

ALIMENTATION DES VACHES LAITIÈRES AVEC DES RATIONS A FORTE PROPORTION D'ALIMENTS CONCENTRÉS

II. — COMPORTEMENT ALIMENTAIRE ET DIGESTION DANS LE RUMEN

B. RÉMOND et M. JOURNET

avec la collaboration technique de Jeanne FLÉCHET, Renée LEFAIVRE et A. OLLIER

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
63 - Saint-Genès-Champagnelle*

RÉSUMÉ

Avec 5 vaches en lactation, porteuses d'une fistule du rumen, nous avons étudié la digestibilité et la digestion dans le rumen de régimes constitués d'un foin (de fléole ou de luzerne) et d'un aliment concentré (orge + tourteaux, ou orge + urée), distribués tous deux à volonté. Les régimes avaient été utilisés lors d'une expérience précédemment rapportée (RÉMOND et JOURNET, 1971).

De nouveau, les animaux ont de beaucoup préféré l'aliment concentré au foin et en ont ingéré une quantité environ 4 fois supérieure (tabl. 1). L'ingestion de la ration a occupé environ un quart du temps des animaux (tabl. 2) et s'est caractérisée par son étalement au cours du nycthémère (fig. 1). Le temps de rumination a aussi occupé environ un quart du temps des animaux.

La digestibilité de la ration a été élevée (tabl. 3) mais a été inférieure à la somme des digestibilités du foin et de l'aliment concentré.

L'activité cellulolytique et le pH du contenu de rumen ont été faibles (tabl. 3 et fig. 2) ; la composition du mélange des acides gras volatils a été instable. Entre le pourcentage des acides acétique + butyrique et le taux butyreux du lait, la corrélation a été hautement significative ($r = 0,788$; $P < 0,01$). La teneur du jus de rumen en azote ammoniacal a varié avec les aliments concentrés que recevaient les animaux (tabl. 4) ; quand les vaches ingéraient 340 g d'urée par jour, elle a été de 21,6 mg/100 ml.

Les résultats ont été discutés à propos de trois thèmes : la régulation des quantités ingérées avec les régimes riches en aliments concentrés, la relation entre la composition du mélange des acides gras volatils et le taux butyreux, et l'utilisation de l'urée.

INTRODUCTION

Les principaux problèmes posés par l'alimentation des vaches laitières avec des régimes riches en aliments concentrés concernent l'appétit des animaux, l'utilisation de l'énergie ingérée pour la production du lait et les risques de troubles, en particulier digestifs.

Nous avons réalisé avec les mêmes aliments, 2 essais dans lesquels nous avons offert à des vaches, en permanence et à volonté, un foin et un aliment concentré. Dans le 1^{er} essai effectué avec 24 vaches (RÉMOND et JOURNET, 1971), nous avons observé que les aliments concentrés étaient ingérés en quantité 6 fois plus élevée en moyenne que le foin et que le passage de leur teneur en azote de 2,0 à 3,3 p. 100 augmentait d'environ 2 kg les quantités que les animaux en ingéraient, que le supplément d'azote soit apporté par du tourteau ou de l'urée ; par ailleurs, bien que les animaux disposaient d'une quantité importante d'énergie, leur production laitière avait diminué de façon anormalement rapide (15 p. 100 par mois) et la teneur du lait en matières grasses avait été faible (25 p. 1 000 environ) ; en revanche, le gain de poids avait été important (800 g/j).

C'est pour interpréter ces résultats que nous avons réalisé simultanément ce 2^e essai avec des vaches porteuses d'une fistule du rumen. Nous avons étudié plus particulièrement le comportement alimentaire des animaux (façon dont ils répartissent leur activité de mastication au cours de la journée) et la digestion dans le rumen.

En effet, le comportement alimentaire des ruminants alimentés avec des régimes riches en aliments concentrés n'a fait l'objet que de quelques études ou mesures (FREER et CAMPLING, 1965 ; CAMPLING, 1966 ; BINES et DAVEY, 1970), bien que, avec d'autres aliments, il ait été relié à la digestion dans le rumen (cf. études de SKOURI, 1966 avec des régimes de paille) et qu'il se soit révélé une voie d'étude intéressante de la régulation des quantités ingérées (GORDON, 1965 ; FREER et CAMPLING, 1965).

Par ailleurs, la digestion dans le rumen et en particulier la composition du mélange des acides gras volatils a été reliée à l'efficacité de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la production laitière (cf. BLAXTER, 1962 ; COPPOCK *et al.*, 1964 ; ORSKOV *et al.*, 1969) et à la teneur en matières grasses du lait (VAN SOEST et ALLEN, 1959 ; SHAW *et al.*, 1959 ; HAWKINS *et al.*, 1963 ; JORGENSEN *et al.*, 1965 ; STORRY et ROOK, 1966).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dispositif expérimental et alimentation

L'expérience a été divisée en trois périodes expérimentales de 4 semaines (2 semaines de transition et 2 semaines de mesures). Cinq vaches porteuses d'une large fistule du rumen ont été utilisées, qui étaient en moyenne à leur 146^e jour de lactation au début de l'expérience. Elles étaient en permanence en stabulation entravée, sur des stalles revêtues d'une plaque de caoutchouc, et étaient alimentées individuellement.

Nous avons utilisé les mêmes aliments que dans l'essai précédent (RÉMOND et JOURNET, 1971) ; d'une part, deux foins présentés sous forme normale, l'un de fléole et l'autre de luzerne, dont les coefficients de digestibilité apparente de la matière organique mesurée avec 4 moutons étaient respectivement de 59,4 p. 100 et 57,2 p. 100 ; d'autre part, trois aliments concentrés à base d'orge (orge + minéraux, orge + tourteaux + minéraux, orge + urée + minéraux) présentés sous forme condensée et différant par la teneur en matières azotées (12,6 ; 20,7 et 21,0 p. 100 respectivement pour les trois aliments).

