

# ETUDE DES EFFETS DU BROYAGE DES MATIERES PREMIERES AVEC UN BROYEUR A DISQUES SUR LA GRANULOMETRIE ET LA DIGESTIBILITE DE L'ALIMENT CHEZ LE POULET DE CHAIR

**Klein Stéphanie<sup>1</sup>, Thoraval Yannick<sup>2</sup>, Mathiaud Adeline<sup>1</sup>, Mansuy Eric<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>MIXSCIENCE - Centre d'Affaires Odyssée, Cicé Blossac - BP CS 17228 - 35172 BRUZ

<sup>2</sup>SANDERS BRETAGNE - Le Pont Saint Caradec - 56920 SAINT GERAND

[stephanie.klein@mixscience.eu](mailto:stephanie.klein@mixscience.eu)

## RÉSUMÉ

En élevage avicole, la consommation d'aliment est un facteur essentiel pour assurer un apport suffisant en nutriments, afin de couvrir les besoins de croissance ou de production d'œufs. Elle est notamment déterminée par la présentation de l'aliment, en particulier par la taille des particules qui le composent. Une granulométrie homogène permet d'éviter l'accélération du transit intestinal induite par des particules trop fines, et de tri de l'aliment causé par des particules trop grosses. Dans ce contexte, les broyeurs à disques, en écrasant les matières premières plutôt qu'en les éclatant comme les broyeurs à marteaux, pourraient améliorer la mouture de l'aliment. Afin d'appréhender l'effet du broyage des matières premières avec un broyeur à disques, des essais technologiques ont été réalisés. Des matières premières et mélanges de matières premières ont été broyés soit sur un broyeur à marteaux, soit sur un broyeur à disques avec différents réglages de l'écartement des disques. Un essai a ensuite été réalisé chez le poulet de chair de 21 à 24 jours, afin de comparer l'énergie métabolisable et la digestibilité azotée d'un aliment issu d'un broyage à marteaux, par rapport à deux aliments issus d'un broyage à disques, qui différaient par les réglages du broyeur pour les tourteaux et drêches. Les tests technologiques montrent que le broyeur à disques réduit la proportion de fines au profit des fractions granulométriques intermédiaires, comparativement au broyage à marteaux. Les réglages ont un effet modéré sur les tourteaux, mais ils permettent de faire varier le profil granulométrique des céréales et du pois, en limitant la production de particules fines. Enfin, la digestibilité apparente des protéines des aliments issus du broyeur à disques est significativement améliorée par rapport au broyage à marteaux (82.2% vs. 80.7%,  $p < 0.001$ ). En conclusion, l'utilisation de broyeurs à disques réduit la part de particules extrêmes au profit des particules intermédiaires et permet une plus grande souplesse d'adaptation des granulométries aux besoins de l'animal, ce qui se traduit chez le poulet par une amélioration de la digestibilité de l'aliment.

## ABSTRACT

### **Effects of raw materials grinding with disc mill on feed particle size and digestibility for broiler chicken.**

In poultry farms, feed intake is essential to ensure an adequate supply of nutrients to meet the needs for growth or egg production. It is especially determined by feed particle size. A uniform feed particle size avoids a quicker intestinal passage of the feed in the digestive tract induced by too fine particles, and feed particle sorting caused by too large particles. In this context, disc mills, by crushing the raw materials rather than breaking them as with hammer mills, could improve feed homogeneity. To understand the effects of raw materials grinding with a disc mill, technological tests were carried out. Raw materials and premix of raw materials were ground on either a hammer mill or a disc mill with different settings of the interval between the discs. A trial was then performed on broilers from 21 to 24 days, in order to compare the feed metabolizable energy and protein digestibility depending on the milling method (hammer mill vs. disc mill) and byproducts (meals and DDGS) particle size. Technological tests show that disc mill reduces the proportion of fine particles in favor of coarser particle size fractions as compared to hammer mill. The discs' settings have a moderate effect on byproducts, but they modify the particle size profile of cereals and peas, without producing too much fine particles. Finally, the feed protein digestibility is significantly improved with disc mill compared to hammer mill (82.2% vs. 80.7%,  $p < 0.001$ ). In conclusion, disc mill reduces extreme particles in favor of the intermediate particles and allows a greater flexibility to adjust feed particle size to the animal's needs, resulting in improvement of feed protein digestibility.

