UTILISATION DES ALIMENTS BROYÉS ET AGGLOMÉRÉS PAR LES BOVINS

I. — COMPARAISON DU FOIN DE LUZERNE NORMAL ET DU FOIN DE LUZERNE BROYÉ DANS L'ALIMENTATION DU BŒUF A L'ENGRAIS

C. BERANGER ET R. JARRIGE

avec la collaboration technique de J.-C. MERLE et de Marie-Thérèse GOZZELINO

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)*

SOMMAIRE

Une même ration composée de foin de luzerne et d'un aliment concentré a été distribuée à 3 lots de 10 jeunes bœufs, durant 138 jours, sous 3 formes de présentation différentes : 1) foin normal et aliment concentré aggloméré ; 2) foin broyé et aggloméré et aliment concentré aggloméré ; 3) foin et aliment concentré broyés et agglomérés en un seul aliment distribué ad libitum. Les animaux des lots 1 et 2 ont reçu le foin ad libitum et la même quantité d'aliment concentré que ceux du lot 3.

Les bœufs recevant le foin broyé (lot 2) ou la ration broyée (lot 3) ont eu une croissance plus élevée que les bœufs recevant la ration normale (lot 1) et ont fourni une carcasse de composition et de qualité comparables. Ils ont eu une efficacité alimentaire plus élevée puisqu'ils ont consommé 25 p. 100 de matière sèche (ayant sensiblement la même composition pour les 3 lots) de moins par kg de gain de poids vif.

Les modifications du comportement alimentaire et des fermentations dans le rumen (augmentation de la production d'acide propionique) permettent d'expliquer, au moins en partie, cette meilleure utilisation de l'énergie du foin à la suite du broyage et du pressage.

INTRODUCTION

L'utilisation des techniques culturales modernes permet d'augmenter considérablement la production fourragère dans la plupart des régions. Pour valoriser au mieux cette production, il faut arriver à accroître simultanément la quantité de fourrages consommés par nos animaux et le rendement de la transformation de ces aliments en lait et en viande.

TABLEAU I
Influence du mode de présentation du foin sur la croissance et la productivité des bovins à l'engrais

Auteurs	Conditions de l'essai	Gain journalier (g)	Quantité d'aliment consommée (kg)	
			par jour	par kg de gain
WEBB et al. (1957)	Lots de 15 veaux	286 23 785 281	4,30 ⁽¹⁾	15,0 ⁽¹⁾
			2,78 ⁽¹⁾	12,1 ⁽¹⁾
			6,49 ⁽¹⁾	8,2 ⁽¹⁾
			4,21 ⁽¹⁾	14,9 ⁽¹⁾
NEUMANN et al. (1959)	Lots de 10 bouvillons (poids initial : 190 kg) Durée : 112 jours	82 804 82 173	5,13	63,0
			7,49	9,3
			5,49	59,0
			6,08	38,0
WEIR et al. (1959)	Lots de 6 bœufs (poids initial 290 kg) Durée : 167 jours Apport complémentaire d'une petite quantité d'orge (0,8 kg) et de foin d'avoine (0,7 kg)	817 985	7,98	9,8
			9,30	9,4
CYARIK et al. (1960)	Lots de 9 génisses (poids initial : 220 kg) Durée : 92 jours	144 322 672 735	4,59	32,3
			4,59	14,2
			6,58	9,8
			7,45	10,1
KLOSTERMAN et al. (1960)	Lots de 17 bouvillons (poids initial : 255 kg) Durée : 98 jours	608 716 404	6,79	
			6,65	
			6,01	
CULLISON (1961)	Lots de 12 veaux Durée : 133 jours Apport complémentaire de 900 g de tourteau de coton	330 500 658	5,60	17,0
			7,00	13,9
			7,41	11,3

* condensé = broyé et aggloméré (pellets)

⁽¹⁾ Matière sèche.

TABLEAU 2

Influence du mode de présentation et des proportions respectives de foin et de concentrés sur la croissance et la productivité des bovins à l'engrais

Auteurs	Conditions de l'essai	Rations comparées	Gain g/jour	Quantité consommée kg/jour	Quantité consommée par kg de gain
WEIR et al. (1959)	Lots de 9 bouvillons d'un an Durée : 152 jours	foin de luzerne seul	1 008	10,2	10,1
		} condensé } farine	795	8,8	11,0
		70 % foin de luzerne — 30 % concentrés	1 040	9,4	9,2
		} condensé } farine	940	9,1	9,7
WEBB et al. (1959)	Lots de 6 bouvillons et de 2 génisses (poids initial : 210 kg) Durée : 165 jours Bouvillons ayant un implant hormonal	40 % de foin luzerne — 60 % concentrés	1 177	7,4	6,6
		} condensé } farine	972	9,1	9,4
		foin seul	790	9,1	11,5
		85 % foin	822	8,3	10,1
	Lots de 7 bœufs d'un an (poids initial : 360 kg) Durée : 132 jours Bœufs ayant un implant hormonal	— 15 % concentrés	1 044	8,8	8,4
		— 30 % concentrés	1 058	7,3	6,9
		— 60 % concentrés	1 085	7,1	6,5
		— 80 % concentrés	776	10,5	13,5
	Lots de 12 bouvillons (poids initial : 220 kg) Alimentation individuelle Fourrage : 50 % foin de luzerne + 50 % coques de coton Durée : 176 jours	85 % foin	940	10,9	11,6
		70 % foin	1 085	12,0	11,1
		40 % foin	1 511	12,3	8,1
		20 % foin	1 444	11,3	7,8
McCROSKEY et al. (1961)	Lots de 12 bouvillons (poids initial : 285 kg) Alimentation individuelle Fourrage : 50 % foin de luzerne + 50 % coques de coton Durée : 148 jours	80 % fourrage	840	8,9	10,7
		} normal } condensé	1 040	10,2	9,9
		20 % fourrage	1 003	8,5	8,5
		} normal } condensé	853	7,4	8,4
	Lots de 12 bouvillons (poids initial : 285 kg) Alimentation individuelle Fourrage : 50 % foin de luzerne + 50 % coques de coton Durée : 148 jours	80 % fourrage	854	12,1	14,2
		} normal } condensé	1 035	14,3	13,9
		20 % fourrage	1 090	11,5	10,6
		} normal } condensé	1 112	10,4	9,4

Le fait de broyer le foin et de le distribuer sous forme agglomérée semble permettre d'atteindre ce double objectif, tout au moins chez le bœuf. En effet, au cours des dernières années de nombreuses expériences ont été réalisées sur ce sujet aux États-Unis, notamment dans les Stations de Washington (ENSMINGER *et al.*, 1948 — O'MARY, 1961), de l'Illinois (WEBB *et al.*, 1957, 1959 — NEUMANN *et al.*, 1959 — CMARIK *et al.*, 1957, 1960), de l'Oklahoma (MC CROSKEY, 1958, 1959, 1960, 1961), de la Californie (WEIR *et al.*, 1959 — MEYER *et al.*, 1959, 1960 — MILLER *et al.*, 1960 — GARRETT *et al.*, 1961), de la Georgie (BEARDSLEY *et al.*, 1959 — CULLISON, 1961) et de l'Oregon (WALLACE *et al.*, 1961). Les principaux résultats résumés aux tableaux 1 et 2, montrent que les bœufs recevant du foin broyé ont consommé généralement une plus grande quantité de matière sèche et ont eu un gain de poids vif et une efficacité alimentaire plus élevés que les animaux recevant le foin normal. Cette supériorité a d'ailleurs été plus limitée lorsque le foin ne représentait qu'une faible proportion de la ration (tableau 2).

Nous avons entrepris une série d'expériences dans le but :

— de préciser les possibilités d'utiliser les foins et les rations broyées et agglomérées dans l'alimentation des différentes catégories de bovins, plus spécialement des jeunes bovins à l'engrais (« baby beef »).

— d'expliquer le mécanisme de l'action du broyage et du pressage sur la quantité consommée, et sur l'utilisation digestive et métabolique des aliments.

