

ALIMENTS COMPLETS AGGLOMÉRÉS A BASE DE PAILLE ET DE CÉRÉALES

II. — DIGESTION ET UTILISATION PAR LES VACHES LAITIÈRES

B. RÉMOND et M. JOURNET

avec la collaboration technique de Jeanne FLÉCHET et A. OLLIER

*Station de Recherches sur l'Élevage des Ruminants,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
Saint Genès Champanelle
63110 Beaumont*

RÉSUMÉ

L'acceptabilité, la digestion dans le rumen, et l'effet sur le taux butyreux de 8 aliments complets agglomérés à base de paille et de céréales, qui différaient par le pourcentage de paille (30 et 50 p. 100), la finesse de broyage de celle-ci (diamètre des perforations de la grille du broyeur de 5 et 20 mm) et le diamètre des agglomérés (10 et 18 mm) ont été étudiés.

Le taux de paille le plus élevé, le broyage le plus grossier ont encore provoqué des déviations trop importantes des fermentations dans le rumen (rapport C_2/C_3 de 2,5) pour éviter une baisse du taux butyreux (— 5 g p. 1 000 par rapport à un régime normal).

Le niveau d'ingestion le plus élevé (bien que faible) a été obtenu avec les agglomérés les plus friables, qui correspondaient à ceux contenant le moins de paille (30 p. 100 de paille) et fabriqués avec la filière de diamètre le plus élevé (18 mm).

INTRODUCTION

Les régimes pour vaches laitières devront de plus en plus permettre des niveaux de production laitière élevés et nécessiter peu de main-d'œuvre pour leur distribution. De ces points de vue, les aliments complets constitués de fourrage et d'aliment concentré, broyés mélangés et agglomérés semblent intéressants.

Dans la mesure où la proportion de fourrage dans les aliments agglomérés est limitée (de l'ordre de 40 p. 100 ou moins), on peut penser que celui-ci joue autant sinon plus par son rôle physique que par l'apport de nutriments, du moins si l'aliment concentré apporte la quantité de vitamines et de minéraux, oligo-éléments en parti-

culier, nécessaires à l'animal. On peut donc se demander si le fourrage ne pourrait pas être de la paille, aliment bon marché et sous-produit souvent non utilisé de la production des céréales.

L'utilisation des aliments complets à base de paille et de céréales pour les bovins a surtout été étudiée avec des animaux à l'engrais, en particulier en Grande-Bretagne (LAMMING, SWAN et CLARKE, 1966 ; FORBES, IRWIN et RAVEN, 1969). Mais pour convenir à des vaches laitières, le régime doit présenter certaines caractéristiques : la proportion d'aliments concentrés ne doit pas dépasser 60 à 70 p. 100 de la ration totale (OWEN, MILLER et BRIDGE, 1969 ; THOMSON, 1970), et la longueur moyenne des particules doit être suffisamment importante (13 mm selon THOMSON, 1970) pour que les phénomènes digestifs se déroulent normalement et n'occasionnent pas d'anomalies dans la production du lait.

Dans un essai préliminaire, nous avons étudié l'utilisation par les vaches laitières de régimes uniquement constitués de paille d'orge, de maïs grain, d'urée et d'un mélange de minéraux, broyés, mélangés et agglomérés, en nous attachant particulièrement à la digestion.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Animaux — Alimentation

Nous avons utilisé les 8 aliments complets agglomérés préparés et étudiés par les chercheurs de la Fabrique de Mélanges alimentaires expérimentaux de la Minière, I. N. R. A. (MELCION et DELORT-LAVAL, 1972). Ces aliments différaient entre eux par la proportion de paille (30 ou 50 p. 100 : aliments P₃₀ et P₅₀), la finesse de broyage de la paille (broyeur dont les perforations de la grille avaient un diamètre de 5 ou 20 mm ; aliments G₅ et G₂₀), et par le diamètre des agglomérés (filière de 10 ou de 18 mm de diamètre ; aliments F₁₀ et F₁₈). La teneur de ces aliments en matières azotées et en cellulose brute a été rappelée dans le tableau 1.

