

## INFLUENCE DE LA TENEUR EN MATIERES GRASSES DE L'ALIMENT SUR L'UTILISATION METABOLIQUE DE L'ENERGIE CHEZ LE POULET

**Noblet Jean<sup>1,2</sup>, Warpechowski Marson Bruck<sup>3</sup>, Dubois Serge<sup>1,2</sup>, van Milgen Jaap<sup>1,2</sup>,  
Carré Bernard<sup>4</sup>**

*<sup>1</sup>INRA, UMR 1079 Systèmes d'Elevage Nutrition Animale et Humaine, F35590 SAINT GILLES, France; <sup>2</sup>Agrocampus Ouest, UMR 1079 Systèmes d'Elevage Nutrition Animale et Humaine, F35590 SAINT GILLES, France, <sup>3</sup>Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zootecnia, CURITIBA, Brésil, <sup>4</sup>INRA, UR 83 Recherches Avicoles, 37380 NOUZILLY, France*

### RÉSUMÉ

La valeur énergétique des aliments pour les poulets est généralement appréciée sur la base de leur teneur en énergie métabolisable (EM) et ne prend donc pas en compte les éventuelles différences de rendement d'utilisation de l'EM des nutriments pour leur transformation en énergie nette (EN). L'objectif de cet essai est de quantifier l'utilisation métabolique de l'EM en EN de deux aliments très différents pour leur teneur en matières grasses (2.7 et 9.6%) afin de contribuer à l'évaluation de l'intérêt d'un système EN pour les volailles. Les mesures (4 par aliment) de bilan nutritionnel ont été réalisées en chambre respiratoire sur des groupes de 15 à 7 poulets âgés de 3 à 6 semaines et nourris ad libitum. Les mesures réalisées sur chaque groupe de poulets permettent de déterminer la teneur en EM de l'aliment, les performances des animaux, leur production de chaleur, les contributions de l'activité physique et de l'effet thermique de l'aliment à la production de chaleur, la nature du gain d'énergie et le rendement de transformation de l'EM en EN. L'augmentation de la teneur en matières grasses ne modifie ni la quantité d'EM ingérée ( $1875 \text{ kJ/kg PV}^{0.70/\text{j}}$ ), ni la vitesse de croissance ( $88 \text{ g/j}$ ), ni la rétention azotée ( $2.8 \text{ g/j}$ ). La production de chaleur totale des poulets ( $903 \text{ kJ/kg PV}^{0.70/\text{j}}$ ) ainsi que ses composantes production de chaleur à jeun ( $440 \text{ kJ/kg PV}^{0.70/\text{j}}$ ), activité physique ( $145 \text{ kJ/kg PV}^{0.70/\text{j}}$ ; 7.9% de EM) et effet thermique de l'aliment ( $146 \text{ kJ/kg PV}^{0.70/\text{j}}$ ; 16.6% de EM) ne sont pas affectées par la variation de la teneur en matières grasses de l'aliment. Le rapport EN/EM dans nos conditions de mesure (75.3%) est alors indépendant de la teneur en matières grasses (ou en amidon) de l'aliment. Ces résultats associés à ceux obtenus antérieurement sur l'effet des protéines permettent de conclure à une supériorité négligeable du système EN sur le système EM pour les volailles lorsque l'on s'intéresse aux variations concomitantes des teneurs en protéines, amidon et matières grasses de l'aliment.

### ABSTRACT

Energy value of poultry feeds is usually estimated according to their metabolizable energy content (ME), which does not consider differences between nutrients in the efficiency of utilizing ME for net energy (NE). The objective of our trial was to quantify the metabolic utilization of ME of two diets that differ markedly in fat content (2.7 and 9.6%) in order to contribute to the evaluation of the interest of NE systems for poultry. Nutrient balance measurements (4 per diet) were conducted in a respiration chamber in groups of 15 to 7 broilers at an age ranging between 3 and 6 weeks. Measurements conducted on each group of broilers allow to get the dietary ME content, the performance of broilers, their heat production and the contributions of physical activity and thermic effect of feed to heat production, the chemical composition of BW gain and the efficiency of ME for NE. The change in dietary fat content did not affect ME intake ( $1875 \text{ kJ/kg BW}^{0.70/\text{d}}$ ), BW gain ( $88 \text{ g/d}$ ) and nitrogen retention ( $2.8 \text{ g/d}$ ). Total heat production ( $903 \text{ kJ/kg BW}^{0.70/\text{d}}$ ) and its components fasting heat production ( $440 \text{ kJ/kg PV}^{0.70/\text{d}}$ ), physical activity ( $145 \text{ kJ/kg BW}^{0.70/\text{d}}$ ; 7.9% of ME) and thermic effect of feed ( $146 \text{ kJ/kg PV}^{0.70/\text{d}}$ ; 16.6% of ME) were not affected by dietary fat level. The NE/ME ratio was then equivalent for both dietary fat levels (75.3%). These results and those obtained in earlier trials focussing of the effect of dietary protein suggest no clear superiority of a NE system over a ME system for energy evaluation of poultry feeds.