## INTRODUCTION

En élevage avicole, la consommation d'aliment est un facteur essentiel pour assurer un apport suffisant en nutriments, afin de couvrir les besoins de croissance ou de production d'œufs. Elle est notamment déterminée par la présentation de l'aliment, en particulier par la taille des particules qui le composent. Pour que l'ingéré soit équilibré entre les différents nutriments de la ration, il faut éviter le démélange (séparation des fractions selon leur taille de particules) et le tri par les animaux lorsque l'aliment est présenté en farine. En effet, la volaille semble sélectionner préférentiellement les particules grossières (Portella et al., 1988 ; Dezat et al., 2009 ; Tang et al., 2006). Or ce sont les particules fines qui contiennent les vitamines, minéraux et acides aminés (Tang et al., 2006). Ces problématiques de démélange et tri ont augmenté avec l'évolution des conditions d'élevage. En effet, l'agrandissement des bâtiments conduit à une dégradation plus importante de l'aliment le long des chaînes de distribution. Une granulométrie homogène contribue à réduire ces phénomènes (Deaton et al., 1995). La granulométrie des aliments en farine et de la mouture avant granulation impacte également la santé intestinale, via son effet sur le développement du tube digestif et la vitesse de transit (Rougière, 2010). Dans ce contexte, les broyeurs à disques pourraient améliorer l'homogénéité de la mouture de l'aliment. En effet, avec un broyeur à disques, les matières premières sont écrasées entre deux axes parallèles de disques striés en métal, dont l'écartement détermine la taille des particules après broyage. Alors qu'avec le broyeur à marteaux, les matières premières sont éclatées par choc avec les marteaux articulés tournant à grande vitesse dans une chambre de broyage, et c'est ensuite le diamètre des trous de la grille qui l'entoure qui détermine la taille maximale des particules. Afin d'appréhender l'effet du broyage des matières premières avec un broyeur à disques, des essais technologiques et de digestibilité de l'énergie et des protéines de l'aliment ont été réalisés chez le poulet.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Tests technologiques

Sept matières premières et deux mélanges de matières premières (mélange de céréales et mélange de coproduits) ont été broyés dans une usine pilote sur un broyeur à marteaux (grille de 2.5 mm et 3000 tours par minute) et sur un broyeur à disques avec différents réglages d'écartement des disques. Après chaque broyage, le produit obtenu est homogénéisé. Les granulométries sont réalisées manuellement, à l'aide d'une tamiseuse et de six tamis empilés avec des tailles de mailles graduées de 0.2 à 3.15 mm, sur un échantillon représentatif pour les farines issues des matières premières et sur deux échantillons représentatifs pour les mélanges de matières

premières. Pour chaque échantillon, le diamètre médian (D50, calculé selon la méthode Tecaliman), ainsi que la somme des particules extrêmes (PE) ont été calculés. Le critère PE correspond à la somme (en %) des particules inférieures à 0.5 mm et supérieures à 3.15 mm. Contrairement au D50, il donne une indication d'homogénéité de la mouture. Le protocole détaillé est présenté figure 1.

### 1.2. Digestibilité de l'énergie et des protéines

Un essai de digestibilité selon le mode de broyage a été réalisé à la station expérimentale de Sourches (Saint-Symphorien, France). L'énergie métabolisable apparente ( $EMA_{n=0}$ ) et la digestibilité apparente des protéines ont été mesurés chez des poulets de chair Ross PM3 mâles de 21 à 24 jours, à partir de la méthode de Bourdillon et al., 1990. La formule testée contient 24.3% de blé, 25% de maïs, 13.7% de tourteau de soja, 10% de drêche de maïs et 8% de tourteaux de colza et de tournesol déshuilés. Les fractions céréales (blé/maïs) et coproduits (tourteaux et drêches de maïs) ont été broyées séparément, selon des réglages définis à partir des tests technologiques. La fraction céréales a été broyée soit sur le broyeur à marteaux (D50 = 590  $\mu$ m et PE = 39%), soit sur le broyeur à disques (D50 = 1500  $\mu$ m et PE = 16%). La fraction coproduits a été broyée soit sur le broyeur à marteaux (D50 = 480  $\mu$ m et PE = 50%), soit sur le broyeur à disques selon deux réglages (broyage fin avec D50 = 850  $\mu$ m et PE = 23% dont 1% de >3.15 mm vs. broyage plus grossier avec D50 = 1070  $\mu$ m, PE = 31% dont 12% de >3.15 mm). Nous avons testé ces différentes modalités selon trois associations, décrites dans le tableau 1. Les mélanges ainsi obtenus ont été granulés (diamètre 3.25 mm) avant distribution aux animaux. Les fientes fraîches ont été lyophilisées avant d'analyser la matière sèche (MS), l'énergie brute (EB) et l'azote protéique (méthode Terpstra et de Hart, 1974). La matière sèche, l'énergie brute (calorimètre IKA C2000) et l'azote total (méthode Kjeldahl) ont été analysés sur les aliments.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données de digestibilité ont été analysées à l'aide du logiciel statistique PASW Statistics 18, en prenant comme seuil de signification 5%. Les effets du broyage ont été testés par analyse de variance.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Tests technologiques

