

## REPRODUCTIBILITE DE LA MESURE DE L'ENERGIE METABOLISABLE APPARENTE D'UN REGIME BASAL ET D'UN MAÏS PAR LA METHODE DE SUBSTITUTION CHEZ LE POULET

Tormo Elodie, Rouffineau Friedrich, Gady Cécile

CERN ADISSEO France SAS – 03600 COMMENTRY, France

[cecile.gady@adisseo.com](mailto:cecile.gady@adisseo.com)

### RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était d'évaluer la reproductibilité de la mesure de l'énergie métabolisable apparente corrigée du bilan azoté (EMAn) d'un régime basal et d'un maïs dans trois essais consécutifs par la méthode dite de substitution. La méthode de référence Européenne a été utilisée chez des poulets de chair nourris ad libitum entre 13 et 23 jours (12 répétitions par régime) avec collecte totale des excréta. Le basal était essentiellement composé de maïs et de tourteaux de soja (59/31%). Le basal seul et le basal substitué à 50% par le maïs test ont été mélangés avec une quantité fixe de complément en minéraux et vitamines (CMV) pour former les régimes témoins et expérimentaux respectivement. Les essais se sont déroulés consécutivement à un mois d'intervalle et à partir de trois fabrications différentes utilisant les mêmes lots de matières premières, conditions de broyage et de granulation. Les valeurs moyennes d'EMAn des régimes sur la base des trois essais étaient de  $3304 \pm 15$  kcal/kg MS et de  $3399 \pm 12$  kcal/kg MS pour le régime témoin et expérimental respectivement. L'analyse de variance a démontré un effet du régime ( $P < 0.001$ ) mais pas d'effet de la période ( $P > 0.05$ ). La moitié et le quart de la variabilité observée sur les valeurs d'EMAn du régime témoin s'expliquaient par les variations en énergie brute des fèces et la quantité de fèces excrétée. Ces deux critères expliquent également la majorité de la variabilité observée sur les EMAn du régime expérimental (respectivement 33 et 38%). Les valeurs d'EMAn obtenues pour le maïs étaient de 3716, 3679 et 3638 kcal/kg MS donnant une moyenne de  $3678 \pm 39$  kcal/kg MS et un CV de 1.1%. Ces résultats montrent que les mesures d'EMAn d'un basal à base de maïs et de tourteau de soja et d'un maïs sont homogènes d'un essai à un autre dans les conditions expérimentales étudiées.

### ABSTRACT

#### **Reproducibility of the Determination of the Apparent Metabolisable Energy of a Basal Diet and Corn by the Substitution Method in Broiler**

The objective of this study was to assess the reproducibility of the measurement of the apparent metabolisable energy corrected for nitrogen balance (AMEn) of a basal diet and a corn sample on three consecutive trials by the substitution method. The European reference method was used on broilers from 13 to 23 days of age (12 replicates per diet), fed ad libitum with total excreta collection. The basal diet was composed of corn and soybean meal (59/31%). The basal diet alone and substituted for 50% for the tested corn were mixed with a fixed amount of a mineral and vitamin premix (CMV) to compose the control and experimental diets respectively. The trials occurred sequentially with one month interval and from three different batches of diets prepared from the same raw materials, grinding and pelleting conditions. The mean dietary AMEn values from the three assays were  $3304 \pm 15$  and  $3399 \pm 12$  kcal/kg DM for the control and experimental diets respectively. The variance analysis showed a significant treatment effect ( $P < 0.001$ ) but no effect of the period ( $P > 0.05$ ). The half and the quarter of the observed variability on AMEn values of the control diet were explained by variations in the gross energy of the faeces and the quantity of faeces excreted. These two criteria explained equally most of the variability observed on the AMEn values of the corn experimental diet (33 and 38% respectively). The AMEn values obtained for the corn sample were 3716, 3679 and 3638 kcal/kg DM resulting in a mean value of  $3678 \pm 39$  kcal/kg DM and a CV of 1.1%. These results show that the determination of the AMEn values of a corn-soybean meal basal diet and a corn sample are homogeneous among assays in the applied experimental conditions.

