

COMPARAISON DE TROIS METHODES DE MESURE DE L'ENERGIE METABOLISABLE APPARENTE DE DEUX MAÏS ET D'UN TOURTEAU DE SOJA CHEZ LE POULET

Tormo Elodie, Cozannet Pierre, Rouffineau Friedrich, Gady Cécile

CERN ADISSEO France SAS – 03600 COMMENTRY, France

cecile.gady@adisseo.com

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était de comparer trois approches méthodologiques (calcul par différence, par régression simple et par régression multiple) pour la détermination de l'énergie métabolisable apparente corrigée du bilan azoté (EMAn) de deux maïs et d'un tourteau de soja 48. Les essais ont été conduits sur la base de la méthode de référence Européenne chez des poulets de chair âgés de 20 à 23 jours avec collecte totale des excréta. Pour des mesures par différence (taux d'incorporation à 50%) et par régression simple, les maïs ont été évalués à partir de plusieurs niveaux de substitution (15, 30, 50% et 25, 50% pour les maïs M1 et M2 respectivement) dans un régime basal composé de maïs et de tourteau de soja. Le tourteau de soja a été incorporé à 35% avec le maïs M1 seulement. Pour une mesure par régression multiple, 6 régimes ont été préparés à partir de 6 ingrédients (blé, orge, son de blé, maïs, tourteau de soja, huile de soja), leurs taux d'incorporation respectifs étant indépendants les uns des autres. Les teneurs en EMAn ont été estimées selon la méthode par multi régression.

Les trois approches ont donné des valeurs d'EMAn proches pour le maïs 1 ; de 3683, 3704 et 3735 kcal/kg MS respectivement. Les méthodes par différence et par régression simple ont donné des valeurs d'EMAn similaires pour le maïs M2 (3802 et 3806 kcal/kg MS respectivement) tandis que l'EMAn obtenue par régression multiple était plus faible de 115 kcal/kg MS (3689 kcal/kg MS). Les valeurs d'EMAn du tourteau de soja s'élevaient à 2367 et 2331 kcal/kg MS, à partir du calcul par différence avec le maïs M1, lui-même évalué soit par différence soit par régression simple. Sa valeur d'EMAn, déterminée par régression multiple, était de 2323 kcal/kg MS. Les valeurs moyennes (et coefficients de variation) issues des trois méthodes étaient de 3707 (0.7%), 3766 (1.8%) et 2340 kcal/kg MS (1.0%) pour les maïs M1 et M2 et le tourteau de soja respectivement. Ces résultats montrent que les trois méthodes expérimentales testées dans cette étude conduisent à des résultats cohérents et que la méthode par différence est robuste pour la mise en œuvre d'évaluations en routine.

ABSTRACT

Determination of the Apparent Metabolizable Energy of two Corn and one Soybean Meal using three Experimental Methods in Broiler

The objective of this study was to compare three different methodological approaches for the determination of the apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn) of two corn and one soybean meal 48 (SBM). Experiments were designed according to the European reference method with growing broilers from 20 to 23 day-old with total excreta collection. For determinations by difference (incorporation rate of 50%) and by simple linear regression, the two corn samples were evaluated from various substitution levels (15, 30, 50% and 25, 50% for corn M1 and M2 respectively) in a corn-soybean meal basal diet. The SBM was incorporated at 35% at the expense of the corn M1 only. For determinations by multiple regression, 6 diets were prepared from 6 ingredients (wheat, barley, wheat bran, corn, soybean meal, soya oil), the inclusion levels of these ingredients being independent of each other. The AMEn values were estimated by the multi regression method.

The three approaches gave close AMEn values for the corn M1, of 3683, 3704 and 3735 kcal/kg DM respectively. The methods by difference and by simple regression gave similar AMEn values for corn M2 (3802 and 3806 kcal/kg DM respectively) while the last method gave a lower AMEn value by 115 kcal/kg DM (3689 kcal/kg DM). The AMEn values of the SBM were 2367 and 2331 kcal/kg DM, from the difference with corn M1 evaluated itself either by difference or by simple regression, and 2323 kcal/kg DM from the multiple regression method. Average values (coefficients of variation) issued from the three methods were 3707 (0.7%), 3766 (1.8%) and 2340 kcal/kg DM (1.0%) for corn M1 and M2 and SBM respectively. These results showed that the 3 experimental approaches tested in this study were coherent with each other and that the method by difference is robust for the implementation of routine evaluations.