Nous rapportons ici les résultats d'une première expérience dans laquelle nous avons comparé l'utilisation par les jeunes bovins à l'engrais d'une ration comportant du foin de luzerne et un aliment concentré, présentée sous forme normale ou sous forme agglomérée (pellets).

MÉTHODES

PRINCIPE

Pendant une période expérimentale de 138 jours, trois lots de 10 bœufs ont reçu respectivement les rations suivantes :

— le lot 1 a consommé du foin de luzerne normal, distribué ad libitum deux fois par jour et, séparément, une quantité limitée d'un aliment concentré aggloméré.

— le lot 2 a consommé le même foin de luzerne sous forme agglomérée après broyage, distribué ad libitum deux fois par jour et, séparément, la même quantité d'aliment concentré aggloméré.

— le lot 3 a reçu ad libitum deux fois par jour, un aliment comprenant 65 p. 100 de même foin de luzerne et 35 p. 100 du même aliment concentré, les deux composants étant agglomérés ensemble après broyage.

La quantité d'aliment concentré distribuée aux lots 1 et 2 a été ajustée chaque jour sur celle consommée par le lot 3 de façon que les 3 lots consomment simultanément les mêmes quantités d'aliment concentré.

Bien qu'étant presque tous dans un état d'engraissement suffisant, les animaux n'ont pas été abattus exactement à la fin de la période expérimentale, mais de 6 à 34 jours après celle-ci. En effet, pour des raisons d'ordre pratique, il a été nécessaire d'échelonner les abattages afin de pouvoir faire un grand nombre de mesures sur les contenus digestifs et les carcasses de chaque animal, et mesurer les ingestions individuelles pendant les 7 derniers jours précédant l'abattage. Afin que la durée moyenne de l'expérience fut la même pour chaque régime, nous avons abattu simultanément un animal de chaque lot. Les animaux sont donc demeurés dans les mêmes conditions expérimentales durant 20 jours en moyenne, après la période de 138 jours.

RÉALISATION ET MESURES

Constitution des lots

Pour tenir compte d'un certain échelonnement dans l'âge des bœufs dont nous disposions, nous les avons répartis en 2 séries comportant chacune 3 lots de 5 bœufs. La période expérimentale a duré du 30 mai au 16 octobre pour la 1^{re} série et du 8 juillet au 20 novembre pour la deuxième.

Les animaux ont eu en moyenne un âge de 16 à 18 mois et un poids moyen de 405 kg (tableau 4) au début de la période expérimentale. Ils étaient de race *Frisonne* (24) et *Normande* (6) et parfaitement connus puisqu'ils avaient été élevés au C. N. R. Z.

Alimentation

Chaque lot de 5 animaux a été maintenu en liberté dans une case pendant toute la période expérimentale. Le foin normal, le foin broyé et la ration entièrement agglomérée ont été distribuées deux fois par jour, à 7 h 30 et à 18 h ; les quantités distribuées et refusées à chaque distribution ont été mesurées pour chaque lot, la quantité refusée étant maintenue à environ 15 p. 100 de la quantité distribuée.

L'aliment concentré a été pesé et distribué individuellement 2 fois par jour (6 h 30 et 17 h), en quantité égale à chaque animal des lots 1 et 2, les animaux étant immobilisés grâce à un cornadis pendant environ 1/2 heure : les animaux du lot 1 (foin normal) consommaient la totalité de leur ration individuelle pendant ce temps mais non ceux du lot 2 (foin broyé) qui achevaient ensuite de la consommer en liberté.

Pendant les 8 derniers jours avant l'abattage, nous avons mesuré individuellement les quantités consommées d'aliment concentré, de foin et d'aliment broyé (lot 3). Pour cela, les animaux de la 1^{re} série ont été attachés en stalles dans une étable classique, ce qui a sensiblement perturbé leur comportement ; c'est pourquoi les animaux de la 2^e série sont demeurés dans leur case initiale et ont été attachés par une corde au cornadis.

Le tableau 3 donne la composition chimique des aliments utilisés ; le foin de luzerne utilisé du 30 mai au 27 août, c'est-à-dire pendant la majeure partie de la période expérimentale de la 1^{re} série, était de qualité moyenne et récolté dans de bonnes conditions. Par contre, les foins utilisés ensuite, c'est-à-dire pendant une grande partie de la période expérimentale de la 2^e série, étaient de qualité

TABLEAU 3

Composition des aliments distribués (en p. 100 de la matière sèche)

N°	Foins de luzerne				Concentré
	214	222	223	226	802
Période d'utilisation	30-5 au 27-8	28-8 au 9-10	10-10 au 5-11	6-11 au 18-12	30-5 au 18-12
Matières cellulosiques.....	36,6	43,1	40,2	36,0	5,7
Matières azotées	15,9	12,1	13,3	15,6	13,7
Matières azotées digestibles	11,3	7,9	8,9	11,1	11,7
Matières minérales	7,4	6,5	7,3	8,6	4,6
UF/kg de matière sèche...	0,42	0,33	0,37	0,42	1,16

médiocre parce que récoltés trop tard. Le foin a été broyé (les mailles de la grille du broyeur ayant 3 mm de diamètre), puis aggloméré, seul (lot 2) ou avec le concentré (lot 3), en granulés de 10 mm de diamètre, sans addition d'autres substances. L'aliment concentré avait la composition suivante : 50 p. 100 d'orge, 35 p. 100 de maïs, 12 p. 100 de drèches de brasserie séchées, 2 p. 100 de phosphate bicalcique et 1 p. 100 de sel marin.

Le comportement alimentaire des deux lots 1 et 2 de la 2^e série a été enregistré à 3 dates différentes, au cours des 17^e, 18^e et 19^e semaines de l'expérience. Le comportement de chacun des 10 animaux a été noté de façon continue, durant 11 heures (de 7 heures à 18 heures).

Croissance

Les animaux ont été pesés pendant 3 jours consécutifs à 14 h, au début et à la fin de la période expérimentale ainsi que pendant les 3 jours précédant l'abattage. Ce sont les moyennes de ces pesées qui ont été utilisées pour calculer les gains de poids vif moyens.

Les animaux ont été également pesés une fois par quinzaine pour établir leur courbe de croissance (figure 1).

Abattage

Afin d'étudier la cinétique de la digestion de chacune des 3 rations, les animaux de chaque lot ont été abattus à des intervalles de temps différents à partir du début du dernier repas dont la durée a été limitée à 3 heures. Les 5 animaux de chacune des 2 séries recevant la ration entièrement agglomérée (lot 3) ont été abattus respectivement juste avant le début du repas et 3, 5, 9 et 13 heures après. Dans chacune des deux séries de cinq animaux recevant le foin normal (lot 1) et le foin broyé (lot 2), deux animaux ont été abattus 3 heures après le début du repas et deux autres 13 heures après le début du repas.

Immédiatement après l'abattage, le tractus digestif a été ligaturé et scindé en 6 parties : rumen + réseau, feuillet, caillette, intestin, cæcum et colon. Chacune de ces parties a été pesée pleine puis vide ; le poids du contenu correspondant a été déterminé par différence et un échantillon moyen a été prélevé pour être analysé. Un échantillon du liquide du rumen a été prélevé pour en déterminer le pH et la teneur en acides gras volatils.

Étude de la carcasse

La carcasse de chaque animal a été notée au point de vue de sa conformation et de son état d'engraissement, de la couleur, de la qualité et du degré de persillé de la viande, et a fait l'objet d'un certain nombre de mensurations et de pesées après découpe. La longueur de la carcasse et de la cuisse (distance jarret-périnée), l'épaisseur de la cuisse et du faux filet ont été mesurées. Le poids du « pan traité » (DUMONT, 1956), de l'ensemble épaule + collier et de la graisse périrénale a été déterminé. Le pan traité a été à son tour découpé pour permettre de peser les différents morceaux et les os.

