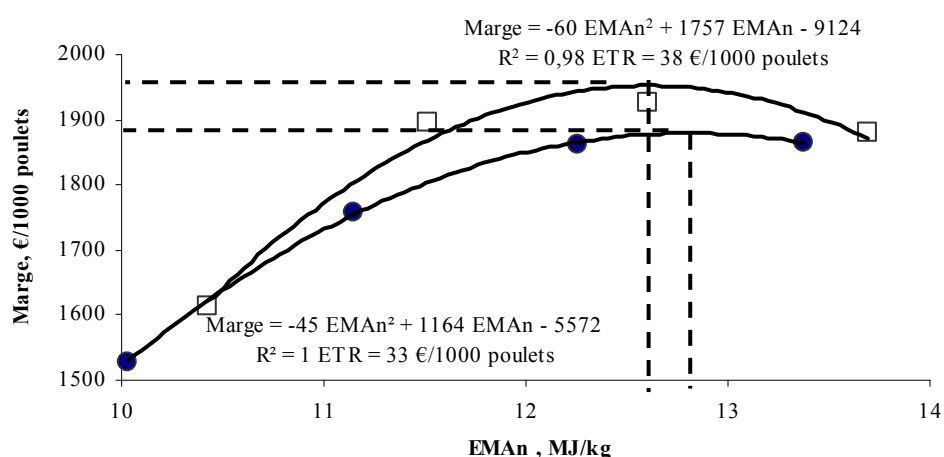
**Tableau 3.** Effet de la concentration énergétique des régimes sur les performances des poulets de chair en période croissance/ finition et au cours de l'ensemble de la période d'élevage

Période	Paramètre	Equation <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	ETR
Croissance	Gain de poids, g	$Y = -16 \text{ EMAn}^2 + 436 \text{ EMAn} - 2119$	0,96	19
	Ingéré, g	$Y = -102 \text{ EMAn} + 1,26 \text{ poids vif } 21 \text{ j} + 1436$	0,94	11
	Indice	$Y = 0,022 \text{ EMAn}^2 - 0,684 \text{ EMAn} + 6,584$	0,99	0,009
Finition	Gain de poids, g	$Y = -40 \text{ EMAn}^2 + 1059 \text{ EMAn} - 5587$	0,97	28
	Ingéré, g	$Y = -276 \text{ EMAn} + 1,09 \text{ poids vif } 35 \text{ j} + 3392$	0,72	79
	Indice	$Y = 0,039 \text{ EMAn}^2 - 1,162 \text{ EMAn} + 10,146$	0,97	0,051
Totale	Gain de poids, g	$Y = -55, \text{ EMAn}^2 + 1493 \text{ EMAn} - 7694$	0,97	43
	Ingéré, g	$Y = -371 \text{ EMAn} + 1,47 \text{ poids vif } 35 \text{ j} + 4978$	0,83	80
	Indice	$Y = 0,031 \text{ EMAn}^2 - 0,950 \text{ EMAn} + 8,608$	0,99	0,030

<sup>1</sup> Equations établies à partir des données moyennes obtenues pour les régimes (n=8) ; l'écart type résiduel (ETR) et le coefficient de détermination (R<sup>2</sup>) sont est donné par modèle



**Figure 1.** Relation entre la teneur en EMAn des régimes sans enzyme (●) et avec enzyme (□) sur l'indice de consommation des poulets pour la période totale (0-35j)



**Figure 2.** Relation entre la teneur en EMAn des régimes sans enzyme (●) et avec enzyme (□) sur la marge économique d'un atelier de 1000 poulets de chair. Les optima sont indiqués par les droites en pointillés