## INTRODUCTION

La valeur énergétique des aliments pour les volailles est généralement basée sur leur teneur en énergie métabolisable (EM) qui ne prend donc pas en compte les éventuelles différences de rendement d'utilisation de l'EM des nutriments pour leur transformation en énergie nette (EN). La bibliographie met clairement en évidence l'intérêt du concept EN pour accéder à la meilleure estimation de la valeur énergétique "vraie" d'un aliment chez le porc (Noblet et al., 1994) ou chez les espèces polygastriques. Dans le cas des volailles, les études sont assez peu nombreuses et elles ne mettent pas en évidence un avantage net du système EN sur le système EM (Carré., 2001; Noblet et al., 2007). L'objectif du travail présenté est d'évaluer chez le poulet de chair les effets d'une variation de la teneur en matières grasses de l'aliment (et d'une variation inverse de la teneur en amidon) sur l'utilisation métabolique de l'énergie mesurée par calorimétrie indirecte en chambre respiratoire. Cette expérience est complémentaire de celles dont les résultats ont été présentés antérieurement sur les effets d'une variation de la teneur en matières azotées (Noblet et al., 2007) ou de la teneur en parois végétales (Warpechowski et al., 2006).

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

Deux aliments à base de blé, tourteau de soja, isolat de soja, amidon de maïs et huile de colza ont été préparés de façon à disposer d'un aliment riche en amidon et pauvre en lipides (Régime Amidon; A) et d'un aliment à teneur réduite en amidon et riche en matières grasses (régime Lipides; L). Les deux aliments ont des teneurs similaires en protéines et en acides aminés relativement à leur teneur en EM et les apports d'acides aminés, minéraux et vitamines permettent de couvrir les besoins nutritionnels de poulets de 3 à 6 semaines d'âge. Les principales caractéristiques des 2 aliments sont rassemblées dans le tableau 1. Les aliments ont été granulés.

Pour la réalisation de l'essai, deux lots de poulets (ISA 915) ont été utilisés successivement. Chaque lot, à son arrivée à environ 10 jours d'âge, est divisé en deux sous-lots, les animaux de chaque sous-lot recevant successivement les deux régimes (et en ordre inversé). Chaque régime est distribué pendant 2 semaines successives, la première pour l'adaptation à l'aliment et la deuxième pour des mesures de bilan nutritionnel en chambre respiratoire. Une seule chambre respiratoire étant disponible pour des mesures de ce type, un sous-lot

a été mesuré la 3<sup>ème</sup> et la 5<sup>ème</sup> semaine de vie et le deuxième sous-lot la 4<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> semaine de vie. Les mesures sur les 2 lots de poulets se sont déroulées successivement avec des ordres de passage tels que le poids vif moyen et l'âge moyen des poulets au moment des mesures en chambre respiratoire (n=4 par régime) soient comparables pour les 2 régimes.

Lors des périodes d'adaptation et pendant les 7 jours de mesures en chambre respiratoire, les poulets sont placés en groupe dans une cage de 1,00 m x 0,60 m (mangeoire de 0,55 m), elle-même introduite dans la chambre respiratoire. Cette chambre respiratoire étant de taille limitée et fixe (#1.7 m<sup>3</sup>), le nombre de poulets utilisés dans chaque mesure a varié de 18 pendant la semaine 3, à 7 pendant la semaine 6. Les poulets sont alimentés ad libitum pendant les 6 premiers jours en chambre respiratoire et sont maintenus à jeun le dernier jour en chambre respiratoire. L'eau est disponible à volonté. Une période nocturne est appliquée de 2h00 à 3h00 et la température dans la chambre respiratoire est de 24°C.

