

# Effet du remplacement d'une partie de l'aliment d'allaitement par de l'aliment solide sur l'utilisation de l'énergie chez les veaux de boucherie

LABUSSIÈRE E. (1, 2, 3), BERTRAND G. (1), NOBLET J. (2,3)

(1) Institut de l'élevage - service qualité des viandes - Monvoisin - BP 85225 - 35652 Le Rheu cedex

(2) INRA - UMR 1079 SENAH - domaine de la Prise - 35590 Saint-Gilles

(3) Agrocampus Ouest - UMR1079 SENAH - domaine de la Prise - 35590 Saint-Gilles

**RESUME** - L'utilisation digestive et métabolique de l'aliment solide chez les veaux de boucherie est peu connue. L'objectif de l'essai est de déterminer les effets de l'ajout de deux aliments solides à base de maïs grain et de gluten de blé hydrolysé sans (M) ou avec (MP) paille de blé hachée sur l'utilisation de l'énergie chez des veaux nourris à l'aliment d'allaitement. Vingt veaux (PV : 147 kg) ont été répartis sur cinq traitements qui consistent en aliment d'allaitement distribué seul à un niveau d'ingestion (NI) égal à 90 % d'un niveau de référence, ou partiellement substitué par l'un des aliments solides et selon deux NI correspondant à 90 et 105 % de la référence. Les bilans protéiques et énergétiques et la production de chaleur à jeun ont été mesurés individuellement en chambre respiratoire pendant sept jours. L'ajout d'aliment solide a diminué l'utilisation digestive de la MS, de la MO et de l'énergie, accru la production de méthane et réduit l'excrétion urinaire de glucose, les effets étant plus marqués avec l'aliment MP qu'avec l'aliment M. Le rapport EM / ED a été réduit lors de l'apport d'aliment solide et l'ajout de paille. L'efficacité d'utilisation de l'EM a été réduite lors de l'ajout d'aliment solide et le besoin énergétique d'entretien s'est accru de 363 à 382 kJ / kg PV<sup>0.85</sup> / j quand l'EM ingérée a augmenté du niveau 90 au niveau 105 mais sans effet de la composition de l'aliment solide. L'introduction d'aliment solide a accru le dépôt lipidique mais a réduit le dépôt protéique sans que les mécanismes sous-jacents soient connus. Les caractéristiques nutritionnelles des aliments solides ont été calculées par régression ; l'aliment M constitue une alternative intéressante pour l'apport d'énergie au veau de boucherie.

## Effect of inclusion of solid feed as partial replacement of milk replacer on energy utilisation in milk-fed veal calves

LABUSSIÈRE E. (1,2,3), BERTRAND G. (1), NOBLET J. (2,3)

(1) UMR SENAH - Domaine de la Prise - 35590 Saint-Gilles - France

**SUMMARY** - Little knowledge on the digestive and metabolic utilisation of solid feed in veal calves is available. The objectives of the study were to determine the effects of two solid feeds containing corn grain and hydrolysed wheat gluten without (M) or with (MP) chopped wheat straw on energy utilisation in milk replacer fed veal calves. Twenty calves (mean BW: 147 kg) were assigned to five dietary treatments involving milk replacer offered alone at a feeding level equalling 90% of a reference allowance, or with partial substitution of milk by solid feed at two feeding levels equalling 90 and 105% of the reference. All calves were kept individually for seven days in a respiration chamber to estimate protein and energy balance and fasting heat production. Inclusion of solid feed and addition of straw resulted in decreased digestibility coefficients of DM, OM and energy, increased methane production and decreased urinary glucose excretion. The ME/DE ratio decreased when solid feed was added and when straw was included. Efficiency of ME utilisation decreased when solid feed was added. The ME<sub>m</sub> increased from 364 to 382 kJ/kg BW<sup>0.85</sup>/d when FL increased, irrespective of solid feed composition. In addition, inclusion of solid feed increased lipid deposition and reduced protein deposition but the mechanisms need further investigation. Nutritional characteristics of the solid feeds were calculated from a regression approach: the solid feed M was suitable for energy supply to veal calves.

