

Effets sur la digestion et le métabolisme des vaches laitières d'infusions d'acides gras volatils dans le rumen et de caséinate dans le duodénum. I. — Production et digestion

H. RULQUIN

avec la collaboration technique de Jeanne FLECHET, Renée LEFAIVRE, A. OLLIER et Claire SORNET

*Station de Recherches sur la Vache laitière, I.N.R.A.
Saint-Gilles, 35590 L'Hermitage, France*

Summary. *Effects of ruminal infusion of volatile fatty acids and duodenal infusion of caseinate on digestion and metabolism in the dairy cow. I. — Production and digestion.*

The effects on the metabolism of dairy cows of two energy levels (85 and 110 p. 100 of requirements) in factorial combination with two nitrogen levels (70 and 100 p. 100 of requirements) were studied in a 4 × 4 latin square by the responses of milk constituent secretion and mammary nutrient uptake.

The variations of energy and protein levels were obtained by infusing a mixture of up to 26 moles/d of volatile fatty acids (VFA) into the rumen and up to 500 g/d of sodium caseinate into the duodenum. The composition of the VFA mixture was selected to simulate the propionic fermentations occurring in the rumen with high concentrate diets. The amounts and the composition of digesta flowing through the rumen and into the duodenum were also measured.

1) Digestibility of the food constituents was not altered by caseinate or VFA infusion (table 4). Except for its direct effect on the VFA proportion in the rumen (table 5), VFA infusion induced only very minor changes in ruminal digestion such as a decrease of ruminal ammonia levels and a slight increase of duodenal amino acid flows.

2) VFA infusion failed to increase milk yield and only slightly modified milk composition (table 2) ; milk fat decreased (– 5 p. 100) and protein content increased (+ 3 p. 100). The yield of C18 fatty acids was depressed (– 18 p. 100).

3) The caseinate infusion greatly increased the yields of milk, protein, fat and lactose (20, 36, 15 and 14 p. 100). The yield of fatty acids (C10 to C15) and (C16 to C18 : 3) increased by 26 and 12 p. 100, respectively. The conversion of infused proteins into milk products averaged 33 p. 100.

4) The effects of caseinate infusion on milk, protein and lactose productions were greater at high energy level (respective increases : 32, 47 and 23 p. 100) than at low energy level (respective increases : 12, 26 and 8 p. 100), leading to a higher conversion rate of infused protein into milk protein (42 vs 24 p. 100).

Two important effects are evident from the results of this experiment :

- 1) a greater direct effect on milk constituent secretion when nitrogen was supplied as a good quality protein than when energy was supplied by propionic acid ;
- 2) a strong associative effect between the nitrogen and energy supplies.

This work, however, did not provide any conclusions as to the metabolic process involved. Was the increase in the secretion of milk constituents associated with that of

duodenal amino acid flow, imputable to a more efficient metabolic use of the nutrients in the whole organism, or to a differential partition of nutrient use between the udder and other tissues? The mammary arterio-venous measurements presented in the second part of this paper provide a better basis of discussion of the metabolic process involved.

Introduction

Les effets associatifs de l'énergie et de l'azote sur la synthèse du lait paraissent importants chez la vache laitière et plus spécialement en début de lactation. A cette période, les vaches laitières sont généralement soumises à une sous-alimentation énergétique et azotée, mais si la sous-alimentation énergétique est inévitable, en revanche, il est possible de couvrir les besoins azotés sans trop de difficultés (Verité et Journet, 1977). Ces effets ont des répercussions sur l'ingestion et la digestion (Journet et Remond, 1981), et aussi sur le métabolisme car les quantités de lait synthétisées et le rendement de cette synthèse dépendent non seulement des quantités des différents nutriments provenant de la digestion des aliments, mais aussi de leurs proportions relatives.

Le rapport entre les différents nutriments énergétiques, mais aussi entre les nutriments énergétiques et azotés, agit d'une part sur les quantités relatives des différents constituants du lait, et d'autre part sur l'orientation du métabolisme vers la synthèse du lait ou vers la synthèse de tissus corporels (Ørskov, 1977 ; Journet, Verité et Remond, 1976). Il est très difficile de contrôler, par le biais de l'alimentation, la quantité et la nature des nutriments produits par la digestion, que ce soit : les acides gras volatils (AGV) produits dans le rumen (55 à 65 % de l'apport d'énergie), ou les acides aminés des protéines alimentaires et microbiennes entrant dans l'intestin (Sutton, 1976 ; Jarrige *et al.*, 1978). Aussi, pour étudier l'effet du rapport des nutriments sur la synthèse du lait, il paraît plus sûr d'utiliser la technique des infusions dans le tube digestif au niveau ruminal (AGV : Rook et Balch, 1961) ou post ruminal (caséinate et glucose : cf. revue de Clark, 1975).

Cette expérience avait pour but de connaître certaines réponses métaboliques de la vache laitière, en termes de production des constituants du lait et de métabolisme mammaire, à des variations de l'apport énergétique et/ou de l'apport azoté. Mais pour avoir la maîtrise des apports de nutriments et éviter les interférences avec les phénomènes digestifs, nous avons été amenés :

1°/ à faire varier les apports d'énergie et d'azote en infusant un mélange d'AGV dans le rumen et du caséinate de sodium dans le duodénum. La composition du mélange d'AGV a été choisie de manière à simuler les modifications fermentaires (production d'acide propionique) qu'entraînerait la distribution d'un aliment concentré à base de céréales en supplément d'une ration de fourrage. L'ensilage de maïs a été choisi car il constitue en France le principal fourrage des rations hivernales ;

2°/ à contrôler qualitativement et quantitativement les phénomènes digestifs par la mesure des flux de nutriments à l'entrée du duodénum.

Les effets sur la digestion et la production de lait sont présentés ici. Ceux sur le métabolisme général et le métabolisme mammaire (différences artérioveineuses) seront présentés ultérieurement.

Matériel et méthodes

Animaux. — Cet essai a été effectué avec quatre vaches de type Pie-Noir en deuxième ou troisième lactation. Six mois avant le vêlage, ces vaches ont eu leur carotide gauche placée en position sous-cutanée et ont été munies d'une large canule du rumen et d'une canule simple du duodénum (située 10 cm après le pylore). L'essai a débuté au 2^e mois de lactation pour 3 vaches et au 4^e pour une vache qui avait avorté accidentellement.