La 11^e côte d'une demi-carcasse de chaque animal a été séparée du « pan traité » et disséquée : on a pesé séparément l'os, le tissu musculaire et le tissu adipeux. On a broyé et échantillonné pour les analyser ces deux derniers tissus, ainsi que le pilier latéral du diaphragme et le muscle couturier.

Sur les échantillons de tissu musculaire on a déterminé les teneurs en matière sèche (dessiccation sous vide à 70°C), en azote (méthode Kjeldahl) et matières grasses. Sur l'échantillon de tissu adipeux on a déterminé la teneur en matière sèche et l'indice d'iode (méthode Kaufman).

La teneur en matières grasses totales des muscles a été déterminée sur le produit sec selon la méthode suivante mise au point par FLANZY (communication personnelle) : 5 g de muscle séché ont été soumis à une hydrolyse acide sous reflux, pendant 2 h 30, dans un bain d'huile à 120°C, en présence de 50 ml d' HCl 6 N, puis à 4 extractions successives par 30 ml d'éther de pétrole dans une ampoule à décantier. L'extract a été lavé par de petites quantités d'eau jusqu'à neutralité, puis décanté et séché sur sulfate de sodium. Le solvant a été ensuite évaporé sous vide (les dernières traces de solvant étant chassées par un barbotage d'azote) et la quantité de matières grasses extraite a été pesée.

Analyse des contenus digestifs

Après dessiccation, les différents échantillons des contenus digestifs ont été soumis à une analyse complète (cf. BERANGER, 1963) pour en déterminer les teneurs en cendres, matières azotées, hémicelluloses, celluloses et lignine. Les acides gras volatils ont été mesurés en totalité, puis séparés

par la méthode de JAMES et MARTIN (1951) dans les échantillons de liquide du rumen prélevé soit après l'abattage, soit par tubage au cours de la période expérimentale⁽¹⁾. Ces prélèvements par tubage ont été effectués au début de l'après-midi, à 5 dates différentes (4 et 23 août, 12 et 25 septembre, 16 novembre), sur 3 animaux de chacun des 3 lots ; ces échantillons ont été analysés séparément les 3 premières fois et mélangés pour chaque lot les 2 autres fois.

RÉSULTATS

GAIN DE POIDS

Poids vif

Les bœufs recevant le foin broyé (lot 2) ou la ration entièrement broyée (lot 3) ont eu un gain de poids journalier significativement ($P < 0,01$) plus élevé que les bœufs recevant la ration normale (tableau 4, figure 1) ; les différences ont été plus

TABLEAU 4

Poids vif et gains de poids

Lots	1	2	3
Régime alimentaire	Ration normale	Foin broyé	Ration broyée
Poids moyen vif initial (kg)	409 $\pm$ 25,1	403 $\pm$ 17,8	404 $\pm$ 13,0
Poids vif moyen à l'abattage (kg)	512 $\pm$ 30,8	533* $\pm$ 24,1	539* $\pm$ 32,7
Gain de poids vif moyen (g/j) :			
— au cours de la période expérimentale	706 $\pm$ 97	921* $\pm$ 97	1 007* $\pm$ 222
— du début de l'expérience jusqu'à l'abattage	644 $\pm$ 106	814* $\pm$ 135	853* $\pm$ 206
Gain de poids corporel ⁽¹⁾ (jusqu'à l'abattage) (gramme/jour)	508 $\pm$ 76	603* $\pm$ 87	671* $\pm$ 161

⁽¹⁾ Poids vif vide à l'abattage — poids vif vide estimé en début d'expérience (en considérant le poids du contenu digestif égal à 13 % du poids vif).

* Significativement différent du lot 1 ($P < 0,05$).

importantes pendant la période expérimentale proprement dite que pour la période totale allant du début de l'expérience à l'abattage. En effet, entre la fin de la période expérimentale et l'abattage, le fait d'attacher les animaux en stalles individuelles ou au cornadis, pour mesurer individuellement les quantités consommées, a modifié leur comportement de façon différente suivant les régimes : les animaux recevant la ration entièrement broyée ont perdu systématiquement du poids (6,5 kg

⁽¹⁾ Ces analyses ont été effectuées par C. M. MATHIEU que nous remercions de son concours.

en moyenne), alors qu'au contraire ceux qui recevaient la ration normale en ont gagné un peu (+ 3,5 kg).

Au total, par rapport à ces derniers, les bœufs consommant le foin broyé et la ration entièrement broyée ont gagné respectivement 30 et 42 kg de plus au cours de la période expérimentale, 28 et 33 kg de plus que les autres du début de la période

FIG. 1. — Courbes de croissance (2 séries de 15 animaux)

expérimentale jusqu'à l'abattage. Les différences entre ces deux lots n'ont pas été significatives.

Poids vif vide

Le poids total du contenu digestif, mesuré pour chaque animal à l'abattage, a représenté une proportion sensiblement égale du poids vif dans les trois lots : 11,4, 11,5 et 11,1 p. 100 respectivement pour les animaux recevant la ration normale, le foin broyé et la ration broyée. Le poids vif vide (poids vif — poids du contenu digestif) a donc varié dans le même sens que le poids vif.

En admettant qu'au début de la période expérimentale le contenu digestif représentait 13 p. 100 du poids vif de tous les animaux (cf. BERANGER, 1963), nous avons pu estimer le gain de poids vif vide jusqu'à l'abattage. Il a été respectivement de 80,4, 95,0 et 105,0 kg pour les animaux recevant la ration normale (lot 1), le foin broyé (lot 2) et la ration broyée (lot 3) ; les différences ont été significatives entre les lots 1 et 3 ($P < 0,01$) et entre les lots 1 et 2 ($P < 0,05$) mais non entre les lots 2 et 3.

CARCASSE

Les animaux consommant la ration broyée et le foin broyé ont eu un rendement à l'abattage légèrement plus faible que ceux recevant la ration normale, que ce rendement soit rapporté au poids vif ou au poids vif vide (tableau 5). C'est pourquoi les poids des carcasses n'ont pas été significativement différents ; après correction (pour tenir compte de la différence de poids vif au départ), ils ont été de 295,4, 303,6

TABLEAU 5

Poids, appréciation et découpe de la carcasse

Lots		1	2	3
Régime		Ration normale	Foin broyé	Ration broyée
Poids de carcasse (corrigé) * (kg)		295,2 $\pm$ 18,4	303,6 $\pm$ 16,8	305,4 $\pm$ 21,8
$\frac{\text{Poids de carcasse}}{\text{Poids vif}} \times 100$		59,4 $\pm$ 0,7	58,3 $\pm$ 2,3	57,7 $\pm$ 2,9
$\frac{\text{Poids de carcasse}}{\text{Poids vif vide}} \times 100$		68,5 $\pm$ 1,0	68,1 $\pm$ 3,4	66,9 $\pm$ 2,6
Mensurations de la carcasse (cm)	longueur totale	126,1	126,8	127,5
	distance jarret-périnée	56,3	57,7	57,6
	épaisseur de la cuisse	27,1	27,1	26,6
	épaisseur du faux-filet	5,7	5,9	5,8
Jugement extérieur de la carcasse (notation de 0 à 5)	conformation générale	3,9	3,7	3,6
	qualité de la viande	4,7	4,6	4,7
	couleur de la viande	3,4	3,5	3,4
	persillé	5,0	5,0	5,0
Découpe de la carcasse	poids du « pan traité » $\times 100$	43,9	44,2	43,3
	poids de la carcasse			
	pourcentage d'os dans le « pan traité »	17,4	18,0	18,1
	$\frac{\text{pds de l'épaule et du « collier »}}{\text{poids de la carcasse}} \times 100$	25,0	25,0	25,0

* Le poids de carcasse du lot 1 a été corrigé, pour tenir compte de la différence de poids vif initial, en admettant un rendement en carcasse au départ de 56 %.

et 305,4 kg respectivement pour les lots recevant la ration normale, le foin broyé et la ration broyée.

