Utilisation de l'énergie des aliments par le veau ruminant. Influence de l'apport de lait, du niveau d'alimentation et de l'âge du veau

M. VERMOREL, J.C. BOUVIER et Y. GEAY*

Avec la collaboration technique de Y. ANGLARET, J.P. DONNAT, Simone GASNET,
R. JAILLER*, C. LEOTY, Marinette MARTINAUD et R. SOUCHET

*Laboratoire d'Étude du Métabolisme Énergétique
*Laboratoire de la Production de Viande
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I.N.R.A.,
Theix - Saint-Gènes Champanelle,
63110 Beaumont (France)*

Résumé

Pour analyser l'origine des différences entre les performances des veaux « allaités » et celles des veaux sevrés précocement, on a étudié, par la méthode de calorimétrie indirecte, l'influence d'un apport complémentaire d'aliment d'allaitement distribué sous forme liquide et celle du niveau d'alimentation, sur l'utilisation digestive et énergétique d'un même aliment solide par le veau en croissance, aux âges de 5-10 semaines, 5 mois et 8 mois. Le même aliment solide a été distribué, à 2 niveaux d'alimentation, à des moutons adultes.

Au niveau digestif, il n'y a pas d'interaction entre l'aliment solide et le lait. Les digestibilités de l'aliment solide ne varient pas avec l'âge des veaux et les teneurs en EM sont comparables à celles obtenues chez les moutons adultes pour le même niveau d'alimentation (tabl. 2). Le rendement d'utilisation de l'EM varie avec l'âge des veaux et la proportion d'énergie apportée par l'aliment d'allaitement (tabl. 4) mais il n'y a pas de différence entre animaux « allaités » et animaux sevrés précocement. Une restriction alimentaire prolongée entraîne une réduction des besoins d'entretien des veaux allaités et améliore leur efficacité alimentaire. Les résultats sont discutés en fonction de la composition des rations.

Introduction

Chez le jeune Ruminant, l'apport de lait naturel ou d'un lait de remplacement entraîne une amélioration des performances : ainsi, LE NEINDRE, PETIT et MULLER (1976) observent que chez le Veau « allaité », le gain de poids vif et l'efficacité alimentaire augmentent avec la quantité de lait ingérée. Cette amélioration ne

semble pas due seulement à une augmentation des quantités d'énergie et de protéines ingérées puisqu'on l'obtient également lorsque la même quantité de lait de remplacement est apportée sous forme liquide plutôt que sous forme solide (BLACK et TRIBE, 1973; GUILHERMET *et al.*, 1977). En effet, le transport du lait naturel ou du lait de remplacement directement dans la caillette par la gouttière œsophagienne, permet de fournir à l'organisme des nutriments riches et bien équilibrés. L'association de ces nutriments aux produits terminaux de la digestion microbienne des aliments solides dans le rumen est susceptible de modifier l'orientation du métabolisme du jeune Ruminant; ainsi, des veaux de race frisonne recevant du lait (veaux « allaités ») étaient, à poids égal, beaucoup moins gras à l'âge de 9 mois que leurs homologues sevrés précocement (GEAY, 1970), mais il faut noter qu'ils ne recevaient pas le même aliment solide.

On a donc essayé d'analyser ce phénomène chez le Veau en croissance par la méthode de calorimétrie indirecte. On a étudié pour cela l'influence d'un apport complémentaire de lait de remplacement (sevrage aux âges de 10 semaines ou de 9 mois) et du niveau d'alimentation sur l'utilisation digestive et énergétique d'un même aliment solide, selon l'âge du Veau. La digestibilité et la teneur en énergie métabolisable (EM) de cet aliment solide et le rendement d'utilisation de l'EM ont été déterminés également chez des moutons adultes en vue de comparer les résultats aux valeurs obtenues chez les veaux aux différents stades de croissance (5 semaines, 10 semaines, 5 mois et 8 mois).

Matériel et méthodes

Animaux

24 veaux mâles de race Frisonne ont été achetés à l'âge de 17 jours en moyenne, par groupe de 6, toutes les 2 semaines, afin de pouvoir effectuer les mesures en chambres respiratoires à peu près au même âge chez tous les animaux.

FIG. 1. — Variations des quantités moyennes d'énergie brute ingérée par les veaux « allaités » (A) ou sevrés précocement (S), nourris ad libitum (—) ou restreints (---) sous forme de lait et d'aliment solide, en fonction de l'âge. Les colonnes représentent les périodes de bilans.

Variations with age in gross energy intake (Mcal/day) of the milk-fed calves (A) or the early weaned calves (S), fed ad libitum (—) or 75 p. 100 of ad lib (---), as milk and solid feed. The columns represent the balance periods.

Six moutons adultes, de race Texel, âgés de 2 ans environ et pesant en moyenne 62 kg ont été utilisés pour les mesures de digestibilité de l'aliment solide et de bilan énergétique.

Mode de conduite et alimentation des animaux

Les 24 veaux ont été répartis en 4 lots homologues de 5 ou de 7 animaux, en fonction de leur poids à l'arrivée :

- lot AH (7 veaux) et lot AB (5 veaux) recevant du lait de remplacement jusqu'à l'âge de 9 mois (système « Veau allaité ») et un aliment solide, soit *ad libitum* (lot AH), soit en quantités limitées à 75 p. 100 des quantités ingérées par le lot précédent (lot AB) (fig. 1A);
- lot SH (7 veaux) et lot SB (5 veaux) sevrés à l'âge de 10 semaines (système « sevrage précoce ») et recevant le même aliment solide que les lots AH et AB, soit *ad libitum* (lot SH), soit en quantités limitées à 75 p. 100 des quantités ingérées par le lot précédent (lot SB) (fig. 1B).

Les animaux des lots SH et SB ont reçu respectivement 55 kg et 43 kg d'aliment d'allaitement, soit 420 et 330 litres de lait de remplacement. La répartition au cours des premières semaines est indiquée dans le tableau 1. Les animaux des lots AH et AB ont reçu les mêmes quantités de lait que ceux des lots SH et SB respectivement jusqu'à la 7^e semaine incluse et, par la suite, 6 kg ou 4,5 kg de lait par jour jusqu'à la fin du 9^e mois.

L'aliment d'allaitement comportait 18 p. 100 de matières grasses et 22 p. 100 de matières azotées. Il était distribué en 2 repas égaux par jour, à la dilution de 130 g de poudre par kg de lait de remplacement. Pour éviter le tri des aliments, tous les animaux recevaient un aliment solide compacté, à 16 p. 100 de matières azotées par rapport à la matière sèche (MS), constitué de 40 p. 100 de foin de prairie permanente, 44 p. 100 de maïs, 12,5 p. 100 de tourteau de soja et 3,5 p. 100 de composé minéral et vitaminique. Cet aliment était distribué chaque jour en 2 repas égaux.

TABLEAU I

Variation des quantités de lait distribué (kg/jour) au cours de l'expérience

Variations in milk amounts given during the experiment (kg/day)

Lots groups	Age des veaux (semaines) — Calf age (in weeks)							
	4	5	6	7	8	9	10	11 à 40
AH	7,0	8,0	9,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0
AB	5,0	6,0	7,0	6,0	4,5	4,5	4,5	4,5
SH	7,0	8,0	9,0	8,0	5,0	4,0	3,0	0
SB	5,0	6,0	7,0	6,0	4,0	3,0	2,0	0

Les 6 moutons ont été répartis en 3 groupes de 2. Ils ont été adaptés progressivement à l'aliment solide environ 5 semaines avant le début de la période de digestibilité qui précédait les mesures en chambres respiratoires. Ils ont reçu l'aliment solide à 2 niveaux d'alimentation successivement : haut niveau (1,5 ou 1,6 kg par jour) et bas niveau (850 g par jour).

Mesures

— Pesée des animaux et quantités d'aliments ingérées

Les animaux ont été pesés toutes les 2 semaines, à la même heure. Les quantités de lait et d'aliment solide distribuées et refusées ainsi que les teneurs en MS des aliments et des refus ont été contrôlées chaque jour.

— Digestibilité

Chez les veaux, au cours de la 6^e et de la 10^e semaine d'âge, la digestibilité des aliments a été mesurée pendant des périodes de 6 jours dans les chambres respiratoires; les veaux étaient équipés de harnais et les fèces étaient collectées dans des sacs en polyéthylène. Aux âges de 5 et 8 mois, les fèces ont été récoltées pendant une période de 13 jours consécutifs (6 jours dans les chambres respiratoires et 7 jours en cage à digestibilité) directement dans des bacs. Chez les moutons, les mesures de digestibilité ont été effectuées pendant des périodes de 9 jours en cage à digestibilité.