### 1.2. Mesures et calculs

Les mesures débutent lors de l'introduction de la cage dans la chambre respiratoire. Les poulets sont pesés individuellement à l'entrée en chambre respiratoire, en fin de période nourrie et à l'issue du jeûne. Les quantités d'aliment ingérées par le groupe sont mesurées quotidiennement. Une collecte totale des fientes est réalisée pendant la période nourrie. Les concentrations en oxygène et en gaz carbonique dans la chambre respiratoire et l'activité physique des poulets (appréciée par des capteurs de force placés sous la cage) sont mesurées en continu (1 moyenne par 10 secondes); la production de chaleur est calculée à partir de la consommation d'oxygène et de la production de gaz carbonique. Les mesures réalisées pendant la journée à jeun permettent d'estimer 1/ la production de chaleur à jeun (ou FHP) relativement au poids vif du début du jeûne et 2/ le coût énergétique unitaire de l'activité physique des poulets (Joules par unité de force). La valeur de FHP mesurée pour chaque groupe de poulets lors de la journée à jeun est appliquée aux 6 jours précédents (à l'état nourri) sur la base d'une constance de la valeur de FHP par kg de poids métabolique (kg<sup>0.70</sup>; Noblet et al., données non publiées). La dépense d'énergie liée à l'activité physique (AHP) à l'état nourri est calculée comme le produit de la force mesurée à l'état nourri et du coût énergétique unitaire mesuré le jour du jeûne. La différence entre la production de chaleur totale et la somme de FHP et AHP représente l'effet thermique de l'aliment (TEF). Enfin, la somme de AHP et TEF est une estimation de l'extra-chaleur. Les méthodes utilisées pour ces calculs font appel à une démarche de modélisation des variations des

concentrations en gaz dans la chambre respiratoire en relation avec la dynamique des événements y intervenant tels que l'activité physique et la prise d'aliment. Elles ont été décrites par van Milgen et al. (1997).

La mesure des teneurs en énergie brute et en azote de l'aliment et des fientes permet de déterminer la quantité d'EM ingérée, le bilan d'azote et le dépôt d'énergie sous forme de protéines ( $N \times 6.25 \times 23.8$  kJ/g). Le gain d'énergie total correspond à la différence entre l'EM ingérée et la production de chaleur; celui sous forme de lipides est calculé comme la différence entre le gain total d'énergie et celui sous forme de protéines. La valeur EN pour une quantité d'EM ingérée donnée est égale à la somme de FHP et du gain d'énergie; le rendement d'utilisation de l'EM en EN est  $EN/EM \times 100$ .

Les données, exprimées par poulet et par jour, ont été traitées par analyse de variance avec prise en compte des effets aliment ( $n=2$ ), âge ( $n=4$ ) et lot ( $n=2$ ). Toutes les données de production de chaleur et de bilan d'énergie ont été exprimées par kg de poids vif (kg) à la puissance 0.70 (ou poids métabolique) pour s'affranchir des différences de poids vif entre les animaux d'âges différents. L'exposant 0.70 résulte de la compilation de données de FHP obtenues sur 65 groupes de poulets et une large gamme de poids vif (0.61 à 2.80 kg) qui montre que FHP est proportionnelle au poids vif à la puissance 0.70 (Noblet et al., non publié).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

L'essai s'est déroulé sans problème particulier et toutes les données mesurées ont été considérées dans les calculs (Tableau 2). Les effets de l'âge (semaines 3, 4, 5 et 6; Tableau 2) qui se traduisent par une augmentation de la quantité d'aliment ou d'énergie ingérée quotidiennement et bien évidemment du poids vif des animaux mais une diminution de la quantité d'énergie ingérée par kg de poids métabolique (2.18, 2.00, 1.80 et 1.52 MJ EM/kg PV<sup>0.70</sup>/j) lors respectivement des semaines 3, 4, 5 et 6) sont sans surprise et ne seront pas présentés. Les effets du lot de poulets ne sont pas significatifs sur ces paramètres..

Les performances de croissance des animaux mesurées avec le régime témoin A sont tout à fait normales; l'enrichissement de l'aliment en matières grasses n'affecte pas la vitesse de croissance et la consommation d'EM des poulets. Compte tenu de l'augmentation importante de la teneur en EM des aliments avec l'accroissement de la teneur en matières grasses, l'indice de consommation est alors logiquement plus faible avec le régime L. Cependant, l'indice énergétique (kJ EM/g de gain de poids vif) est identique pour les lots A et L. La

digestibilité apparente des matières grasses est élevée, notamment celles apportées sous forme d'huile (#85%) (Tableau 2).

