UTILISATION DES ALIMENTS BROYÉS ET AGGLOMÉRÉS PAR LES BOVINS

II. — UTILISATION COMPARÉE PAR LA VACHE LAITIÈRE
DU FOIN DE LUZERNE CONDENSÉ ET DU FOIN DE LUZERNE NORMAL,
ASSOCIÉS A DE L'ENSILAGE ET DES BETTERAVES

M. JOURNET et R. JARRIGE

avec la collaboration technique de B. MARQUIS

*Station de Recherches sur L'Élevage des Ruminants,
Centre de Recherches zootechniques et vétérinaires sur les Ruminants,
63 - Theix, près Clermont-Ferrand
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Dans trois essais portant au total sur 54 vaches en lactation, on a comparé la valeur alimentaire du foin condensé (*pellets*) à celle du foin de luzerne normal à partir duquel il était préparé. Les deux foins ont été distribués *ad libitum* aux vaches qui recevaient par ailleurs de l'ensilage de graminées *ad libitum*, des betteraves (15 ou 20 kg) et une quantité d'aliment concentré ajustée à leurs besoins.

Les vaches ont ingéré beaucoup plus de foin condensé que de foin normal : 1,7 fois plus dans le 1^{er} essai où le foin normal était de très bonne qualité, 3,8 et 4,1 fois plus dans les deux autres essais où il était mal consommé. Il en est résulté une augmentation très importante de la ration de base qui a atteint des valeurs très élevées : 2,9 à 3,0 kg de matière sèche par 100 kg de poids vif suivant les essais ; elle a apporté, suivant les essais 25 à 43 p. 100 d'énergie (UF) et 22 à 94 p. 100 de matières azotées digestibles de plus que la ration contenant le foin normal.

Le remplacement du foin normal par le foin condensé n'a pas entraîné de modification importante de la quantité de lait produite (la quantité d'aliment concentré étant plus faible) ni du taux butyreux. Il a augmenté le gain de poids des animaux ainsi que la teneur en matières azotées du lait. Le foin condensé, a semble-t-il, la même valeur énergétique que le foin normal.

INTRODUCTION

L'utilisation de foin condensé (foin broyé finement puis aggloméré) dans l'alimentation des vaches laitières a fait l'objet d'assez nombreuses études qui ont été presque toutes réalisées aux U. S. A. pendant ces dernières années (cf. revues de

MINSON, 1962, et de MOORE, 1964). Elles sont très diverses dans leurs objectifs, leur conception, leur réalisation et leurs résultats.

Très peu d'auteurs ont en fait mesuré l'influence du broyage et du pressage sur la valeur alimentaire du foin pour la vache laitière en comparant le foin condensé au foin normal à partir duquel il était préparé ; le foin était le seul aliment offert (RONNING et *al.*, 1959 ; KEITH et *al.*, 1961) ou était accompagné par un aliment concentré (RONNING et *al.*, 1958 ; PUTNAM et DAVIS, 1961 ; BROOKS et *al.*, 1962 ; MOODY, 1962). Le foin condensé a été généralement ingéré en quantité plus élevée que le foin normal. La quantité de lait a varié dans le même sens que la quantité de foin ingérée, surtout lorsque les vaches ne recevaient pas d'aliment concentré ; le taux butyreux n'a été diminué de façon importante (4 à 6 g p. 1 000) que dans deux essais.

C'est cette influence sur le taux butyreux des foins condensés ou des rations entièrement condensées, influence mise en évidence par POWELL dès 1939, qui a fait l'objet du plus grand nombre d'études. Différentes rations ont été utilisées : foin condensé seul (RODRIGUE et ALLEN, 1960 ; O.DELL et *al.*, 1964), foin condensé et aliment concentré distribué séparément (ENSOR et *al.*, 1959 ; KING et KEMKEN, 1962 ; PALMQUIST et *al.*, 1964), foin condensé et paille ou ensilage (FOSSLAND et FITCH, 1958), foin et aliment concentré condensés en un aliment unique (POWELL, 1939 ; RONNING, 1960). De telles rations provoquent le plus souvent une diminution du taux butyreux mais pas toujours ; celle-ci est favorisée, ou rendue plus importante, par l'accroissement de la finesse du broyage du foin (RODRIGUE et ALLEN, 1960 ; PALMQUIST et RONNING, 1961), par l'augmentation de la proportion d'aliment concentré dans la ration condensée (RONNING, 1960), ou par la présence de maïs chauffé, même en quantité limitée (ENSOR et *al.*, 1959). Elle est moins forte lorsqu'on ne distribue pas le concentré et le foin condensé en même temps (PALMQUIST et *al.*, 1964) ou lorsqu'on distribue le foin condensé quatre fois par jour au lieu de deux (O.DELL et *al.*, 1964). Cette diminution du taux butyreux est semblable à celle qui est provoquée par l'ingestion de rations constituées presque exclusivement d'aliments concentrés ; elle est déterminée par des modifications profondes de la dégradation des aliments dans le rumen et de l'importance respective des différents produits terminaux de la digestion (cf. revues de JARRIGE et JOURNET, 1959 ; ROOK, 1961).