Deux vaches (2342 et 2898) recevaient le foin de fléole et les 3 autres (1113, 2039 et 2050) le foin de luzerne. Toutes ont successivement reçu les aliments concentrés orge, orge + tourteaux et orge + urée au cours des 3 périodes expérimentales. Le foin et l'aliment concentré étaient distribués simultanément à 6 heures et à 18 heures, avec un pourcentage de refus d'environ 15 p. 100.

Mesures

Pour chaque vache et à chaque période expérimentale on a mesuré :

— le poids et la teneur en matière sèche des aliments distribués et refusés, la quantité de lait produite, le taux butyreux (TB), la teneur en matières azotées du lait et le poids vif des animaux, comme l'ont exposé RÉMOND et JOURNET (1971) ;

— le comportement alimentaire des animaux par enregistrement graphique des mouvements de la mâchoire (RUCKEBUSCH, 1963) ;

— les coefficients de digestibilité apparente des principaux constituants de la ration, par collecte totale des fèces pendant 7 jours ;

— l'activité cellulolytique du jus de rumen par la méthode des sachets de nylon avec du papier-filtre comme substrat (DEMARQUILLY et CHENOST, 1969) ; le pH du jus de rumen prélevé 2 jours consécutifs à 6 h, 7 h, 9 h, 11 h, 15 h et 17 h ; la concentration et la composition du mélange des acides gras volatils (AGV) présents dans le jus de rumen (RIGAUD et JOURNET, 1970) prélevé de façon continue pendant 24 heures consécutives avec une pompe digitale, 2 ou 3 jours consécutifs ; les concentrations de l'azote ammoniacal (CONWAY, 1962) et de l'acide lactique (BARKER et SUMMERSON, 1941) dans le jus de rumen prélevé à 7 h, 9 h, 11 h, 15 h et 17 h, pendant 2 jours.

Les mesures de digestibilité et de digestion dans le rumen n'ont été faites que sur 4 vaches à la fois, la vache 1113 n'étant utilisée que pour remplacer un animal expérimental qui aurait pu devenir indisponible.

RÉSULTATS

La nature du foin n'ayant pas eu d'influence significative sur les résultats des mesures que nous avons faites, nous appellerons dans la suite de l'exposé, régime orge, régime orge + tourteaux et régime orge + urée, les régimes dont l'aliment concentré était l'orge, l'orge + tourteaux ou l'orge + urée, quel qu'ait été le foin auquel il était associé.

Comme dans l'essai précédent (RÉMOND et JOURNET, 1971), les vaches ont de beaucoup préféré les aliments concentrés au foin et en ont ingéré journellement environ 12 kg ⁽¹⁾ (tabl. 1) ; elles ont produit un lait à faible TB (31,0 g p. 1 000) et à teneur en matières azotées croissante avec le déroulement de l'expérience (de 0,5 g p. 1 000 par semaine) ; elles ont gagné du poids (environ 670 g/jour).

Les quantités de foin ingérées (2,48 à 3,13 kg) ont été plus importantes que dans l'essai précédent de 1 à 1,5 kg, ce qui est vraisemblablement dû à l'absence de litière de paille. D'autre part, le TB a été moins bas. Cependant, le faible nombre d'animaux ne permet pas de comparer rigoureusement les résultats des 2 essais.

Comportement alimentaire

Pour une quantité moyenne de ration ingérée de 15,16 kg (3,13 kg de foin et 12,03 kg d'aliments concentrés) pendant l'ensemble des jours d'enregistrement du comportement alimentaire, les animaux ont passé environ un quart de leur temps à ingérer, un quart à ruminer et la moitié à ne pas mastiquer (tabl. 2). Le temps passé à ingérer (en p. 100 du temps total) n'a pas été différent entre les régimes et pour l'ensemble des vaches et des régimes, il n'a été ni lié à la quantité de foin ingérée, ni

(¹) Les quantités d'aliments ingérés sont exprimées en poids de matière sèche.

à la quantité totale d'aliments ingérée. Le temps passé à ruminer (en p. 100 du temps total) a été lié à la quantité de foin ingérée ($r = 0,703$; $P < 0,05$) ⁽¹⁾ mais pas à la quantité totale de ration ingérée.

TABLEAU I

*Quantités d'aliments ingérées, production et composition du lait
et poids vif au cours des trois périodes expérimentales*

(Moyennes (*) par jour et par animal)

Période	1	2	3
Régime	Orge	Orge + tourteaux	Orge + urée
Nombre de vaches	5	5	4
Quantités d'aliments ingérées (kgMS)			
Foin	3,06 (0,93)**	3,13 (1,24)	2,48 (1,05)
Aliment concentré	10,74 (2,66)	10,83 (4,12)	13,19 (1,85)
Total	13,80 (2,76)	13,96 (3,46)	15,67 (2,34)
Production (kg) et composition (g/p. 1 000) du lait			
Quantité de lait	12,1	10,3	7,8
Taux butyreux	23,0 (6,2)	34,1 (11,8)	29,8 (6,0)
Teneur en matières azotées	33,4 (2,3)	37,5 (2,2)	37,7 (2,6)
Poids vif des vaches (kg)	587	599	658

* Les moyennes ont été calculées sur les 10 moyennes individuelles hebdomadaires (5 vaches × 2 semaines) pour les périodes 1 et 2, et sur 8 moyennes (4 vaches × 2 semaines) pour la période 3.

** () Écart-type de la moyenne.

Par kg de ration ingérée, les temps d'ingestion et de rumination ont été en moyenne de 22,8 et 25,5 minutes respectivement. Par kg de foin ingéré, le temps de rumination a été en moyenne de 130 minutes et pour l'ensemble des vaches et des régimes, il a été étroitement lié à la quantité de foin ingérée ($r = -0,893$; $P < 0,01$). Ces résultats sont semblables à ceux de BINES et DAVEY (1970) qui, avec un régime broyé et aggloméré comportant 20 p. 100 de paille et offert à volonté pendant 5 heures, ont observé des temps d'ingestion par kg de ration ingéré de 15,7 minutes et un temps de rumination par kg de paille ingéré de 102,5 minutes. Les auteurs signalaient aussi une augmentation du temps de rumination par kg de paille ingéré quand la proportion de paille dans la ration diminuait.