— Bilan azoté

Tous les animaux étaient équipés de harnais et d'un entonnoir en caoutchouc pour la récolte de l'urine. Cette dernière était pompée continuellement dans un flacon contenant de l'acide sulfurique. L'urine a été récoltée pendant des périodes de 6 jours en chambre respiratoire chez les moutons et les veaux âgés de 5 semaines ou 10 semaines et pendant 13 jours chez les veaux âgés de 5 mois ou 8 mois. On a également tenu compte de l'ammoniaque présente dans l'eau condensée sur la batterie froide de la chambre respiratoire.

— Bilan énergétique

La dépense énergétique des animaux a été déterminée par calorimétrie indirecte à l'aide de 2 chambres respiratoires du type « circuit ouvert » (VERMOREL *et al.*, 1973). Les veaux y ont été placés individuellement et les moutons par groupe de 2. Les échanges respiratoires ont été mesurés pendant 4 jours consécutifs après 3 jours d'adaptation dans les chambres. Les quantités d'énergie fixée ont été déterminées à partir de la production de chaleur (bilan QR) et par le bilan carbone-azote (bilan C-N).

— Analyses

La teneur en énergie brute des aliments frais, des fèces et de l'urine lyophilisées a été déterminée à l'aide d'un calorimètre adiabatique. Le carbone a été dosé par absorption du CO₂ formé dans la bombe calorimétrique. La teneur en azote des aliments frais, des fèces lyophilisées et de l'urine liquide a été déterminée par la méthode macrokjeldahl.

— Analyse statistique des résultats

La signification des résultats relatifs aux performances zootechniques et à l'utilisation digestive des rations a été testée par analyse de variance. Le rendement d'utilisation de l'EM pour la croissance (kg) a été déterminé par régression de l'énergie fixée en fonction de l'EM; la signification des rendements a été testée par analyse de covariance.

Résultats

1. — Quantités d'aliment ingérées et performances zootechniques des veaux

Au cours de la période expérimentale, les veaux ont subi 2 épidémies de broncho-pneumonie qui ont affecté très fortement leur consommation et leur croissance pendant plusieurs semaines. Pour la comparaison des traitements, plusieurs animaux particulièrement touchés par cette maladie ont été éliminés et on a conservé 4 ou 5 sujets par lot (tabl. 2). Les performances zootechniques des veaux ont été comparées pendant la période allant du début du sevrage (âge moyen 52 jours) à l'âge de 8 mois (247 jours en moyenne) et pendant 2 sous-périodes : des âges de 52 à 160 jours et des âges de 161 à 247 jours. Les quantités d'EM moyennes ingérées par jour au cours de chaque période ont été calculées en multipliant la quantité d'énergie brute ingérée (EI) par la concentration en EM ($q = \text{EM}/\text{EI}$) de chaque ration déterminée pendant les périodes de bilans (cf. § 2).

L'apport de 6 kg de lait par jour n'a entraîné chez les veaux nourris *ad libitum* qu'une réduction de 18 p. 100 de la consommation d'aliment solide pendant la première partie de l'expérience et aucune différence significative pendant la deuxième partie et sur l'ensemble de la période expérimentale. En revanche, la quantité d'EM ingérée a été augmentée de 22 p. 100 et le gain de poids vif (GMQ) de 19 p. 100 en moyenne. En conséquence, cet apport de lait n'a provoqué aucune modification significative de l'efficacité globale d'utilisation de l'EM pour la croissance (GMQ/EM) (tabl. 2).

La restriction alimentaire (— 25 p. 100 de l'EM ingérée en moyenne) a été accompagnée d'une réduction de même importance du gain de poids vif chez les veaux sevrés précocement et n'a donc pas modifié significativement l'efficacité alimentaire, tout du moins globalement; l'effet était négatif au cours de la première partie de la période expérimentale mais positif au cours de la seconde. En revanche, chez les veaux « allaités », le gain de poids vif n'a été réduit que de 19 p. 100 et l'efficacité alimentaire a été améliorée de 11 p. 100 tout au long de la période expérimentale (tabl. 2).

2. — Digestibilité et teneur en énergie métabolisable des rations

Les mesures de digestibilité ont été effectuées sur 8 veaux seulement à l'âge de 5 semaines (4 pour chaque niveau d'alimentation) en raison du temps limité disponible avant les mesures à l'âge de 10 semaines et sur 20, 19 et 16 veaux aux âges de 10 semaines, 5 mois et 8 mois respectivement.

TABLEAU 2

Évolution des performances zootechniques
Variations in calf performance

Age des veaux (jours) <i>Age (days)</i>	Lot <i>Group</i>	Nombre de veaux <i>Number of calves</i>	Poids moyen (kg) <i>Mean liveweight</i>	Gain de poids vif moyen (g/j) <i>Mean live- weight gain</i>	Lait ingéré (g MS/j) <i>Milk intake ((g DM/d)</i>
Sous-période I <i>Phase I</i> (52-160)	AH AB SH SB	5 5 4 5	146 ± 16 135 ± 6 139 ± 11 121 ± 9	1293 ± 158 ^a 1116 ± 91 ^b 1186 ± 101 ^{ab} 857 ± 100 ^c	736 ± 3 554 ± 3 84 ± 9 76 ± 21
Sous-période II <i>Phase II</i> (161-247)	AH AB SH SB	4 5 4 5	281 ± 27 241 ± 11 250 ± 17 205 ± 17	1377 ± 48 ^a 1074 ± 77 ^b 1095 ± 180 ^b 860 ± 97 ^c	738 553 0 0
Période totale <i>Total period</i> (52-247)	AH AB SH SB	4 5 4 5	208 ± 19 181 ± 7 187 ± 14 159 ± 12	1354 ± 91 ^a 1100 ± 81 ^b 1143 ± 51 ^b 858 ± 97 ^c	737 ± 2 553 ± 2 46 ± 6 42 ± 13

Pour la même colonne et une période donnée, les valeurs surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$) : * GMQ (g)/EM (Mcal); ** GMQ (g)/EM production; EM production = EM totale — EM entretien (Pour chaque lot, le besoin d'entretien correspond aux valeurs déterminées en chambre respiratoire (cf. tabl. 4)).

a) Quantités d'aliment ingérées pendant les périodes de mesure

A l'âge de 5 semaines, les veaux ont consommé très peu d'aliment solide et l'aliment d'allaitement a fourni en moyenne 86 p. 100 de l'énergie brute ingérée. Ensuite la consommation d'aliment solide a augmenté régulièrement jusqu'à l'âge de 6 mois environ chez les veaux nourris *ad libitum* et est restée à peu près stable jusqu'à la fin de l'expérience (fig. 1). L'aliment d'allaitement n'a fourni en moyenne que 30 p. 100 de l'énergie brute à l'âge de 10 semaines et 16 p. 100 aux âges de 5 et 8 mois (tabl. 3).

Les veaux ont toujours ingéré davantage d'EM par kg de poids métabolique ($P^{0,75}$) que les moutons. Leur consommation d'aliment solide (g de MS/kg $P^{0,75}$) a été à l'âge de 10 semaines voisine de celle des moutons au bas niveau d'alimentation et aux âges de 5 et 8 mois supérieure ou égale à celle des moutons au haut niveau d'alimentation (tabl. 3). Les digestibilités observées chez les veaux devront donc être comparées à celles des moutons pour le haut niveau d'alimentation.

TABLEAU 2 (suite)

des veaux (moyennes et écarts-types)

(mean and standard deviation)