Ces travaux sont donc très différents, notamment par la nature, la composition, le mode de préparation et de distribution des rations étudiées. Dans ces conditions, il n'en ressort pas de conclusions suffisamment générales quant à l'influence du broyage et du pressage sur la valeur alimentaire du foin ; l'influence sur la valeur nutritive reste à mesurer ; l'influence sur le taux butyreux n'est pas toujours prévisible.

Les études poursuivies à la Station (dont les premières ont été publiées par BÉRANGER et JARRIGE (1962) et par PINOT (1965) ont pour objectif de mesurer et d'expliquer l'influence du broyage et du pressage sur la valeur nutritive du foin et sur la quantité qui en est ingérée, et cela, avec les rations qui sont couramment utilisées dans nos régions et pour les différentes productions : lait, croissance et engraissement. Nous rapportons ici les résultats de trois essais dans lesquels nous avons comparé le foin de luzerne condensé au foin de luzerne normal dans la ration des vaches laitières qui recevaient en outre de l'ensilage d'herbe *ad libitum*, des betteraves et un aliment concentré en quantités limitées. Nous avons distribué les foins

ad libitum pour mesurer l'influence globale du foin condensé à la fois sur la quantité ingérée et sur la production laitière.

Les deux premiers essais ont été conduits en 1962 et en 1963 avec des périodes expérimentales de courte durée (3 semaines) et inversion des lots ; ils ne diffèrent que par la qualité du foin de luzerne choisi qui était assez bonne dans le premier essai et mauvaise dans le deuxième. Dans le troisième essai réalisé en 1964, il s'agissait de mettre en évidence l'influence éventuelle de l'ingestion de foin condensé pendant une plus longue période sur la santé, l'appétit et la production des vaches : la période expérimentale a été de 11 semaines sans inversion.

Dans d'autres essais, qui seront exposés ultérieurement, le foin normal a été remplacé par une quantité égale de foin condensé afin de comparer la valeur énergétique des deux aliments.

MÉTHODES

Dispositif expérimental

Les deux premiers essais (1962 et 1963) qui sont de courte durée avec inversion des régimes, comportent une période d'adaptation aux régimes de deux semaines et deux périodes expérimentales de trois semaines qui sont séparées par une période de transition de deux semaines, au cours de laquelle est réalisée l'inversion. Le troisième essai (1964) est de type continu avec une période pré-expérimentale de trois semaines, une période d'adaptation aux régimes de deux semaines et une période expérimentale de onze semaines. Au cours de chaque période expérimentale, un lot reçoit le foin normal et l'autre le foin condensé préparé à partir du précédent ; tous deux consomment par ailleurs le même ensilage *ad libitum*, une quantité égale de betterave et une quantité d'aliment concentré adaptée aux besoins de chaque vache.

Nous avons utilisé deux lots de dix vaches dans le premier essai, de sept dans le deuxième et de dix dans le troisième ; de race *Frisonne* pour la plupart (50 *Frisonnes* et 4 *Normandes*), elles avaient vêlé en novembre et décembre ; au début de la première période expérimentale, elles étaient en moyenne à la 8^e, la 11^e et la 9^e semaine de lactation respectivement dans les trois essais. La moitié d'entre elles (10 sur 20, 8 sur 14 et 10 sur 20) en étaient à leur 1^{re} lactation et pesaient environ 500 kg ; le poids des vaches adultes variait de 575 à 750 kg.