La répartition du temps d'ingestion au cours du nyctémère est caractérisée par

⁽¹⁾ Les coefficients de corrélation rapportés ci-après ont été calculés avec un couple de valeurs par vache et par régime expérimental, soit 11 couples de valeurs au total (4 vaches avec les régimes orge et orge + urée et 3 vaches avec le régime orge + tourteaux).

TABLEAU 2
Comportement alimentaire

Régime	Nombre d'animaux	Quantités d'aliments ingérées (kg MS)		Nombre de périodes*		Temps (% du temps total)		Temps de mastication (% du temps du cycle)		Temps (mn) par kg de MS totale ingérée		Temps d'ingestion par kg de foin ingéré	
		Foin	Aliment concentré	Total	Ingestion	Rumination	Ingestion	Rumination	Cycle diurne	Cycle nocturne	Ingestion		Rumination
Orge	4	3,00	12,08	15,08	15,5 (0,5)	14,8 (2,8)	24,2 (5,3)	26,2 (2,2)	49,5 (4,5)	46,2 (5,3)	23,2 (3,6)	25,6 (3,9)	133 (31,3)
Orge + Tourteaux	3	3,97	10,31	14,28	14,4 (1,1)	15,4 (2,4)	22,9 (4,9)	28,9 (3,4)	49,2 (7,6)	48,6 (6,4)	23,8 (6,3)	31,0 (8,6)	113 (35,3)
Orge + Urée	4	2,64	13,28	15,92	14,6 (1,6)	13,7 (3,0)	23,8 (4,2)	23,4 (4,0)	44,5 (8,0)	42,2 (9,7)	21,7 (3,5)	21,3 (4,5)	140 (49,6)
Moyenne		3,13	12,03	15,16	14,9	14,6	23,7	25,9	—	—	22,8	25,5	130

* Le nombre de périodes d'ingestion ou de rumination est le nombre de périodes au cours desquelles l'animal a ingéré ou ruminé pendant au moins 5 minutes.
() Écart-type.

son étalement (fig. 1). Dans l'heure qui suit chacune des 2 distributions d'aliments, les animaux passent au moins 75 p. 100 de leur temps à ingérer ; dès l'heure suivante, ce pourcentage est inférieur à 50 p. 100. Par ailleurs, les animaux fractionnent leur temps d'ingestion en un nombre important de périodes (14,9 en moyenne). Dans les mêmes conditions d'alimentation mais avec des régimes à base de foin ou de paille, les animaux consacrent en majeure partie à l'ingestion les 2 ou 3 heures qui suivent

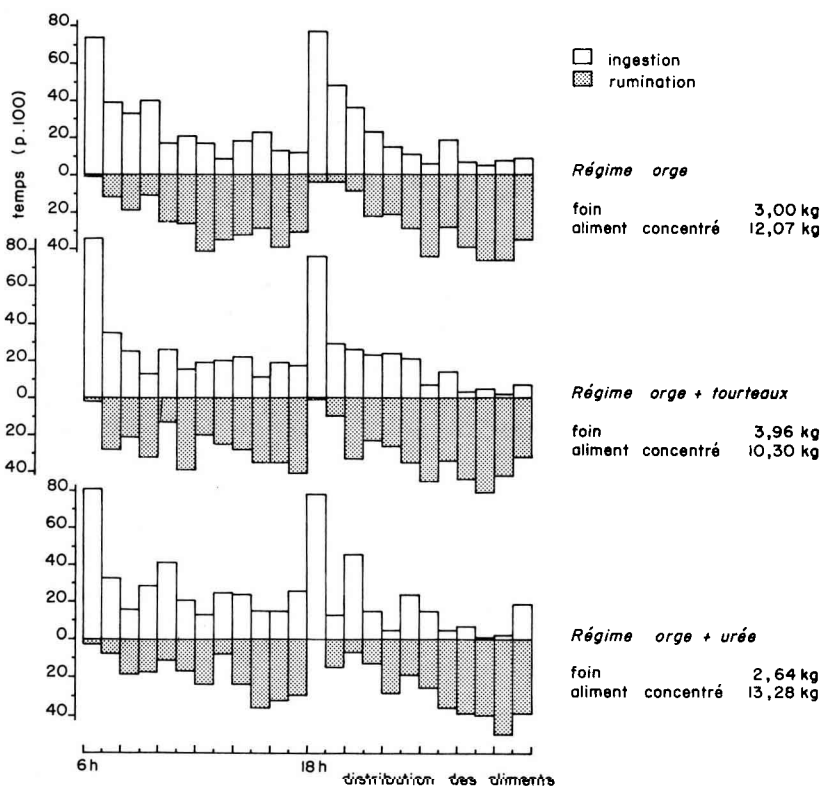


FIG. 1. — Répartition au cours du nyctémère des temps passés pendant chaque heure à ingérer et à ruminer

la distribution des aliments (SKOURI, 1966). Le temps passé à l'ingestion semble être réparti d'une façon légèrement différente pour les 3 régimes : avec l'orge, il est plus groupé au début de chaque cycle qu'avec les deux autres régimes ; avec l'orge + tourteaux il est assez régulièrement réparti, en particulier pendant le cycle diurne ⁽¹⁾ ; avec l'orge + urée l'ingestion des aliments semble être périodique.

Hormis pendant l'heure qui suivait la distribution des aliments, le temps de mastication (ingestion + rumination) a été assez constant pour les 3 régimes pendant chaque heure des cycles diurne et nocturne. Il en résulte des corrélations négatives

⁽¹⁾ Nous avons appelé cycle diurne les 12 heures comprises entre la distribution des aliments du matin et celle du soir ; cycle nocturne les 12 heures comprises entre la distribution des aliments du soir et celle du matin.