On n'a observé aucune différence significative entre les lots dans les mensurations et la conformation de la carcasse (tableau 5), notamment dans la proportion de "pan traité", pas plus que dans les notes données pour les caractères suivants : conformation générale, état d'engraissement, qualité, couleur et persillé de la viande. Il est à remarquer que toutes les carcasses ont eu une note maximum pour l'état d'engraissement et le degré de persillé et une très bonne note pour la qualité de la viande. La proportion du gras périrénal a été sensiblement plus élevée pour les animaux ayant reçu la ration normale mais la différence n'a pas été significative.

DISSECTION ET ANALYSE CHIMIQUE

La dissection de la 11^e côte sur tous les animaux n'a montré aucune différence significative entre les lots dans les proportions d'os, de tissu musculaire et de tissu gras, ni dans le rapport tissu musculaire/tissu musculaire + tissu gras (tableau 6).

TABLEAU 6

État d'engraissement et composition des tissus

Lots	1	2	3
Régime	Ration normale	Foin broyé	Ration broyée
Notation subjective de l'état d'engraissement . .	5,0	5,0	4,8
Gras périrénal (% de poids de carcasse)	3,7 $\pm$ 1,2	3,4 $\pm$ 1,1	3,3 $\pm$ 0,3
<i>Proportion des tissus dans la 11^e côte :</i>			
Os (%)	22,0 $\pm$ 1,6	22,4 $\pm$ 3,1	20,8 $\pm$ 2,1
Muscle (%)	61,2 $\pm$ 1,5	59,1 $\pm$ 7,1	59,4 $\pm$ 2,1
Tissus adipeux (%)	16,8 $\pm$ 3,7	17,0 $\pm$ 3,1	19,1 $\pm$ 2,5
Muscle/muscle + tissu adipeux, $\times$ 100	78,5 $\pm$ 4,7	77,5 $\pm$ 5,9	75,8 $\pm$ 3,6
<i>Composition des tissus :</i>			
Muscle Long Dorsal (11 ^e côte) :			
eau (%)	72,3	72,5	71,5
{ matières grasses ..	14,5	11,4	13,1
% de la matière sèche { azote	13,0	13,1	12,9
{ matières minérales	3,8	3,9	4,0
Muscle couturier :			
eau (%)	75,3	74,9	75,1
{ matières grasses ..	7,4	7,8	9,4
% de la matière sèche { azote	13,8	14,0	13,1
{ matières minérales	4,5	4,4	4,1
Pilier latéral du diaphragme :			
eau (%)	67,6	68,3	66,4
{ matières grasses ..	37,6	35,4	39,5
% de la matière sèche { azote	8,8	8,8	8,5
{ matières minérales	2,8	3,0	2,7
Tissus adipeux de la côte :			
eau (%)	11,1	11,1	11,5

Les teneurs en eau du tissu gras et du muscle long dorsal ainsi séparés, du pilier latéral du diaphragme et du muscle couturier ont été sensiblement identiques pour les différents lots. Il a en été de même pour les teneurs en azote, en matières grasses et matières minérales des trois muscles étudiés (tableau 6).

L'indice d'iode du tissu adipeux de la 11^e côte n'a pas varié non plus en fonction de la ration ; les valeurs moyennes et (leurs écarts types) ont été respectivement de $44,1 \pm 5,3$, $44,4 \pm 4,0$ et $43,2 \pm 4,6$ pour les lots 1, 2 et 3.

On peut conclure que les animaux ont été abattus dans un état d'engraissement comparable puisqu'on n'a observé aucune différence significative dans les critères choisis pour l'estimer. Il est à noter cependant que les résultats fournis par ceux-ci ont indiqué des tendances divergentes : ainsi les animaux recevant la ration entièrement broyée ont eu une proportion de gras périrénal plus faible mais une proportion plus élevée de tissus gras dans la 11^e côte et de matières grasses dans certains muscles.

QUANTITÉ D'ALIMENTS CONSOMMÉE

La quantité d'aliment concentré ingérée par jour devait être maintenue égale pour les animaux des trois lots : elle l'a été effectivement pour les lots 1 et 3 consommant la ration normale et la ration broyée mais elle a été légèrement plus faible, d'environ 4 p. 100, pour le lot 2.

La quantité moyenne de foin consommée par jour (exprimée en matière sèche) a été presque la même pour les lots 1 et 2 recevant respectivement le foin normal et le foin broyé ; elle a été de 11 p. 100 plus élevée pour le lot 3 consommant la ration entièrement broyée (tableau 7). Par suite, ce dernier lot a ingéré un poids de matière sèche journalier sensiblement plus élevé : de 7 p. 100 par rapport au lot 1 (ration normale) et de 9. p 100 par rapport au lot 2 (foin broyé). Il en a été de même pour les quantités consommées rapportées au poids vif.

TABEAU 7

Quantités consommées durant la période expérimentale
(1^{re} série : 140 jours — 2^e série : 137 jours)

Lots	1	2	3
Régime	Ration normale	Foin broyé	Ration broyée
<i>Quantité consommée par jour :</i>			
Foin (kg de matière sèche)	6,4	6,3	7,1
Concentré (kg de matière sèche)	3,5	3,4	3,5
Matière sèche totale (kg)	9,9	9,7	10,6
Matière sèche par 100 kg de poids vif	2,16	2,07	2,23
<i>Proportion de concentrés dans la ration :</i>			
Matière sèche concentré matière sèche totale $\times 100$	35,3	35,1	33,3
Quantité de matière sèche consommée par kg de gain de poids vif	14,0	10,5	10,5

La matière sèche consommée a eu presque la même composition dans les 3 régimes puisque la proportion de concentré n'a varié que de 33,3 p. 100 (lot 3) à 35,3 p. 100 (lot 1). Par suite la quantité de matière sèche consommée par kilo de gain de poids vif peut être prise comme critère commun de l'efficacité alimentaire : les animaux recevant le foin broyé (lot 2) ou la ration broyée (lot 3) ont consommé 25 p. 100 de moins de matière sèche par kilo de gain que ceux recevant la ration normale (lot 1) et ont donc eu une meilleure efficacité alimentaire.

Tous les animaux ont aussi consommé une certaine quantité de paille de leur litière qui n'a pas pu être mesurée ; d'après les observations effectuées, les bœufs recevant le foin ou la ration broyée semblaient consommer davantage de paille que ceux recevant la ration normale. Cependant, la quantité d'éléments nutritifs supplémentaires ainsi ingérée paraît négligeable par rapport à celle apportée par la ration distribuée. Cette consommation de paille a peut-être permis d'éviter certains troubles enregistrés aux U. S. A. avec des rations broyées (parakératose).

COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Les animaux recevant le foin broyé (lot 2) ont eu un comportement très différent de celui des animaux recevant le foin normal (lot 1) pendant les 3 journées où les deux lots ont été observés entre 7 et 18 heures (tableau 8). Ils ont passé approximativement 2,5 fois moins de temps à consommer le foin ($P < 0,01$) et cependant ils en ont ingéré une quantité nettement plus élevée (75 p. 100 environ de la quantité totale consommée en 24 heures) pendant la période d'observation. Il est donc probable que les différences dans le temps de consommation du foin auraient été plus importantes si les animaux avaient été observés pendant des périodes de 24 heures.

TABLEAU 8

Comportement des bœufs en fonction du mode de présentation du foin.

Temps exprimé en p. 100 du temps d'observation (valeurs moyennes de 3 périodes de contrôles de 11 heures)

Lots	1	2
Régime	Ration normale	Foin broyé
Temps de consommation du foin	23,7	9,7 ⁽¹⁾
Temps de consommation de la paille	0,2	1,5 ⁽¹⁾
Temps de consommation de concentré	2,7	2,0
Temps total de consommation	26,6	13,2 ⁽¹⁾
Temps de rumination	17,8	11,7 ⁽¹⁾
Temps en station debout	65,2	61,7
Nombre de repas de foin	6,4	9,3
Quantité consommée durant les observations (Quantité totale consommée en 24 heures) $\times 100$		
Foin	50	75
Concentré	80	56

⁽¹⁾ Significativement différent du lot 1 ($P < 0,05$).