### INTRODUCTION

La législation européenne (Directive 97 / 2 / EC) a imposé l'introduction d'un minimum d'aliment solide dans les rations des veaux de boucherie afin de stimuler le développement de l'activité du rumen, diminuer les stéréotypies orales et plus généralement améliorer le bien-être des animaux (Veissier *et al.*, 1998). Cependant, les connaissances sur l'utilisation de l'énergie issue de l'aliment solide n'ont été abordées que chez l'animal jeune (Roy *et al.*, 1971) ou lorsque la majorité de l'énergie était apportée par l'aliment solide (Vermorel *et al.*, 1980). L'objectif de cet essai est de mesurer les dépôts protéiques et lipidiques de veaux de boucherie de plus de 100 kg recevant deux aliments solides et selon deux niveaux d'ingestion (NI) en plus d'aliment d'allaitement en employant la méthode des bilans protéiques et énergétiques avec mesure de la production de chaleur (PC) en chambre respiratoire.

### 1. MATERIEL ET METHODES

#### 1.1. STRATEGIES EXPERIMENTALES

Les veaux ont été élevés à la station expérimentale de l'institut de l'élevage (Le Rheu) pendant vingt trois semaines et les mesures ont été réalisées entre les semaines 13 à 18 d'élevage à l'INRA (Saint-Gilles, à 10 km du

Rheu) ; la semaine 1 a débuté à l'arrivée des veaux dans l'atelier d'engraissement. Entre la deuxième et la dixième semaine d'élevage, les veaux ont été adaptés à la composition des rations mais ont tous été nourris selon un apport énergétique équivalent à 95 % d'un apport en énergie digestible (ED) fixé *a priori* (fonction du poids vif (PV), Labussière *et al.*, 2008a).

Les rations étaient constituées d'aliment d'allaitement (A) assurant un apport énergétique équivalent à 75 % de l'apport en ED fixé *a priori*. Deux aliments solides étaient utilisés, l'aliment M, constitué de maïs grain (90 %) et de gluten de blé hydrolysé (10 %) et l'aliment MP, constitué d'aliment M (90 %) et de paille de blé hachée (10 %). Les aliments solides ont été distribués pendant les mesures selon deux niveaux correspondant à 15 % (traitements M90 et MP90) ou 30 % (traitements M105 et MP105) de l'apport en ED fixé *a priori* ce qui conduit à des NI totaux de 90 (traitements M90 et MP90) et 105 % (traitements M105 et MP105) du niveau *a priori*. Les mesures de bilans énergétiques et azotés ont été conduites sur quatre veaux mâles de race Prim'Holstein par traitement entre les semaines 14 à 17. Un cinquième traitement expérimental (A90) avec quatre veaux supplémentaires ne recevant que de l'aliment d'allaitement distribué au NI90 a été mis en

place avec des mesures effectuées pendant les semaines 13 et 18 d'élevage. Les caractéristiques des traitements expérimentaux sont précisées dans le tableau 1.

**Tableau 1** : composition des traitements expérimentaux

Traitement	A90	M90	MP90	M105	MP105
Matières premières (% MS)					
- Aliment d'allaitement	100	80	80	69	67
- Maïs	0	18	16	28	27
- Gluten de blé	0	2	2	3	3
- Paille de blé	0	0	2	0	3
Composition (% MS)					
- MAT	21,2	20,4	20,1	19,9	19,4
- Matières grasses	16,6	14,0	13,9	12,7	12,3
- Amidon	3,2	16,1	15,0	23,5	22,6
- Cellulose brute	-	0,4	1,3	0,6	2,2
- NDF	-	1,5	3,0	2,4	5,0
- ADF	-	0,4	1,4	0,7	2,3
Valeurs énergétiques (MJ / kg MS)					
- ED estimée	19,95	19,29	19,11	18,92	18,57

Trois semaines avant les mesures en chambre respiratoire, les veaux ont été attachés dans des cases d'isolement pour une durée d'une semaine. Ensuite, les animaux ont été placés en cage à métabolisme pendant une semaine supplémentaire et leur NI a été ajusté pour atteindre celui visé pendant les mesures (NI90 ou NI105). Ils ont ensuite été transportés à l'INRA pour une semaine supplémentaire d'adaptation en cage à métabolisme et les NI ont été ajustés en fonction du PV des veaux. Trois jours avant l'entrée en chambre respiratoire, les veaux ont été équipés d'un harnais collecteur de fèces.