Schéma expérimental et traitements. — Deux niveaux d'apports énergétiques (85 ou 110 p. 100 des besoins (*)) et deux niveaux d'apports azotés (70 ou 100 p. 100 des besoins (*)) en combinaison factorielle ont été comparés suivant un carré latin 4 × 4 comportant des périodes de 4 semaines. Les aliments apportés couvraient 80 p. 100 des besoins énergétiques et 70 p. 100 des besoins azotés. Le complément était obtenu par infusion intra-ruminale d'AGV (écart de 21,4 moles entre les deux niveaux) et par infusion intra-duodénale de caséinate de sodium (0 ou 500 g/j) (tabl. 1). Ces écarts correspondaient à 5,5 l de lait pour l'énergie et 7 l de lait pour l'azote.

TABLEAU 1

Quantités d'acides gras volatils et de caséinate infusées

Niveau énergétique		Bas		Haut	
		bas	haut	bas	haut
Infusion ruminale (60 l eau/j)	Acides gras volatils* (moles/j)	4,8	0	26,1	21,4
	Caséinate de sodium g/j	0	500	0	500

* Proportions molaires des acides : acétique = 32 p. 100, propionique = 56, butyrique = 12 p. 100.

Le rapport entre les différents acides gras volatils a été choisi de manière à simuler avec le niveau énergétique haut, les fermentations obtenues avec des régimes riches en céréales.

(*) Besoins calculés en UFL et PDI suivant les recommandations INRA, 1978.

Alimentation. — Les animaux ont reçu 7 à 12 kg de matière sèche (MS) d'un mélange composé de : 64,4 p. 100 d'ensilage de maïs, 8,3 p. 100 d'orge, 10 p. 100 de maïs, 10,6 p. 100 de pulpes de betteraves, 3,3 p. 100 de minéraux et 1,3 p. 100 d'urée. Sur la base de la matière sèche, le mélange comprenait 93,6 p. 100 de matière organique, 15,4 p. 100 de matières cellulosiques (Weende), 12,1 p. 100 de matières azotées ($N \times 6,25$) et 3,20 p. 100 d'extrait éthéré. Le mélange a été distribué en deux parts égales à 7 h 30 et à 19 h 30. Les quantités offertes ont été ajustées chaque semaine de manière à maintenir constant le pourcentage des besoins couverts par la ration. Les besoins ont été calculés à partir de la production laitière attendue. Cette dernière a été obtenue en supposant que la production laitière de chaque vache enregistrée durant le pic de lactation (production hebdomadaire maximum) diminuait ensuite régulièrement de 2,5 p. 100 par semaine et de 1 p. 100 pour la vache ayant avorté.

Infusions

— *Infusions ruminales.* Le mélange d'AGV infusé a été composé (en moles) de : 32 p. 100 d'acide acétique, 56 p. 100 d'acide propionique et 12 p. 100 d'acide butyrique. Suivant les traitements (tabl. 1), 0 à 26 moles du mélange ont été mises en solution dans 60 litres d'eau. Tous les jours, ces solutions acides ont été infusées dans le rumen pendant 23 h 30 min à l'aide d'une pompe péristaltique. Les solutions ont été infusées 5 à 6 cm au-dessus du plancher du sac ventral à l'aide d'un tube souple plombé. De manière à ce que les solutions infusées ne soient jamais en contact direct avec les muqueuses de la paroi du rumen, l'extrémité de ce tube a été enfermée dans une sphère grillagée. Durant la première semaine de chaque période expérimentale, la quantité d'AGV infusée a été graduellement ajustée à celle correspondant au traitement en cours.

— *Infusions duodénales.* Tous les jours, une solution de caséinate de sodium (500 g dans 6 l d'eau), ou une solution isotonique de chlorure de sodium ont été infusées dans le duodénum pendant 23 h 30 min à l'aide d'une pompe péristaltique. Sur la base de la matière sèche, le caséinate comprenait 96,32 p. 100 de matière organique, 95,70 p. 100 de matières azotées ($N \times 6,38$) 0,68 p. 100 d'extrait éthéré. Le caséinate était mis en solution dans de l'eau à 40 °C le jour précédant son utilisation et stocké à + 4 °C.

De façon à ce que les deux niveaux azotés soient isoénergétiques, les animaux n'ayant pas d'infusion de caséinate ont reçu sous forme d'une infusion ruminale d'AGV (4,7 moles) l'équivalent énergétique du caséinate (tabl. 1).

Mesures et échantillonnages. — Les quantités de lait produites et les quantités d'aliments ingérées ont été enregistrées chaque jour. Pour chaque vache et chaque semaine, quatre échantillons de lait journaliers ont été constitués par pondération sur les traits du matin et du soir.

A partir de la 2^e semaine de chaque période, 30 g de sesqui-oxyde de chrome adsorbés sur de la poudre de cellulose ont été introduits dans le rumen avant chaque distribution d'aliments et 200 g de polyéthylène glycol 4 000 (PEG) ont été mélangés aux infusions ruminales. La digestibilité de la ration et le taux

de récupération des marqueurs dans les fécès ont été déterminés en 3^e semaine de chaque période par collecte totale des fécès pendant 5 jours.

La composition chimique du jus de rumen et du contenu de duodénum ainsi que le flux digestif au niveau duodénal ont été déterminés sur des prélèvements effectués les 26^e et 27^e jours de chaque période après arrêt de l'infusion de caséinate. Les prélèvements ont eu lieu à 6 h 30, 9 h 30, 11 h 30, 13 h 30, 15 h 30 et 17 h 30. En outre, les fécès durant ces 2 jours ont été collectés en totalité. A chaque période, ces prélèvements ont été regroupés (pour les différentes analyses) de façon à constituer 6 échantillons horaires de jus de rumen par vache (composition chimique et PEG), un échantillon de contenu de duodénum et de fécès par vache (composition chimique et marqueurs), et un échantillon de contenu de duodénum et de fécès par traitement (acides aminés).

Le taux de renouvellement et le volume de liquide contenu dans le rumen ont été estimés le 28^e jour de chaque période en mesurant sur 12 h la décroissance de la teneur en PEG du jus de rumen (prélèvements toutes les 2 h) après l'arrêt de l'infusion de PEG (méthode de Faichney, 1975).

Analyses. — La composition en acides aminés des contenus duodénaux et des fécès a été déterminée par chromatographie sur une résine échangeuse d'ion après hydrolyse acide (Prugnaud et Pion, 1976).

La teneur en oxyde de chrome des fécès et des contenus de duodénum a été déterminée selon la méthode de Mathieson modifiée par Poncet et Rayssi-guier (1980). La teneur en PEG du jus de rumen, des contenus de duodénum, des fécès et de l'infusion a été déterminée par turbidimétrie selon la méthode de Sperber, Hyden et Ekman (1953). Les flux duodénaux de matière sèche présentés correspondent à la moyenne des flux calculés avec chacun des marqueurs. Le taux de récupération n'étant pas identique entre les 2 marqueurs (PEG = 84 ± 4 p. 100 ; oxyde de chrome = 97 ± 3 p. 100), le calcul de ces flux a été effectué à partir des quantités de marqueurs retrouvés dans les fécès et non à partir des quantités distribuées.