FIG. 2. — Comportement des animaux des lots 1 et 2 de la deuxième série, observé le 8-11-1961

Les animaux recevant le foin broyé ont également passé beaucoup moins de temps à ruminer (environ 50 p. 100 — $P < 0,01$) mais significativement plus de temps ($P < 0,05$) à consommer la paille de leur litière.

Ils ont consommé leur foin en un plus grand nombre de repas (9,3 au lieu de 6,4) de durée plus courte et plus égale, plus régulièrement espacés au cours de la journée ; de même ils ont consommé leur aliment concentré en plusieurs petits repas échelonnés sur une longue période alors que les animaux recevant le foin normal ingéraient leur aliment concentré aussitôt après la distribution, en un seul repas continu de courte durée (figure 2).

Au total, les animaux recevant le foin broyé ont passé une beaucoup plus grande partie de leur temps (75 p. 100 au lieu de 55 p. 100) à ne pas consommer ou ruminer, c'est-à-dire à ne rien faire.

CONTENUS DIGESTIFS ET FERMENTATIONS DANS LE RUMEN

D'une façon générale, il y a eu peu ou pas de différences entre les lots, dans le poids total du contenu digestif (exprimé en poids de matière fraîche ou de matière sèche par 100 kg de poids vif), ni dans sa répartition entre les différents compartiments du tractus digestif, ni dans la teneur en matière sèche des contenus dans ces différents compartiments. Cependant, chez les animaux recevant le foin broyé (lot 2), surtout 13 heures après le début du repas, le contenu du rumen (+ réseau) a représenté une proportion nettement plus élevée du contenu total en matière fraîche et plus encore en matière sèche ; il en a été exactement le contraire pour le contenu du feuillet (les résultats détaillés seront publiés séparément).

La teneur, la composition et l'évolution du mélange d'acides gras volatils présent dans le liquide du rumen ont présenté des différences marquées entre les 3 régimes. Celles-ci sont d'abord apparues sur les échantillons prélevés par tubage à 5 reprises au cours de la période expérimentale (tableau 9) aux environs de 14 heures, soit au milieu de l'intervalle entre les 2 distributions. Chez les animaux recevant la ration broyée (lot 3) et le foin broyé (lot 2) la teneur en acides gras totaux a été nettement plus élevée (de 45 p. 100 et 30 p. 100 respectivement) que chez ceux recevant la ration normale (lot 1). Il en a été de même pour la proportion d'acide propionique dans le mélange qui a été de 25,3 p. 100, 23,2 p. 100 et 18,1 p. 100 pour les lots 3, 2 et 1 respectivement ; cette variation s'est faite, selon les cas, au détriment de la proportion d'acide acétique ou de la proportion d'acide butyrique ou des deux simultanément.

Ces résultats ont été confirmés sur les échantillons de jus de rumen prélevés après l'abattage, situé soit 3 heures, soit 13 heures après le début du dernier repas (limité à 3 heures) (tableau 10). Treize heures après le début du repas, la teneur en acides gras totaux et la proportion d'acide propionique dans le mélange ont été plus élevées chez les animaux recevant le foin broyé (lot 2) ou la ration broyée (lot 3) que chez ceux consommant la ration normale (lot 1). Par contre, 3 heures après le début du repas, ces modifications ne sont pas apparues chez les animaux recevant la ration broyée (lot 3), peut-être en raison du nombre insuffisant de bœufs abattus dans ces conditions (2 bœufs).

TABLEAU 9
Concentration et composition du mélange d'acides gras dans le jus de rumen prélevé par tubage (à 14 h)

Date (série)	Nombre d'animaux par lot	Lot 1 : Ration normale					Lot 2 : Foin broyé					Lot 3 : Ration broyée				
		Concentra- tion totale (g/l)	Composition molaire du mélange p. 100				Concentra- tion totale (g/l)	Composition molaire du mélange (p. 100)				Concentra- tion totale (g/l)	Composition molaire du mélange (p. 100)			
			C2	C3	C4	C5		C2	C3	C4	C5		C2	C3	C4	C5
4 août — 1 ^{re} série	3	5,88	55,4	19,6	21,9	3,2	8,28	54,6	25,0	18,7	1,8	6,66	49,9	28,3	18,2	3,6
23 août — 2 ^e série	3 (1)	4,72	67,3	16,0	16,7	0	8,66	61,5	19,4	16,9	2,2	9,15	63,4	19,2	16,6	0,8
12 sept — 1 ^{re} série	3	5,73	63,7	16,5	18,1	1,7	6,79	63,8	26,6	9,6	0	8,03	55,1	27,2	15,0	2,7
25 sept — 2 ^e série	3	6,94	58,7	19,3	18,9	3,1	9,22	62,0	26,1	10,7	1,2	9,79	59,8	29,0	8,9	2,3
16 nov. — 2 ^e série	3	7,01	58,4	19,4	19,0	3,2	6,03	65,5	18,8	13,1	2,7	9,96	62,6	30,0	12,4	2,0
Valeurs moyennes		6,06	60,7	18,1	18,9	2,2	7,80	61,5	23,2	13,8	1,6	8,72	58,2	25,3	14,2	2,3

(1) 2 animaux seulement dans le lot 1 (ration normale).

Tout se passe comme si la concentration en acides gras volatils qui présente normalement un maximum après la fin du repas (lot 1), diminuait ensuite beaucoup moins chez les animaux recevant des fourrages broyés. Les variations du pH du liquide du rumen indiquent aussi cette tendance.

TABLEAU 10

Concentration et composition du mélange d'acides gras volatils dans le jus de rumen prélevé après abattage

Temps écoulé depuis le début du repas	3 heures						
	Nombre d'animaux	pH	Concentration totale (g/l)	Composition molaire du mélange (p. 100)			
				C2	C3	C4	C5
Lot 1 : Ration normale.....	4	5,65	8,12	68,3	17,7	12,2	1,8
Lot 2 : Foin broyé	3	5,76	10,70	63,3	19,7	15,0	2,0
Lot 3 : Ration broyée	2	5,75	8,43	66,3	14,8	16,0	2,9

Temps écoulé depuis le début du repas	13 heures						
	Nombre d'animaux	pH	Concentration totale (g/l)	Composition molaire du mélange (p. 100)			
				C2	C3	C4	C5
Lot 1 : Ration normale.....	4	6,53	7,00	65,9	11,7	20,5	1,9
Lot 2 : Foin broyé	4	5,94	9,74	62,2	18,9	13,9	5,0
Lot 3 : Ration broyée	4	6,41	9,16	65,4	18,4	13,4	2,8

DISCUSSION

Les bœufs recevant le foin broyé ou la ration entièrement broyée ont eu une croissance plus élevée que ceux recevant le foin normal, que cette croissance soit exprimée en gain de poids vif, ou de poids vif vide ou de carcasse.

C'est le broyage, suivi du pressage, du foin qui est le principal responsable de ces différences puisque les animaux consommant la ration entièrement broyée (lot 3) n'ont pas eu une croissance significativement plus élevée (bien que sensiblement plus élevée) que ceux recevant séparément le foin broyé et l'aliment concentré. Certains travaux américains ont par ailleurs montré que le broyage du foin était le facteur principal responsable des modifications observées, le pressage permettant de

mettre ces aliments poussiéreux sous une forme plus appétible (MEYER et *al.*, 1959 — KLOSTERMAN, 1960). C'est pourquoi au cours de cette discussion nous continuerons à désigner sous le terme de broyage l'ensemble des opérations de broyage et de pressage, tout en admettant que le pressage ait pu jouer un rôle appréciable qu'il ne nous est cependant pas possible d'estimer.

Il s'agit d'expliquer comment le broyage du foin (suivi de pressage) a pu augmenter la croissance de nos animaux, à la lumière de nos propres données et des résultats obtenus par d'autres auteurs. Cette action pourrait être due soit à une augmentation de la quantité d'éléments nutritifs consommée, soit à une amélioration de l'utilisation globale des aliments, soit à ces deux facteurs simultanément.