#### 2.1.1. Matières premières

Les résultats des granulométries sur les matières premières sont synthétisés dans le tableau 2. Le broyage des matières premières sur broyeur à disques, comparé au broyage sur broyeur à marteaux, conduit pour toutes les matières premières à une réduction des fractions les plus fines, notamment inférieures à 1.4 mm pour les céréales et le pois et à 0.5 mm pour

les tourteaux, au profit des particules plus grossières. Par rapport à la matière première de départ, le broyeur à disques casse les grosses particules, avec une génération modérée de particules fines. Pour les céréales par exemple, le broyeur à disques produit 13.9% de particules inférieures à 0.5 mm au maximum, alors que le broyeur à marteaux en génère à minima 32.7%. Par conséquent, la part de particules extrêmes est réduite de 30 à 75% selon la matière première, avec en conséquence une meilleure homogénéité. Les deux réglages différents du broyeur à disques mettent en évidence que pour les céréales et le pois, il est possible de faire varier de façon inverse les fractions supérieures à 2.5 mm et celles comprises entre 0.5 et 2 mm, sans modifier les fines inférieures à 0.5 mm. On note également que les particules comprises entre 2 et 2.5 mm ne sont pas modifiées par le réglage. Pour les tourteaux, si la différence de profil granulométrique est nette entre les deux broyeurs, en revanche le réglage du broyeur à disques a une incidence plus modérée, notamment pour les tourteaux de soja et de tournesol.

### 2.1.2. Mélanges de matières premières

Les granulométries sur les mélanges de matières premières sont présentées sur la figure 2. Sur les deux mélanges, le broyeur à disques, indépendamment du réglage, produit une farine avec peu de particules fines (moins de 16 et 25% de particules inférieures à 0.5 mm pour les céréales et les coproduits respectivement avec le broyeur à disques vs. 46% et 57% avec le broyeur à marteaux). Ceci s'accompagne d'une réduction des particules extrêmes. Pour les céréales, on obtient en moyenne 21% de PE (de 14 à 33%) avec le broyeur à disques contre 46% avec le broyeur à marteaux, soit une baisse de 25 points. Pour les coproduits, on obtient en moyenne 24% de PE (de 21 à 26%) avec le broyeur à disques contre 57% avec le broyeur à marteaux, soit une baisse de 33 points. On confirme la possibilité, avec les différents réglages du broyeur à disques, de faire varier de façon inverse les fractions grossières (supérieures à 2 mm) et intermédiaires (entre 0.5 et 1.6 mm), que ce soit pour les céréales ou pour les coproduits, avec peu d'impact sur les fractions inférieures à 0.5 mm et sur la fraction comprise entre 1.6 et 2 mm. Les variations induites sur les céréales sont plus marquées que sur les coproduits, ce qui est cohérent avec les résultats obtenus par matière première. Suite à ces tests technologiques, le broyage retenu pour les céréales

pour l'essai de digestibilité est celui qui permet de centrer au mieux les particules sur les fractions intermédiaires, avec peu de particules fines et grossières. Les broyages retenus pour les coproduits sont ceux qui donnent les profils granulométriques les plus différents.

### 2.2. Digestibilité de l'énergie et des protéines

L'essai de digestibilité chez le poulet de chair (tableau 3) ne montre pas d'effet significatif du type de broyage sur l'énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul. On observe cependant une augmentation numérique de l'EMAn lorsque l'aliment est broyé avec le broyeur à disques (quelle que soit la taille des particules de la fraction coproduits) par rapport à l'aliment broyé avec le broyeur à marteaux (2998 vs. 2962 kcal/kg MS).