Les autres analyses ont été effectuées comme précédemment (Rulquin, 1981).

Suite à un coma acidotique, une des vaches a dû être retirée de l'expérience, et l'analyse statistique des résultats a été effectuée suivant un schéma de carré de Youden (Cochran et Cox, 1968). L'analyse des effets factoriels à l'intérieur du carré de Youden a été effectuée suivant la méthode proposée par Herbe-mont (1975) et sur la moyenne des mesures par vache lorsqu'il y avait plusieurs mesures par vache et par période. Pour des commodités de présentation, les résultats ont été exposés facteur par facteur, les interactions étant traitées séparément.

Résultats.

A la suite de refus, la consommation des aliments a été légèrement plus faible (400 g MS) avec le niveau énergétique haut qu'avec le niveau bas ; elle a été identique entre les deux niveaux azotés (tabl. 2). Quels que soient les traitements, la consommation d'eau a été très réduite ; en moyenne 4 litres par jour.

1. Productions

— *Effets du niveau énergétique.* L'accroissement du niveau énergétique n'a pas modifié significativement la production de lait, de matières grasses, de protéines, de lactose, ni leur teneur dans le lait. Tout juste peut-on remarquer les légères variations des taux de matières grasses (– 5 p. 100) et de protéines (+ 3 p. 100). Par contre, la teneur du lait en urée a fortement diminué : – 23 p. 100 (tabl. 2). Les quantités secrétées d'acides gras ont diminué pour les acides gras à 18 atomes de carbone (– 18 p. 100) et plus légèrement pour les acides gras courts et moyens (– 8 p. 100). Ces diminutions ont été en partie compensées par les augmentations significatives des acides gras à 16 atomes de carbone (+ 8 p. 100) et à nombre impair de carbone (+ 64 p. 100) (tabl. 3). Le rapport entre les sécrétions de C18 : 1 et de C18 : 0, exprimant l'activité de désaturation de la mamelle, a été plus élevé ($P < 0,1$), avec le niveau haut (3,42 contre 2,96).

TABLEAU 2

Effets des niveaux énergétiques et azotés sur les productions et la composition du lait

	Niveau énergétique		Niveau azoté		sd des différences entre moyennes
	bas	haut	bas	haut	
Aliments ingérés (kg MS/j)	10,14	9,70	9,93	9,90	0,35
Apports d'énergie (M J M E/j) :					
– ration	108	104*	106	106	3,77
– ration + infusions	115	138*	126	127	3,94
Apports d'azote (g PDI/j) :					
– ration	807	713	791	789	38,9
– ration + infusions	956	927	791	1 092**	39,2
Productions :					
– lait (kg/j) a	12,7	12,9	11,5	14,0**	0,34
– matières grasses (g/j)	508	494	467	536*	19,5
– protéines (g/j) b	435	459	379	516**	11,3
– Lactose (g/j) b	649	659	610	697**	7,1
Composition du lait (g/kg) :					
– matières grasses	41,9	40,0	42,0	39,9	1,24
– protéines	35,9	36,8	34,7	38,0*	0,63
– lactose	48,9	49,5	50,1	48,2+	0,62
– urée (mg/100 ml)	13,2	10,1***	8,4	15,0***	0,39

(Niveau de signification des différences entre moyennes ajustées : $P < 0,1 = +$; $P < 0,05 = *$; $P < 0,01 = **$; $P < 0,001 = ***$. Niveau de signification des interactions : $P < 0,05 = a$; $P < 0,01 = b$).

— *Effets du niveau azoté.* L'accroissement du niveau azoté a conduit à une augmentation significative des productions de lait (20 p. 100), de protéines (36 p. 100), de lactose (14 p. 100) et de matières grasses (15 p. 100) (tabl. 2). Cela a correspondu à un enrichissement important du lait en protéines (+ 10 p. 100 ; $P < 0,05$) et en urée (79 p. 100) ; $P < 0,001$) et à un léger appauvrissement en

matières grasses (– 5 p. 100) et en lactose (– 4 p. 100). Par ailleurs, la production d'acides gras a été modifiée (tabl. 3) : celle des acides gras moyens et longs (C16 : 0 et C18 : 1 surtout) a été significativement accrue (26 p. 100 et 12 p. 100), alors que celle des acides gras courts n'a que peu augmenté.

TABLEAU 3

Effets des infusions sur la sécrétion des acides gras du lait

	Niveau énergétique		Niveau azoté		Ecart type des différences entre moyennes
	bas	haut	bas	haut	
Acides gras (g/j) :					
– C 4 : 0	26,4	23,6	23,7	26,3	1,7
– C 6 : 0	11,2	10,6	10,1	11,7	0,8
– C 8 : 0	6,6	6,1	6,0	6,7	0,5
– C 10 : 0	14,2	13,1	12,2	15,1+	0,8
– C 12 : 0	17,5	17,2	15,1	19,5*	0,9
– C 14 : 0	52,2	48,0	44,2	56,0*	2,7
– C 15 : 0	4,8	9,1**	6,3	7,6+	0,3
– C 16 : 0	160,8	172,9*	157,4	176,2**	1,5
– C 16 : 1	11,5	13,0	11,2	13,3	0,7
– C 17 : 0	6,4	9,4+	6,8	9,0	0,8
– C 18 : 0	30,0	22,7*	25,0	27,7	1,6
– C 18 : 1	88,1	74,5*	76,8	85,8*	2,6
– C 18 : 2	10,2	8,0	9,1	9,0	0,9
– C 18 : 3	1,2	0,9	1,4	0,8	0,6

(Niveau de signification des différences entre moyennes ajustées : P < 0,1 = + ; P < 0,05 = * ; P < 0,01 = **).

– *Effets associatifs de l'énergie et de l'azote.* Les augmentations des productions de lait, de protéines et de lactose dues à l'infusion de caséinate ont été significativement plus importantes avec le niveau énergétique haut (3,5 kg/j, 175 et 133 g/j) qu'avec le niveau bas (1,4 kg/j, 99 et 47 g/j). A l'opposé, l'augmentation de la teneur en urée du lait due à l'infusion de caséinate a été significativement moins importante avec le niveau énergétique haut (4,8 mg/100 ml) qu'avec le niveau bas (8,4 mg/100 ml). La conversion des protéines infusées dans le duodénum en protéines secrétées dans le lait s'est effectuée avec un rendement de 42 p. 100 avec le niveau énergétique haut et de 24 p. 100 avec le niveau énergétique bas. L'efficacité de la conversion de l'énergie apportée par la caséine (5,82 kcal/g) en énergie sécrétée dans le lait (750 kcal/kg lait 4 p. 100) a été de 101 p. 100 avec le niveau énergétique haut et de 30 p. 100 avec le niveau énergétique bas.