Pendant les périodes d'adaptation et de mesures, l'aliment d'allaitement et l'aliment solide ont été distribués en deux repas égaux par jour (à 8 h 45 et 18 h 00 pour l'aliment d'allaitement et 10 h 00 et 19 h 15 pour l'aliment solide). Les veaux ont disposé de dix minutes (aliment d'allaitement) et de quatre heures (aliment solide) pour consommer leur ration. Après chaque repas, les refus d'aliment d'allaitement ont été retirés de l'auge. Les refus d'aliment solide n'ont été retirés de l'auge qu'après le repas du soir s'ils excédaient 100 g. A chaque distribution d'aliment solide, 1,5 l d'eau était mise à disposition.

## 1.2. MESURES ET ANALYSES

Les veaux ont été pesés à leur arrivée à l'INRA, à l'entrée et à la sortie de la chambre respiratoire. Les bilans énergétiques et azotés des vingt veaux ont été mesurés au cours de six jours en chambre respiratoire de type circuit ouvert. Les mesures ont été complétées d'une estimation de la PC à jeun pendant une journée. Les concentrations en O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> de l'air extrait de la chambre respiratoire, le débit d'air et les caractéristiques physiques des gaz (température et humidité relative, régulées à 18°C et 70 %) ont été mesurées en continu (soixante fois par seconde) et moyennées sur dix secondes pour les calculs. L'activité physique des veaux a été enregistrée à l'aide d'une barrière infrarouge placée en travers de la cage (position debout ou couchée) et de capteurs de force placés sous les pieds de la cage et produisant un signal électrique proportionnel à la force exercée par le veau sur le plancher de la cage. La cinétique d'ingestion de l'aliment solide a été enregistrée en plaçant l'auge sur un capteur de poids.

Les teneurs en MS, MM, azote, matières grasses (MG), amidon, cellulose brute, NDF, ADF et énergie brute (EB) des aliments offerts et des fèces ont été déterminées. Les refus d'aliments ont été analysés pour leur teneur en MS.

Les urines ont été analysées pour leurs teneurs en azote, en énergie et en glucose.

## 1.3. CALCULS

Le PV des veaux à la fin de la période de collecte a été calculé à partir du PV des veaux après le jeûne et de la perte de PV pendant le jeûne estimée au cours d'un précédent essai : le gain moyen quotidien (GMQ) a été calculé sur les douze jours consécutifs de présence à l'INRA.

Les bilans en azote et en énergie ont été calculés en retranchant des quantités ingérées les quantités collectées dans les fèces, les urines, les gaz et / ou sous forme de PC. La quantité d'énergie retenue sous forme de protéines (ER<sub>p</sub>) a été calculée à partir du bilan en azote et de sa concentration énergétique (6,25 x 23,6 kJ / g), le reste de l'énergie retenue (ER) étant stocké sous forme de lipides (ER<sub>l</sub>). La quantité de lipides déposés a été calculée à partir de l'ER<sub>l</sub> et de la concentration énergétique du gain de lipides (39,7 kJ / g). Toutes les données relatives au métabolisme énergétique ont été exprimées par kg PV<sup>0,85</sup> (Labussière *et al.*, 2008b). Le premier jour en chambre respiratoire est considéré comme un jour d'adaptation ; tous les calculs ont été conduits sur les cinq jours suivants.