Par contre, on observe une amélioration significative de la teneur en protéines digestibles avec le broyeur à disques par rapport au broyeur à marteaux (171.2 g/kg MS), avec un avantage significatif en faveur du broyage grossier des coproduits (177.0 g/kg MS avec broyage grossier vs. 174.5 g/kg de MS avec broyage fin,  $p < 0.001$ ), ainsi qu'une amélioration significative du ratio protéines digestibles sur protéines brutes dès lors que l'aliment est broyé avec le broyeur à disques, quelle que soit la taille des particules de la fraction coproduits (82.2% vs. 80.7%,  $p < 0.01$ ).

## CONCLUSION

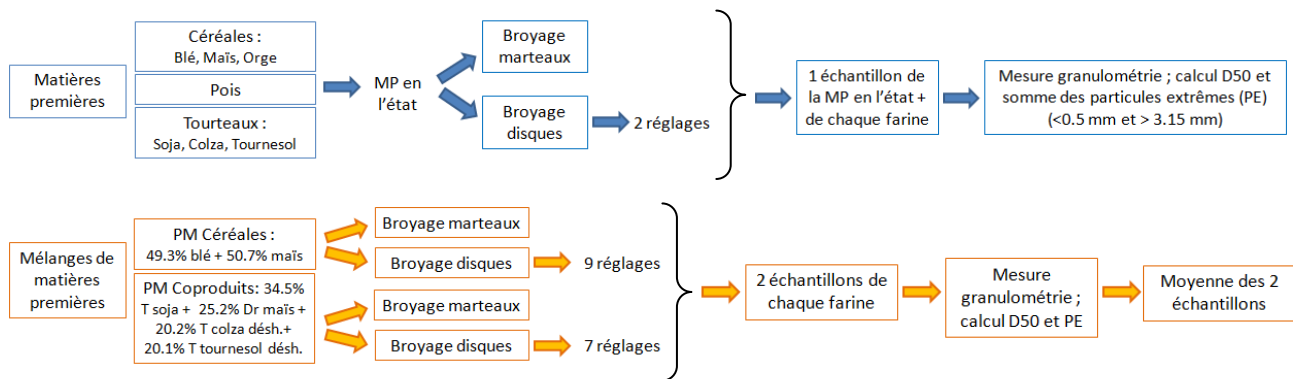
Pour conclure, l'utilisation de broyeurs à disques améliore l'homogénéité de la granulométrie des aliments en réduisant la part de particules extrêmes au profit des particules intermédiaires. Les aliments granulés produits à partir d'une telle mouture sont plus digestibles, en particulier les protéines. Il serait intéressant d'étudier les performances zootechniques avec ces aliments, et de tester les effets du broyage à disques en présentation farine.

## REMERCIEMENTS

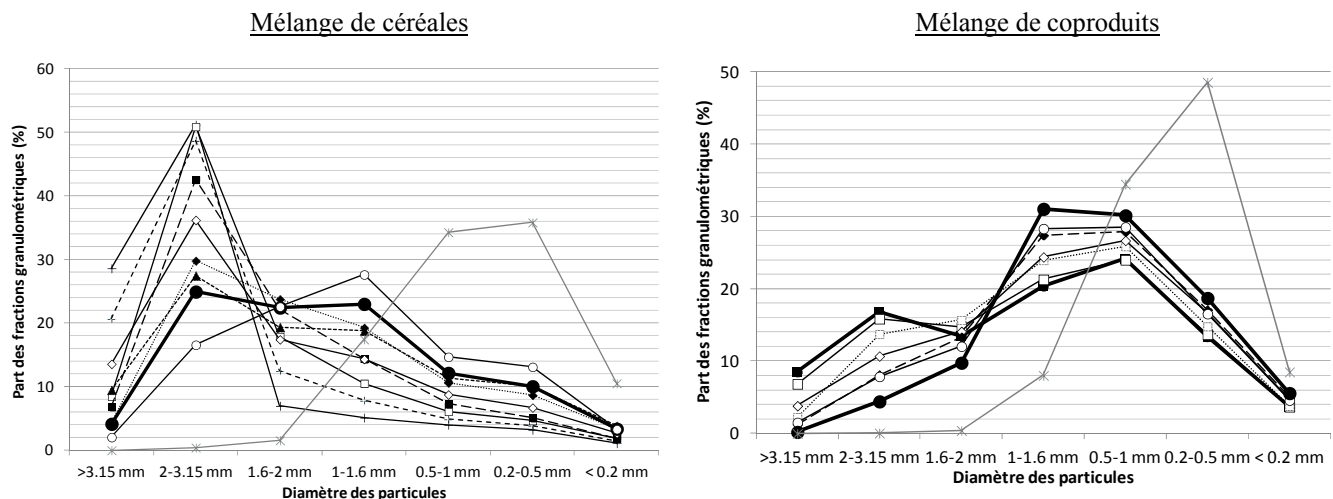
*Les auteurs remercient Gabriel Lebe, stagiaire Sanders Bretagne, ainsi que le personnel Euronutrition.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Bourdillon et al., 1990. Brit. Poult. Sci. 31(3), 567-576.
2. Deaton J.W. et al., 1995. J. Appl. Poult. Res. 4, 402-406.
3. Dezat E. et al., 2009. JRA 2009, 292-296.
4. Portella F.J. et al., 1988. Can. J. Anim. Sci. 68: 915-922.
5. Rougiere N., 2010. Thèse de l'Université François-Rabelais, Tours.
6. Tang P. et al., 2006. J. Appl. Poult. Res. 15:564-57.