Quantités ingérées (par jour) <i>Intake (per day)</i>			E. Lait/E. ingérée <i>Milk energy % IE</i>		Efficacité de l'EM <i>ME efficiency</i>	
Aliment solide (g MS) <i>Solid Feed</i> (g DM)	EM (kcal) <i>ME (kcal)</i>	EM kcal/kg P ^{0,75}	E. brute <i>Gross. E</i>	EM <i>ME</i>	Globale* <i>Overall*</i>	Partielle** <i>Partial**</i>
2654 ± 524 ^a	10,55 ± 1,41 ^a	251 ± 16 ^a	24,8 ± 3,7	32,0	123 ± 6 ^a	220 ± 20 ^a
2131 ± 245 ^b	8,30 ± 0,66 ^b	210 ± 13 ^b	23,3 ± 2,1	30,0	135 ± 7 ^b	250 ± 26 ^a
3228 ± 187 ^c	9,10 ± 0,49 ^b	225 ± 7 ^b	2,9 ± 0,4	3,7	130 ± 6 ^{ab}	255 ± 8 ^{ab}
2453 ± 210 ^{ab}	6,97 ± 0,60 ^c	191 ± 12 ^c	3,5 ± 0,9	4,5	123 ± 13 ^a	195 ± 50 ^b
5213 ± 540 ^a	17,47 ± 1,46 ^a	255 ± 5 ^a	14,2 ± 1,3	19,7	79 ± 8 ^a	133 ± 14 ^a
3595 ± 407 ^b	12,25 ± 1,10 ^b	200 ± 11 ^b	15,3 ± 1,4	20,7	88 ± 5 ^b	155 ± 12 ^b
5158 ± 676 ^a	13,93 ± 1,83 ^b	221 ± 26 ^c	0	0	78 ± 4 ^a	149 ± 10 ^{ab}
3843 ± 358 ^b	10,38 ± 0,97 ^c	191 ± 6 ^b	0	0	83 ± 4 ^{ab}	180 ± 11 ^c
3841 ± 514 ^a	13,76 ± 1,39 ^a	251 ± 9 ^a	18,4 ± 2,2	24,9	99 ± 5 ^a	171 ± 12 ^a
2780 ± 269 ^b	10,05 ± 0,73 ^b	204 ± 11 ^b	18,9 ± 1,4	25,0	110 ± 3 ^b	196 ± 11 ^b
4094 ± 272 ^a	11,27 ± 0,76 ^b	223 ± 7 ^c	1,3 ± 0,1	1,7	102 ± 4 ^a	194 ± 10 ^b
3077 ± 236 ^b	8,50 ± 0,63 ^c	190 ± 5 ^d	1,6 ± 0,5	2,1	101 ± 6 ^a	228 ± 16 ^c

In the same column, means with same superscripts are not significantly different ($P \leq 0.05$):

* live weight gain (g)/ME (Mcal); ** live weight gain/ME for production;

ME for production = ME — ME for maintenance

(In each case, the maintenance requirement amounts to the value determined in this experiment (table 4)).

b) Digestibilité et teneur en EM

— Veaux

Les digestibilités de l'énergie et de l'azote des rations distribuées aux veaux « allaités » ont toujours été plus élevées que celles des veaux sevrés précocement. Elles dépendent directement du pourcentage (L) d'énergie brute apportée par l'aliment d'allaitement dans la ration totale. Les CUD de l'énergie et de l'azote diminuent aussi significativement ($P \leq 0,01$) de 2,7 et 3,0 points respectivement lorsque le niveau d'ingestion (NI) augmente d'une unité (relations 1 et 2). Le niveau d'ingestion unitaire a été défini comme la quantité d'aliment solide nécessaire pour satisfaire le besoin d'entretien des animaux (40 g de MS par kg P^{0,75}). En revanche, les digestibilités de l'énergie (CUD_E) et de l'azote (CUD_N) ne varient pas significativement avec l'âge des veaux :

$$\text{CUD}_E = 0,2123 \text{ L} - 2,68 \text{ NI} + 75,21 \quad R^2 = 0,902 \quad \text{Sxy} = 2,00 \quad (1)$$

$$\text{CUD}_N = 0,1946 \text{ L} - 2,98 \text{ NI} + 76,84 \quad R^2 = 0,888 \quad \text{Sxy} = 1,99 \quad (2)$$

(Sxy, écart type résiduel de la régression)

TABLEAU 3

Variations des digestibilités et de la teneur en énergie métabolisable
Variations in energy and nitrogen digestibility and metabolizability of the rations

Animaux (Animals) Age (jours) Age (days)	Lot Group	Nombre Number	Poids moyen Mean weight (kg)	Ingeré — Intake (/kg P 0,75)		E. lait % EI Milk % IE
				Alim. solide (g MS/j) Solid feed	EM (kcal/j) ME (kcal/d)	
Veaux (5 semaines) Calves (5 weeks) (39 ± 3)	AH . .	4	73 ± 8	6,2 ± 2,0 ^a	223 ± 19 ^a	90,6
	AB . .	4	66 ± 1	11,0 ± 4,2 ^a	203 ± 13 ^a	81,9
Veaux (10 semaines) Calves (10 weeks) (70 ± 5)	AH . .	5	97 ± 9	35,1 ± 5,7 ^b	216 ± 16 ^a	42,6
	AB . .	5	88 ± 3	37,3 ± 2,3 ^{bc}	190 ± 13 ^b	37,5
	SH . .	5	89 ± 7	48,3 ± 5,9 ^d	186 ± 17 ^b	23,6
	SB . .	5	85 ± 11	40,5 ± 3,6 ^c	159 ± 20 ^c	20,4
Veaux (5 mois) Calves (5 months) (167 ± 8)	AH . .	5	215 ± 26	71,2 ± 10,1 ^g	259 ± 29 ^d	18,0
	AB . .	5	201 ± 15	63,1 ± 4,7 ^e	225 ± 14 ^a	16,5
	SH . .	5	204 ± 20	94,7 ± 6,3 ^h	254 ± 17 ^d	0
	SB . .	4	178 ± 21	77,7 ± 2,2 ^g	209 ± 6 ^a	0
Veaux (8 mois) Calves (8 months) (242 ± 11)	AH . .	4	331 ± 23	63,5 ± 8,1 ^e	212 ± 33 ^a	15,3
	AB . .	4	285 ± 23	56,3 ± 3,5 ^f	189 ± 10 ^b	14,0
	SH . .	4	286 ± 22	72,7 ± 7,2 ^g	201 ± 20 ^{ab}	0
	SB . .	4	243 ± 20	64,9 ± 1,0 ^e	173 ± 3 ^c	0
Moutons (2 ans) Sheep (2 years)	Haut .	6	64 ± 2	61,3 ± 1,5 ^e	167 ± 4 ^c	0
	High .					
	Bas . .	6	61 ± 2	35,4 ± 1,0 ^b	102 ± 3 ^e	0
	Low . .					

Pour une même colonne, les valeurs surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$)

Pour $L = 100$ et pour le niveau d'ingestion moyen ($NI = 1,65$) on obtient pour l'aliment d'allaitement des valeurs de 92,0 et 91,4 pour les CUD de l'énergie et de l'azote respectivement, non significativement différentes de celles (92,8 et 92,9) obtenues pour le même aliment d'allaitement chez des veaux préruminants (VERMOREL, BOUVIER et GEAY, 1976).

Les pertes d'énergie sous forme de méthane augmentent avec l'âge des veaux. Négligeables à l'âge de 6 semaines, elles représentent en moyenne 2,6 — 3,8 et 4,9 p. 100 de l'énergie ingérée aux âges de 10 semaines, 5 mois et 8 mois (tabl. 3). Elles sont plus faibles chez les veaux « allaités » que chez les veaux sevrés précocement mais, exprimées en pourcentage de l'énergie apportée par l'aliment solide,

TABLEAU 3 (suite)

des rations chez les veaux et les moutons (moyennes et écarts-types)
in growing calves and adult sheep (mean and standard deviation)

CUD énergie <i>E. digest.</i>	CUD azote <i>N. digest.</i>	E. CH ₄ % EI <i>CH₄ E % IE</i>	E. urine % EI <i>Urine E % IE</i>	EM % EI <i>ME % IE</i>	EM % ED <i>ME % DE</i>
90,6 ± 1,8 ^a 88,0 ± 1,5 ^a	88,9 ± 1,7 ^a 87,6 ± 1,1 ^a	— —	1,96 ± 0,26 ^a 2,35 ± 0,14 ^{ac}	88,6 ± 1,9 ^a 85,6 ± 1,4 ^b	97,8 ± 0,3 ^a 97,3 ± 0,2 ^a
80,8 ± 3,3 ^b 78,9 ± 2,6 ^{bc} 73,1 ± 1,1 ^d 76,6 ± 2,8 ^c	81,7 ± 2,8 ^b 8c,4 ± 1,8 ^b 74,1 ± 1,9 ^c 76,8 ± 2,8 ^d	2,33 ± 0,58 ^a 2,47 ± 0,47 ^a 2,74 ± 0,51 ^a 2,75 ± 0,35 ^a	3,03 ± 0,32 ^b 3,39 ± 0,23 ^b 2,52 ± 0,48 ^c 2,58 ± 0,10 ^c	75,5 ± 3,3 ^c 73,1 ± 2,4 ^{cd} 68,0 ± 1,2 ^e 71,3 ± 3,2 ^d	93,4 ± 0,8 ^b 92,6 ± 0,8 ^b 93,0 ± 1,2 ^b 93,0 ± 0,8 ^b
72,5 ± 2,3 ^d 75,3 ± 3,0 ^{cde} 69,5 ± 1,6 ^f 70,2 ± 1,2 ^f	75,2 ± 1,3 ^{cd} 77,7 ± 1,8 ^d 71,0 ± 0,9 ^e 72,5 ± 1,2 ^f	3,06 ± 0,49 ^{ab} 3,56 ± 0,51 ^{bc} 4,01 ± 0,32 ^{cd} 4,65 ± 0,78 ^d	3,31 ± 0,44 ^b 3,35 ± 0,23 ^b 3,65 ± 0,09 ^{ba} 3,71 ± 0,01 ^d	66,2 ± 1,9 ^{fg} 68,4 ± 3,0 ^f 61,6 ± 1,4 ^h 61,8 ± 0,9 ^h	91,2 ± 1,0 ^c 90,8 ± 0,7 ^c 89,0 ± 0,4 ^d 88,1 ± 1,0 ^d
72,7 ± 1,1 ^{df} 74,1 ± 1,5 ^{de} 71,6 ± 1,7 ^{df} 72,4 ± 0,4 ^{df}	73,8 ± 1,9 ^{ef} 75,4 ± 1,3 ^{cd} 71,0 ± 0,6 ^e 7c,4 ± 1,4 ^e	3,85 ± 0,28 ^{bcd} 4,35 ± 0,60 ^{cd} 4,67 ± 0,66 ^d 6,61 ± 0,88 ^e	4,13 ± 0,59 ^e 3,36 ± 0,08 ^{bd} 3,40 ± 0,12 ^{bd} 4,03 ± 0,30 ^d	65,0 ± 1,9 ^g 66,4 ± 1,5 ^{fg} 63,5 ± 1,3 ^{gh} 61,2 ± 0,6 ^h	89,0 ± 1,2 ^d 89,6 ± 0,8 ^d 88,8 ± 0,9 ^d 85,3 ± 0,9 ^e
72,2 ± 1,0 ^{df} 77,6 ± 0,5 ^g	72,2 ± 0,6 ^{ef} 77,8 ± 0,7 ^d	6,02 ± 1,05 ^e 7,72 ± 0,37 ^f	3,62 ± 0,26 ^{bd} 3,08 ± 0,29 ^e	62,5 ± 1,2 ^h 66,2 ± 0,9 ^g	86,6 ± 1,1 ^f 84,9 ± 0,7 ^g