INTRODUCTION

Le maïs et le tourteau de soja sont deux matières premières parmi les plus utilisées dans le monde pour l'alimentation des volailles. La caractérisation précise de leur valeur d'énergie métabolisable apparente (EMA) est particulièrement importante pour pouvoir formuler à moindre coût tout en assurant les performances de croissance des animaux.

La méthode de mesure *in vivo* qui semble, pour l'instant, la plus utilisée est la méthode dite de substitution. L'énergie métabolisable apparente (EMA) de la matière première est alors déterminée par différence entre un régime témoin et un régime expérimental dans lequel la matière première à tester a été substituée en partie au témoin. La valeur d'EMA est alors extrapolée à 100% d'incorporation. Afin d'augmenter la précision de la mesure de l'EMA, plusieurs niveaux de substitution peuvent être appliqués pour vérifier la linéarité de la réponse à l'incorporation de la matière première d'intérêt : on parle de méthode par régression linéaire simple (Schang et al., 1983 ; Baidoo et al., 1991). Parmi les méthodes alternatives, Young et al. (1977) ont notamment déterminé les valeurs d'énergie métabolisable (EM) d'un maïs, d'orges et d'un tourteau de soja chez le porc par régression multiple. Chaque matière première était incorporée à des taux différents et évaluée à partir de tous les régimes expérimentaux. Cette méthode implique notamment, d'augmenter considérablement le nombre de traitements et donc de répétitions utilisées pour l'évaluation de chaque matière première.

L'objectif de cette étude était de comparer les valeurs d'EMA corrigées pour un bilan azoté nul (EMAn) de deux maïs et d'un tourteau de soja déterminées à partir de trois méthodologies (i.e. par différence, par régression linéaire simple et multiple).

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Compositions des régimes expérimentaux

Deux maïs et un tourteau de soja ont été évalués pour leur EMAn dans cette étude.

Dans les essais 1 et 2, la méthode dite de substitution a été appliquée à partir d'un régime témoin composé d'une base maïs-tourteau de soja et d'un CMV (Complément Minéraux et Vitamines). De même que les autres matières premières, les maïs M1 et M2, broyés sur une grille de 3mm, ont été incorporés à différents taux en substitution au mélange maïs-tourteau de soja afin de garder un taux constant de CMV dans les régimes (Tableau 1). Les régimes comprenant 50% de maïs (T2) serviront à évaluer l'EMAn par différence avec le témoin. L'ensemble des régimes avec différents taux d'incorporation des maïs testés (T2, T3 et T4) serviront à l'évaluation de leur valeur d'EMAn par régression linéaire simple. Le

tourteau de soja S1 a été incorporé à 35% avec le maïs M1 et la même quantité de CMV. Sa valeur EMAn sera déterminée par différence avec l'EMAn du maïs M1, elle-même préalablement déterminée par les deux approches décrites précédemment.

La troisième approche méthodologique testée dans cette étude est une régression linéaire multiple. Dans cette approche, 6 régimes expérimentaux ont été composés à partir de 6 matières premières broyées sur grille de 2.5mm (blé, orge, maïs, tourteau de soja, son, huile de soja) comprenant le maïs M1 et le tourteau de soja S1 dans l'essai 3 et le maïs M2 dans l'essai 4 (Tableau 2). Pour permettre le calcul par régression des valeurs d'EMAn, une attention particulière a été portée sur l'absence de corrélation entre les niveaux d'incorporation de chaque matière première.