2. *Digestion.* – La digestibilité de la ration a été mesurée lorsque les animaux recevaient l'infusion ruminale d'AGV et l'infusion duodénale de caséinate.

Les coefficients de digestibilité (non compris les produits infusés car ils sont totalement digestibles) de la matière sèche, de la matière organique, de l'extrait étheré et de l'azote n'ont pas été significativement différentes entre les niveaux

énergétiques ni entre les niveaux azotés (tabl. 4). La digestibilité de la cellulose Weende a varié ($P < 0,05$) dans le même sens que le niveau azoté et en sens inverse du niveau énergétique.

TABLEAU 4
Digestibilité des aliments

	Niveau énergétique		Niveau azoté		Ecart type des différences entre moyennes
	Bas	haut	bas	haut	
Coefficients de digestibilité (p. 100)					
— matière sèche	69,4	68,8	68,6	69,5	1,08
— matière organique	71,0	70,3	70,2	71,2	1,04
— matière azotée (N × 6,25)	64,9	63,6	65,3	63,2	1,01
— cellulose Weende	59,6	56,9 +	57,0	59,5 +	1,00
— extrait étheré	79,7	78,7	78,8	79,6	1,70

(Valeurs obtenues avec des infusions ruminales et duodénales simultanées. Niveau de signification des différences entre moyennes ajustées : $P < 0,1 = +$).

3. *Composition des digesta.* — Pour déterminer la composition et les flux des digesta (jus de rumen, contenu de duodénum), l'infusion duodénale de caséinate a été arrêtée. De ce fait, pour ces paramètres, l'écart entre les « niveaux azotés » ne correspond plus qu'à la petite différence d'AGV infusés. Aussi l'effet du « niveau azoté » n'a été mentionné que pour la composition du jus de rumen.

— *Jus de rumen.* Le pH et l'acidité totale moyens n'ont pas été significativement différents entre les deux niveaux énergétiques (tabl. 5). Par rapport à la dis-

TABLEAU 5
Effets des infusions sur la composition du jus de rumen

	Niveau énergétique		Niveau azoté		Ecart type des différences entre moyennes
	Bas	haut	bas	haut	
pH	6,48	6,48	6,51	6,45	0,06
Acidité totale (mmoles/l)	77,4	79,9	75,2	82,1	3,64
Composition en AGV (moles p. 100 moles) :					
— acétique	63,3	51,5**	53,8	61,0*	1,33
— propionique	20,4	34,0**	30,7	23,7*	1,48
— isobutyrique	0,68	0,55**	0,55	0,68**	0,04
— butyrique	12,4	11,3	12,4	11,3	0,65
— isovalérique	1,20	0,97	0,85	1,32*	0,12
— valérique	1,35	1,24	1,33	1,26	0,19
— caproïque	0,89	0,44*	0,56	0,77	0,09
Ammoniaque (mg/l)	77,4	60,6*	63,2	74,8	6,58

(Valeurs obtenues avec les infusions ruminales uniquement. Niveau de signification des différences entre moyennes ajustées : $P < 0,1 = +$; $P < 0,05 = *$; $P < 0,01 = **$).

tribution des aliments, le pH atteint son minimum 4 à 5 h après, et l'acidité totale son maximum 2 à 6 h après (fig. 1). A aucun moment les effets du niveau énergétique n'ont été significatifs. Par contre, la teneur moyenne en ammoniacque a été plus élevée ($P < 0,1$) avec le niveau énergétique bas (tabl. 5), mais cela n'a été sensible que durant le pic post prandial situé dans les deux heures suivant la distribution des aliments (fig. 1). Les proportions molaires d'acide propionique ont été très élevées pour le niveau énergétique haut (34 p. 100 contre 20 p. 100) alors que celle d'acide acétique et des acides gras mineurs ont été plus faibles (tabl. 5). Les proportions molaires d'AGV ont aussi été significativement différentes entre les deux niveaux azotés : les proportions d'acide propionique et des acides gras volatils mineurs ont été plus faibles avec le niveau haut, alors que celles d'acide acétique ont été plus élevées (tabl. 5). Ces différences dans la composition en AGV du jus de rumen suivant les niveaux azotés ont correspondu au fait que pour être isoénergétique le niveau bas a reçu 4,7 moles d'AGV de plus que le niveau haut.

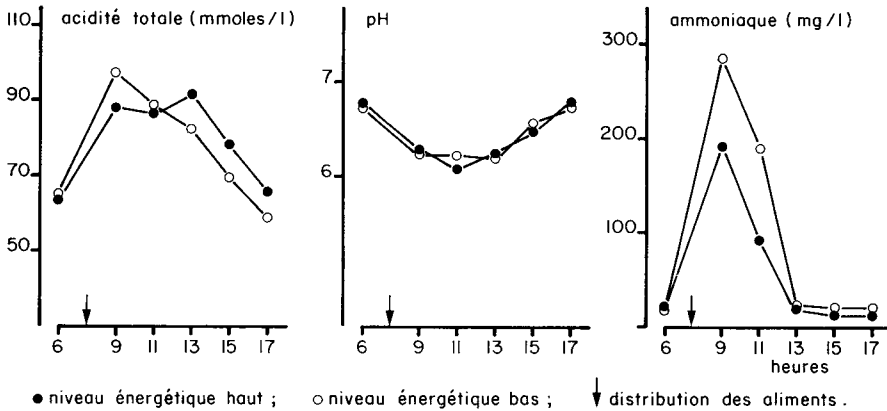


FIG. 1. — Effets du niveau énergétique sur les évolutions des fermentations ruminales.

— *Duodénum et fécès.* Les teneurs en matière sèche, en matière organique, en azote du contenu de duodénum et des fécès n'ont pas été différentes entre les deux niveaux énergétiques (tabl. 6). La teneur en ammoniacque du contenu de duodénum a été significativement plus élevée (+ 45 p. 100) avec le niveau bas. Les variations avec le niveau énergétique de la composition en acides aminés des contenus de duodénum et des fécès ont été très faibles. Seule, la teneur en iso-leucine des contenus de duodénum a diminué sensiblement (− 10 p. 100) avec le niveau haut.