## INTRODUCTION

Le maïs est la céréale et la matière première la plus utilisée dans l'alimentation des volailles de par le monde. Sa richesse en amidon hautement digestible lui permet notamment de couvrir jusqu'à 60% du besoin énergétique des poulets de chair dans les aliments. La détermination précise de son contenu en énergie métabolisable (EM) est donc d'autant plus importante pour la formulation à moindre coût. Bourdillon et al. (1990) ont évalué la reproductibilité de la mesure d'EMAn de 7 aliments complets chez le poulet par 7 centres de recherche et ont obtenu un coefficient de variation moyen de 2.5%. Cependant la détermination de l'EMAn de matières premières par la méthode de substitution avec un régime de base implique une augmentation de l'erreur sur ces valeurs. C'est pourquoi l'étude de la reproductibilité des mesures d'EMAn issues du calcul par différence est tout aussi importante pour s'assurer de la précision et de la robustesse de la méthode expérimentale mise en œuvre.

L'objectif de cette étude était d'évaluer la reproductibilité de la mesure de l'énergie métabolisable apparente corrigée du bilan azoté (AMEn) d'un régime de base et d'un maïs dans 3 essais successifs conduits dans le même centre de recherche et selon le même schéma expérimental.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Compositions des régimes expérimentaux

Le régime de base utilisé dans cette étude était principalement composé de maïs et de tourteau de soja. Sa composition est donnée dans le tableau 1. A ce régime a été ajouté un complément de minéraux et vitamines (CMV) afin de satisfaire les besoins en micronutriments des animaux pour former le régime témoin T1. Le régime témoin a été substitué à 50% par un maïs test à l'insu du régime de base seulement afin de conserver un taux constant de CMV dans le régime T2.

Les régimes expérimentaux T1 et T2 ont été fabriqués en trois lots au début de chaque essai, à partir des mêmes lots de matières premières et selon les mêmes conditions de broyage et de granulation.

### 1.2. Déroulement de la phase expérimentale

Les trois essais se sont déroulés successivement avec 4 semaines d'intervalle entre le début de chaque essai et sur la base de la méthode de référence européenne de Bourdillon et al. (1990). Pour chaque essai, des poussins males (Ross PM3) ont été obtenus après éclosion, installés dans un même parquet et nourris par un aliment démarrage standard à base de blé, de maïs et de tourteau de soja. Les aliments et l'eau sont distribués *ad libitum* tout au long des essais. A 13 jours d'âge les poulets ont été mis à jeun 2h avant

d'être pesés et répartis en classes de poids. 12 poulets par régime et pour chacun des essais ont alors été sélectionnés et installés dans des cages métaboliques individuelles.

Après une période d'adaptation de 7 jours, une période de collecte totale des excréta, encadrée par des jeûnes de 17h, a été menée pendant trois jours : de j20 à j23. Les excréta sont collectés deux fois par jour, groupés par individus et stockés à -20°C. A la fin de l'essai les excréta collectés sont lyophilisés puis laissés à température ambiante pendant 48h afin de stabiliser le contenu en humidité avant pesée, broyage à 0.5mm et analyses.

### 1.3. Analyses biochimiques

La composition proximale des régimes expérimentaux T1 et T2 a été analysée après chaque fabrication d'aliment. Les analyses pratiquées étaient les suivantes : matière sèche (MS), protéines brutes (PB = azote Kjeldhal x 6.25), matières grasses (MG, sans hydrolyse acide), cellulose brute (CB) et matières minérales (MM) selon la réglementation Européenne CEE 152/2009.

Lors de chaque essai les valeurs de MS des régimes ont été déterminées avant et après granulation et au début et à la fin de la période de bilan. Tous les aliments complets des 3 essais successifs sont analysés pour leur teneur en énergie brute (EB) par calorimétrie. Il en est de même pour les fèces qui sont analysés individuellement.

### 1.4. Calculs des valeurs EMA et 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'excréta (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 par le bilan azoté sur la base de 18% de protéines contenu dans les tissus des animaux et en utilisant le facteur de 8.22 kcal/kg N (Hill et Anderson, 1958).

Pour chaque régime analysé et dans chaque essai, les valeurs aberrantes à  $\pm 2.5$  écarts types de la moyenne ont été éliminées avant traitement des données.

La valeur d'EMAn du régime de base a été calculé en considérant un apport énergétique du CMV nul. La valeur d'EMAn du maïs a ensuite été calculée par différence avec celle du régime de base et en considérant son taux d'incorporation sur poids sec.