1.2. Déroulement de la phase expérimentale

Environ 300 poussins males (Ross PM3) de 1 jour ont été installés dans un même parquet et nourris avec un aliment démarrage standard à base de blé, de maïs et de tourteau de soja. A 13 jours d'âge les poulets sont mis à jeun 2h avant d'être pesés et répartis par classes de poids. 216 poulets sont ainsi sélectionnés, installés dans des cages métaboliques individuelles et assignés à l'un des traitements expérimentaux selon leur poids (12 répétitions par régime dans les essais 1 et 2 ; 10 répétitions par régime dans les essais 3 et 4). Les aliments et l'eau sont distribués *ad libitum* tout au long des essais. Les aliments expérimentaux sont présentés en granulés de diamètre 3.2 mm et de 2.5 mm respectivement pour les essais 1 et 2 et les essais 3 et 4. Après une période d'adaptation de 7 jours aux régimes et aux cages métaboliques, une période de collecte totale des excréments, encadrée par des jeûnes de 17h, a été menée pendant trois jours : de j20 à j23. Les excréments sont collectés individuellement chaque jour, cumulés et stockés à -20°C. A la fin de l'essai les excréments collectés sont lyophilisés puis laissés à température ambiante pour une phase de reprise en eau (48h) afin de stabiliser le contenu en humidité avant pesée, broyage (0.5 mm) et analyses.

1.3. Analyses biochimiques

Les caractéristiques chimiques des maïs M1 et M2 et du tourteau de soja S1 ont été déterminées : matière sèche (MS), protéines brutes (PB = azote Kjeldhal x 6.25), cellulose brute (CB), matières minérales (MM) et amidon Ewers (maïs seulement) selon la réglementation Européenne CEE 152/2009 ; fibres ADF et NDF selon la méthode Van Soest (AFNOR NF V18-122).

Les valeurs de MS des régimes ont été déterminées après broyage et sur aliments granulés au début et à la fin de la période de bilan. Enfin, les aliments complets et les fèces ont été analysés individuellement pour leur teneur en énergie brute (EB) par calorimétrie.

1.4. Calculs des valeurs EMAn

L'EMAn des aliments a été calculée de la façon suivante :

$$EMA \text{ (kcal / kg MS)} = \frac{(I \times EBi - E \times EBf)}{I}$$

$$EMAn \text{ (kcal / kg MS)} = EMA - 8.22 \frac{(GP \times 0.18)}{I} / 6.25$$

avec I : quantité d'aliment ingéré (kg MS) ; E : quantité d'excrétas (kg) ; EBi et EBf : énergie brute de l'ingéré (kcal/kg MS) et des fèces (kcal/kg) ; GP : gain de poids pendant la période de bilan.

Les valeurs d'EMA ont été corrigées pour un bilan azoté nul en considérant le gain de poids des animaux sur la base de 18% de protéines contenues dans les tissus des animaux et en utilisant le facteur de 8.22 kcal/g N (Hill et Anderson, 1958).

Les valeurs aberrantes à ± 2.5 écart-types de la moyenne pour les essais 1 et 2 et ± 2 écart-types pour les essais 3 et 4 ont été éliminées avant traitement des données.

Pour les calculs des valeurs d'EMAn des matières premières, les taux d'incorporation des ingrédients dans les régimes ont été recalculés sur poids secs.

Les valeurs d'EMAn des maïs M1 et M2 ont été calculées par différence entre l'EMAn des régimes T2 à 50% de maïs (essais 1 et 2) et celle des régimes témoin T1. Un second calcul a été réalisé en considérant l'ensemble des régimes (T1, T2, T3, T4 dans l'essai 1 et T1, T2, T3 dans l'essai 2) et en extrapolant l'EMAn des régimes à 95.32% d'incorporation des maïs. La valeur d'EMAn du CMV est considérée négligeable. Les valeurs obtenues selon ces deux méthodologies expérimentales correspondent aux valeurs d'EMAn du maïs obtenues par différences et par régression simple respectivement.

Deux valeurs d'EMAn du tourteau de soja S1 ont été calculées par différence avec l'EMAn du maïs M1 : l'une à partir de M1 calculé par différence et l'autre à partir de M1 calculé par régression. En outre, l'EMA du tourteau de soja S1 a été calculée par régression multiple.