Quantité consommée

L'augmentation de la quantité consommée a rendu compte d'une bonne partie de l'amélioration de la croissance observée dans les essais américains, où le foin représentait la totalité ou la majeure partie de la ration (tableau 1). Elle a joué un certain rôle dans le cas de nos animaux recevant la ration broyée (lot 3) puisqu'ils ont consommé 11 p. 100 de plus de foin et 7 p. 100 de plus de matière sèche que ceux recevant la ration normale (lot 1). Par contre, elle n'est pas intervenue dans le cas des animaux consommant le foin broyé (lot 2) puisqu'ils ont consommé la même quantité de foin, et, même, un peu moins de matière sèche totale que ceux recevant la ration normale.

Ces résultats différents des données américaines, tiennent peut-être au fait que nous avons utilisé des foins de luzerne de qualité médiocre et même assez mauvaise (36 à 43 p. 100 de matières cellulosiques). Ce pourrait être la raison pour laquelle les quantités de foin et de matière sèche totale (2,1 à 2,2 p. 100 du poids vif) consommées par les différents lots ont été plus faibles que celles que nous obtenons dans des conditions comparables avec des foins de meilleure valeur alimentaire, parce que récoltés plus jeunes. Les foins de luzerne utilisés dans les expériences américaines devaient être de meilleure qualité que les nôtres, si on en juge d'après leur teneur en matières cellulosiques nettement plus faible.

On pourrait donc penser que le broyage augmente la quantité de foin consommée dans une proportion croissant avec la digestibilité de ce foin. Les quelques résultats antérieurs que nous avons trouvés sur ce point (MEYER et *al.*, 1960 — LLOYD et *al.*, 1960) ne semblent cependant pas justifier cette hypothèse que nous nous proposons de vérifier dans une prochaine expérience. Il est possible également que d'autres facteurs que la digestibilité puissent jouer un rôle dans l'action du broyage sur la quantité consommée, notamment l'appétibilité du foin, les produits que l'on pourrait ajouter au moment du pressage, l'âge, les besoins et les conditions d'exploitation des animaux...

Utilisation alimentaire

1. — Le fait que nous n'ayons pas observé de différence importante dans la quantité d'aliment consommée entre les lots nous facilite l'interprétation des résultats : il nous permet d'attribuer à l'amélioration de l'utilisation des aliments, l'amélioration de la croissance observée sous l'action du broyage, en totalité dans le cas des animaux recevant le foin broyé (lot 2), et en majeure partie dans le cas de ceux

recevant la ration broyée (lot 3). Effectivement, pendant la période expérimentale, ils ont consommé, par kg de gain de poids vif, 25 p. 100 de moins de matière sèche (ayant la même composition) que les animaux recevant la ration normale ; rapportée au kilo de gain de poids vif vide, et pour la durée totale de l'essai, ces quantités de matière sèche consommées par les bœufs des lots 2 et 3 sont respectivement inférieures de 15 p. 100 et 17 p. 100 à celles consommées par les bœufs du lot 1.

Bien que cette mesure de l'utilisation alimentaire soit relativement grossière, elle n'est pas ici entachée par les trois causes d'erreur habituelles ; elle a en effet été mesurée pendant une période égale, sur des animaux consommant sensiblement la même quantité de matière sèche et présentant un état d'engraissement pratiquement identique à la fin de la période expérimentale et à l'abattage ; les résultats de l'analyse physique et chimique de la carcasse permettent d'estimer que les animaux ont effectué un croît net ayant sensiblement la même composition au cours de la période expérimentale.

Cette amélioration de l'efficacité alimentaire sous l'action du broyage pourrait porter sur l'énergie, sur les matières azotées ou sur les deux. Il ne semble pas, a priori, qu'une amélioration de l'utilisation des matières azotées, même si elle a existé, ait eu une influence prépondérante : en effet, les animaux recevant la ration normale ont consommé approximativement la même quantité de matières azotées digestibles que les autres, de l'ordre de 1 000 g par jour. Cette quantité est nettement supérieure à l'apport recommandé par les différents auteurs (cf. BERANGER et JARRIGE, 1962) ; il semble qu'un apport de 600 à 700 g de matières azotées digestibles par jour couvre les besoins azotés du bouvillon de 18-24 mois ayant un croît de l'ordre du kilo par jour.

2. — C'est donc l'utilisation de l'énergie des aliments qui a dû être améliorée en premier lieu par le broyage, comme l'indiquaient déjà les résultats obtenus par KELLNER (1911) avec de la paille moulue.

Cette amélioration ne doit pas s'être située au niveau de l'utilisation digestive : nous avons en effet mesuré le coefficient de digestibilité de rations semblables aux rations 1 et 2 (mais comportant seulement 19 p. 100 d'aliment concentré, en moyenne), sur 4 bouvillons d'un an, au cours de 4 périodes ; le coefficient de digestibilité de la matière organique a été en moyenne de 65,0 p. 100 pour la ration normale et de 61,1 p. 100 pour la ration comportant du foin broyé (les résultats détaillés seront publiés séparément). Le broyage a donc diminué le coefficient de digestibilité du foin, ce qui est en accord avec la plupart des travaux antérieurs (BLAXTER et GRAHAM, 1956 — RODRIQUE et ALLEN, 1960 — LLYOD et *al.*, 1960, — KLOSTERMAN et *al.*, 1960 — HOPKINS et *al.*, 1960 — WALLACE et *al.*, 1961) mais non de tous (LINDAHL et REYNOLDS, 1959 — MEYER et *al.*, 1959 — WEIR et *al.*, 1959).

Il est probable que la différence de digestibilité entre foin normal et foin broyé est relativement limitée lorsqu'ils sont tous deux consommés en quantités égales, correspondant aux besoins d'entretien ; elle s'accroît en revanche, avec le niveau d'ingestion (BLAXTER et GRAHAM, 1956), surtout si le foin broyé, distribué ad libitum, est consommé en plus grande quantité que le foin normal.

3. — Le broyage a donc eu tendance à diminuer l'énergie apparemment digestible, mais cela pourrait être en partie compensé par la diminution de la perte d'énergie sous forme de méthane (BLAXTER et GRAHAM, 1956). Comme par ailleurs le croît réalisé a eu la même composition et par suite la même valeur énergétique pour les animaux des trois régimes, le broyage a donc amélioré la transformation de l'énergie méta-

bolisable en énergie nette ou, réciproquement, diminué les pertes liées à cette transformation. La diminution des pertes d'énergie sous forme de chaleur résultant du broyage du foin a été mise en évidence par BLAXTER et GRAHAM (1956), sans toutefois être expliquée par ces auteurs. Ces pertes peuvent se décomposer schématiquement en 2 parties :

— la dépense d'énergie utilisée pour le travail que représentent l'ingestion et la digestion de l'aliment (rumination-péristaltisme...) ainsi que pour l'augmentation de l'activité générale (station debout-déplacement...) associée à l'ingestion du repas,

— l'extra-chaleur liée à l'action dynamique spécifique proprement dite des produits terminaux de la digestion.

Le broyage a pu réduire simultanément ces deux catégories de pertes ; il a réduit la première puisque les animaux recevant le foin broyé (ou la ration broyée) ont passé beaucoup moins de temps à consommer leur repas et à ruminer que ceux qui recevaient le foin normal et ont disposé de beaucoup plus de temps d'inactivité. Le broyage a pu sans doute diminuer également l'extra-chaleur totale des produits terminaux de la digestion puisqu'il a modifié les proportions respectives de ceux-ci et notamment augmenté la proportion d'acide propionique au détriment de celle de l'acide acétique dans le rumen, ce qui est en accord avec les résultats de BALCH et ROWLAND (1957) et de SHAW et *al.* (1959). Or l'action dynamique spécifique de l'acide propionique est bien inférieure à celle de l'acide acétique pour l'engraissement : 43,7 p. 100 au lieu de 67, 1 p. 100 dans les mesures d'ARMSTRONG et BLAXTER (1957).