TABLEAU I

Schéma de distribution et composition chimique des aliments

Période	1		2		3		4	
	4246 5009	4021 5301	4246 5009	4021 5301	4246 5009	4021 5301	4246 5009	4021 5301
<i>Caractéristiques des aliments</i>								
Paille (%)	50		30		50		30	
Diamètre des agglomérés (mm)	18		10		10		18	
Diamètre des perforations de la grille du broyeur (mm)	5	20	5	20	5	20	5	20
<i>Composition chimique des aliments</i> (p. 100 de la MS)								
Matières azotées totales (N × 6,25) .	11,7	11,8	13,5	13,1	11,4	11,4	13,1	14,3
Cellulose brute	21,7	20,7	12,7	12,3	21,9	20,2	13,2	13,7

Quatre vaches de race *Française Frisonne Pie Noire*, au 7^e mois de lactation, ont été utilisées ; deux d'entre elles portaient une large fistule du rumen. Elles étaient alimentées à volonté avec un pourcentage de refus d'environ 10 p. 100. Les aliments étaient distribués 2 fois par jour, à 8 h et à 18 h, et étaient en permanence à la disposition des animaux.

Deux vaches (4021 et 5301), dont une fistulée, ont reçu du début à la fin de l'essai, les aliments G₂₀ et les deux autres vaches (5009 et 4246), les aliments G₅. Au cours de 4 périodes expérimentales successives, de 3 semaines chacune, les 4 vaches ont reçu les différents aliments dans l'ordre indiqué dans le tableau 1. Elles étaient installées pendant les 8 à 10 premiers jours de chaque période sur des stalles recouvertes d'une litière de paille, et pendant le reste de la période, sur des stalles de digestibilité recouvertes de plaques en caoutchouc.

Mesures

Pour les 4 vaches, nous avons mesuré tous les jours les quantités d'aliments ingérées et de lait produites, ainsi que le taux butyreux du lait, et, au cours de la dernière semaine de chaque période expérimentale, le comportement alimentaire et le coefficient d'utilisation digestive apparent (CUD) de la ration et de l'amidon qu'elle contenait (la teneur en amidon a été mesurée par la méthode de THIVEND, MERCIER et GUILBOT, 1965). Les vaches ont été pesées une fois par semaine. De plus, pour les 2 vaches fistulées, nous avons mesuré, au cours de la dernière semaine de chaque période expérimentale (1) le pH du jus de rumen dans un échantillon prélevé avant la distribution des aliments et 3 h après (3 jours consécutifs), (2) la composition du mélange des acides gras volatils (AGV) dans un échantillon prélevé 3 h après la distribution des aliments (3 jours consécutifs), (3) la teneur en azote ammoniacal du jus de rumen dans un échantillon prélevé toutes les demi-heures depuis une demi-heure jusqu'à 3 h après la distribution des aliments (2 jours consécutifs) et (4) l'activité cellulolytique du jus de rumen par la méthode des sachets de nylon, avec de la paille d'avoine comme substrat (1 seule fois). Les méthodes utilisées, lorsqu'elles ne sont pas indiquées, sont les mêmes que celles exposées par RÉMOND et JOURNET (1972).

RÉSULTATS

1. — Quantités d'aliments ingérées et production laitière (tabl. 2)

Les quantités ingérées ont été faibles, en particulier au cours des 3 premières périodes expérimentales où elles n'ont été, en moyenne pour les 4 vaches, que de 12,41 kg par jour, soit 2,20 kg par 100 kg de poids vif. Les différents traitements (pourcentage de paille, diamètre des perforations de la grille de broyage et diamètre des agglomérés) n'ont pas eu d'effet significatif pendant les 3 premières périodes. Au cours de la période 4, les quantités ingérées ont été plus élevées et en moyenne de 15,30 kg, soit 2,60 kg par 100 kg de poids vif.

Le comportement alimentaire s'est caractérisé par des durées unitaires d'ingestion et de rumination faibles (minutes d'ingestion ou de rumination/kg de MS ingérée) ; elles ont respectivement été de 18,6 et 18,0 minutes pour le régime P₃₀, et de 20,7 et 21,5 minutes pour le régime P₅₀.