Les teneurs en EMA et EMAn de chacune des matières premières dans les essais 3 et 4 ont été calculées à partir des mesures effectuées sur les régimes selon la méthode par multi régression emboîtées (Van Milgen et al., 2001).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

La composition chimique des trois matières premières (Tableau 3) est cohérente avec les valeurs moyennes données par les tables INRA-AFZ (Sauvant et al., 2004).

Les écart-types observés sur les mesures d'EMAn des régimes dans les essais 1 et 2 étaient compris entre 53 et 91 kcal/kg MS, donnant des coefficients de variation (CV) variant de 1.8% à 2.7%. Dans les

essais 3 et 4, les écart-types observés sur les mesures d'EMAn des régimes variaient de 42 à 166 kcal/kg MS, cette dernière valeur étant obtenue pour le régime T4 de l'essai 3. Ce phénomène pourrait être lié au fort taux d'huile de soja (15%) réduisant fortement l'ingestion des animaux. A l'exception de ce régime les CV obtenus pour les régimes des essais 3 et 4 variaient de 1.5% à 3.2%. Les écart-types et CV observés indiquent donc une faible variabilité générale sur la mesure des EMAn des régimes. De plus les variabilités observées dans les deux différents schémas expérimentaux testés (schémas par substitution vs régression multiple) sont comparables.

Les valeurs d'EMAn des deux maïs et du tourteau de soja obtenues selon les différentes approches méthodologiques testées dans cette étude sont présentées dans le tableau 4.

Les valeurs d'EMAn du maïs M1 obtenues étaient de 3683, 3704 et 3735 kcal/kg MS à partir des méthodes par différence, par régression simple et par régression multiple respectivement, donnant un CV de 0.7%. La plus grande différence observée entre ces valeurs est de seulement 52 kcal/kg MS entre la mesure par différence et par régression multiple. Comme la méthode par régression multiple a été réalisée dans un essai différent des autres méthodes, cette différence peut traduire un effet méthode comme un effet essai.

Les valeurs d'EMAn du maïs M2 étaient de 3802, 3806 et 3689 kcal/kg MS à partir des méthodes par différence, par régression simple et par régression multiple respectivement. Les valeurs obtenues à partir des deux approches par substitution sont très proches. L'EMAn obtenue par régression multiple est cependant inférieure de 115 kcal/kg MS par rapport aux deux valeurs précédentes, donnant un CV sur les 3 mesures de 1.8%.

Les valeurs d'EMAn du tourteau de soja S1 étaient de 2367 et 2331 kcal/kg MS obtenues par différence avec l'EMAn du maïs M1, elle-même déterminée par différence et par régression simple respectivement. Ces résultats étaient attendus étant donnée la très faible différence observée entre les valeurs d'EMAn du maïs M1. La valeur d'EMAn du tourteau de soja obtenue par régression multiple était de 2323 kcal/kg MS. Les trois valeurs sont proches, avec une différence maximum observée de 44 kcal/kg MS donnant un CV de 1.0% sur la base des 3 valeurs.

CONCLUSION

L'évaluation des deux maïs et du tourteau de soja a donné des valeurs d'EMAn proches à partir des trois méthodologies testées dans cette étude. Ces résultats montrent la robustesse et la cohérence des méthodes d'évaluation de l'EMAn par régression simple, par régression multiple et par schéma classique par différence dans les conditions expérimentales testées et pour les matières premières testées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baidoo S.K., Shires A. et Robblee A.R., 1991. *Poult.Sci.*, (70), 2102-2107.
 Cozannet P, Le Meur M, Batut H, Preynat A (2013) 10èmes Journ. Rech. Avi.
 Hill F.W. et Anderson D.L., 1958. *J.Nutr.*, (64), 587-603.
 Sauvant D., Perez J.M. et Tran G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials (INRA ed.), pp304.
 Schang M.J., Sibbald I.R. et Hamilton R.M.G., 1983. *Poult.Sci.*, (62), 117-124.
 Van Milgen, J., Noblet, J., Dubois, S., 2001. *J. Nut.* 131: 1309-1318.
 Young L.G., Ashton G.C. et Smith G.C., 1977. *J. Anim. Sci.*, (44).