**Figure 1.** Protocole des tests technologiques sur matières premières et mélanges de matières premières.**Figure 2.** Granulométries des mélanges de matières premières selon le type et le réglage des broyeurs. La ligne gris clair correspond au broyage à marteaux ; les lignes noires correspondent aux différents réglages d'écartement des disques testés.

Les lignes en gras indiquent les réglages retenus pour l'essai de digestibilité sur poulets de chair.

**Tableau 1.** Schéma expérimental de l'essai de digestibilité sur poulets de chair.

Age des poussins	Lots	1	2	3
		Témoin Marteaux	Disques / Coproduits fins	Disques / Coproduits grossiers
0 à 17 j		Période hors essai : aliment unique		
17 à 24 j	<u>CEREALES</u>			
	Broyeur	Marteaux	Disques	
	D50	590 µm	1500 µm	
	Particules extrêmes	39%	16%	
	<u>COPRODUITS</u>			
	Broyeur	Marteaux	Disques	Disques
	D50	480 µm	850 µm	1070 µm
	Particules extrêmes	49%	23% dont 1% > 3.15 mm	31% dont 12% > 3.15 mm
		Nombre de poulets	10	10

**Tableau 2.** Granulométries de matières premières selon le broyeur (en % par classes de tailles de particules).

MP	Modalités de broyage	Taille des particules (mm)						D50 (µm)	Somme particules extrêmes (<0.5 mm + > 3.15 mm)
		>3.15	2.5-3.15	2-2.5	1.4-2	0.5-1.4	<0.5		
Blé	Matière première en l'état	68.7	27.6	2.6	1.0	0.1	0.0	3252	68.7
	Marteaux	0.1	0.0	0.2	0.7	44.6	54.5	370	54.5
	Disques - réglage 1	10.2	27.5	15.4	26.3	13.4	7.3	1770	17.1
	Disques - réglage 2 plus fin	2.7	20.2	16.7	34.2	16.5	9.6	1522	11.7
	Moy Disques - Marteaux	6.4	23.8	15.8	29.6	-29.6	-46.0		-40.1 (-74%)
	Ecart Disques 1 - Disques 2	7.5	7.3	-1.4	-7.9	-3.1	-2.4		5.4
Maïs	Matière première en l'état	89.7	3.3	1.8	3.3	2.0	0.1	3318	89.8
	Marteaux	0.1	0.0	0.1	0.4	32.9	66.5	359	66.6
	Disques - réglage 1	18.3	19.9	9.8	18.7	20.4	12.9	1493	31.7
	Disques - réglage 2 plus fin	12.0	12.0	7.6	26.0	28.4	13.9	1319	24.6
	Moy Disques - Marteaux	15.1	16.0	8.6	22.0	-8.5	-53.1		-38.4 (-58%)
	Ecart Disques 1 - Disques 2	6.3	7.9	2.2	-7.3	-8.0	-1.0		7.1
Orge	Matière première en l'état	86.8	10.2	2.6	0.4	0.0	0.0	3408	86.8
	Marteaux	0.0	0.1	0.2	2.4	64.7	32.7	595	32.7
	Disques - réglage 1	26.2	29.6	16.0	17.0	8.5	2.7	2266	28.7
	Disques - réglage 2 plus fin	12.1	22.8	19.1	26.8	14.0	5.2	1840	17.0
	Moy Disques - Marteaux	19.1	26.1	17.4	19.5	-53.5	-28.7		-9.8 (-30%)
	Ecart Disques 1 - Disques 2	14.1	6.8	-3.1	-9.8	-5.5	-2.5		11.8
Pois	Matière première en l'état	97.4	1.3	0.5	0.4	0.0	0.4	3478	97.8
	Marteaux	0.4	0.2	0.7	2.8	54.9	41.1	505	41.5