— *Digestion de la matière organique et de l'azote.* Selon les vaches, le volume de liquide contenu dans le rumen a été compris entre 44 et 63 litres, et le taux de renouvellement horaire du liquide a été légèrement plus élevé pour le

TABLEAU 6
Effets des infusions d'AGV (niveau énergétique) sur la composition des digesta

Niveau énergétique	Duodénum		Fécès	
	Bas	Haut	Bas	Haut
Matière sèche (g/100 g)	5,68	5,53	17,21	16,78
Matière organique (g/100 g MS)	85,01	84,43	87,76	87,82
Cellulose Weende (g/100 g MS)	—	—	19,92	20,97
Extrait éthere (g/100 g MS)	—	—	2,21	2,09
Azote (N) (g/100 g MS)	2,92	2,94	2,19	2,22
Ammoniaque (mg/100 ml)	38,12	26,23**	—	—
N des acides aminés p. 100 N total	70,2	71,4	62,1	61,6
Acides aminés (AA) (g/16 g N) :				
— acide aspartique	8,67	9,30	8,36	7,68
— thréonine	4,27	4,33	3,94	3,97
— sérine	4,22	4,23	3,48	3,71
— acide glutamique	12,41	12,45	10,01	9,60
— proline	4,14	4,40	3,72	3,50
— glycine	5,27	5,73	4,52	4,74
— alanine	5,50	5,58	5,70	5,53
— valine	4,67	4,60	4,13	4,12
— cystine	1,81	1,90	2,30	2,50
— méthionine	1,53	1,50	1,79	1,67
— isoleucine	4,31	3,83	3,26	3,42
— leucine	7,20	7,05	5,48	5,09
— tyrosine	4,87	4,85	5,42	5,38
— phénylalanine	4,53	4,53	4,44	4,40
— lysine	5,45	5,47	4,64	4,79
— histidine	2,08	2,18	2,01	1,96
— arginine	3,82	3,85	2,78	2,86
— AA non essentiels	40,21	41,69	35,79	34,76
— AA essentiels	44,54	44,09	40,19	40,16
— AA totaux	84,75	85,78	75,98	74,92

(Valeurs obtenues avec les infusions ruminales uniquement. Signification des différences entre moyennes ajustées : $P < 0,01 = **$).

niveau énergétique haut (14 contre 11 p. 100). En moyenne (non compris les AGV infusés), 71 p. 100 de la matière organique digestible a disparu dans le rumen et 29 p. 100 dans le duodénum (tabl. 7). La perte d'azote dans le rumen a été moins élevée avec le niveau énergétique haut. Avec ce niveau, le flux d'azote aminé passant au duodénum a été plus élevé (8 p. 100) et la quantité d'acides aminés disparus dans l'intestin a été légèrement supérieure (11 p. 100) (tabl. 7). Les acides aminés non essentiels ont représenté 70 p. 100 de ce supplément d'acides aminés disparu dans l'intestin. La digestibilité intestinale apparente des acides aminés n'a pas été très différente entre les deux niveaux énergétiques (63 contre 62 p. 100).

Discussion.

— *Validité de la technique d'infusion des AGV.* Pour obtenir une modification de la sécrétion du lait à l'aide d'infusions ruminales d'AGV, il faut pouvoir infuser des quantités importantes sans perturber l'animal. La forme acide semble

TABLEAU 7
*Effets des infusions d'AGV (niveau énergétique)
sur la digestion de l'énergie et de l'azote des aliments*

Niveau énergétique	Bas	Haut	Ecart type des différences entre moyennes
Matière organique (kg/j) :			
— ingérée	9,499	9,071	0,33
— duodénum	4,753	4,678	0,24
— fécès	2,806	2,784	0,17
Site de la digestion (p. 100) :			
— rumen	71	71	2,9
— intestin	29	29	2,9
Azote (N) (g/j) :			
— ingéré	194	187	6,0
— duodénum	161	167	19,9
— fécès	69,0	70,7	4,3
Site de la digestion (p. 100) :			
— rumen	26	17	18,8
— intestin	74	83	18,8
Flux d'acides aminés (AA) (g/16 g N ingérés) :			
— duodénum	70,6	76,6	—
— fécès	27,0	28,3	—
Digestibilité apparente des AA dans l'intestin (p. 100)			
	61,7	63,1	—
Quantités d'AA disparus dans l'intestin (g/16 g N ingérés) :			
— acide aspartique	4,23	5,45	—
— thréonine	2,15	2,36	—
— sérine	2,28	2,37	—
— acide glutamique	6,77	7,51	—
— proline	2,11	2,60	—
— glycine	2,77	3,32	—
— alanine	2,64	2,89	—
— valine	2,42	2,58	—
— cystine	0,69	0,75	—
— méthionine	0,63	0,71	—
— isoleucine	2,43	2,12	—
— leucine	4,04	4,37	—
— tyrosine	2,13	2,30	—
— phénylalanine	2,19	2,38	—
— lysine	2,88	3,10	—
— histidine	1,01	1,20	—
— arginine	2,19	2,37	—
— AA non essentiels	20,71	24,13	—
— AA essentiels	22,77	24,20	—
— AA totaux	43,48	48,33	—

(Valeurs obtenues avec les infusions ruminales uniquement).

plus indiquée pour réaliser ces infusions car d'une part, elle est mieux utilisée par l'animal (Hamasaki, Shoji et Tsuda, 1974), et d'autre part, un apport important d'ions calcium ou sodium a des effets secondaires et même toxiques (Rook et Balch, 1961 ; Balch *et al.*, 1967). Cependant, en raison des problèmes d'acidose

rencontrés sur une des vaches, et des problèmes de refus mentionnés par certains auteurs, l'utilisation de la forme acide pour des infusions de longue durée, apparaît être très délicate au-delà d'une concentration de 0,4 moles/l. De manière à respecter cette concentration, des quantités d'eau supérieures de 10 à 15 litres à celles volontairement ingérées par des vaches de même niveau de production (Hoden, 1977) ont dû être infusées. Malgré cet apport d'eau excédentaire, le volume de la phase liquide du rumen et son taux de renouvellement n'ont pas été très différents de ceux obtenus avec des vaches recevant une alimentation hivernale (Vérité, communication personnelle).

La digestibilité des aliments, le pH et l'acidité totale du jus de rumen n'ont pas été modifiés par les quantités d'AGV infusées. Des résultats similaires ont été obtenus par Ørskov *et al.* (1969), Holter *et al.* (1972), Reynolds, Tyrell et Moe (1979), avec des infusions d'AGV allant de 8 à 27 moles. Quelle que soit la quantité d'AGV infusée, la part de matière organique disparue dans le rumen a été relativement plus importante que celle mesurée sur des vaches normalement alimentées (Sutton, 1976). Cette différence provient sans doute du fait que le niveau d'ingestion a été relativement modéré dans notre essai. Jusqu'à 21,4 moles/j, les AGV infusées n'ont pas modifié la fermentation des aliments dans le rumen car la composition en AGV du jus de rumen calculée en additionnant les AGV infusés et les AGV produits par la ration (8,5 moles/kg MOD ; Weston et Hogan, 1968) a été très proche (± 3 p. 100) de celle observée. Au-delà de 21,4 moles/j, les AGV infusés ont, semble-t-il, modifié la fermentation des aliments car la proportion d'acide propionique calculée a été inférieure à celle mesurée (29 contre 38 p. 100). Les refus n'apparaissant qu'au-delà de cette dose, il est possible que comme chez la chèvre (Gallouin et Focant, 1980), les AGV infusés aient modifié la distribution des prises alimentaires et aient pu ainsi avoir une incidence sur les fermentations ruminales.