La quantité de lait produite a diminué de façon très importante (1,4 kg par semaine) entre la période de 3 semaines qui a précédé l'expérience (au cours de laquelle les animaux étaient au pâturage ou s'habituait au premier aliment expérimental) et la première période expérimentale, et entre les deux premières périodes expérimentales (0,7 kg par semaine) ; la première diminution rapportée peut s'expliquer par la faible ingestion d'énergie des vaches, mais pas la seconde.

Le taux butyreux a varié dans le même sens que le pourcentage de paille dans

la ration. Il est toujours resté faible, même quand les vaches recevaient les aliments P₅₀ dont la teneur en cellulose brute était de 21 p. 100, quels que soient les diamètres des perforations de la grille du broyeur et le diamètre des filières de la presse.

TABLEAU 2

*Quantités d'aliments ingérées, digestibilité des aliments,
production laitière et poids vif*
(Moyenne des 4 vaches)

Période	Pré- expérience	Expérimentale			
		1	2	3	4
<i>Quantités ingérées* :</i>					
Total (kg MS)		12,91	11,75	12,57	15,30
dont { paille (kg MS)		6,45	3,52	6,28	4,58
{ alim. conc. (kg MS)		6,13	7,94	5,97	10,32
{ urée (g)		194	176	188	229
<i>Coeff. d'utilisation digestive :</i>					
— Matière organique (%)		58,9 (2,4)	70,0 (1,3)	58,5 (1,3)	66,4 (2,6)
— Amidon (%)		95,9 (1,2)	97,8 (1,5)	97,4 (0,6)	96,4 (1,2)
<i>Production laitière** :</i>					
— Quantité de lait (kg)	16,0	11,8	9,6	9,5	10,1
— Taux butyreux (g/p. 1 000)	35,8	30,2	24,0	29,4	24,8
<i>Poids vif (kg)</i>		561	558	574	591

* Mesurées au cours des 2 dernières semaines de chaque période.

** Mesurée au cours de la dernière semaine de chaque période.

() Écart-type de la moyenne.

2. — Digestibilité des aliments et digestion dans le rumen (tabl. 2 et 3)

Les CUD (de la matière organique) des aliments P₃₀ a été plus élevé d'environ 10 points que celui des aliments P₅₀ ; pour les aliments P₃₀, le CUD a été plus faible à la période 4 qu'à la période 2, ce qui peut sans doute s'expliquer par les quantités ingérées plus importantes au cours de la période 4. Le CUD du maïs n'a pas été maximal puisque la digestion de l'amidon n'a pas été complète (CUD de 96,9 p. 100 en moyenne) ; les fèces contenaient 1,1 à 7,1 p. 100 d'amidon selon les périodes et les animaux, la dernière valeur étant obtenue au cours de la période 4 avec la vache 5009 qui ingérait en moyenne 8,3 kg d'amidon par jour.

Le CUD de la matière organique de la paille et du maïs ont été calculés à partir des CUD des aliments et de leurs proportions de matière organique de paille et de maïs. Il a respectivement été de 32,1 p. 100 et 83,9 p. 100 quand on adoptait pour le CUD des aliments P₃₀ la valeur de 68,2 (moyenne des périodes 2 et 4), et de 27,6 p. 100 et 88,5 p. 100 quand on adoptait pour le CUD des aliments P₅₀ la valeur de

70,0 p. 100 (période 2). Quel que soit le chiffre choisi, il apparaît que la digestibilité de la paille d'orge est inférieure aux valeurs généralement admises (49 p. 100 selon SCHNEIDER, 1947), ce qui peut être à relier à la faible activité cellulolytique du jus de rumen, plus élevée cependant pour les aliments P₆₀ que pour les aliments P₃₀. La digestibilité du maïs est semblable aux valeurs indiquées par SCHNEIDER (1947).