	Disques - réglage 1	13.4	13.1	13.6	33.0	18.6	8.3	1596	21.2
	Disques - réglage 2 plus fin	4.5	7.0	10.8	42.4	25.6	9.8	1330	14.2
	Moy Disques - Marteaux	8.6	9.8	11.5	34.9	-32.8	-32.1		-23.8 (-57%)
	Ecart Disques 1 - Disques 2	8.9	6.1	2.8	-9.4	-7.0	-1.5		6.9
T soja	Matière première en l'état	11.4	6.4	3.9	17.0	47.1	14.3	1087	25.7
	Marteaux	0.0	0.1	0.1	0.3	28.4	71.2	326	71.2
	Disques - réglage 1	3.3	7.1	5.9	18.0	51.8	13.9	1007	17.8
	Disques - réglage 2 plus fin	0.6	2.3	3.2	22.4	54.5	16.8	896	17.2
	Moy Disques - Marteaux	1.9	4.6	4.5	19.9	24.8	-55.8		-53.7 (-75%)
	Ecart Disques 1 - Disques 2	2.7	4.8	2.7	-4.4	-2.8	-3.0		0.5
T colza	Matière première en l'état	88.3	1.6	0.6	1.3	4.3	4.0	2983	92.0
	Marteaux	0.1	0.1	0.0	0.1	14.1	85.5	242	85.6
	Disques - réglage 1	19.2	13.8	4.8	10.4	29.4	22.4	1142	41.8
	Disques - réglage 2 plus fin	3.2	6.2	5.4	16.9	38.0	30.4	803	33.1
	Moy Disques - Marteaux	11.1	9.9	5.1	13.5	19.6	-59.2		-48.2 (-56%)
	Ecart Disques 1 - Disques 2	16.1	7.6	-0.6	-6.5	-8.6	-8.0		8.7
T tourn.	Matière première en l'état	100.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3548	100.0
	Marteaux	0.1	0.0	0.1	0.2	35.8	63.9	359	63.9
	Disques - réglage 1	24.4	12.1	7.8	15.9	26.0	13.9	1424	38.3
	Disques - réglage 2 plus fin	14.8	13.1	10.5	20.8	27.5	13.3	1353	27.8
	Moy Disques - Marteaux	19.5	12.6	9.0	18.2	-9.0	-50.3		-30.9 (-48%)
	Ecart Disques 1 - Disques 2	9.6	-1.0	-2.8	-5.0	-1.5	0.6		10.4

**Tableau 3.** Digestibilités de la matière sèche, l'énergie et la protéine sur le poulet de chair entre 21 et 24 jours.

Lots		Témoins Marteaux	Disques / Coproduits fins	Disques / Coproduits gros	Probabilité statistique
Nombre de poulets		9	9	10	
CUD MS	%	63.9 ± 1.3	64.4 ± 0.9	63.8 ± 1.1	NS
EB	kcal/kg MS	4780	4776	4795	
EMA <sub>n=0</sub>	kcal/kg MS	2962 ± 61	2994 ± 56	3002 ± 53	NS
EMA <sub>n=0</sub> / EB	%	62.0 ± 1.3	62.7 ± 1.2	62.6 ± 1.1	NS
PB	g/kg MS	212.0	213.2	215.4	
PD	g/kg MS	171.2 a ± 0.8	174.5 b ± 0.4	177.0 c ± 0.9	0.0%
PD/PB	%	80.7 a ± 0.4	81.9 b ± 0.2	82.2 b ± 0.4	0.4%
PR	g/kg MS	159.1 ± 5.6	158.9 ± 1.5	161.8 ± 3.7	NS
PR/PB	%	75.0 ± 2.7	74.5 ± 0.7	75.1 ± 1.7	NS

MS : matière sèche ; EB : énergie brute ; EMA<sub>n=0</sub> : énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul ; PB : protéine brute ; PD : protéine digestible ; PR : protéine retenue (calculée à partir du gain de poids avec l'hypothèse que la protéine représente 24% de la masse corporelle)

Les lettres a, b indiquent des différences significatives (p<5%).