### 1.5. Analyses statistiques

Les valeurs d'EMAn des régimes des 3 essais ont été traitées par analyse de variance (ANOVA, SAS 9.1.3

© 2002-2003 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) selon un schéma factoriel comprenant 3 essais x 2 régimes expérimentaux. Dans le cas d'effets significatifs les différences entre moyennes sont identifiées par un test Fisher LSD.

De plus une procédure d'analyse de variance par régression linéaire a été réalisée afin de prédire les valeurs d'EMAn des régimes à partir de 5 paramètres : les quantités d'ingéré et d'excréta collectées, les concentrations en EB des aliments et des excréta et le bilan azoté mesuré. Ainsi, le poids relatif de chaque paramètre par rapport à la variance totale expliquée par le modèle a pu être quantifié. Deux analyses ont été réalisées, sur les régimes expérimentaux T1 et T2 respectivement.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les analyses d'EB et de MS sur aliments ont donné des valeurs d'EB sur poids sec très proches d'un essai à l'autre pour les deux régimes T1 et T2 (Tableau 2). Les écarts obtenus entre concentrations moyennes minimum et maximum étaient respectivement de 5 et 17 kcal/kg MS pour les régimes T1 et T2, démontrant la bonne reproductibilité de ces mesures sur la base des 3 essais.

Les valeurs d'EMAn des régimes obtenues dans les trois essais étaient également très proches (Tableau 3). Les EMAn moyennes étaient de  $3303 \pm 15$  kcal/kg MS et  $3398 \pm 12$  kcal/kg MS pour les régimes T1 et T2 respectivement. L'analyse de variance a mis en évidence un effet du régime ( $P < 0.001$ ) mais pas d'effet de l'essai ( $P > 0.05$ ) et pas d'interaction ( $P > 0.05$ ) indiquant des mesures d'EMAn similaires d'un essai à un autre. De plus, les CV inter essais étaient également très faibles, de 0.4% et 0.3% respectivement.

L'analyse de la partition de la variance sur les valeurs EMAn du régime témoin T1 a montré que la moitié de la variance était expliquée par la variabilité observée sur les valeurs d'EB des excréta (Figure 1). Les autres paramètres explicatifs de la variance étaient ensuite par ordre d'importance : la quantité d'excréta

collectée par individu (25%), la quantité d'ingéré (12%) et les valeurs d'EB mesurées sur les aliments (11%). Pour les régimes expérimentaux T2, la majorité de la variance s'expliquait par la quantité d'excréta collectée (37%), les valeurs d'EB mesurées sur les excréta (33%) et la quantité d'ingéré (20%). La faible proportion des valeurs d'EB des aliments dans la variance est cohérente vis-à-vis des variations observées entre les 3 essais sur ces valeurs. Les variations observées sur les quantités d'excréta et leur valeur d'EB témoignent majoritairement de la variabilité animale, en considérant que les collectes ont été effectuées rigoureusement et que les mesures d'EB par calorimétrie sont peu variables.

En considérant l'apport énergétique du CMV comme nul, les valeurs d'EMAn du maïs variaient de 3638 à 3716 kcal/kg MS, donnant une valeur moyenne de  $3678 \pm 39$  kcal/kg MS et une différence maximale observée entre les valeurs de 78 kcal/kg MS (Tableau 4). Le CV obtenu de 1.1% témoigne de l'homogénéité de la mesure sur le maïs.

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont montré une bonne reproductibilité de la mesure de l'EMAn d'un régime témoin ( $CV = 0.4\%$ ) et d'un régime expérimental à base de maïs ( $CV = 0.3\%$ ) sur trois essais menés selon le même schéma expérimental et dans le même centre expérimental. Les analyses de partition de la variance ont mis en évidence la quantité d'excréta collectée et leur valeur d'EB comme les deux principaux paramètres explicatifs de la variabilité observée sur les valeurs d'EMAn des régimes. La valeur d'EMAn du maïs découlant des mesures précédentes était de  $3678 \pm 39$  kcal/kg MS permettant ainsi de définir un écart-type de reproductibilité de la mesure. Les résultats ont montré que la mesure de l'EMAn du maïs par substitution avec un régime de base était homogène sur la base de 3 essais consécutifs et dans les conditions expérimentales testées.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bourdillon A., Carré B., Conan L., Francesch M., Fuentes M., Huyghebaert G., Janssen W.M., Leclercq B., Lessire M., McNab J., Rigoni M. et Wiseman J., 1990. Br.Poult.Sci., (31), 567-576.  
Hill F.W. et Anderson D.L., 1958. J.Nutr., (64), 587-603.