Les résultats du tableau 2 exprimés par kg de poids métabolique montrent que la variation de la teneur en matières grasses de l'aliment ou, en d'autres termes, le remplacement partiel d'une partie de l'amidon par des matières grasses est sans conséquence sur la production de chaleur des poulets, sachant que la quantité d'EM ingérée est strictement identique pour les deux traitements. Il en est de même des différentes composantes de cette production de chaleur. Les valeurs obtenues pour les 3 composantes sont d'ailleurs du même ordre que celles observées par Noblet et al. (2007) dans des conditions expérimentales similaires, à savoir 8 à 10% de l'EM ingérée utilisée pour l'activité physique et environ 15% de l'EM pour l'effet thermique de l'aliment. La valeur moyenne de FHP (440 kJ/kg<sup>0.70</sup>/j) est également similaire à celles obtenues dans d'autres conditions expérimentales dans notre laboratoire (non publié). De plus, sur la gamme de poids vif ou d'âge appliquée dans le présent essai, les valeurs de FHP exprimées par kg de poids métabolique ne sont pas affectées par l'âge (ou le poids vif) des poulets. Ce résultat confirme la pertinence de l'exposant 0.70 pour exprimer le poids métabolique du poulet en croissance.

La réduction hautement significative du quotient respiratoire avec l'enrichissement en matières grasses de l'aliment est tout à fait logique et confirme la réduction de la lipogenèse de novo lorsque le poulet dispose de matières grasses alimentaires en quantité importante (Tableau 2).

Il résulte de l'absence d'effet du traitement nutritionnel sur l'EM ingérée, sur la production de chaleur et sur le bilan azoté que la quantité d'énergie fixée et sa composition ne sont pas affectées par la teneur en matières grasses de l'aliment. Il en est de même pour le rendement de transformation de l'EM en EN voisin, comme dans les essais de Noblet et al. (2007), de 75%. Toutefois, en accord avec ce que l'on peut supposer de la biochimie des lipides alimentaires (utilisés préférentiellement pour le dépôt de lipides avec peu de remaniements) et des résultats observés dans d'autres espèces monogastriques, ce rendement est numériquement supérieur avec le régime L; l'écart avec le régime A serait sensiblement accru si les données étaient ajustées pour un même niveau d'activité physique (Tableau 2). Un nombre plus élevé d'observations sur le poulet serait donc nécessaire pour préciser notre résultat. L'impact du système énergétique sur la hiérarchie, non pas de régimes complets, mais de matières premières très riches en lipides (huiles et graisses) mériterait aussi d'être étudiée pour le poulet à partir de résultats

complémentaires. Quoi qu'il en soit, pour des régimes similaires distribués au porc, le rendement de transformation de l'EM en EN aurait été accru de 1.3%, soit une valeur double de l'écart (non significatif) mesuré dans notre essai sur poulet.

Les résultats de la présente expérience, même s'ils doivent être confirmés par un nombre plus élevé d'observations et ceux de Noblet et al. (2007) sur les effets du taux de protéines (vs amidon) de l'aliment sur l'utilisation métabolique de l'EM chez le poulet amènent à conclure sur le faible intérêt de développer un système d'estimation de la valeur EN des aliments pour le poulet. Ces conclusions contrastent avec celles obtenues chez le porc (Noblet et al., 1994) qui mettent en évidence des effets importants de la composition en nutriments de l'EM sur le rendement de transformation de l'EM en EN, en particulier lorsque les variations de la composition de l'aliment portent sur les protéines ou les lipides. Ces résultats comparatifs sur les porcs et les volailles mériteraient d'être approfondis afin d'élucider les mécanismes concernés dans les

différences d'utilisation des nutriments, en particulier pour la fraction protéines.