Tableau 1. Schémas expérimentaux pour l'évaluation de l'EMAn des maïs M1 et M2 et du tourteau de soja S1 par différence et par régression linéaire simple

Régimes	Essai 1					Essai 2		
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3
Base ¹	95.32	45.32	65.32	80.32		95.32	45.32	70.32
Maïs M1		50.00	30.00	15.00	60.32			
Maïs M2							50.00	25.00
T. Soja S1					35.00			
Prémix ²	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68	4.68
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

¹ Base (% base): maïs (58,94%), tourteau de soja (31,3%), gluten de maïs (5,01%), huile végétale (4,75%).

² Prémix (% du régime) : phosphate bicalcique (1.80%), carbonate de calcium (1.10%), sel (0.33%), L-Lysine HCl (0.50%), DL-Méthionine (0.30%), L-Thréonine (0.12%), L-Tryptophane (0.03%), chlorure de choline (0.20%), Elancoban (0.05%), oligo-éléments (0.05%), vitamines (0.02%), rafle de maïs (0.18%)

Tableau 2. Schémas expérimentaux pour l'évaluation de l'EMAn des maïs M1 et M2 et du tourteau de soja S1 par régression linéaire multiple

Régimes	Essai 3						Essai 4					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Maïs M1	12.00	50.00	13.00	20.65	22.00	28.00						
Maïs M2							27.00	20.00	0.00	8.00	46.00	13.00
T. soja S1	28.65	29.65	45.00	40.00	20.00	23.00						
T. soja S2							23.50	30.00	32.00	20.00	25.00	40.00
Blé	40.00	9.00	15.00	10.00	20.00	30.00	40.00	15.00	35.00	25.00	0.00	5.00
Orge							0.00	27.00	15.00	30.00	5.50	25.00
Son	5.00	1.00	20.00	10.00	25.00	12.65	0.00	2.50	7.50	10.00	15.00	5.00
Huile de soja	10.00	6.00	2.65	15.00	8.65	2.00	5.00	1.00	6.00	2.50	4.00	7.50
Prémix ¹	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35						
Prémix ²							4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹ Prémix (% du régime) : carbonate de calcium (1%), phosphate bicalcique (2%), sel (0.3%), prémix de vitamines et minéraux (0.6%), DL-Méthionine (0.23%), L-Lysine HCl (0.22%).

² Prémix (% du régime) : carbonate de calcium (1%), phosphate bicalcique (2%), sel (0.3%), prémix de vitamines et minéraux (0.75%), DL-Méthionine (0.23%), L-Lysine HCl (0.22%).

Tableau 3. Composition chimique des maïs M1 et M2 et du tourteau de soja S1¹

	PB	MM	CB	NDF	ADF	Amidon	EB	MS
	% MS						kcal/kg MS	(%)
Maïs M1	9.00	1.17	2.34	11.48	2.93	75.64	4604	85.4
Maïs M2	8.83	1.49	2.76	11.48	2.64	75.89	4474	87.1
T. Soja S1	54.82	6.44	6.55	13.10	7.24	-	4884	87.0

¹ PB : protéines brutes, MM : matières minérales, CB : cellulose brute, MS : matières sèches

Tableau 4. Valeurs d'EMAn (kcal/kg MS) des maïs M1 et M2 et du tourteau de soja S1

	Maïs M1	Maïs M2	T. Soja S1
Méthode par différence	3683	3802	2367 ¹
Méthode par régression simple	3704	3806	2331 ²
Méthode par régression multiple	3735	3689	2323
Moyenne	3707	3766	2340
Ecart-type	26	66	23
CV	0.7 %	1.8 %	1.0 %

¹ EMAn du tourteau de soja évaluée par différence avec la valeur d'EMAn du maïs M1 évaluée par différence

² EMAn du tourteau de soja évaluée par différence avec la valeur d'EMAn du maïs M1 évaluée par régression simple