Infusés en quantité importante, les AGV ont légèrement accéléré le renouvellement de la phase liquide du rumen. D'après les diminutions des teneurs du jus de rumen en ammoniacque et en acides gras volatils mineurs, cette accélération a semble-t-il réduit la dégradation des protéines dans le rumen. Des résultats similaires ont été obtenus sur des moutons ingérant des quantités importantes de sel (Harrison *et al.*, 1975). Cependant, la digestibilité intestinale apparente des acides aminés n'a pas été modifiée par les infusions d'AGV, et rapportée à la concentration en azote non ammoniacal des digesta entrant dans l'intestin grêle, elle a été semblable à celle mesurée sur des animaux normalement alimentés (Jarrige *et al.*, 1978).

— *Effets du niveau énergétique.* Les différences entre les deux niveaux énergétiques ont porté à la fois sur les quantités d'énergie apportées et sur la forme de cette énergie. Les AGV infusés ont été la principale source d'énergie différenciant les deux niveaux car l'ingestion et la digestion des aliments n'ont pratiquement pas varié. Par le type de fermentation ruminale, le niveau énergétique haut a été proche d'un régime riche en aliments concentrés et le niveau bas proche d'un régime riche en fourrage.

Apportés en supplément d'une ration légèrement déficitaire en énergie, le mélange d'AGV riche en acide propionique n'a pas permis d'accroître les quanti-

tés de lait et d'énergie secrétées par la mamelle tout comme lorsque la ration couvre déjà les besoins énergétiques (Rook et Balch, 1961 ; Rook, Balch et Johnson, 1965 ; Holter *et al.*, 1972). Des réponses positives de la production laitière n'ont été enregistrées qu'avec des rations fortement déficitaires en énergie (Wilson, Davey et Dolby, 1967 ; Guessous, Fehr et Delage, 1974).

L'absence de réponse de la production laitière à un apport d'acide propionique serait due à une utilisation préférentielle de l'énergie pour la synthèse de tissus corporels aux dépens de celle du lait (Ørskov *et al.*, 1969 ; Holter *et al.*, 1972). Il est probable que cette orientation de l'utilisation de l'énergie a été amplifiée par le passage d'amidon dans l'intestin, généralement important avec une ration à base de maïs.

Bien que faibles, les variations des productions de matières grasses et de protéines dues à l'apport d'AGV ont eu tendance à évoluer dans le même sens que celles observées à la suite d'apports d'acide propionique à des vaches (Rook et Balch, 1961 ; Rook, Balch et Johnson, 1965 ; Holter *et al.*, 1972) et à des chèvres (Fehr, Sauvart et Delage, 1972) ou avec des régimes riches en aliments concentrés (Storry et Sutton, 1969 ; Remond et Journet, 1971).

La diminution de la sécrétion de tous les acides gras (C15 : 0, C16 : 0 et C17 : 0 exceptés) est en accord avec les résultats de Storry et Rook (1965) et Remond et Journet (1971) ; elle a correspondu à une réduction du prélèvement de leurs précurseurs par la mamelle (publication ultérieure). L'accroissement de la production des acides gras à nombre impair de carbone peut provenir d'une synthèse plus importante par les micro-organismes du rumen à partir de l'acide propionique (Harfoot, 1978).

L'infusion des AGV a accru légèrement la sécrétion des protéines en raison probablement d'un flux important d'acides aminés dans l'intestin et d'un catabolisme hépatique des acides aminés plus faible comme l'indique la diminution des teneurs en urée du lait. La diminution du catabolisme des acides aminés serait due à une réduction de leur utilisation comme sources de glucose consécutive à l'afflux d'acide propionique dans le foie (Armstrong et Prescott, 1971).

— *Effets du niveau azoté.* L'infusion de caséinate en complément d'une ration ne couvrant que 70 p. 100 du besoin azoté, conduit à des augmentations de la production de lait, de protéines et du taux de protéines (22, 36, 10 p. 100) importants et qui correspondent aux observations de Schwab, Satter et Clay (1976) effectuées dans des conditions analogues. Cependant, ces réponses auraient pu être plus importantes, car avec des rations couvrant 110 à 150 p. 100 des besoins azotés l'infusion de quantités similaires de caséine ou de caséinate a provoqué des accroissements de la production laitière et des quantités de protéines secrétées de 5 à 18 p. 100, du taux de protéines de 4 à 8 p. 100, (Broderick, Kowalczyk et Satter, 1970 ; Vik-Mo, Emery et Huber, 1974 ; Spires *et al.*, 1975 ; Clark *et al.*, 1977 ; Rogers, Bryant et Mc Leay, 1979).

Dans ces essais, la conversion des protéines infusées en protéines du lait a cependant été légèrement plus efficace (20 à 40 p. 100) lorsque les besoins azotés n'étaient pas déjà couverts par la ration que lorsqu'ils l'étaient (10 à 35 p. 100). Par ailleurs, en accord avec les essais d'alimentation (Vérité et Journet, 1977), l'efficacité de cette conversion semble plus élevée (50 à 75 p. 100)

chez les vaches fortes productrices (Vik-Mo, Emery et Huber, 1974) et en début de lactation (Ørskov, Grubb et Kay, 1977). Aussi, le fait d'avoir utilisé dans notre essai des vaches en milieu de lactation et de potentiel laitier relativement faible a peut-être limité l'amplitude des réponses à l'infusion de caséinate.

Les diminutions des teneurs du lait en lactose et en matières grasses dues à l'infusion de caséinate ont été similaires à celles observées par Derrig, Clark et Davis (1974) et Rogers, Bryant et Mc Leay (1979), et semblent correspondre plus à un effet de dilution qu'à une diminution de synthèse puisque les productions de lactose et de matières grasses ont été accrues par l'infusion.

L'accroissement des teneurs en urée du lait consécutif à l'infusion de caséinate correspond à ce qui est classiquement observé lorsque le niveau des apports azotés est augmenté soit par la ration (Remond et Journet, 1978) soit par infusion post-ruminale de protéines (Vik-Mo, Emery et Huber, 1974). Il correspond à un accroissement de la production d'urée dans le foie consécutif au catabolisme accru d'acides aminés et à l'absorption accrue d'ammoniaque par l'épithélium du rumen.