KELLNER (1911) attribuait à la réduction du travail de mastication et de digestion, la diminution des pertes énergétiques. En fait, les pertes liées à l'action dynamique spécifique sont sans doute beaucoup plus importantes. C'est en les réduisant que le broyage a dû exercer la majeure partie de son action favorable sur l'utilisation de l'énergie métabolisable : BLAXTER (1961) estime d'ailleurs que la réduction du travail de l'ingestion sous l'action du broyage ne représente que 3 p. 100 des besoins d'entretien de l'animal. De toute façon, nos résultats ne nous permettent pas d'estimer la part respective des deux catégories d'économies réalisées.

Il n'est pas impossible que le broyage ait réduit les pertes totales d'extra-chaleur par d'autres voies, en plus de la modification de la composition du mélange d'acides gras produit dans le rumen : d'abord il pourrait avoir favorisé la prolifération de la population microbienne et, de ce fait, augmenté la quantité de glucose absorbé dans l'intestin, le glucose étant le produit terminal le mieux utilisé pour l'engraissement (action dynamique spécifique de 28,5 p. 100 selon ARMSTRONG et *al.*, 1960) ; ensuite le fait que les acides gras soient produits et absorbés de façon régulière au cours de la journée pourrait améliorer leur utilisation (MC CLYMONT, 1951).

Pour mieux analyser les phénomènes, il faudrait arriver à mesurer les quantités des différents produits terminaux de la digestion effectivement absorbées aux différents niveaux du tractus digestif.

Origine des modifications des fermentations du rumen.

Il s'agit maintenant de savoir par quels mécanismes le fait de broyer et d'agglomérer le foin ou la ration entière a modifié l'orientation des fermentations du rumen chez les animaux des lots 2 et 3. Ces traitements ont pu agir de deux façons :

a) d'une part, de façon directe, en modifiant la structure du fourrage au point

de le rendre plus accessible à l'attaque par la population microbienne du rumen ; cela pourrait permettre une acidification rapide, condition favorable à l'installation d'une fermentation propionique ;

b) d'autre part, de façon indirecte, en modifiant la fréquence des repas.

Cette dernière hypothèse qui ne semble pas avoir été avancée jusqu'ici se dégage de nos observations. Nos animaux recevant du foin broyé ont consommé pratiquement la même quantité de matière sèche que ceux recevant le foin normal mais en un plus grand nombre de repas de très courte durée (fig. 2). Cela rejoint donc les expériences dans lesquelles on a obtenu une augmentation importante de la croissance en multipliant le nombre des distributions, jusqu'à 10 (pour une quantité égale d'aliment distribuée par jour), aussi bien chez les jeunes bovins (RAKES et *al.*, 1957 ; MOCHRIE, 1959 ; MOHRMAN et *al.*, 1959 ; PUTNAM et *al.*, 1961) que chez les agneaux (GORDON et TRIBE, 1952 ; RAKES et *al.*, 1960-1961).

Chez les animaux effectuant ainsi un grand nombre de repas, on a observé les modifications suivantes dans le liquide du rumen : une teneur en acides gras volatils totaux plus élevée ou plus constante (MOCHRIE, 1959 ; KNOX et WARD, 1960 ; PUTNAM et *al.*, 1961), une proportion d'acide propionique plus élevée (KNOX et WARD, 1960), une augmentation de la population de protozoaires (MOIR et SOMERS, 1956 ; PUTNAM et *al.*, 1961).

Comme nous avons observé pratiquement les mêmes modifications, nous pouvons penser que l'accroissement du nombre de repas effectué par nos animaux recevant du foin broyé a joué un rôle important dans la modification des fermentations du rumen et par suite, dans l'amélioration de l'utilisation de l'énergie métabolisable pour la croissance et l'engraissement.

Reçu pour publication en décembre 1962.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très vivement M. MARCHADIER (Station centrale de Physiologie animale, C. N.R. Z.) qui a réalisé les mesures de comportement alimentaire de cet essai.

SUMMARY

UTILISATION OF PELLETTED FEEDS BY CATTLE.

I. — COMPARISON OF NORMAL LUCERNE HAY WITH PELLETTED LUCERNE HAY FOR FEEDING FATTENING STEERS

1^o) The same ration, composed of lucerne hay and a concentrate, was given to 3 groups of 10 young steers (aged 16 to 18 months) in 3 different forms : 1) normal hay and pelleted concentrate ; 2) pelleted hay and pelleted concentrate ; 3) hay and concentrate pelleted together given *ad lib.*

The animals of groups 1 and 2 were given hay *ad lib.* and the same quantity of concentrate, given individually, as those of group 3. It should be noted that between the end of the experimental

period, which lasted 138 days, and slaughtering, there was a period of 20 days on an average, during which all the steers were fed individually.

2^o) Measurements were made of the quantities consumed each day by the different groups, the live-weight gain of the animals, their feeding behaviour, the quality and fatness of the carcasses, the weight and composition of the digestive tract content and the concentration of volatile fatty acids in the rumen fluid.

3^o) The steers receiving pelleted hay (group 2) or the pelleted ration (group 3) had a daily growth rate significantly higher than those of group 1 receiving the normal ration (table 4).

No significant difference was observed between the groups, in the quality of the carcass (table 5) and the fatness (table 6).

4^o) The 3 groups consumed similar quantities of dry matter (having the same composition); therefore the animals receiving pelleted hay (2) or the pelleted ration (3) consumed 25 p. 100 dry matter less per kg of live-weight gain than those receiving the normal ration (1) (table 7). The steers receiving the pelleted hay spent significantly less time in consuming their food and ruminating than those of group 1 receiving the normal hay (table 8 fig. 2).

5^o) The concentration of volatile fatty acids in the rumen fluid and the proportion of propionic acid in the mixture of these acids were higher in the animals receiving the pelleted hay or the pelleted ration (table 9 et 10).

6^o) These results are discussed: the quantities consumed by the 3 groups being identical, and the live-weight gain having much the same chemical composition, the steers receiving pelleted hay or the pelleted ration utilised more efficiently the energy consumed, since they had a higher growth rate than those of group 1. The transformation of metabolisable energy into net energy was improved partly by the decrease in the time spent in consuming and ruminating, and especially by the increase in the concentration of propionic acid in the rumen at the expense of acetic and butyric acid.

An increase in the number of meals of the animals receiving pelleted hay (table 8) may partly explain the modifications of the fermentations observed in the rumen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARMSTRONG D. G., BLAXTER K. L., 1957. The utilisation of acetic, propionic and butyric acids by fattening sheep. *Brit. J. Nutr.*, **11**, 413-425.
- ARMSTRONG D. G., BLAXTER K. L., GRAHAM N. McC., 1960. Fat synthesis from glucose by sheep. *Proc. Nutr. Soc.*, **19**, XXXI.
- BALCH D. A., ROWLAND S. J., 1957. Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diet. *Brit. J. Nutr.*, **11**, 288-298.
- BEARDSLEY D. W., Mc CORMIK C., SOUTHWELL G. L., 1959. Steer performance on and rumen effects of different concentrate roughage ratios in pelleted and unpelleted mixed fattening rations. *J. Anim. Sci.*, **18**, 1507 (Abstr.).
- BERANGER C., JARRIGE R., TISSERAND J. L., 1961. Besoins azotés des bovins au cours de la croissance et de l'engraissement. Colloque sur l'alimentation azotée des animaux domestiques. *Association Française de Zootechnie (non publié)*.
- BERANGER C., JARRIGE R., 1962. Production intensive de viande par les jeunes bovins. *Bull. Tech. Ing. Serv. Agric.*, **174**, 979-1010.
- BERANGER C., 1963. Résultats non publiés.
- BLAXTER K. L., GRAHAM N. M., 1956. The effect of the grinding and cubing process on the utilisation of the energy of dried grass. *J. Agric. Sci.*, **47**, 207.
- BLAXTER K. L., 1961. The utilisation of the energy of food by ruminants. *Second Symposium on « Energy Metabolism of farm Animals »*, Wageningen (sept. 1962).
- CMARIK G. F., WEBB R. J., CATE H. A., 1957. The response of fattening yearling steer self fed complete pelleted rations of varying ratios of concentrates to roughages. *J. Anim. Sci.*, **16**, 1085 (Abstr.).
- CMARIK G. F., Mc KIBBEN G. E., WEBB R. J., 1960. Comparison of hay fed in various forms to weaning calves. *Illinois cattle feeders' days*.
- CULLISON A. E., 1961. Effect of physical form of the ration on steer performance and certain rumen phenomena. *J. Anim. Sci.*, **20**, 478-483.
- DUMONT B. L., 1956. La découpe du pan traité. *F. E. Z. Commission bovine. Madrid*.
- ENSMINGER M. E., HAM W. E., ALGEO J. W., 1948. Preliminary observations on the relative feeding value of dehydrated grass in 3 forms, finely ground, coarsely ground and pelleted and sun cured ground alfalfa. *Washington Exper. Stat. Circ. No 67*.
- GARRETT W. N., MEYER J. H., LOFGREEN G. P., DOME J. B., 1961. Effect of pellet size and composition on feedlot performance, carcass characteristics and rumen parakeratosis of fattening steers. *J. Anim. Sci.*, **20**, 833-838.