**Tableau 1.** Composition des régimes basal et expérimentaux

| Régimes                | Base  | T1    | T2    |
|------------------------|-------|-------|-------|
| <i>Ingrédients (%)</i> |       |       |       |
| Base Maïs/T.Soja       |       | 95.32 | 45.32 |
| Maïs test              |       |       | 50.00 |
| Maïs                   | 58.94 |       |       |
| Tourteau de Soja       | 31.30 |       |       |
| Gluten de maïs         | 5.01  |       |       |
| Huile végétale         | 4.75  |       |       |
| CMV <sup>1</sup>       |       | 4.68  | 4.68  |
| Total                  | 100   | 100   | 100   |

<sup>1</sup> CMV (% 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%), élancofan (0.05%), oligo-éléments (0.05%), vitamines (0.02%), rafle de maïs (0.18%)

**Tableau 2.** Reproductibilité des mesures d'énergie brute (kcal/kg MS) des régimes expérimentaux

| Régime | Essai 1<br>(n=3) | Essai 2<br>(n=3) | Essai 3<br>(n=3) |
|--------|------------------|------------------|------------------|
| T1     | 4651 ± 5.1       | 4649 ± 13.6      | 4646 ± 8.3       |
| T2     | 4449 ± 2.6       | 4446 ± 7.0       | 4466 ± 4.7       |

**Tableau 3.** Reproductibilité des mesures d'EMAn (kcal/kg MS) des régimes expérimentaux

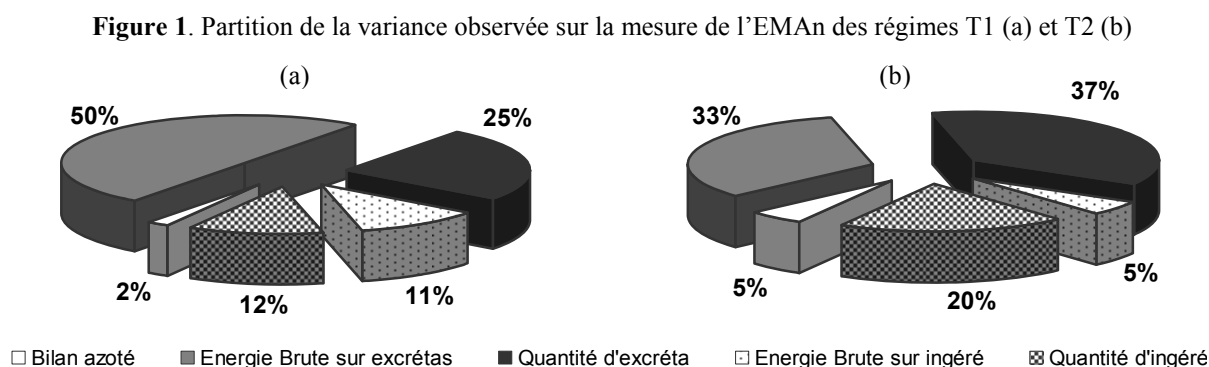
| Régime | n  | Essai 1<br>(n=23) | Essai 2<br>(n=24) | Essai 3<br>(n=23) | Moyenne |
|--------|----|-------------------|-------------------|-------------------|---------|
| T1     | 36 | 3291 ± 91         | 3301 ± 75         | 3320 ± 64         | 3303    |
| T2     | 35 | 3411 ± 60         | 3398 ± 94         | 3387 ± 51         | 3398    |

Analyse statistique

Effet traitement (P < 0.001)

Effet essai (P > 0.05)

Effet traitement \* essai (P > 0.05)

**Tableau 4.** Reproductibilité des mesures d'EMAn (kcal/kg MS) du maïs

|      | Essai 1 | Essai 2 | Essai 3 | Moyenne ± ET | CV    |
|------|---------|---------|---------|--------------|-------|
| Maïs | 3716    | 3679    | 3638    | 3678 ± 39    | 1.1 % |