Les cinétiques de la PC ont été analysées selon le modèle de van Milgen *et al.* (1997) modifié pour tenir compte des différences d'effet sur la PC de l'ingestion d'aliment d'allaitement ou d'aliment solide : la PC due à l'activité physique (AHP), à l'ingestion d'aliment d'allaitement (TEFA), à l'ingestion d'aliment solide (TEFS) et au métabolisme au repos (RHP) a été calculée. Pour les journées de jeûne, seules les douze dernières heures ont été analysées, l'asymptote horizontale de la cinétique de la PC correspondant à la PC à jeun. La différence entre la RHP et la PC à jeun correspond à un effet thermique à long terme de l'ingestion qui, additionné du TEFA et du TEFS, permet de calculer l'effet thermique total lié aux ingestions d'aliments liquides et solides (TEF).

L'efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) pour l'entretien et la croissance (k<sub>mg</sub>) a été calculée comme le complément du ratio entre la somme de AHP et TEF, et l'EM ingérée. Le besoin en EM pour l'entretien (EM<sub>m</sub>) a été calculé comme le rapport entre la PC à jeun et k<sub>mg</sub>. La quantité d'énergie nette (EN) est calculée comme la somme de l'ER et de la PC à jeun.

L'analyse statistique a été conduite selon la méthode des contrastes orthogonaux pour : 1) la présence d'aliment solide dans la ration, 2) la présence de paille dans l'aliment solide, 3) le niveau d'apport d'aliment solide et 4) l'interaction entre le niveau d'apport et la présence de paille dans l'aliment solide. Les probabilités critiques relatives à ce dernier contraste ne seront pas précisées car non significatives pour la majorité des variables. Enfin, les coefficients d'utilisation digestive (CUD) de la MS, de la MO et de l'énergie, les rapports EM / ED et k<sub>mg</sub>, les concentrations en ED, EM et EN des aliments A, M et MP ont été calculées par régression (SAS, 2004).

## 2. RESULTATS

Trois veaux ont présenté des troubles de l'ingestion pendant les mesures en chambre respiratoire. Deux ont été remplacés par deux veaux d'un poids légèrement plus élevé (M105) ; le troisième animal, affecté au traitement M90 n'a pas été remplacé. Les analyses statistiques ont donc été conduites sur dix-neuf animaux.

**Tableau 2** : effet de l'apport d'aliment solide sur les performances de croissance et la digestibilité apparente des nutriments et de l'énergie chez le veau de boucherie

	Traitements					ETR	Contrastes orthogonaux, <i>P</i> -value		
	A90	M90	MP90	M105	MP105		1	2	3
PV (kg)	134,8	148,0	145,5	154,3	148,6	17,0	0,31	0,63	0,59
Ingéré (g MS / j)									
- Aliment d'allaitement	1986	1776	1795	1906	1841	225	0,21	0,85	0,46
- Maïs + gluten de blé	0	432	405	866	818	60	< 0,01	0,25	< 0,01
- Paille de blé	0	0	45	0	90	4	< 0,01	< 0,01	< 0,01
- Total	1986	2211	2246	2770	2744	272	0,22	0,95	< 0,01
ED ingérée (MJ / j)	40,17	42,97	42,71	52,66	50,07	5,61	0,49	0,62	< 0,01
GMQ (kg / j)	0,92	1,23	1,20	1,38	1,44	0,23	0,04	0,88	0,05
Coefficients d'utilisation digestive (%)									
- MS	97,1	95,8	93,8	94,8	91,1	1,1	< 0,01	< 0,01	< 0,01
- MO	97,8	96,5	94,4	95,4	91,6	1,0	< 0,01	< 0,01	< 0,01
- MAT	95,4	92,9	90,6	91,4	88,0	2,0	0,02	0,01	0,06
- MG	96,8	94,5	94,2	93,2	93,1	1,4	0,02	0,76	0,12
- Amidon	99,8	99,9	99,1	99,6	97,9	0,7	0,58	< 0,01	0,04
- Cellulose brute	-	68,5	32,7	60,7	33,0	11,3	-	< 0,01	0,52
- NDF	-	79,4	54,0	64,5	43,0	12,7	-	< 0,01	0,06
- ADF	-	76,6	51,2	65,1	41,0	12,5	-	< 0,01	0,11
- EB	97,4	95,6	93,6	94,4	90,6	1,2	0,05	< 0,01	0,01
Production de méthane									
- Quantité (l / j)	2,9	8,2	20,0	13,2	23,0	4,6	< 0,01	< 0,01	0,11
- Energie (% de l'EB de l'aliment solide)	-	4,0	9,1	3,2	5,3	1,6	-	< 0,01	0,01
Excrétion urinaire de glucose (g / j)	20	19	13	6	5	11	0,58	0,54	0,09
EM / ED (%)	95,6	94,5	94,2	95,4	94,9	1,3	0,08	< 0,01	0,56
N retenu / N digestible (%)	59,2	52,2	54,0	56,4	55,3	3,9	0,04	0,85	0,18