TABLEAU 3

Digestion dans le rumen

(Moyennes des valeurs obtenues avec les 2 vaches fistulées)

Période	1		2		3		4	
Paille (%)	50		30		50		30	
<i>Acides gras volatils</i> ⁽¹⁾								
Concentration (mmoles/l)	97,4	(3,3)	92,1	(8,0)	97,8	(8,1)	80,7	(15,2)
Composition (moles %) :								
C ₂	63,9	(1,8)	46,4	(4,1)	62,6	(0,6)	46,4	(1,0)
C ₃	26,0	(2,2)	39,6	(6,3)	24,6	(1,4)	44,0	(1,1)
iso C ₄	0,2	(0)	0,2	(0,1)	0,4	(0,1)	0,5	(0,1)
C ₄	8,5	(1,1)	8,0	(6,1)	9,7	(1,4)	6,6	(0,7)
iso C ₅	0,8	(0,1)	1,5	(0,1)	1,8	(0,6)	0,8	(0,4)
C ₅	0,5	(0)	2,3	(0,5)	0,7	(0,2)	1,6	(0,7)
> C ₅			2,0	(1,4)				
C ₂ + C ₄ + iso C ₄	72,6		54,6		72,7		53,5	
C ₂ /C ₃	2,4		1,2		2,5		1,0	
pH ⁽²⁾								
0 h	6,03		5,85		5,98		6,32	
3 h	6,00		5,99		6,03		6,18	
<i>Concentration de N-NH₃</i> (mg/100 ml)								
Moyenne ⁽³⁾	13,5		17,3		19,7		24,0	
Maximale ⁽⁴⁾	23,5		39,2		50,0		57,6	
<i>Activité cellulolytique</i> (P. 100 de paille dégradée) . . .								
	28,3		12,8		26,5		22,8	

(1) Valeurs obtenues avec 1 vache fistulée. Chaque valeur est la moyenne de 3 données.

(2) Chaque valeur est la moyenne de 6 données (3 j × 2 vaches).

(3) — — — — — 24 — (6 par j × 2 j × 2 vaches).

(4) Valeur maximale mesurée au cours d'une des 2 journées sur 1 des 2 vaches.

() Écart-type.

La composition du mélange des AGV du jus de rumen a été semblable au cours des périodes 1 et 3 (aliments P₆₀) d'une part, et 2 et 4 (aliments P₃₀) d'autre part ; le passage des premiers aux seconds a fait diminuer la proportion de l'acide acétique et augmenter celle des acides propionique et valérianique, tandis que la proportion de l'acide butyrique variait peu.

Le pH du jus de rumen a été faible et à peu près constant au cours des 3 premières périodes, quels que soient la vache, l'aliment et l'heure du prélèvement de l'échantillon. Il a été légèrement plus élevé au cours de la période 4.

Les teneurs moyennes du jus de rumen en azote ammoniacal ont été peu élevées malgré les quantités importantes d'urée ingérées par jour (environ 200 g) ; elles n'ont pas été liées, non plus que les teneurs maximales, aux quantités d'urée ingérées pendant les jours de prélèvement de l'échantillon.

Le faible nombre d'animaux utilisés n'a pu permettre de mettre en évidence une éventuelle influence du diamètre des perforations de la grille du broyeur ni du diamètre des agglomérés.

DISCUSSION — CONCLUSION

Les aliments agglomérés que nous avons utilisés ne conviennent pas pour alimenter des vaches laitières : le niveau d'ingestion est insuffisant, inférieur à 2,2 kg de MS pour 100 kg de poids vif et le taux butyreux est faible, inférieur à 30 g p. 1 000 même quand l'aliment contient 50 p. 100 de paille.

Il est à noter que les aliments les mieux ingérés (ceux qui étaient distribués pendant la période 4) étaient aussi les plus friables : leur coefficient de friabilité était supérieur à 40 p. 100 alors que celui des autres aliments avait pour médiane 18,0 (MELCION et DELORT-LAVAL, 1972).