(In the same column, means with the same superscript are not significantly different ($P \leq 0.05$)).

elles ne sont pas significativement différentes. Elles dépendent donc à la fois de l'âge des veaux (T, en jours) et du pourcentage (L) d'énergie brute apportée par le lait dans la ration totale (relation 3); en revanche, elles ne diminuent pas significativement lorsque le niveau d'alimentation augmente, malgré la tendance visible aux âges de 5 et 8 mois.

$$E. CH_4 \% EI = 0,00745 T - 0,0403 L + 3,195 \quad R^2 = 0,659 \quad S_{xy} = 0,75 \quad (3)$$

Les pertes d'énergie urinaire ne sont pas significativement différentes entre les veaux « allaités » et les veaux sevrés précocement. Elle augmentent avec l'âge des veaux, passant de 2,2 p. 100 de l'énergie ingérée à l'âge de 5 semaines à 3,7 p. 100 à l'âge de 8 mois.

Comme le CUD de l'énergie, la concentration en EM ($q = 100 \text{ EM/EI}$) des rations est plus élevée chez les veaux « allaités » que chez les veaux sevrés précocement. Elle dépend du pourcentage (L) d'énergie brute apportée par l'aliment d'allaitement, du niveau d'ingestion (NI) et, comme le méthane, de l'âge des veaux (T, en jours) (relation 4).

$$q = -0,01125 \text{ T} - 1,92 \text{ NI} + 0,263 \text{ L} + 67,83 \quad R^2 = 0,940 \quad S_{xy} = 2,04 \quad (4)$$

En conséquence, le rapport entre l'énergie métabolisable et l'énergie digestible (EM/ED) diminue progressivement, passant de 0,97 à l'âge de 5 semaines à 0,87 à l'âge de 8 mois chez les veaux sevrés précocement (tabl. 3).

— Moutons :

Les CUD de l'énergie et de l'azote de l'aliment solide distribué aux moutons au haut niveau d'alimentation ne sont pas significativement différents de ceux obtenus chez les veaux sevrés précocement, aux âges de 5 et 8 mois, et des valeurs données par les relations 1 et 2 pour le même niveau d'ingestion. En revanche, les CUD de l'énergie et de l'azote diminuent de 5,5 points lorsque le niveau d'alimentation passe de 1,08 à 1,76 ($P \leq 0,001$) (tabl. 3). Cette observation est confirmée par les résultats d'une vérification effectuée dans les mêmes conditions avec 6 autres moutons ingérant les mêmes quantités d'un aliment très voisin : le CUD de la MS diminue de $3,9 \pm 1,4$ points entre les 2 niveaux d'alimentation.

La perte d'énergie sous forme de méthane diminue significativement lorsque le niveau d'alimentation augmente ($P \leq 0,025$) et elle est comparable chez les moutons adultes et chez les veaux âgés de 8 mois, pour le même niveau d'alimentation. L'énergie urinaire n'est pas significativement plus faible au haut niveau d'alimentation et elle est comparable chez les moutons adultes et chez les veaux sevrés précocement âgés de 8 mois, pour le même niveau d'alimentation (tabl. 3).

Ces faibles diminutions des pertes d'énergie urinaire et sous forme de méthane ne compensent que partiellement la forte réduction du CUD de l'énergie due à l'augmentation du niveau d'alimentation. La concentration en EM (q) est inférieure de 3,7 points au haut niveau d'alimentation ($P \leq 0,001$) par rapport au bas niveau (tabl. 3). Par ailleurs, elle n'est pas significativement différente des valeurs calculées à l'aide de la relation (4) pour l'aliment solide, au niveau d'ingestion de 1,76, chez les veaux ($63,7 - 62,6$ et $61,7$ aux âges de 10 semaines, 5 mois et 8 mois respectivement).

3. — Utilisation de l'énergie métabolisable par les veaux

Sur un total de 63 bilans énergétiques, 6 ont dû être éliminés : 4 en raison de la dérive d'un débitmètre et 2 en raison de fortes variations des échanges respiratoires des veaux au cours des 4 jours de mesure. On dispose en moyenne de 4 bilans énergétiques par traitement et pour chaque stade de croissance.

La concordance entre les résultats des bilans QR et C-N est satisfaisante puisque la différence d'énergie fixée est en général inférieure ou égale à 1 p. 100 de l'énergie ingérée pour l'ensemble des mesures sur veaux et moutons. On n'a cependant utilisé que les données du bilan QR qui conduisent à des résultats plus homogènes.

Rendement d'utilisation de l'EM pour la croissance

A l'âge de 5 semaines, l'aliment d'allaitement fournit en moyenne 86 p. 100 de l'énergie brute ingérée. La régression de l'énergie fixée sur l'EM est la même

pour les veaux nourris *ad libitum* et pour les veaux restreints depuis une semaine seulement (fig. 2). Le rendement kg ($0,638 \pm 0,100$) est légèrement inférieur mais non significativement différent de ceux obtenus chez des veaux préruminants par Van ES (1970) : 0,687; VERMOREL *et al.*, (1974) : 0,694; VERMOREL, BOUVIER et GEAY (1976) : 0,667.

A l'âge de 10 semaines, l'aliment d'allaitement fournit 40 et 22 p. 100 de l'énergie brute ingérée, respectivement par les veaux « allaités » et sevrés précocement. L'analyse de covariance permet de distinguer 2 populations différentes : les veaux recevant l'aliment solide *ad libitum* d'une part et les veaux recevant l'aliment solide en quantité limitée (veaux restreints) d'autre part (fig. 3). Si les moyennes ajustées sont significativement différentes ($F = 16,7$), les pentes ne le sont pas ($F = 0,17$). La pente commune correspond à un rendement (kg) de $0,507 \pm 0,033$, très inférieur à celui obtenu à l'âge de 5 semaines. Cependant, ce rendement est associé à un besoin d'entretien plus faible qu'aux âges de 5 semaines, 5 mois et 8 mois, mais non significativement différent. Ce phénomène peut résulter de la variabilité des données expérimentales. Si le besoin d'entretien était le même qu'aux autres âges, le rendement correspondant serait de 0,57 (tabl. 4).

A l'âge de 5 mois, l'aliment d'allaitement ne fournit plus que 16 et 0 p. 100 de l'énergie ingérée respectivement par les veaux « allaités » et sevrés précocement. On obtient 2 populations différentes : l'une correspondant aux lots AH, SH et SB, l'autre au lot AB (fig. 4). Les moyennes ajustées sont significativement différentes ($F = 32$) mais pas les pentes ($F = 0,09$). La pente commune correspond à un rendement (kg) de $0,491 \pm 0,036$.

FIG. 2. — Variations des quantités d'énergie fixée totale et sous forme de protéines par les veaux nourris *ad libitum* (● ▲) ou restreints (○ △) à l'âge de 5 semaines, en fonction de la quantité d'EM ingérée.