## 2.1. PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Le PV moyen des veaux pendant les mesures en chambres respiratoires n'a pas été affecté par les traitements expérimentaux (tableau 2). Les consommations d'aliment d'allaitement et d'aliments solides sont conformes au protocole expérimental. Le GMQ est de 0,92 kg / j pour les veaux A90 et il augmente chez les veaux M90 et MP90 (1,22 kg / j). Il s'accroît également (1,41 kg / j) lors de l'augmentation du NI.

## 2.2. UTILISATION DIGESTIVE DES NUTRIMENTS

Les CUD de la MS, de la MO, de la MAT, de la MG, de l'amidon et de l'EB du traitement A90 sont tous supérieurs à 95 %. Lors de l'introduction d'aliment solide dans les rations, les CUD de la MS et de la MO diminuent de 1,3 point avec le traitement M90 et de 3,3 et 3,4 points avec le traitement M105. L'apport de paille diminue également les CUD de la MS et de la MO. Le CUD de la MAT est également diminué lors de l'introduction d'aliment solide et lors de l'apport de paille. L'augmentation du NI tend à diminuer le CUD de la MAT. Le CUD de la MG est diminué lors de l'introduction d'aliment solide mais n'est pas affecté par les autres effets. Excepté pour le traitement MP105

(97,9 %), le CUD de l'amidon est supérieur à 99 % pour tous les traitements. Les CUD de la cellulose brute, du NDF et de l'ADF sont diminués lors de l'introduction de paille dans la ration des veaux. Le CUD de l'EB a été diminué lors de l'introduction d'aliment solide dans les rations et lorsque l'aliment solide contenait de la paille.

## 2.3. UTILISATION METABOLIQUE DE L'ED ET DE L'AZOTE

La production de méthane, négligeable avec le traitement A90 s'est accrue jusqu'à 23,0 l / j avec le traitement MP105. La perte énergétique due au méthane, exprimée en pourcentage de l'EB apportée par l'aliment solide, était la plus élevée avec le traitement MP90 mais a été diminuée lors de l'augmentation du NI, d'autant plus lorsque l'aliment solide ne contenait pas de paille (tendance pour l'interaction). La quantité de glucose excrétée dans l'urine a été de 20 g / j avec le traitement A90 et a été numériquement plus faible en augmentant l'apport d'aliment solide contenant de la paille. Le rapport entre l'EM et l'ED a été de 95,6 % avec le traitement A90 et tend à être réduit lors de l'introduction d'aliment solide.