TABLEAU 3

Coefficients d'utilisation digestive apparente des différents constituants de la ration et activité cellulolytique dans le rumen (*)

Numéro de la vache	Aliment concentré	Ration ingérée			Coefficient d'utilisation digestive apparente				Papier filtre disparu (%)	
		Foin	Quantité totale (kg MS)	Aliment concentré (% ration)	Matières azotées (N x 6,25) (% ration)	Matière organique de la ration	Matière organique de l'aliment concentré	Azote		Cellulose brute
2 898			14,80	83	11,8	74,5	77,5	74,5	30,2	9,7
2 342			13,71	73	11,4	73,4	78,6	65,2	31,1	25,8
2 050	Orge		16,07	86	12,3	72,7	75,2	67,9	6,9	5,9
2 039			15,90	73	12,0	70,4	75,3	67,6	27,2	41,0
Moyenne				78,7	11,8	72,7 (1,7)	76,6 (1,6)	68,8 (4,0)	23,8 (11,4)	13,1 (8,7)
2 898			13,29	82	18,4	76,9	80,7	82,3	6,6	16,1
2 342			16,45	72	17,2	74,5	80,2	76,4	27,2	19,4
2 039	Orge + Tourneaux		13,98	66	17,2	71,5	78,7	74,1	21,0	20,0
Moyenne				73,3	17,6	74,3 (2,7)	79,9 (1,0)	77,6 (4,2)	18,3 (10,6)	18,5 (2,1)
2 898			14,90	86	19,2	78,8	81,8	83,7	29,5	10,2
2 342			17,37	75	17,8	74,7	79,8	77,4	32,4	29,1
2 050	Orge + Urée		18,61	86	19,5	80,7	84,5	81,6	44,8	5,7
1 113			13,51	86	19,5	79,7	83,7	84,0	29,7	23,2
Moyenne				83,2	19,0	78,5 (2,6)	82,4 (2,1)	81,7 (3,1)	34,1 (7,5)	17,0 (16,9)

* Mesurée par les proportions de papier-filtre dégradé dans le rumen au bout de 48 heures.

() Ecart-type.

comprises entre — 0,55 et — 0,93 entre les pourcentages de temps passé pendant chaque heure à ingérer et à ruminer au cours des cycles diurne et nocturne.

Digestibilité des rations

La digestibilité de la matière organique des 3 régimes a été supérieure à 70 p. 100 (tabl. 3). Celle des aliments concentrés, calculée en attribuant aux foins les valeurs mesurées sur les moutons (57,2 p. 100, pour le foin de luzerne et 59,4 p. 100 pour le foin de fléole) a été comprise entre 76,6 et 82,4 p. 100 ; celle de l'orge + tourteaux a été de 79,9 p. 100, alors que pour le même aliment concentré distribué à des bœufs en quantité limitée, THIVEND et JOURNET (1968) ont trouvé une digestibilité d'environ 89 p. 100 ; la digestibilité des aliments concentrés les plus riches en azote (orge + tourteaux et orge + urée) a été supérieure à celle de l'orge.

Les digestibilités de l'azote des régimes orge + tourteaux et orge + urée, qui avaient des teneurs en azote semblables, n'ont pas été significativement différentes (dans le régime orge + urée, 38 p. 100 de l'azote était sous forme d'urée). La digestibilité de la cellulose brute, dont la teneur dans les rations était en moyenne de 11,4 p. 100 a été très variable et faible (26 p. 100 en moyenne pour les 3 régimes) ; cette valeur est comparable à celle qu'ont trouvée BELL *et al.* (1963) avec une ration constituée de 75 p. 100 d'aliments concentrés et 25 p. 100 de foin, mais de beaucoup inférieure à celle (50,6 p. 100) qu'ont enregistrée HINDERS et OWEN (1963) avec celui de leur régime qui ne contenait que 12,4 p. 100 de cellulose brute ; il est cependant à noter que ces auteurs distribuaient l'aliment concentré en quantité limitée. Malgré la grande variabilité des résultats, il semble que la digestibilité de la cellulose brute du régime qui contenait de l'urée ait été supérieure à celle des deux autres. La faible digestibilité de la cellulose brute indique probablement que le foin a eu une digestibilité inférieure à celle qui avait été mesurée quand il était distribué seul à des moutons, et que les aliments concentrés ont eu des digestibilités supérieures à celles que nous avons calculées.

Digestion dans le rumen

Activité cellulolytique du jus de rumen.

La quantité de papier-filtre disparue des sachets de nylon après 48 heures de présence dans le rumen a été faible (16,0 p. 100 en moyenne au lieu de 40 à 70 p. 100 avec des régimes classiques), et très variable (tabl. 3). La nature du foin n'a pas eu d'influence sur le pourcentage du papier-filtre disparu. La faible activité cellulolytique du jus de rumen explique la faible digestibilité de la cellulose brute de la ration : il n'y a cependant pas de corrélation entre les valeurs correspondantes de l'une et de l'autre.

pH du jus de rumen

Le pH du jus de rumen a été faible en moyenne mais a beaucoup varié au cours de la journée (fig. 2) : supérieur ou égal à 6,40 juste avant la distribution des aliments du matin, il a ensuite diminué de 0,7 unité pH (avec le régime orge + tourteaux) à 0,9 unité pH (avec le régime orge + urée) jusqu'au prélèvement effectué 5 heures après, pour lequel le pH semble avoir à peu près atteint sa valeur la plus faible. Il a

remonté avant la distribution des aliments du soir, sans cependant atteindre la valeur qu'il avait avant la distribution du matin. Il semble que le pH ait été légèrement plus faible avec l'orge qu'avec les 2 autres aliments concentrés.