Variations with ME intake, in total energy gain and protein energy gain of the 5 week-old calves fed *ad libitum* (● ▲) or 75 p. 100 of *ad libitum* (○ △).

Energie fixée totale (Total energy gain) : $Y = (0,638 \pm 0,100) EM - 68,9 (\pm 5,0) \quad r = 0,932$.

Energie des protéines fixées (Protein energy gain) :

$Y = (0,2574 \pm 0,064) EM - 17,9 (\pm 3,2) \quad r = 0,854$.

FIG. 3. — Variations des quantités d'énergie fixée totale et sous forme de protéines par les veaux à l'âge de 10 semaines, en fonction de la quantité d'EM ingérée.

Variations with ME intake in total energy gain and protein energy gain of the 10 week-old calves.

Veaux allaités nourris ad libitum (●▲) ou restreints (○△) (Milk-fed calves fed ad libitum (●▲) or 75 p. 100 of ad lib (○△)).

Veaux sevrés précocement nourris ad libitum (■◆) ou restreints (□◇) (Early weaned calves fed ad libitum (■◆) or 75 p. 100 of ad lib (□◇)).

Energie fixée totale par les veaux nourris ad libitum (Y) ou restreints (Y') (Total energy gain of the ad libitum (Y) or 75 p. 100 of ad lib (Y') fed calves).

$Y = (0,507 \pm 0,033) EM - 49,98 (\pm 1,14) \quad R^2 = 0,939$

$Y' = (0,507 \pm 0,033) EM - 42,97 (\pm 1,14) \quad R^2 = 0,939$

Energie des protéines fixées (Protein energy gain)

$Y = (0,2491 \pm 0,040) EM - 20,37 (\pm 4,42) \quad r = 0,823$

TABLEAU 4

Variations du rendement (kg) d'utilisation de l'EM pour la croissance et du besoin d'entretien des veaux en fonction de l'âge et du niveau d'alimentation

Variations with age and feeding level in ME efficiency for growth (kg) and maintenance requirement of calves

Age des veaux Calf age	kg $\pm$ Sb	Besoin d'entretien (kcal EM/kg P ^{0.75}) Maintenance requirement (kcal ME/kg W ^{0.75})			
		AH	AB	SH	SB
5 semaines (5 weeks)	0,638 $\pm$ 0,100	108	108	—	—
10 semaines (10 weeks)	0,507 $\pm$ 0,033 (0,57)(*)	99 (110)	85 (96)	99 (110)	85 (96)
5 mois (5 months)	0,491 $\pm$ 0,036	113	95	113	113
8 mois (8 months)	0,545 $\pm$ 0,074	110	93	110	101

(*) Valeur calculée en prenant 110 et 96 kcal EM/kg P^{0.75} comme besoin d'entretien (Calculated value using 110 and 96 kcal ME/kg W^{0.75} as maintenance requirement).

FIG. 4. — Variations des quantités d'énergie fixée par les veaux à l'âge de 5 mois, en fonction de la quantité d'EM ingérée.

Variations with ME intake in total energy gain of the 5 month-old calves.

Veaux allaités nourris *ad libitum* (AH : ●) ou restreints (AB : ○) (Milk-fed calves *ad libitum* (AH : ●) or 75 p. 100 of *ad lib* (AB : ○)).

Veaux sevrés précocement nourris *ad libitum* (SH : ■) ou restreints (SB : □) (Early weaned calves *ad libitum* (SH : ■) or 75 p. 100 of *ad lib* (SB : □)).

AH + SH + SB E. fixée = $(0,491 \pm 0,036)$ EM — 55,52 ($\pm 0,87$) $R^2 = 0,93$

AB E. fixée = $(0,491 \pm 0,036)$ EM — 46,60 ($\pm 1,30$) $R^2 = 0,93$

FIG. 5. — Variations des quantités d'énergie fixée par les veaux à l'âge de 8 mois, en fonction de la quantité d'EM ingérée.

Variations with ME intake in total energy gain of the 8 month-old calves.

Veaux allaités, nourris *ad libitum* (AH : ●) ou restreints (AB : ○) (Milk-fed calves *ad libitum* (AH : ●) or 75 p. 100 of *ad lib* (AB : ○)).

Veaux sevrés précocement, nourris *ad libitum* (SH : ■) ou restreints (SB : □) (Early weaned calves *ad libitum* (SH : ■) or 75 p. 100 of *ad lib* (SB : □)).

AH + SH : E. fixée = $(0,545 \pm 0,074)$ EM — 59,87 ($\pm 1,59$) $R^2 = 0,831$

AB : E. fixée = $(0,545 \pm 0,074)$ EM — 50,65 ($\pm 1,78$) $R^2 = 0,831$

SB : E. fixée = $(0,545 \pm 0,074)$ EM — 54,99 ($\pm 2,26$) $R^2 = 0,831$

A l'âge de 8 mois, les rations sont les mêmes qu'à l'âge de 5 mois. L'analyse de covariance permet de distinguer 3 populations différentes (fig. 5). Les rendements d'utilisation de l'EM ne sont pas significativement différents entre les lots AH et SH, d'une part, et le lot AB d'autre part. La pente commune des régressions conduit à un rendement (kg) de $0,545 \pm 0,074$, plus élevé qu'à l'âge de 5 mois.

Les moyennes ajustées sont significativement différentes pour les lots AH et SH d'une part et AB d'autre part, mais non significativement différentes ($P < 0,15$) pour le lot SB par rapport aux autres lots; elles se traduisent par des différences de besoin d'entretien.

Besoin d'entretien des veaux

Le besoin d'entretien est, par définition, la quantité d'EM, calculée par la régression de l'énergie fixée en fonction de l'EM, qui correspond à une énergie fixée nulle. Il n'est pas significativement différent chez les veaux « allaités » et chez les veaux sevrés précocement qui reçoivent l'aliment solide *ad libitum*, quel que soit leur âge. De plus, il ne diminue pas significativement entre les âges de 5 semaines et 8 mois et s'élève en moyenne à 110 kcal/kg $P^{0,75}$ chez les veaux recevant l'aliment solide *ad libitum* (tabl. 4).

Cependant, une restriction alimentaire de 25 p. 100 appliquée pendant une longue période entraîne en moyenne une réduction de 15 p. 100 du besoin d'entretien des veaux « allaités » aux âges de 10 semaines, 5 mois et 8 mois et des veaux sevrés précocement, à l'âge de 10 semaines. En revanche, la diminution du besoin d'entretien (8 p. 100) n'est pas significative chez les veaux sevrés précocement, à l'âge de 8 mois et elle est nulle à l'âge de 5 mois.

Variations de l'utilisation de l'EM en fonction de la composition de la ration, du niveau d'alimentation et de l'âge des veaux

Quel que soit l'âge considéré, les droites de régression de l'énergie fixée en fonction de l'EM ingérée par les veaux « allaités » ou sevrés précocement et recevant l'aliment solide *ad libitum*, ne sont pas significativement différentes. Donc le

FIG. 6. — Variations des quantités d'EM ingérées et d'énergie fixée par kg $P^{0,75}$ et par jour, au cours des mesures en chambres respiratoires, par les veaux « allaités » ou sevrés précocement nourris *ad libitum*, en fonction de l'âge.

Variations with age in ME intake and energy gain (kcal/kg $W^{0,75}$ /d) of the milk-fed or early weaned calves fed *ad libitum*.

(1) 5 semaines; (2) 10 semaines; (3) 5 mois; (4) 8 mois

Age = (1) 5 weeks; (2) 10 weeks; (3) 5 months; (4) 8 months.

remplacement de 15 à 18 p. 100 de l'énergie brute, soit de 20 à 25 p. 100 de l'EM, de l'aliment solide par celle de l'aliment d'allaitement ne modifie pas significativement l'utilisation de l'EM de la ration quand elle est distribuée *ad libitum*.

Par ailleurs, le rendement (kg) d'utilisation de l'EM n'est pas significativement différent chez les veaux recevant l'aliment solide *ad libitum* ou en quantité limitée, quel que soit leur âge. Cependant, compte tenu des différences de besoin d'entretien, pour une même quantité d'EM ingérée par kg $P^{0,75}$, les veaux « allaités » restreints fixent davantage d'énergie que les veaux nourris *ad libitum* : + 15 + 15 et 21 p. 100 aux âges de 10 semaines, 5 mois et 8 mois respectivement ($P \leq 0,001$). En revanche, chez les veaux sevrés précocement, l'augmentation de 15 p. 100 observée à l'âge de 10 semaines n'est que de 8 p. 100 à l'âge de 8 mois ($P \leq 0,15$) et est nulle à l'âge de 5 mois.