## CONCLUSIONS

Les résultats de notre essai mettent en évidence que le remplacement d'une partie de l'amidon par des matières grasses est sans conséquence significative sur la production de chaleur du poulet ainsi que sur toutes les composantes de cette production de chaleur et, par voie de conséquence, sur le rendement de transformation de l'EM en EN. Des essais antérieurs montrent qu'il en est de même lorsqu'une partie de l'amidon est remplacée par des protéines. Il semble donc que, contrairement aux observations faites sur le porc, l'utilisation métabolique de l'EM chez le poulet soit peu affectée par la composition en nutriments de l'EM avec, pour conséquence, une absence de supériorité nette du système EN sur le système EM pour estimer la valeur énergétique des aliments du poulet.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Carré, B., 2001. 4èmes Journées de la Recherche Avicole; Nantes, 123-130. ITAVI, Paris.  
 Noblet J, Fortune H., Shi X.S., Dubois S., 1994. *J. Anim. Sci.* 72: 344-354  
 Noblet J., Dubois S., van Milgen J., Warpechowski M.B., Le Bellego L., Carré B., 2007. 7<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole, Tours, 141-144.  
 Van Milgen J., Noblet J., Dubois S., Bernier J.F., 1997. *Br. J. Nutr.* 78: 397-410.  
 Warpechowski M.B., Dubois S., Kessler A.M., Carré B., van Milgen J., Noblet J., 2006. 43<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 24-27/07/2006, Joao Pessoa, Brasil (CD Rom).

**Tableau 1.** Composition simplifiée et caractéristiques des aliments expérimentaux.

	Régime	Amidon (A)	Lipides (L)
Composition centésimale, %			
Blé		51.3	51.3
Tourteau de soja		26.0	26.0
Amidon de maïs		15.0	3.5
Protéines de soja		3.5	6.6
Huile colza		1.0	9.0
Composition chimique, % <sup>1</sup>			
Matières azotées		21.1	23.0
Amidon		46.4	38.4
Matières grasses		2.8	9.7
Energie brute, kJ/g		16.32	18.04
Acides aminés digestibles, % <sup>1,2</sup>			
Méthionine + Cystine		0.79	0.90
Lysine		1.01	1.15
Thréonine		0.66	0.75
Tryptophane		0.23	0.26

<sup>1</sup> Valeurs ajustées à une teneur en matière sèche de 89% <sup>2</sup> Valeurs estimées

**Tableau 2.** Performances et bilans nutritionnels chez le poulet de chair: effet du taux de matières grasses de l'aliment (/poulet) <sup>(1)</sup>

	Régime	Amidon (A)	Lipides (L)	ETR <sup>(3)</sup>	Stat. <sup>(3)</sup>
<b>Performances</b>					
Poids vif moyen, kg		1.39	1.39	0.02	A**
Ingestion, g/j <sup>(2)</sup>		149	134	6	A*
Croissance, g/j		89	87	5	A*
Indice de consommation, g/g <sup>(2)</sup>		1.66	1.52	0.05	R*,A*
Indice de consommation, kJ EM/g		21.25	21.59	0.69	A*
<b>Bilan azoté, g/j</b>					
Ingéré		5.02	4.94	0.13	A**
Retenu		2.80	2.86	0.17	A*
Digestibilité des matières grasses, %		75.1	83.7	1.9	R*
<b>Bilan énergétique, kJ/kg<sup>0.70</sup>/j</b>					
EM		1873	1877	36	A**
<b>Chaleur</b>					
Totale		904	901	16	A*
FHP		437	444	17	
AHP		141	152	35	
TEF		326	305	34	
<b>Energie retenue</b>					
Totale		969	976	21	A**
Protéines		357	363	21	A*
Lipides		612	613	2	A**
Quotient respiratoire		1.09	0.98	0.01	R**
EM/EB, %		78.0	78.6	1.2	
AHP/EM, %		7.7	8.1	1.8	
TEF/EM, %		17.3	16.2	1.5	
EN/EM, %		75.0	75.7	1.3	
<b>Valeurs énergétiques, MJ/kg<sup>(2)</sup></b>					
EM		12.73	14.18	0.20	R**
EN		9.54	10.74	0.13	R**

<sup>(1)</sup> EB: énergie brute, EM: énergie métabolisable, EN: énergie nette, FHP: "fasting heat production", AHP: "activity heat production", TEF: "thermic effect of feed" <sup>3</sup> ETR: écart type résiduel, Stat: niveau de l'effet du régime (intra essai; P<; NS: P>0,10)

<sup>(2)</sup> Valeurs ajustées à une teneur en matière sèche de 89%

<sup>(3)</sup> A partir de l'analyse de variance prenant en compte l'effet de l'âge (A; n=4), du régime (R; n=2) et du lot (non significatif); ETR pour écart type résiduel; niveaux de signification: \*: P<0.05; \*\*: P<0.01