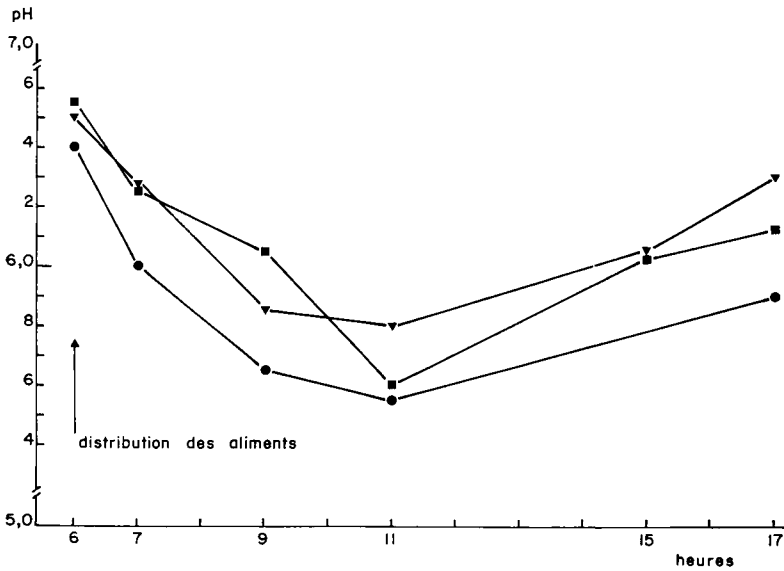


FIG. 2. — Évolution du pH du jus de rumen au cours de la journée

● — orge; ▲ — orge + tourteaux; ■ — orge + urée.

Concentration et composition du mélange des acides gras volatils

La concentration des AGV dans le jus de rumen a été élevée (137 mmole/litre) ; les différences entre les 3 régimes n'ont pas été significatives (tabl. 4).

La composition du mélange d'AGV a beaucoup varié pour le même régime entre les animaux et parfois d'un jour à l'autre jour pour le même animal. Malgré cela on note qu'elle a été différente selon les régimes. Quand les vaches recevaient le régime orge, la composition du mélange d'AGV a été davantage semblable à celle qui est observée avec des régimes classiques que lorsqu'elles recevaient les régimes orge + tourteaux et orge + urée. Cette différence peut être due non seulement au régime mais aussi à la durée plus courte pendant laquelle les animaux avaient reçu une ration riche en aliments concentrés (COOK et MILLER, 1965).

La proportion de l'acide acétique a été faible, particulièrement avec les régimes orge + tourteaux et orge + urée, et semblable à celle qu'ont observée JORGENSEN et SCHULTZ (1965) et TOPPS *et al.* (1966) avec des régimes riches en aliments concentrés. En revanche, les proportions des acides propionique, butyrique et *n*-valérianique ont été élevées. Entre animaux et entre régimes, la proportion de l'acide propionique a eu tendance à varier en sens inverse de celle de l'acide butyrique, mais dans le même sens que celle de l'acide *n*-valérianique ; les liaisons n'ont cependant pas été significatives. Ces résultats confirment ceux de JORGENSEN *et al.* (1965), de HUBER et BOMAN (1966) et de STORRY et ROOK (1966) qui ont signalé des pourcentages élevés d'acide *n*-valérianique avec des régimes riches en aliments concentrés, et de JOR-

GENSEN *et al.* (1965) et TOPPS *et al.* (1966) qui ont trouvé des corrélations hautement significatives ($r = 0,540$ et $r = 0,903$ respectivement) entre les pourcentages des acides propionique et *n*-valérianique.

TABLEAU 4

Concentration de différents constituants dans le jus de rumen

Période	1		2		3				
Régime	Orge		Orge + tourteaux		Orge + urée				
Aliment concentré (% de la ration)	79		74		83				
Acides gras volatils									
Concentration (mmoles/l)	132,2	(25,8)	137,5	(22,5)	142,6	(9,8)			
Composition (moles %)									
C ₂	57,5	(4,3)	46,7	(4,5)	51,2	(4,8)			
C ₃	19,7	(4,4)	27,6	(11,6)	24,8	(3,9)			
<i>iso</i> C ₄	0,5	(0,3)	0,5	(0,1)	0,1	(0,05)			
C ₄	15,0	(1,8)	17,9	(7,9)	19,5	(7,0)			
<i>iso</i> C ₅	2,3	(2,3)	0,8	(0,4)	0,3	(0,2)			
C ₅	4,4	(2,4)	3,9	(3,5)	3,6	(0,7)			
Azote ammoniacal (mg N-NH ₃ /100 ml)									
7 h	Seulement 3 échantillons sur 40 ont eu une concentration supérieure à 1,5 mg/100 ml		8,8	(2,7)	31,1	(3,2)			
9 h			4,1	(1,4)	15,8	(7,1)			
11 h			3,8	(1,3)	25,7	(9,7)			
15 h			6,2	(2,7)	22,0	(11,5)			
17 h			6,5	(1,4)	13,6	(7,3)			
Moyenne			5,9		21,6				
Acide lactique (g/l)	N*	A*	C*	N	A	C	N	A	C
7 h	8	2	0,33	6	6	0,55	8	2	0,14
9 h	8	5	0,21	6	3	0,88	8	0	—
11 h	8	3	0,38	6	3	0,88	8	1	0,05
15 h	8	0	—	6	1	0,39	8	0	—
17 h	8	0	—	6	1	0,08	8	0	—

* On a désigné par N, le nombre d'échantillons analysés ; par A, le nombre d'échantillons dans lesquels on a pu mesurer la concentration de l'acide lactique, et par C, la moyenne des concentrations dans les échantillons A.

() Écart-type.

Le TB a été lié à la composition du mélange d'AGV présent dans le jus de rumen. Entre le TB et le pourcentage des acides acétique + butyrique, la corrélation a été significative ($r = +0,697$) ou hautement significative ($r = +0,788$) selon que les TB étaient respectivement ceux du lait produit pendant la semaine ou le jour même du prélèvement de jus de rumen.

Concentration du jus de rumen en azote ammoniacal

Avec le régime orge, 3 échantillons seulement sur les 40 qui ont été analysés ont eu une concentration en azote ammoniacal supérieure à 1,50 mg/100 ml. Avec l'orge + tourteaux, la concentration en azote ammoniacal a aussi été faible (5,9 mg/100 ml) bien que la teneur en azote de la ration ait été importante (2,81 p. 100).