Enfin, la quantité d'énergie fixée pour une même quantité d'EM ingérée par kg $P^{0,75}$, varie avec l'âge des veaux. Chez les animaux recevant l'aliment solide *ad libitum*, et pour l'ingestion moyenne d'EM des différents groupes, les quantités d'énergie fixée (fig. 6) sont comparables aux âges de 10 semaines et de 8 mois (respectivement 59,5 et 57,8 kcal/kg $P^{0,75}$) mais plus élevées à l'âge de 5 semaines (68,8) et plus faible à l'âge de 5 mois (50,7). Les variations sont analogues chez les veaux recevant l'aliment solide en quantité limitée (fig. 7).

FIG. 7. — Variations des quantités d'EM ingérée et d'énergie fixée par kg $P^{0,75}$ et par jour, au cours des mesures en chambres respiratoires, par les veaux « allaités » ou sevrés précocement et restreints, en fonction de l'âge.

Variations with age in ME intake and energy gain (kcal/kg $W^{0,75}$ /d) of the milk-fed (AB) or early weaned (SB) calves fed 75 p. 100 of *ad libitum*.

(1) 5 semaines; (2) 10 semaines; (3) AB : 5 mois;

(4) SB : 5 mois; (5) AB : 8 mois; (6) SB : 8 mois.

Age : (1) weeks; (2) 10 weeks; (3) AB : 5 months;

(4) SB : 5 months; (5) AB : 8 months; (6) SB : 8 months.

Quantités de protéines fixées

Les bilans azotés sont satisfaisants chez les veaux âgés de 5 ou 10 semaines; ils conduisent à des quantités de protéines fixées cohérentes avec le gain de poids vif (en moyenne 194 g/kg) et supérieures de 10 p. 100 environ aux valeurs obtenues par les méthodes des abattages chez des veaux préruminants de poids comparables (NEESE et KIRSCHGESSNER, 1975). En revanche, aux âges de 5 et 8 mois, les quan-

tités de protéines fixées par les veaux sont très variables pour un même lot et pour des quantités d'EM ingérée voisines; parfois, elles ne sont pas en rapport avec le gain de poids des animaux. Cette variabilité traduit probablement des erreurs dans les bilans azotés malgré les précautions prises; aussi, les bilans azotés obtenus aux âges de 5 et 8 mois n'ont-ils pas été pris en considération.

A l'âge de 5 semaines, la quantité d'énergie fixée sous forme de protéines augmente linéairement avec la quantité d'EM ingérée, mais moins rapidement que la quantité d'énergie totale (fig. 2). Par suite, la proportion d'énergie sous forme de protéines diminue de 65 à 51 p. 100 lorsque les quantités d'énergie ingérées augmentent et que le gain de poids vif passe de 700 à 1 000 g par jour environ. Le phénomène est comparable à l'âge de 10 semaines (fig. 3) et il n'y a pas de différence significative entre les veaux « allaités et les veaux sevrés précocement. L'énergie des protéines représente en moyenne 57 p. 100 de l'énergie fixée totale chez les veaux nourris *ad libitum* et 53 p. 100 chez les veaux restreints (différence non significative).

Utilisation de l'énergie métabolisable par les moutons

Pour chaque niveau d'alimentation, les quantités d'énergie fixées par les 3 groupes de 2 moutons sont assez différentes mais se classent dans le même ordre (fig. 8). On a donc calculé le rendement (k_f) d'utilisation de l'EM pour l'engraissement en faisant le rapport entre la différence d'énergie fixée et la différence d'EM ingérée entre les 2 niveaux d'alimentation.

Les valeurs de k_f sont très voisines pour les 3 groupes de 2 moutons (0,510 + 0,008). Ce rendement est très proche de la valeur (0,494) que l'on peut calculer à l'aide de la relation générale proposée par BLAXTER (1974). L'énergie des protéines fixées représente en moyenne $26,5 \pm 5,0$ p. 100 de l'énergie fixée totale au haut niveau d'alimentation. Le besoin d'entretien de ces moutons est en moyenne de $95,0 \pm 7,2$ kcal d'EM par kg de poids métabolique ($P^{0,75}$). Cette valeur est égale à celles obtenues par GRAHAM et SEARLE (1972) pour des moutons âgés de 15 mois et par VERMOREL, BOUVIER et DEMARQUILLY (1974) pour des moutons âgés de 2 ans. En revanche, elle est plus élevée que la valeur (76 kcal d'EM/kg $P^{0,75}$) proposée par l'A.R.C. (1965) pour des moutons âgés de 2 ans.

FIG. 8. — Variations des quantités d'énergie fixée par les 3 groupes de 2 moutons adultes en fonction des quantités d'énergie métabolisable ingérée.

Variation in energy gain with ME intake in the 3 pairs of sheep used.

Discussion

Utilisation digestive de l'aliment solide

Les digestibilités de l'énergie et de l'azote de l'aliment solide ne sont pas modifiées par l'ingestion de lait et on retrouve pour ce dernier les valeurs obtenues chez le veau préruminant. Ce résultat est en accord avec les conclusions de PRESTON, ARCHIBALD et TINKLER (1967). De plus, la production de méthane, rapportée à l'aliment solide est la même chez les veaux « allaités » et chez les veaux sevrés précocement. Il n'existe donc pas de phénomène de digestibilité associative entre le lait et l'aliment solide. Cette conclusion s'explique bien si on admet que le lait continue d'emprunter la gouttière œsophagienne et n'est pas soumis aux fermentations microbiennes dans le rumen, mais elle suppose que les phénomènes de salivation, de rumination, de motricité qui interviennent dans la digestion microbienne de l'aliment solide, sont comparables chez les veaux « allaités » et chez les veaux sevrés précocement.

Les digestibilités de l'énergie et de l'azote de l'aliment solide ne varient pas significativement non plus avec l'âge des veaux et sont comparables aux valeurs obtenues chez les moutons adultes pour le même niveau d'alimentation (tabl. 5). Ces résultats sont en accord avec ceux de PRESTON, ARCHIBALD et TINKLER (1957), BLAXTER, CLAPPERTON et WAINMAN (1966), MC CULLOUGH (1970), JOHNSON, et ELLIOTT (1973), mais en contradiction avec ceux de JENTSCH, WITTENBURG et SCHIEMANN (1976) qui ont obtenu pour 44 rations des CUD de l'énergie et de l'azote inférieurs de 4,6 et 9,6 points respectivement chez des taurillons par rapport aux moutons adultes. Il est possible que ces différences dépendent à la fois de la composition de la ration (nature du fourrage et proportion d'aliment concentré) et des écarts de niveau d'alimentation (VERMOREL et BICKEL, 1980).

Lorsque le niveau d'alimentation augmente d'une unité, les CUD de l'énergie et de l'azote diminuent de 2,7 et 3,0 points respectivement. Ces variations sont égales à celle (3,0 points) obtenue par SCHIEMANN, JENTSCH et WITTENBURG (1971) chez des vaches laitières, mais inférieures à celle obtenue par TYRRELL, MOE et OLTJEN (1974) chez des génisses (5,7 points), alors que BLAXTER, CLAPPERTON et WAINMAN (1966) n'avaient pas observé de variation significative chez des bouvillons.

Les pertes d'énergie sous forme de méthane rapportées à l'énergie de l'aliment solide ingéré augmentent avec l'âge des animaux (tabl. 5). Cette évolution peut correspondre à une augmentation de la digestion de l'aliment solide dans le rumen au détriment de la digestion intestinale, en relation avec le développement allométrique positif des réservoirs digestifs; elle expliquerait la variation des proportions d'acides gras volatils dans le jus de rumen observée par SCHIEMANN *et al.* (1976). En conséquence, le rapport EM/ED diminue lorsque l'âge des veaux avance (tabl. 5), comme l'a également observé DEMCHENKO (1969).

La concentration en EM (*g*) de l'aliment solide diminue de 1,5 point entre les âges de 10 semaines et 8 mois, mais elle est en moyenne comparable à la valeur obtenue chez les moutons adultes, pour le même niveau d'alimentation (tabl. 5) ce qui confirme les données de SCHIEMANN *et al.* (1976). Elle diminue également de 1,9 point lorsque le niveau d'alimentation augmente d'une unité. La diminution de la digestibilité due à l'augmentation du niveau d'alimentation est donc partiel-

TABLEAU 5

Variations de la digestibilité et de la concentration en énergie métabolisable de l'aliment solide chez les veaux en croissance, en fonction de l'âge; comparaison aux valeurs obtenues chez les moutons adultes au haut niveau d'alimentation.

Variations with age in energy and nitrogen digestibility and energy metabolizability of the solid feed in growing calves. Comparison with adult sheep fed at the high feeding level.