La diminution de la durée de rumination, du pH et du taux butyreux, et les modifications de la composition du mélange des AGV par rapport à un régime classique peuvent être reliées à la proportion élevée de maïs et à la réduction de la paille en fines particules : les taux butyreux que nous avons enregistrés avec les aliments P₅₀ ont d'ailleurs été semblables à ceux observés antérieurement par JOURNET (1970) avec des aliments broyés et agglomérés composés pour moitié de foin et pour moitié d'aliment concentré. La proportion (en poids) des particules de paille supérieures à 1,25 mm a été faible quel qu'ait été le diamètre des perforations de la grille du broyeur, 5 ou 20 mm : 9,8 et 13,7 p. 100 respectivement (MELCION et DELORT-LAVAL, 1972). Or, avec des vaches laitières qui recevaient des foins de graminées broyés et agglomérés, JOURNET et HODEN (1972) n'ont observé un temps de rumination presque normal (34 p. 100 du temps total) que lorsque la proportion de fourrage retenue sur le tamis de 1,25 cm atteignait 17 p. 100 ; malgré cela la composition du mélange des AGV dans le jus de rumen n'était pas tout à fait normale bien que l'aliment aggloméré ne contienne pas d'aliment concentré.

La mise au point d'aliments complets à base de céréales et de paille nécessiterait probablement l'utilisation de presses, telles que celles utilisées par THOMSON (1970), permettant d'agglomérer des céréales broyées et des fourrages hachés sans trop diminuer la taille des particules de fourrage et sans nuire à l'homogénéité du mélange.

REMERCIEMENTS

Nous remercions P. THIVEND pour les analyses d'amidon qu'il a effectuées.

SUMMARY

COMPLETE PELLETED DIETS CONTAINING STRAW AND CEREALS

II. — DIGESTION AND UTILIZATION BY DAIRY COWS

The present experiment was carried out to study the acceptability, digestion in the rumen and effect on the fat content of milk of 8 complete pelleted diets containing straw and cereals and differing as regards percentage of straw (30 and 50 p. 100), grinding fineness of the straw (diameter of the holes in the screen of the grinder : 5 and 20 mm) and diameter of the pellets (10 and 18 mm).

The highest level of straw, the most coarse grinding caused variations in the rumen fermentation (C_2/C_3 ratio of 2.5) leading to fall in the fat content of milk (— 5 g p. 1 000 compared with a normal diet).

The highest feed intake level (even though low) was obtained with the less hard pellets, *i. e.* those containing less straw (30 p. 100) and made with the largest pellets (18 mm).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- FORBES T. J., IRWIN J. H. D., RAVEN A. M., 1969. The use of coarsely chopped barley straw in high concentrate diets for beef cattle. *J. agr. Sci., Camb.*, **73**, 347-354.
- JOURNET M., 1970. Utilisation des aliments condensés par les vaches laitières. *Ann. Zootech.*, **19**, 85-87.
- JOURNET M., HODEN A., 1973. Utilisation des luzernes et des graminées déshydratées comme unique fourrage de la ration des vaches laitières et étude de leur digestion dans le rumen. *Ann. Zootech.* (sous presse).
- LAMMING G. E., SWAN H., CLARKE R. T., 1966. Studies on the nutrition of Ruminants. I. Substitution of maize by milled barley straw in a beef fattening diet and its effect on performance and carcass quality. *Anim. Prod.*, **8**, 303-311.
- MELCION J.-P., DELORT-LAVAL J., 1972. Aliments complets agglomérés à base de paille et de céréales. I. Étude technologique. *Ann. Zootech.* **21**, 535-542.
- OWEN J. B., MILLER E. L., BRIDGE P. S., 1969. Complete diets given *ad libitum* to dairy cows. The effect of the level of inclusion of milled straw. *J. Agric. Sci. Camb.*, **72**, 351-357.
- RÉMOND B., JOURNET M., 1972. Alimentation des vaches laitières avec des rations à forte proportion d'aliments concentrés. II. Comportement alimentaire et digestion dans le rumen. *Ann. Zootech.* **21**, 191-205.
- SCHNEIDER B. H., 1947. *Feeds of the world. Their digestibility and composition*, p. 183 et 207, Jarrett Printing Company, Charleston.
- THIVEND P., MERCIER Christiane, GUILBOT A., 1965. Dosage de l'amidon dans les milieux complexes. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 513-526.
- THOMSON I., 1970. Possibilities for complete pelleted diets for ruminants. *21st Annual Meeting for European Association for Animal Production*. Budapest.