Avec le régime orge + urée dont la teneur en azote total était légèrement supérieure à celle du régime orge + tourteaux (3,04 p. 100), la concentration moyenne de l'azote ammoniacal dans le jus de rumen a été de 21,6 mg/100 ml (soit 4 fois plus que celle qui avait été enregistrée avec le régime orge + tourteaux), et la concentration maximale a été de 40,5 mg/100 ml. Ces valeurs sont cependant modérées, compte tenu de la quantité importante d'urée ingérée : 340 g par jour environ.

Avec le régime orge + urée, il existe une corrélation hautement significative ($r = + 0,66$; $P < 0,01$) entre la concentration de l'azote ammoniacal dans le jus de rumen et le pourcentage du temps passé par les animaux à ingérer, dans l'heure précédant la prise de l'échantillon de jus de rumen.

Concentration du jus de rumen en acide lactique

La présence de l'acide lactique dans le jus de rumen n'a pu être décelée que dans 27 échantillons sur les 110 qui ont été analysés (tabl. 4). La concentration a dépassé 1 g/litre trois fois et la valeur maximale a été de 2,1 g/l. La proportion la plus élevée d'échantillons dans lesquels la présence d'acide lactique a pu être mise en évidence et la concentration moyenne la plus importante ont été enregistrées avec le régime orge + tourteaux.

DISCUSSION

Quantités d'aliments ingérées et comportement alimentaire

Le passage de la teneur de l'aliment concentré en matières azotées de 12,6 à 20,8 p. 100 a entraîné une augmentation de la quantité d'aliments ingérée d'environ 21 p. 100 (RÉMOND et JOURNET, 1971). Dans le cas des fourrages pauvres, l'apport complémentaire d'azote dans le régime jusqu'à une teneur de 8 à 9 p. 100 entraîne une augmentation des quantités ingérées (BLAXTER et WILSON, 1963) à cause de son action au niveau digestif (stimulation de la digestion dans le rumen ; CAMPING *et al.*, 1962 ; SKOURI, 1966) et, ou, métabolique (amélioration de l'état de nutrition azotée de l'animal ; EGAN et MOIR, 1965). Avec le régime à forte proportion d'aliments concentrés utilisé dans cette expérience, l'apport supplémentaire d'azote a pu agir sur la vitesse de digestion dans le rumen, comme le suggère la composition du mélange des AGV. Est-ce la cause de l'accroissement du niveau d'ingestion, ce qui pourrait signifier que l'encombrement du rumen peut être un des facteurs qui limite les quantités ingérées, même avec les régimes riches en aliments concentrés ? Ou bien, les quantités ingérées plus élevées sont-elles dues à un meilleur équilibre des nutriments énergétiques et azotés et à leur meilleure utilisation métabolique ? Récemment, ORSKOV *et al.* (1971) ont montré que l'ingestion par des agneaux de solutions de pro-

téines qui passaient directement dans la caillette augmentait les quantités d'aliments concentrés ingérées.

Dans cet essai, quelle que soit la teneur en azote de la ration, le temps de mastication (ingestion + rumination) des vaches a été plus faible que celui mesuré par JOURNET (résultats non publiés) sur des vaches qui recevaient des régimes classiques : d'environ 20 p. 100 pour le temps d'ingestion et de 30 p. 100 pour le temps de rumination. Cela confirme les résultats enregistrés précédemment (RÉMOND, 1969) et tend à prouver que les phénomènes buccaux n'entrent pas en jeu dans la limitation des quantités ingérées avec des régimes riches en aliments concentrés. Le passage de la teneur en matières azotées de l'aliment concentré de 12,6 à 20,8 p. 100 a entraîné une diminution du temps d'ingestion pendant les 3 heures qui suivaient la distribution des aliments. L'augmentation possible de la vitesse de digestion dans le rumen des régimes les plus riches en azote pourrait l'expliquer : certains produits de dégradation des aliments, formés plus rapidement, pourraient informer plus tôt les récepteurs impliqués dans la régulation de l'ingestion, qu'on les situe dans la paroi du rumen (BAILE et MAYER, 1969), dans le foie (THYE *et al.*, 1970) ou dans l'hypothalamus (cf. BAILE, 1968).

Digestion dans le rumen et sécrétion des matières grasses du lait

L'importante variabilité que nous avons observée de la composition du mélange des AGV du jus de rumen d'un jour à l'autre et d'un animal à l'autre avec des régimes à forte proportion d'aliments concentrés avait déjà été signalée (STORRY et ROOK, 1966). Avec des régimes uniquement constitués d'aliments concentrés à base d'orge, distribués en quantité limitée, EADIE *et al.* (1970) ont enregistré d'importantes variations de la concentration ⁽¹⁾ des ciliés et des bactéries du jus de rumen, et de la composition du mélange des AGV ; distribués à volonté, les mêmes régimes entraînaient une disparition complète des ciliés, une augmentation de la concentration des bactéries et une proportion plus élevée de l'acide propionique dans le mélange des AGV, au détriment des acides acétique et butyrique.

Des liaisons entre le TB du lait et la composition du mélange des AGV du jus de rumen ont souvent été observées ; ainsi, SHAW *et al.* (1959) ont trouvé avec des rations qui entraînaient la production d'un lait à faible TB, une corrélation de + 0,64 entre le TB et la proportion de l'acide acétique dans le mélange des AGV, et de - 0,63 entre le TB et la proportion de l'acide propionique. HAWKINS *et al.* (1963) ont trouvé une corrélation de + 0,753 entre la proportion des acides acétique + butyrique et le TB, et JORGENSEN *et al.* (1965) une corrélation de - 0,474 entre le TB et le pourcentage de l'acide propionique.