Animaux <i>Animals</i>	Veaux — Calves				Moutons <i>Sheep</i>
	10 se- maines <i>10 weeks</i>	5 mois <i>5 months</i>	8 mois <i>8 months</i>	Sxy(*)	2 ans <i>2 years</i>
AGE — <i>Age</i>					
CUD Energie (<i>E. digestibility</i>) . . .	70,4	70,9	71,2	2,0	72,2 ± 1,0
CUD Azote (<i>N. digestibility</i>) . . .	71,8	73,3	71,3	2,0	72,2 ± 0,6
ECH ₄ % E. ingérée (<i>CH₄E % IE</i>) . .	3,76	4,16	5,22	0,75	6,02 ± 1,00
EM % E. ingérée (<i>ME % IE</i>) . . .	63,8	63,3	62,2	2,0	62,5 ± 1,2
EM/ED (<i>ME/DE</i>)	0,906	0,892	0,874	—	0,865

Ces valeurs ont été calculées en estimant à 93 les CUD de l'énergie et de l'azote de l'aliment d'allaitement (cf. texte). Elles ont été corrigées pour être ramenées au niveau d'alimentation des moutons adulte (63,1 g de MS d'aliment solide par kg P^{0,76}) à l'aide des coefficients obtenus pour NI dans les relations 15 2 et 4 (*These values were calculated using 93 as energy and nitrogen digestibility coefficient of the milk substitute (VERMOREL, BOUVIER and GEAY, 1976). They were corrected for the feeding level of the sheep (63.1 g DM/kg W^{0.75}) using the coefficients of NI found in the relationships 1, 2 and 4.*

(*) Sxy : écart-type résiduel des régressions 1, 2, 3 et 4 (*Sxy: residual standard deviations of the relationships 1, 2, 3 and 4.*)

lement compensée, mais de façon moins importante que ce qu'ont trouvé SCHIEMANN, JENTSCH et WITTENBURG (1971) sur vaches laitières. Ces résultats confirment l'idée que les teneurs en EM des aliments déterminées sur moutons adultes sont utilisables pour les ruminants en croissance, tout du moins pour des niveaux d'alimentation comparables.

Utilisation de l'EM pour la croissance et efficacité alimentaire

Les observations ont été effectuées sur un nombre réduit d'animaux pour chaque traitement en raison de la difficulté et de la durée des mesures de bilans énergétiques, ce qui conduit à des variabilités assez élevées du rendement d'utilisation de l'EM et de l'efficacité alimentaire. De plus, la proportion de l'énergie ingérée apportée par l'aliment d'allaitement diminue lorsque l'âge des veaux augmente, ce qui ne permet pas de distinguer facilement l'effet dû à l'âge. Cependant, la répétition des mesures des bilans à plusieurs stades de croissance permet de tirer quelques conclusions sur l'effet des traitements étudiés.

• Influence de l'apport de lait

Chez les veaux recevant l'aliment solide *ad libitum*, l'apport de lait n'a eu aucun effet significatif sur la quantité d'énergie fixée (pour une même quantité d'EM ingérée par kg P^{0,75}), sur le besoin d'entretien et sur le rendement d'utilisation de l'EM pour la croissance, quel que soit l'âge.

La contradiction avec les données de BLACK et TRIBE (1973) sur agneaux peut provenir du fait que l'aliment d'allaitement représente ici une part beaucoup plus faible de la ration. En effet, la différence d'énergie apportée par l'aliment d'allaitement entre les 2 traitements n'est en moyenne que de 16 p. 100 de l'énergie brute ingérée, soit 22 p. 100 de l'EM. Cependant, si on considère que le rendement d'utilisation de l'EM de l'aliment d'allaitement est voisin de 0,68 chez le Veau préruminant et que celui de l'aliment solide est de 0,51 chez le mouton adulte, cet apport de lait devrait théoriquement entraîner une amélioration de 0,04 point $(0,68 - 0,51) \times 0,22$ du rendement de l'EM et une augmentation d'environ 8 p. 100 de la quantité d'énergie fixée.

Les résultats des bilans sont confirmés par les performances zootechniques des veaux. L'apport de lait n'a entraîné une amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'EM que chez les animaux restreints et surtout au cours des premiers mois. Ce phénomène peut résulter du fait que les veaux ont reçu une ration riche en concentrés et que les animaux « allaités » recevant l'aliment d'allaitement *ad libitum* ont ingéré des quantités importantes d'EM et d'acides gras longs, ce qui a pu provoquer un engraissement excessif. Cette hypothèse rejoint les résultats des travaux de LE NEINDRE *et al.* (à paraître) montrant que l'amélioration apportée par le lait est moins importante avec des rations comportant des aliments concentrés qu'avec de l'herbe seule.

• Influence de la restriction alimentaire

Chez tous les veaux « allaités » et à l'âge de 10 semaines chez les veaux sevrés précocement, la restriction alimentaire (17 p. 100 de l'EM ingérée par kg P^{0,75}) n'a pas entraîné de modification du rendement de l'EM pour la croissance, mais une réduction de 15 p. 100 en moyenne du besoin d'entretien (/kg P^{0,75}), en accord avec les résultats de THORBK et HENCKEL (1976), et une augmentation de l'efficacité alimentaire. Cette dernière peut s'expliquer également par une réduction du dépôt de lipides plus importante que celle des protéines (GEAY et ROBELIN, 1979).

En revanche, chez les veaux sevrés précocement qui ingèrent moins d'EM que les veaux « allaités » (— 18 p. 100 par jour et — 11 p. 100/kg P^{0,75}), la restriction alimentaire peut provoquer une réduction plus importante de la fixation de protéines, donc du gain de poids, ce qui pourrait expliquer l'absence d'effet sur l'efficacité alimentaire globale notée d'après les performances zootechniques.

• Variation avec l'âge des veaux

Lorsque l'âge des veaux avance, on observe une réduction importante de l'efficacité alimentaire globale. Celle-ci est due à l'accroissement de la part des dépenses d'entretien. Mais elle résulte aussi, d'une part, de la réduction de la proportion de l'énergie ingérée apportée par l'aliment d'allaitement et, d'autre part, de l'augmentation de la quantité d'énergie fixée par kg de gain de poids vif, comme le traduit la diminution du rapport « gain de poids vif / EM de production » (tabl. 2).

Le rendement (kg) d'utilisation de l'EM pour la croissance passe de 0,638 à 0,491 entre les âges de 5 semaines et 5 mois et cette diminution est à relier à la réduction de la proportion d'énergie apportée par l'aliment d'allaitement. En revanche, kg est plus élevé à l'âge de 8 mois qu'à l'âge de 5 mois, alors que les veaux reçoivent les mêmes rations. Cette supériorité peut résulter d'une augmentation de la lipogénèse, mais les erreurs sur les bilans azotés ne nous permettent pas de déterminer les quantités de protéines et de lipides fixés. Pour les âges de 5 et 8 mois, le rendement kg est en moyenne comparable à la valeur kf obtenue avec les moutons adultes.

Enfin, le besoin d'entretien ne varie pas significativement avec l'âge des veaux. La valeur moyenne (110 kcal d'EM par kg $P^{0.75}$) est égale à celle trouvée par VERMOREL, BOUVIER et GEAY (1976), HOFFMANN, JENTSCH et SCHIEMANN (1977) chez des veaux et des taurillons de race frisonne également.

Conclusion

Cette étude a permis d'apporter un certain nombre d'informations sur l'utilisation digestive et métabolique des rations par le Veau en croissance. La digestibilité de l'aliment solide utilisé n'est pas modifiée au cours de la croissance et est égale à la valeur obtenue chez des moutons adultes, pour le même niveau d'alimentation; en revanche, les pertes d'énergie sous forme de méthane et dans l'urine augmentent avec l'âge. Cependant, compte-tenu des faibles variations, les teneurs en EM des aliments déterminées chez des moutons adultes peuvent être utilisées pour les ruminants en croissance. Il n'y a pas d'interaction entre le lait et l'aliment solide chez le Veau « allaité » au niveau de la digestibilité, mais il serait nécessaire d'étudier les variations de la digestion des constituants de la ration dans les réservoirs gastriques et dans l'intestin du Veau, au cours de la croissance, pour mieux connaître les variations des produits terminaux de la digestion.

L'apport de lait, représentant environ 22 p. 100 de l'EM de la ration, n'a pas entraîné de modification significative de l'utilisation de l'EM (efficacité alimentaire et rendement de l'EM pour la croissance), mais il s'agissait d'une ration riche en concentrés et très appétible qui a probablement entraîné un engraissement important des veaux recevant l'aliment solide *ad libitum*. Il serait intéressant d'étudier l'utilisation digestive et métabolique de ces rations au cours de la période encadrant le sevrage et pendant laquelle les quantités d'aliments ingérées par le Veau sont réduites et les proportions des produits terminaux de la digestion fortement modifiées.

Accepté pour publication en janvier 1980.