- GORDON J. G., TRIBE D. E., 1952. Importance of frequency of feeding sheep. *Brit. J. Nutr.*, **6**, 89-93.
- HOPKINS H. A., FONTENOT J. P., MESTANZA W. M., 1960. Effect of grinding and pelleting on feedlot performance digestibility and incidence in rumen parakeratosis in lambs. *J. Anim. Sci.*, **19**, 652 (Abstr.).
- JAMES A. T., MARTIN J. P., 1951. Gas liquid partition chromatography: Microestimation of volatile fatty acids from formic acid to dodecanoic acid. *Biochem. J.*, **50**, 679-690.
- KELLNER O., 1911. *Principes fondamentaux de l'alimentation du bétail* (3^e édition traduit par A. GREGOIRE). Berger Levrault, Paris.
- KLOSTERMAN E. W., JOHNSON A. L., MOXON A. L., RICKETTS G., 1960. Feeding value of long, finely ground and pelleted hay for fattening steers. *Ohio Agr. Expt. Sta. Mimeo. Series*, 121.
- KNOX K. L., WARD G. M., 1960. Rumen volatile fatty acid production as affected by feeding frequency. *J. Dairy Sci.*, **43**, 875 (Abstr.).
- LINDAHL I. L., REYNOLDS P. J., 1959. Effect of pelleting on the chemical composition and digestibility of alfalfa meal. *J. Anim. Sci.*, **18**, 1074-1079.
- LLOYD L. E., CRAMPTON E. W., DONEFER E., BEACOM S. E., 1960. The effect of chopping versus grinding on the nutritive value index of early versus late cut red clover and timothy hays. *J. Anim. Sci.*, **19**, 859-866.
- MC CLYMONT G. L., 1951. Volatile fatty acid metabolism of ruminants with particular reference to the lactating bovine mammary gland and the composition of milk fat. *Aust. J. Agric. Res.*, **2**, 158-180.
- MC CROSKEY J. E., POPE L. S., URBAN K., 1958. Effect of pelleting roughage for beef calves. *Oklahoma Misc. Pub. MP51*, 35-37.
- MC CROSKEY J. E., POPE L. S., URBAN K., 1959. Fattening beef calves with pelleted rations containing different concentrate roughage ratios. *Oklahoma Misc. Pub. MP55*, 50-55.
- MC CROSKEY J. E., POPE L. S., URBAN K., 1960. Further studies on pelleting rations for steers. *Oklahoma Misc. Pub. MP57*, 96-102.
- MC CROSKEY J. E., POPE L. S., STEPHENS D. F., WALLER G., 1961. Effect of pelleting steer fattening rations of different concentrate roughage ratios. *J. Anim. Sci.*, **20**, 42-45.
- MEYER J. H., GASKILL R. L., STOWSAND G. S., WEIR W. C., 1959. Influence of pelleting on the utilisation of alfalfa. *J. Anim. Sci.*, **18**, 336-346.
- MEYER J. H., WEIR W. C., DOBIE J. B., HULL J. L., 1959. Influence of the method of preparation on the feeding value of alfalfa hay. *J. Anim. Sci.*, **18**, 976-982.
- MEYER J. H., WEIR W. C., JONES L. G., HULL J. L., 1960. Effect of stage of maturity deshydrating versus field curing and pelleting on alfalfa hay quality as measured by lamb gains. *J. Anim. Sci.*, **19**, 283-294.
- MILLER J. I., DRAIN J. J., PARK R. L., WALLENTINE M. V., 1960. The value of hay pellets when fed with grass silage and mixed hay in wintering rations for steers calves. *J. Anim. Sci.*, **19**, 715-721.
- MOCHRIE R. D., 1959. Relationship of frequency of feeding to feed utilisation and other physiological activities of the bovine. *Diss. Abst.*, 2705.
- MOHRMAN R. K., ALBERT W. W., NEUMAN A. L., MITCHELL G. E., 1959. The influence of hand feeding and frequent interval feeding on performance and behaviour of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **18**, 1489 (Abstr.).
- MOIR R. J., SOMERS M. A., 1956. A factor influencing the protozoal population in sheep. *Nature*, **178**, 1472.
- NEUMAN A. L., WEBB R. J., CMARIK G. F., 1959. Pellets for profit in beef calves. *Illinois Research*.
- O'MARY C. C., SMITH G., ENSMINGER M. E., 1961. The effect of supplemental hay on gain and feed consumption of beef calves fed on all pelleted rations. *J. Anim. Sci.*, **20**, 667 (Abstr.).
- PUTNAM P. A., GUTIERREZ J., DAVIS R. E., 1961. Effects of frequency of feeding upon rumen volatile acids, protozoal population and weight gains in angus heifer calves. *J. Dairy Sci.*, **44**, 1364-1365.
- RAKES A. H., HARDISON W. A., ALBERT T., MOORE W. E. C., GRAF G. C., 1957. Effect of frequency of feeding on animal response, feed digestibility and rumen activity. *J. Dairy Sci.*, **40**, 633 (Abstr.).
- RAKES A. H., LISTER E. E., REID J. T., 1960. Some effect of feeding frequency on the utilisation of feed by ruminants. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufacturers* 104-107.
- RAKES A. H., LISTER E. E., REID J. T., 1961. Some effects of feeding frequency on the utilisation of isocaloric diets by young and adult sheep. *J. Nutr.*, **75**, 86-92.
- RODRIGUE C. B., ALLEN N. N., 1960. The effect of fine grinding of hay on ration digestibility, rate of passage and fat content of milk. *Canad. J. Anim. Sci.*, **40**, 23-29.
- SHAW J. C., ROBINSON R. R., SENCER M. E., LAKSMANAN S., LEWIS T. R., 1959. Production of low fat milk: effect of quality and quantity of concentrate on the volatile fatty acids of the rumen and on the composition of milk. *J. Nutr.*, **69**, 235-244.
- WALLACE J. D., RALEIGH R. J., SAWYER W. A., 1961. Utilisation of chopped, wafered and pelleted native meadow hay by weaned hereford calves. *J. Anim. Sci.*, **20**, 778-781.
- WEBB R. J., CMARIK G. E., CATE H. A., 1957. Comparison of feeding three forages as baled hay, chopped, hay, hay pellets and silage to steer calves. *J. Anim. Sci.*, **16**, 1057 (Abstr.).
- WEBB R. J., CMARIK G. F., MC KIBBEN G. E., CATE H. A., 1959. Pelleted complete rations of varying concentrate roughage ratios for steer calves, yearlings, and two-year old steers. *Illinois cattle feeders' day*.
- WEIR W. C., MEYER J. H., GARRETT W. N., LOFGREEN G. F., ITTNER N. R., 1959. Pelleted rations compared to similar rations fed chopped or ground for steers and lambs. *J. Anim. Sci.*, **18**, 805-814.