**Tableau 3** : effet de l'apport d'aliment solide sur le bilan énergétique des veaux de boucherie

	Traitements					ETR	Contrastes orthogonaux, <i>P</i> -value		
	A90	M90	MP90	M105	MP105		1	2	3
EM ingérée (kJ / kg PV <sup>0,85</sup> / j)	595	582	584	695	678	23	0,46	0,52	<0,01
PC (kJ / kg PV <sup>0,85</sup> / j)									
- PC à jeun	310	299	289	316	299	15	0,13	0,10	0,09
- AHP	49	52	50	56	57	8	0,71	0,93	0,21
- TEF	42	53	67	70	83	10	0,02	0,02	<0,01
- Total	401	403	406	441	439	13	0,70	0,96	<0,01
ER (kJ / kg PV <sup>0,85</sup> / j)	194	178	178	252	238	27	0,42	0,61	<0,01
- dont ER <sub>p</sub> (%)	45	42	43	36	36	3	0,05	0,88	<0,01
TEF									
- TEFA (MJ / kg MS de l'aliment A)	1,07	0,73	0,80	0,59	0,48	0,15	0,01	0,82	0,01
- TEFS (MJ / kg MS d'aliment solide)	-	3,01	2,55	2,20	2,01	0,69	-	0,37	0,07
k <sub>mg</sub> (%)	84,7	82,0	80,0	81,8	79,4	2,0	0,02	0,05	0,71
EM <sub>m</sub> (kJ / kg PV <sup>0,85</sup> / j)	366	364	361	386	377	16	0,76	0,45	0,04

L'ajout de paille a également diminué le rapport entre l'EM et l'ED. Le rapport entre le N retenu et le N digestible était plus élevé avec le traitement A90 par rapport aux traitements M90 et MP90 mais n'a pas été affecté par les autres effets.

#### 2.4. BILAN ENERGETIQUE

L'apport en EM s'est accrue de 583 à 687 kJ / kg PV<sup>0.85</sup> / j avec le NI (tableau 3). Le haut NI a eu tendance à augmenter la PC à jeun alors que l'AHP n'a pas été modifiée par les traitements. Le TEF a été plus élevé lors de l'introduction d'aliment solide, lors de l'ajout de paille dans l'aliment solide et lors de l'augmentation de l'apport d'aliment solide. La PC totale et l'ER n'ont été modifiées que par le NI. En revanche, la part d'ER sous forme de protéines a été diminuée lors d'apports croissants d'aliment solide.

Le TEFA (MJ / kg MS) a diminué lors de l'introduction croissante d'aliment solide dans les rations des veaux. Le TEFS tend à diminuer lors de l'augmentation du NI. L'efficacité  $k_{mg}$  a été de 84,7 % pour le traitement A90 et diminue lors de l'apport d'aliment solide et lors de l'ajout de paille. Le besoin EMm s'est accru de 363 à 382 kJ / kg PV<sup>0.85</sup> / j avec le NI.

### 3. DISCUSSION

Les CUD de l'aliment d'allaitement sont similaires à ceux déjà mesurés chez des veaux de PV et de NI similaires (Labussière *et al.*, 2008a). Ils correspondent également à ceux estimés par régression (tableau 4), indiquant que la digestibilité de l'aliment d'allaitement n'est pas modifiée par la présence d'aliment solide (Vermorel *et al.*, 1980). La digestibilité des nutriments des aliments solides est plus faible que celle de l'aliment d'allaitement (tableau 4) mais les valeurs sont supérieures à celles estimées par les tables pour les ruminants (INRA, 2007).

**Tableau 4** : utilisation digestive de la MS, de la MO et de l'énergie et concentrations énergétiques des aliments distribués aux veaux (calcul par régression)

	Aliment		
	A	M	MP
CUD (%)			
- MS	97,2	89,6	79,1
- MO	98,0	89,9	79,2
- EB	97,5	87,8	77,0
Concentrations énergétiques (MJ / kg MS)			
- ED	20,2	16,3	14,1
- EM	19,2	15,5	13,1
- EN	16,2	11,6	8,3
Efficacités (%)			
- EM / ED	95,0	95,3	93,7
- $k_{mg}$	84,1	75,9	68,4

La PC à jeun au NI90 est similaire à celle mesurée chez des veaux de mêmes PV et NI (Labussière *et al.*, 2008b) et répond au NI (Holmes et Davey, 1976; Labussière *et al.*, 2008a). L'AHP étant constante, le  $k_{mg}$  est réduit lors de l'introduction d'aliment solide dû à l'accroissement du TEF et ceci peut indiquer que le fonctionnement du tube digestif nécessite plus d'énergie (lié à la motilité et à la taille du rumen). Finalement, le besoin énergétique d'entretien est accru lors de l'augmentation du NI, ce qui est cohérent avec les observations antérieures (Vermorel *et al.*, 1979; Labussière *et al.*, 2008a).