Summary

Utilization of feed energy by ruminant calves; effects of milk intake, feeding level and age

Four groups of 5 male Friesian calves were fed on two feeding levels (*ad libitum* : H or 75 p. 100 of *ad lib.* : B) and weaned either at ten weeks of age (SH and SB groups), or fed 6 or 4.5 l milk in addition to a solid feed (AH and AB groups) (fig. 1 and table 1). The same feed composed of 40 p. 100 cobbled hay and 60 p. 100 concentrate was also given to 6 mature sheep on two feeding levels successively (1.08 and 1.76 times maintenance). Energy balances were determined by indirect calorimetry in sheep and in 5-10 week- and 5-8 month-old calves.

No associative effect was observed between milk and solid feed. Energy and nitrogen digestibility and energy metabolizability of the solid feed were not significantly different in growing calves and adult sheep for the same feeding level, whereas methane and urinary energy (related to energy intake) increased with age (tables 3 and 5).

The overall efficiency of ME (weight gain/ME) (table 2) and the partial efficiency of ME utilization for growth (kg) were not significantly different in the milk-fed calves and in the early weaned ones, at any growth stage. Furthermore kg was not significantly altered by the reduction of food intake. However, it decreased from 0.638 in the 5 week-old calves to 0.491 in the 5 month-old calves, as the proportion of gross energy supplied by milk was reduced from 86 to 8 p. 100; then it increased to 0.545 in the 8 month-old calves (table 4). Nevertheless, these last two values (kg) were not significantly different from the kf value (0.51) obtained in adult sheep.

The maintenance requirement of the *ad libitum* fed calves (110 kcal/kg $W^{0.75}$) was not altered by milk supply and did not vary significantly between 5 weeks and 8 months of age (table 4). However, a 24 p. 100 reduction of food intake along the experimental period was followed by a 15 to 21 p. 100 increase in energy gain for the same ME intake (/kg $W^{0.75}$), by a 15 p. 100 decrease in maintenance requirement of the milk-fed calves (fig. 1 to 4) and an improvement of the overall efficiency of ME (table 2).

Références bibliographiques

- Agricultural Research Council, 1965. *The Nutrient Requirement of Farm Animals*, (A.R.C.), **2**, Ruminants (Agricultural Research Council, London).
- BLACK J. L., TRIBE D. E., 1973. Comparison of ruminal and abomasal administration of feed on the growth and body composition of lambs. *Aust. J. Agric. Res.*, **24**, 763-773.
- BLAXTER K. L., 1974. Metabolizable energy and feeding systems for ruminants. In H. SWAN and D. LEWIS (Ed.), *Proc. Nutr. Conf. Feed Manuf.*, Nottingham. Butterworths, London, 3-25.
- BLAXTER K. L., CLAPPERTON J. L., WAINMAN F. W., 1966. Utilization of the energy and protein of the same diet by cattle of different ages. *J. Agric. Sci. Camb.*, **67**, 67-75.
- DEMCHENKO P. V., 1969. Energy metabolism of growing cattle. *Proc. 4th Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*, 213-219. K. L. BLAXTER, J. KIELANOWSKI and GRETA THORBEK (Ed.), Oriel Press Ltd, Newcastle upon Tyne, England.
- ES A. J. H. Van, 1970. Simulation of the growth of veal calves fed liquid milk replacers. In: *Proc. 5th Symp. Energy Metabolism of Farm Animals*, 97-100. A. SCHURCH and C. WENK (Ed.), Juris Druck + Verlag, Zürich.
- GEAY Y., 1970. Adaptation du mode d'élevage et d'alimentation au type génétique. In « *Journées d'étude sur la production de viande par les jeunes bovins* », 95-100, Éditions S.E.I., C.N.R.A.-route de Saint-Cyr, Versailles.
- GEAY Y., ROBELIN J., 1979. Variation of meat production capacity in cattle due to genotype and level of feeding: genotype-nutrition interaction. *Liv. Prod. Sci.*, **6**, 263-276.
- GRAHAM N. Mc, SEARLE T. W., 1972. Balances of energy and matter in growing sheep at several ages, body weight and planes of nutrition. *Aust. J. Agric. Res.*, **23**, 97-108.
- GUILHERMET R., PATUREAU-MIRAND P., TOULLEC R., PARUELLE J. L., 1977. Utilisation de la gouttière œsophagienne pour éviter la dégradation dans le rumen, de mélanges de lactose et de caséine, chez le veau ruminant. *Ann. Biol. anim., Bioch., Biophys.*, **17**, 543-547.
- HOFFMANN L., JENTSCH W., SCHIEMANN R., 1977. Die Verwertung der Futterenergie durch wachsende Bullen. *Arch. Tierernähr.*, **27**, 545-562.
- JENSTCH W., WITTENBURG H., SCHIEMANN R., 1976. Die Verwertung der Futterenergie durch wachsende Bullen. *Arch. Tierernähr.*, **26**, 575-585.
- JOHNSON P. T. C., ELLIOTT R. C., 1973. Dietary energy intake and utilization by young Friesland calves. *Rhod. J. agric. Res.*, **11**, 11-33.
- LE NEINDRE P., PETIT M., MULLER A., 1976. Quantités d'herbe et de lait consommées par des veaux au pis. *Ann. Zootech.*, **25**, 521-531.
- Mc CULLOUGH T. A., 1970. A study of the effect of supplementing a concentrate diet with roughages of different quality on the performance of Friesian steers. 1. Voluntary food intake and food utilization. *J. Agric. Sci. Camb.*, **75**, 327-345.
- NEESSE K. R., KIRCHGESSNER M., 1975. Experimentelle Untersuchungen zur Nährstoffentwertung des Kalbes in Verlauf der Mast. *Z. Tierphysiol., Tierernähr., Futtermittelk.*, **36**, 231-240.
- PRESTON T. R., ARCHIBALD J. D. H., TINKLER W., 1957. The digestibility of grass by young calves. *J. Agric. Sci.*, **48**, 259-265.

- SCHIEHMANN R., JENTSCH W., WITTENBURG H., 1971. Zür Abhängigkeit der Verdaulichkeit der Energie und der Nährstoffe von der Höhe der Futteraufnahme und der Rationszusammensetzung bei Milchkühen. *Arch. Tierernähr.*, **21**, 223-240.
- SCHIEHMANN R., JENTSCH W., WITTENBURG H., HOFFMANN L., 1976. Die Verwertung der Futterenergie durch wachsende Bullen. 1. Versuchsanlage und Ergebnisse des Energie- und Stoffumsatzes. *Arch. Tierernähr.*, **26**, 7, 491-517.
- THORBEC G., HENCKEL S., 1976. Studies on energy requirement for maintenance in farm animals. *Proc. 7th Symp. Energy Metabolism of Farm Animals*, 117-120, M. VERMOREL (Éd.), G. DE BUSSAC, Clermont-Ferrand.
- TYRRELL H. F., MOE P. W., OLTJEN R. R., 1974. Energetics of growth and fattening compared to lactation in cattle. *Proc. 6th Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*, 205-208, K. H. MENKE, H. J. LANTZSCH and J. R. REICHL (Ed.), Universität Hohenheim, Dokumentationsstelle.
- VERMOREL M., BICKEL H., 1980. Utilization of feed energy by growing ruminants. *Ann. Zootech.* (numéro spécial, sous presse).
- VERMOREL M., BOUVIER J. C., BONNET Y., FAUCONNEAU G., 1973. Construction et fonctionnement de 2 chambres respiratoires du type « circuit ouvert » pour jeunes bovins. *Ann. Biol. anim., Bioch., Biophys.*, **13**, 659-681.
- VERMOREL M., BOUVIER J. C., DEMARQUILLY C., 1974. Influence du mode de conditionnement des fourrages déshydratés sur leur valeur énergétique nette pour le mouton en croissance. *Proc. 6th Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*, 213-216, K. H. MENKE, H. J. LANTZSCH and J. R. REICHL (Ed.), Universität Hohenheim, Dokumentationsstelle.
- VERMOREL M., BOUVIER J. C., GEAY Y., 1976. The effect of genotype (normal or double muscled charolais and friesland) on energy utilization by growing cattle at 2 and 16 months of age. *Proc. 7th Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*, 217-220, M. VERMOREL (Ed.), G. DE BUSSAC, Clermont-Ferrand.
- VERMOREL M., BOUVIER J. C., THIVEND P., TOULLEC R., 1974. Utilisation énergétique des aliments d'allaitement par le veau préruminant à l'engrais, à différents poids. *Proc. 6th Symp. on Energy Metabolism of Farm Animals*, 143-146, K. H. MENKE, H. J. LANTZSCH and J. R. REICHL (Ed.), Universität Hohenheim, Dokumentationsstelle.