— *Effets associatifs de l'énergie et de l'azote.* Les effets associatifs de l'énergie et de l'azote ont été relativement importants puisque l'accroissement de la production de lait dû à l'apport de caséinate a été 2,5 fois plus élevé avec le niveau énergétique haut qu'avec le bas. Des résultats similaires concernant la production de lait ou de laine ont été obtenus lors d'expériences d'alimentation (Gordon et Forbes, 1970) ou des expériences d'infusions post-ruminales (Black, Robards et Thomas, 1973). Dans les expériences d'alimentation, les effets synergiques de l'azote et de l'énergie sur la production laitière peuvent provenir de phénomènes digestifs se passant principalement dans le rumen (Jarrige *et al.*, 1978) ou de phénomènes métaboliques. Dans cet essai, l'effet synergique a été principalement d'origine métabolique car, d'une part il a été obtenu à l'aide d'infusions, et d'autre part ces infusions n'ont pratiquement pas modifié la digestion de l'énergie et de l'azote des aliments.

L'accroissement du niveau énergétique permet une meilleure utilisation de l'azote pour la synthèse du lait. En effet, le catabolisme des acides aminés semble avoir été plus faible avec le niveau énergétique haut qu'avec le bas, comme l'indiquent la réduction des taux d'urée dans le lait et l'augmentation de l'efficacité de la conversion des protéines infusées en protéines du lait.

L'utilisation de l'énergie pour la synthèse du lait est aussi améliorée par l'accroissement du niveau azoté. Cette amélioration peut provenir :

- soit d'une augmentation du rendement de l'énergie métabolisable pour la synthèse du lait comme peut le faire penser le rendement énergétique très élevé (101 p. 100) que nous avons trouvé pour la caséine infusée ;
- soit d'une mobilisation des réserves corporelles comme l'ont montré Ørskov, Grubb et Kay (1977) et Vérité et Journet (1977).

Conclusions.

Ne modifiant pratiquement pas la digestion de la ration, la technique des infusions dans le tube digestif paraît être un moyen intéressant pour contrôler,

au moins en partie, les rapports entre les différents produits terminaux de la digestion. A ce point de vue, ces techniques doivent être perfectionnées, notamment pour infuser des quantités plus importantes d'AGV sans modifier l'équilibre acido-basique de l'animal. Ces techniques sont inapplicables dans la pratique de l'élevage, mais des modifications du rapport entre les différents produits terminaux de la digestion peuvent être obtenues par la combinaison de certains aliments, par l'utilisation d'additifs modifiant les fermentations ruminales, ou de traitements technologiques des aliments.

Les résultats de cet essai montrent :

- 1) les limites de la réponse de la production laitière à un apport supplémentaire d'énergie lorsque celui-ci induit une production élevée d'acide propionique et une production faible d'acide acétique ;
- 2) qu'en cas de sous-alimentation azotée, l'apport de protéines de bonne qualité peu dégradables dans le rumen permet d'accroître sensiblement la production laitière ;
- 3) que la production laitière répond d'autant plus à un apport azoté de bonne qualité que le déficit énergétique est faible.

Reçu en février 1982.

Accepté en mai 1982.

Remerciements. — Nous remercions vivement M. Lefavre pour la réalisation des opérations chirurgicales, M. Pion et ses collaborateurs pour les dosages d'acides aminés.

Références

- ARMSTRONG D. G., PRESCOTT J. H. D., 1971. Amount, physical form and composition of feed and milk secretion in the dairy cow, 349-377. In FALCONER J. R., *Lactation*, Butterworths.
- BALCH C. C., BROSTER W. H., JOHNSON V. W., LINE C., ROOK J. A. F., SUTTON J. D., TUCK V. J., 1967. The effect on milk yield and composition of adding calcium salts of acetic, propionic, butyric and lactic acids to the diets of dairy cows. *J. Dairy Res.*, **34**, 199-206.
- BLACK J. L., ROBARDS G. E., THOMAS R., 1973. Effects of protein and energy intakes on the wool growth of merinos wethers. *Aust. J. agric. Res.*, **24**, 399-412.
- BRODERICK G. A., KOWALCZYK T., SATTER L. D., 1970. Milk production response to supplementation with encapsulated methionine per os or casein per abomasum. *J. Dairy Sci.*, **53**, 1714-1721.
- CLARK J. H., 1975. Lactational responses to postprandial administration of proteins and amino acids. *J. Dairy Sci.*, **58**, 1178-1197.
- CLARK J. H., SPIRES H. R., DERRIG R. G., BENNINK M. R., 1977. Milk production, nitrogen utilization and glucose synthesis in lactating cows infused postprandially with sodium caseinate and glucose. *J. Nutr.*, **107**, 631-644.
- COCHRAN W. G., COX G. M., 1968. Incomplete latin squares, 507-544. In *Experimental designs*. John Wiley and Sons.
- DERRIG R. G., CLARK J. H., DAVIS C. L., 1974. Effect of abomasal infusion of sodium caseinate on milk yield, nitrogen utilization and amino acid nutrition of the dairy cow. *J. Nutr.*, **104**, 151-159.