L'apport d'aliment solide a diminué l'excrétion de glucose urinaire. L'excrétion urinaire de glucose est associée à la mise en place, lorsque le veau vieillit, d'une

insulinorésistance due aux apports importants de glucose après le repas (Hostettler-Allen *et al.*, 1994). L'ajout d'aliment solide semble donc améliorer l'efficacité d'utilisation métabolique du glucose, peut-être en favorisant un apport plus continu des nutriments. En revanche, la production de méthane a été accrue : il apparaît finalement que l'aliment d'allaitement et l'aliment M ont des rapports EM / ED similaires. En revanche, l'introduction d'aliment solide dans les rations a accru le TEF et diminué le  $k_{mg}$ .

L'aliment d'allaitement présente les concentrations énergétiques les plus élevées alors que l'aliment MP présente les concentrations énergétiques les plus faibles. Ainsi, la teneur en EN est de 16,2 MJ / kg MS pour l'aliment d'allaitement mais est réduite à 11,6 MJ / kg MS pour l'aliment M et à 8,3 MJ / kg MS pour l'aliment MP. En outre, le rapport entre l'EN et l'ED est plus faible pour l'aliment M que pour l'aliment d'allaitement (80,0 et 72,3 %) mais l'aliment M est également moins onéreux : il constitue ainsi une alternative intéressante à l'aliment d'allaitement pour apporter de l'énergie au veau de boucherie. En revanche, une part plus importante de l'ER est déposée sous forme de lipides. Ceci peut être dû à un déséquilibre en acides aminés des protéines apportées par l'aliment solide (en particulier pour la lysine, thréonine, valine et isoleucine), limitant le dépôt protéique ou à une stimulation insulinaire des dépôts lipidiques liée à la production ruminale de propionate, plus continue que l'absorption intestinale du glucose.

### CONCLUSION

L'énergie de l'aliment solide a été bien valorisée par les veaux de boucherie aux niveaux digestif et métabolique. Néanmoins, l'introduction d'aliment solide a augmenté les pertes énergétiques sous forme de TEF, diminuant les valeurs EN. En revanche, la rétention énergétique n'a pas été modifiée même si plus de lipides ont été déposés. Les mécanismes de régulation des dépôts protéiques et lipidiques devraient être précisés pour optimiser l'utilisation d'aliments solides dans les rations des veaux de boucherie.

*Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE et avec les soutiens techniques et financiers des régions Bretagne et Pays de la Loire, d'Interveaux et du SDVF. Les auteurs remercient le personnel technique de l'institut de l'élevage et de l'UMR SENAH pour le travail effectué.*

Holmes C.W., Davey A.W.F., 1976. *Anim. Prod.* 23: 43-53

Hostettler-Allen, R.L., Tappy, L., Blum, J.W., 1994. *J. Anim. Sci.* 72: 160-173

INRA, 2007. Alimentation des bovines, ovins et caprins. Tables 2007. Editions Quæ, Versailles

Labussière E., Maxin G., Dubois S., van Milgen J., Bertrand G., Noblet J., 2008a. Animal accepté pour publication

Labussière E., Dubois S., van Milgen J., Bertrand G., Noblet J., 2008b. *Brit. J. Nutr.* in press

Roy J.H.B., Stobo I.J.F., Gaston H.J., Ganderton P., Shotton S.M., Thompson S.Y., 1971. *Brit. J. Nutr.* 26 : 353-362

Van Milgen J., Noblet, J., Dubois, S., Bernier, J.F., 1997. *Brit. J. Nutr.* 78 : 397-410

Weissier I., Ramirez de la Fe A.R., Pradel P., 1998. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 57 : 35-49

Vermorel M., Bouvier, J.C., Geay Y., 1979. *Energy metabolism*, 49-53

Vermorel M., Bouvier, J.C., Geay Y., 1980. *Ann. Zoot.* 29 : 65-86