Nous avons observé une liaison plus étroite entre le pourcentage des acides acétique + butyrique ou de l'acide propionique dans le mélange des AGV et le TB du lait produit le jour même du prélèvement du jus de rumen, qu'entre ces mêmes pourcentages et le TB du lait produit pendant la semaine ; cela suggère que les variations journalières du TB avec ce type de régime sont en partie liées aux variations de la composition du mélange des AGV. L'effet de cette variation de composition sur le TB serait rapide. SATTER et BRINGE (1969) ont constaté avec des vaches fistulées

(1) Exprimé par le nombre de ciliés ou de bactéries par ml de jus de rumen.

qu'après un changement brutal de régime alimentaire accompagné d'un échange de contenu de rumen avec une autre vache fistulée déjà adaptée au nouveau régime, 70 p. 100 de la différence entre les TB des laits produits avec les deux régimes étaient comblés dans les 3 jours qui suivaient le changement. Cependant, STORRY et ROOK (1966) ont signalé qu'avec des régimes riches en aliments concentrés, la composition du mélange des AGV du jus de rumen variait d'un jour à l'autre, mais que le TB du lait ne variait pas corrélativement.

Si le TB semble surtout lié à la proportion des acides acétique + butyrique dans le mélange des AGV, la déviation du métabolisme lipidique observée dans l'expérience précédente (diminution importante de la sécrétion à la fois des acides gras courts et longs du lait et engraissement des animaux ; RÉMOND et JOURNET, 1971) pourrait davantage être liée au rapport de la concentration de l'acide acétique (précurseur des acides gras du lait à chaîne courte) à celle de l'acide propionique (glucoformateur et favorable à l'engraissement). Ce rapport, compris entre 1,7 et 2,9, a été faible comparé à ceux observés avec les régimes classiques : 3,5 à 4,5.

Utilisation de l'urée

Dans un essai précédent (RÉMOND et JOURNET, 1971), nous avons constaté que l'aliment concentré qui contenait 2,6 p. 100 d'urée avait été aussi bien ingéré que celui qui contenait du tourteau. Il n'avait pas été possible de mettre en évidence des différences dans la quantité de lait produite, probablement à cause de la faible production laitière des animaux et du schéma expérimental adopté. Dans cet essai, nous avons observé que les concentrations moyennes et maximales de l'azote ammoniacal dans le jus de rumen ont été relativement faibles malgré des quantités importantes d'urée ingérées (340 g par jour environ) ; cela suggère que l'utilisation de l'azote uréique par les microorganismes du rumen a été bonne. Les raisons pourraient être les suivantes :

1^o la ration était essentiellement composée de céréales et était par conséquent riche en amidon ; la quantité d'azote uréique ingérée a correspondu à la quantité d'azote que contiendraient les protéines microbiennes synthétisées, en admettant que leur quantité représentait 10 p. 100 de la matière organique digestible ingérée (cf. CONRAD et HIBBS, 1968), et que tout l'azote nécessaire à cette synthèse provenait de l'urée ;

2^o la ration a été ingérée de façon relativement lente (compte tenu du fait qu'il s'agissait d'aliments concentrés) et fractionnée, comme l'indique le comportement alimentaire des animaux, ce qui a régularisé l'ingestion de l'urée au cours de la journée.

Reçu pour publication en novembre 1971.

SUMMARY

FEEDING OF DAIRY COWS WITH HIGH CONCENTRATE DIETS

II. — FEEDING BEHAVIOUR AND DIGESTION IN THE RUMEN

Five lactating cows fitted with a rumen fistula were used to study the digestibility and digestion of diets, employed in a previous trial, (RÉMOND and JOURNET, 1971) composed of long hay (timothy or lucerne) and peleted concentrates (barley, barley + oil meal or barley + urea).

The crude protein content ($N \times 6.25$) of the concentrates were the following : 12.6 ; 20.7 and 21.0 p. 100. Two of the cows received timothy hay and the three others lucerne hay. All the animals were fed the concentrates successively and in the same order : barley, barley + oil meal and barley + urea. Hay and concentrates were offered *ad libitum*.

For a mean intake of 15.16 kg (3.13 kg hay and 12.03 kg concentrates), the animals spent about a quarter of their time eating and another quarter of their time ruminating (table 2). The time spent ruminating was related to the hay intake ($r = 0.703$; $P < 0.05$). The eating time was spread over the whole nyctohemeral period (fig. 1).

The digestibility of the diet exceeded 70 p. 100 (table 3), but this value was low in comparison with what could be expected from the results obtained elsewhere for each feed of the diet under better conditions for maximum digestibility.

The cellulolytic activity of the rumen fluid was low (table 3) and was not related to the digestibility of the crude fiber. The pH value was low and varied during the day showing a minimum (5.6) 5 hours after feeding. The composition of the volatile fatty acid mixture varied according to diets, to animals and from one day to another in the same animal. On an average, the percentage of acetic acid was low (table 4), whereas the propionic, butyric and valeric acid percentages were high.

There was a highly significant relationship between the butterfat level of the milk and the contents of acetic + butyric acids. The ammonia nitrogen content of the rumen fluid varied much according to diets ; in the barley + urea diet, the ammonia nitrogen content was related to the time spent eating during the hour preceding the sampling.

Three topics have been discussed :