- FAICHNEY G. J., 1975. The use of markers to partition digestion within the gastro-intestinal tract of ruminants, 277-291. In Mc DONALD J. W., WARNER A. C. I., *Digestion and metabolism in the ruminant*. Univ. New Engl., Publ. Unit, Armidale, Australia.
- FEHR P. M., SAUVANT D., DELAGE J., 1972. Effets isolés et combinés des acides acétique, propionique, laurique et stéarique sur la sécrétion lipidique de la mamelle de chèvre. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **12**, 289-306.
- GALLOUIN F., FOCANT M., 1980. Bases physiologiques du comportement alimentaire chez les ruminants. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **20**, 1563-1614.
- GORDON F. J., FORBES T. J., 1970. The associative effect of energy and protein intake in the dairy cow. *J. Dairy Res.*, **37**, 481-491.
- GUESSOUS F., FEHR P. M., DELAGE J., 1974. Influence de l'acétate et du propionate de Na ajoutés au régime avant et après la mise bas sur le métabolisme, la production et la composition lipidique du lait de chèvre. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **14**, 251-269.
- HAMASAKI M., SHOJI Y., TSUDA T., 1974. Effects of intraruminal infusion of acetic acid, Na-acetate and Ca-acetate on the physiological responses of sheep. *Tohoku J. agric. Res.*, **25**, 1-6.
- HARFOOT C. G., 1978. Lipid metabolism in the rumen. *Prog. Lipid Res.*, **17**, 21-54.
- HARRISON D. G., BEEVER D. E., THOMSON D. J., OSBOURN D. F., 1975. Manipulation of rumen fermentation in sheep by increasing the rate of flow of water from the rumen. *J. agric. Sci. Camb.*, **85**, 93-101.
- HERBEMONT G., 1975. Plans en blocs incomplets. In *Plans d'expérience*. Doc. Centre d'Enseignement et de Recherche de Statistique appliquée.
- HODEN A., 1977. L'abreuvement des vaches laitières. *Bull. Techn. CRZV Theix, INRA*, **28**, 9-15.
- HOLTER J. B., JONES L. A., COLOVOS N. F., URBAN W. E., 1972. Caloric value of acetate and propionate for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **55**, 1757-1762.
- I.N.R.A., 1978. *Alimentation des ruminants*. Ed. INRA Publ., Route de St-Cyr, 78000 Versailles, 597 pp.
- JARRIGE R., JOURNET M., VÉRITÉ R., CHAMPREDON C., PION R., 1978. Azote, 89-128. In *Alimentation des ruminants*. Ed. INRA Publ., route de St-Cyr, 78000 Versailles.
- JOURNET M., REMOND B., 1981. Response of dairy cows to protein level in early lactation. *Livest. Prod. Sci.*, **8**, 21-35.
- JOURNET M., VÉRITÉ R., REMOND B., 1976. Partition of energy intake between milk and body weight gain in dairy cows. In M. VERMOREL, *Energy metabolism of farm animals*. Proc. of 7th Symp. Vichy, EAAP Publ. n° 19, 323-326.
- ØRSKOV E. R., 1977. Capacity for digestion and effects of composition of absorbed nutrients on animal metabolism. *J. anim. Sci.*, **46**, 601-608.
- ØRSKOV E. R., FLATT W. P., MOE P. W., MUNSON A. W., HEMKEN R. W., KATZ J., 1969. The influence of ruminal infusion of volatile fatty acids on milk yield and composition and on energy utilization by lactating cows. *Br. J. Nutr.*, **23**, 443-453.
- ØRSKOV E. R., GRUBB D. A., KAY R. N. B., 1977. Effect of post-ruminal glucose or protein supplementation on milk yield and composition in Friesian cows in early lactation and negative energy balance. *Br. J. Nutr.*, **38**, 397-405.
- PONCET C., RAYSSIGUIER Y., 1980. Effect of lactose supplement on digestion of lucerne hay by sheep. I. — Sites of organic matter and nitrogen digestion. *J. anim. Sci.*, **51**, 180-185.
- PRUGNAUD J., PION R., 1976. Dosage des acides aminés dans les aliments. L'analyse des acides aminés. *Journ. Biochimie Beckman*, Nantes.
- REMOND B., JOURNET M., 1971. Alimentation des vaches laitières avec des rations à forte proportion d'aliments concentrés. I. — Quantités ingérées et production laitière. *Ann. Zootech.*, **20**, 169-184.
- REMOND B., JOURNET M., 1978. Effet du niveau d'apport azoté à des vaches au début de la lactation sur la production laitière et utilisation de l'azote. *Ann. Zootech.*, **27**, 139-158.
- REYNOLDS P. J., TYRELL H. F., MOE P. W., 1979. Effects of post-ruminal infusion of acetic acid on to three hay to concentrate ratios on apparent digestibilities and rumen parameters in cattle. *J. anim. Sci.*, **48**, 1491-1500.
- ROGERS G. L., BRYANT A. M., Mc LEAY L. M., 1979. Silage and dairy cow production. III. — Abomasal infusions of casein, methionine and glucose and milk yield and composition. *NZ. J. agric. Res.*, **22**, 533-541.

- ROOK J. A. F., BALCH C. C., 1961. The effects of intraruminal infusions of acetic propionic and butyric acids on the yield and composition of the milk of the cow. *Brit. J. Nutr.*, **15**, 361-369.
- ROOK J. A. F., BALCH C. C., JOHNSON V. W., 1965. Further observations on the effects of intraruminal infusions of volatile fatty acids and of lactic acid on the yield and composition of the milk of the cow. *Brit. J. Nutr.*, **19**, 93-99.
- RULQUIN H., 1981. Etude méthodologique sur la mesure des différences artérioveineuses mammaires chez la vache laitière. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **21**, 31-46.
- SCHWAB C. G., SATTER L. D., CLAY A. B., 1976. Responses of lactating dairy cows to abomasal infusions of amino-acids. *J. Dairy Sci.*, **59**, 1254-1270.
- SPERBER I., HYDEN S., EKMAN J., 1953. The use of PEG as a reference substance in the study of ruminant digestion. *Ann. roy. agric. Coll. Sweden*, **20**, 337-344.
- SPIRES H. R., CLARK J. H., DERRIG R. G., DAVIS C. L., 1975. Milk production and nitrogen utilization in response to postruminal infusion of sodium caseinate in lactating cows. *J. Nutr.*, **105**, 1111-1121.
- STORRY J. E., ROOK J. A. F., 1965. Effect in the cow of intraruminal infusions of volatile fatty acids and of lactic acid on the secretion of the component fatty acids of the milk fat and on the composition of blood. *Biochem. J.*, **96**, 210-217.
- STORRY J. E., SUTTON J. D., 1969. The effect of change from low-roughage to high-roughage diets on rumen fermentation, blood composition and milk fat secretion in the cow. *Br. J. Nutr.*, **23**, 511-521.
- SUTTON J. D., 1976. Energy supply from digestive tract on cattle, 121-143. In SWAN H., BROSTER W. H. *Principles of cattle production*. Butterworths, London.
- VÉRITÉ R., JOURNET M., 1977. Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières. II. — Effets sur la production laitière du traitement des tourteaux et du niveau d'apport azoté au début de la lactation. *Ann. Zootech.*, **26**, 183-205.
- VÉRITÉ R., PONCET C., CHABI S., PION R., 1977. Utilisation des tourteaux traités au formol par les vaches laitières. I. — Aspects digestifs. *Ann. Zootech.*, **26**, 167-181.
- VIK-MO L., EMERY R. S., HUBER J. T., 1974. Milk protein production in cows abomasally infused with casein or glucose. *J. Dairy Sci.*, **57**, 869-877.
- WESTON R. H., HOGAN J. P., 1968. The digestion of pasture plants by sheep. I. — Ruminant production of volatile fatty acids by sheep offered diets of ryegrass and forage oats. *Aust. J. agric. Res.*, **19**, 419-432.
- WILSON G. F., DAVEY A. W. F., DOLBY R. M., 1967. Milk composition as affected by intraruminal infusion of volatile fatty acids to cows on a restricted ration. *N.Z. J. agric. Res.*, **10**, 215-225.
-