- regulation of the feed intake in the case of the high concentrate diets ;
- relationship between the composition of the volatile fatty acid mixture of the rumen fluid and the butterfat level of the milk ;
- and the utilization of urea.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAILE C. A., 1968. Regulation of feed intake in ruminants. *Fed. Proc.*, **27**, 1361-1366.
- BAILE C. A., MAYER J., 1969. Depression of feed intake of goats by metabolites injected during meals. *Am. J. Physiol.*, **217**, 1830-1836.
- BARKER S. B., SUMMERSON W. H., 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.*, **138**, 535.
- BELL J. W., HORTON O. H., STALLCUP O. T., 1963. Effect of high versus normal concentrate roughage ratios on digestibility, milk production and efficiency of production. *J. Dairy Sci.*, **46**, 623 (Abstr.).
- BINES J. A., DAVEY A. W. F., 1970. Voluntary intake, digestion, rate of passage, amount of material in the alimentary tract and behaviour in cows receiving complete diets containing straw and concentrates in different proportions. *Br. J. Nutr.*, **24**, 1013-1028.
- BLAXTER K. L., 1962. *The energy metabolism of ruminants*. 2nd edition. London, p. 237-262.
- BLAXTER K. L., WILSON R. S., 1963. The assessment of a crop husbandry technique in terms of animal production. *Anim. Prod.*, **5**, 27-42.
- CAMPLING R. C., FREER M., BALCH C. C., 1962. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw. *Brit. J. Nutr.*, **16**, 115-124.
- CAMPLING R. C., 1966. The effect of concentrates on the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract of cows given hay. *J. Dairy Res.*, **33**, 13-23.
- CONRAD H. R., HIBBS J. W., 1968. Nitrogen utilization by the ruminant. Appreciation of its nutritive value. *J. Dairy Sci.*, **51**, 276-285.
- CONWAY E. J., 1962. *Microdiffusion analysis and volumetric error*. 5^e Éd. Glasgow., p. 98-100.
- COOK R. M., MILLER L. D., 1965. Utilization of volatile fatty acids in ruminants. I. Removal of them from portal blood by the liver. *J. Dairy Sci.*, **48**, 1339-1345.
- COPPOCK C. E., FLATT W. P., MOORE L. A., STEWART W. E., 1964. Effect of hay to grain ratio on utilization of metabolizable energy for milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **47**, 1330-1338.
- DEMARQUILLY C., CHENOST M., 1969. Étude de la digestion des fourrages dans le rumen par la méthode des sachets de nylon. Liaisons avec la valeur alimentaire. *Ann. Zootech.*, **18**, 419-436.
- EADIE J. M., HYLDEGAARD-JENSEN J., MANN S. O., REID R. S., WHITELAW F. G., 1970. Observations on the microbiology and biochemistry of the rumen in cattle given different quantities of a pelleted barley ration. *Br. J. Nutr.*, **24**, 157-177.

- EGAN A. R., MOIR R. J., 1965. Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of infused single doses of casein, urea and propionate upon voluntary intake of low-protein roughage by sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, **16**, 437-449.
- FREER M., CAMPLING R. C., 1965. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 7. The behaviour, and reticular motility of cows given diets of hay, dried grass, concentrates and ground pelleted hay. *Br. J. Nutr.*, **19**, 195-207.
- GORDON J. G., 1965. The relationship between rumination and the amount of roughage eaten by sheep. *J. Agric. Sci., Camb.*, **64**, 151-155.
- HAWKINS G. E., PAAR G. E., LITTLE J. A., 1963. Physiological responses of lactating dairy cattle to pelleted corn and oats. *J. Dairy Sci.*, **46**, 1073-1080.
- HINDERS R. G., OWEN F. G., 1963. Relationship between efficiency of milk production and ruminal volatile fatty acids of cows fed isocaloric (E. N. E.) rations of varied concentrate levels. *J. Dairy Sci.*, **46**, 1246-1250.
- HUBER J. T., BOMAN R. L., 1966. Effect of grain level and protein content of the grain for grazing cows on milk composition and yield, and certain blood and rumen constituents. *J. Dairy Sci.*, **49**, 395-398.
- JORGENSEN N. A., SCHULTZ L. H., 1965. Ration effects on rumen acids, ketogenesis, and milk composition. II. Restricted roughage feeding. *J. Dairy Sci.*, **48**, 1040-1045.
- JORGENSEN N. A., SCHULTZ L. H., BARR G. R., 1965. Factors influencing milk fat depression on rations high in concentrates. *J. Dairy Sci.*, **49**, 1031-1039.
- ORSKOV E. R., FLATT W. P., MUNSON A. W., HEMKEN R. W., KATZ I., 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.
- ORSKOV E. R., FRASER C., CORSE Elisabeth L., 1971. The effect of protein supplementation via the abomasum on the voluntary intake of concentrate by young growing sheep. *Proc. Nutr. Soc.*, **30**, 25 A-26 A (Abstr.).
- RÉMOND B., 1969. Influence d'un apport croissant d'orge sur le comportement alimentaire de la Vache laitière et la digestion. *Ann. Zootech.*, **18**, 55-64.
- RÉMOND 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**, 165-184.
- RIGAUD J., JOURNET M., 1970. Méthode de dosage des acides gras volatils dans le liquide du rumen. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **10**, 151-157.
- RUCKEBUSH Y., 1963. *Recherches sur la régulation centrale du comportement alimentaire chez les ruminants*. Thèse Doct. Sci. Lyon.
- SATTER L. D., BRINGE A. N., 1969. Effect of abrupt ration changes on milk and blood components. *J. Dairy Sci.*, **52**, 1776-1780.
- SHAW J. C., ROBINSON R. R., SENGER M. E., LAKSHMANAN S., LEWIS T. R., 1959. Production of low fat milk. I. Effect of quality and quantity of concentrate on the volatile fatty acids of the rumen and on the composition of the milk. *J. Nutr.*, **69**, 235-244.
- SKOURI M., 1966. *Valeur nutritive de la ration et comportement alimentaire du ruminant*. Thèse Doct.-Ing. Paris.
- STORRY J. E., ROOK J. A. F., 1966. The relationship in the cow between milk fat secretion and ruminal volatile fatty acids. *Br. J. Nutr.*, **20**, 217-228.
- THIVEND P., JOURNET M., 1968. Utilisation digestive de l'amidon de l'orge chez le ruminant. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **8**, 449-451.
- THYE F. W., WARNER R. G., MILLER P. D., 1970. Relationship of various blood metabolites to voluntary feed intake in lactating ewes. *J. Nutr.*, **100**, 565-572.
- TOPPS J. H., REED W. D. C., ELLIOTT R. C., 1966. Studies of the metabolism of cattle given high concentrate diets. *J. Agric. Sci.*, **66**, 233-240.
- VAN SOEST P. J., ALLEN N. N., 1959. Studies on the relationship between rumen acids and fat metabolism of ruminants fed on restricted roughage diets. *J. Dairy Sci.*, **42**, 1977-1985.