Depuis leur rentrée à l'étable à la fin octobre, ces vaches recevaient individuellement une ration mixte de foin, ensilage, betteraves et aliment concentré, semblable à celle qu'elles allaient recevoir pendant les essais. Leur production laitière était mesurée chaque jour depuis le vêlage de même que leur ingestion des différents aliments (sauf le dimanche), ce qui a permis de les apparier au mieux. Pendant cette période d'observation comme pendant l'essai, les vaches ont été maintenues en stabulation entravée avec une litière de paille renouvelée chaque jour et elles ne sont pas sorties au dehors.

Alimentation

Le foin et l'ensilage ont été offerts *ad libitum*, les quantités étant fixées chaque jour d'après les quantités ingérées la veille, de façon à limiter la proportion des refus à 10. p. 100 environ. La ration de betteraves a été maintenue constante (sauf à la fin du troisième essai pour certaines vaches comme il sera précisé plus loin) : 15 kg pour toutes les vaches dans le premier essai ; 20 kg pour les vaches adultes et 15 kg pour les vaches à leur première lactation dans les deux autres ; elle a toujours été consommée en totalité. La quantité d'aliments concentrés de chaque vache a été calculée chaque semaine de façon à couvrir les besoins énergétiques et azotés ; elle a été proportionnelle (0,5 kg par kg de lait à 4 p. 100 de matières grasses) à la différence entre la production permise par la ration de base et la production réelle fournie pendant la semaine précédente.

Dans les trois essais, les aliments ont été distribués de la façon suivante : l'ensilage vers 8 heures après la traite du matin, les betteraves vers 15-16 heures et le foin, normal ou condensé, à 18 h 30, après la traite du soir. Les vaches ont donc eu à leur disposition le foin pendant une dizaine d'heures et l'ensilage pendant sept heures environ. La ration d'aliment concentré a été distribuée en une seule fois dans les deux autres essais ; une moitié en même temps que les betteraves et l'autre après la traite du matin.

Les vaches qui vont consommer le foin condensé pendant la première période expérimentale en reçoivent 2 kg le premier jour de la période d'adaptation, puis 2 kg de plus tous les deux jours, en même temps que leur ration de foin normal est réduite ; au cours de la 2^e semaine, elles consomment le foin condensé *ad libitum* mais ne reçoivent plus de foin normal. Inversement, pendant la première semaine de la période de transition des deux essais de courte durée, elles reçoivent du foin normal *ad libitum* et une quantité de foin condensé qui décroît rapidement ; parallèlement les vaches de l'autre lot qui recevaient jusque-là le foin normal sont accoutumées au foin condensé. Pendant ces périodes où la quantité de foin ingérée varie de façon rapide et importante, les quantités de concentré distribuées sont adaptées presque chaque jour.

Les foin de luzerne utilisés ont été choisis de qualité différente dans les trois essais (tabl. 1) ; le foin normal a été distribué tel quel sans hachage ; le foin condensé a été préparé par broyage du précédent dans un broyeur à marteaux avec une grille à mailles de 3 mm et pressage sans adjuvants ; il a été présenté sous forme de granulés de 8 mm de diamètre. Les ensilages étaient à base de graminées récoltées au cours du 1^{er} cycle de croissance sans préfanage préalable, ni addition de conservateurs. Les betteraves, *Red Ofofte* ou *Pajberg Rex*, contenaient de 16-18 p. 100 de matière sèche. Deux aliments concentrés ont été utilisés, le premier riche en azote (75 p. 100 de tourteaux environ, 300 g de matières azotées digestibles par kg) pour compenser l'insuffisance de l'apport azoté par la ration de base contenant le foin normal, le deuxième plus équilibré (75 p. 100 de céréales, d'orge essentiellement).

TABLEAU I

Composition chimique des fourrages — Coefficients de digestibilité (Moutons) des foin normaux

	Composition chimique en p. 100 de la matière sèche			Coefficients de digestibilité		
	Cendres	Matières azotées	Cellulose brute	Matière organique	Matières azotées	Cellulose brute
<i>Essai n° 1</i>						
Foin de luzerne normal...	8,6	18,2	32,4	64,0	76,4	46,2
Foin de luzerne condensé ..	9,7	17,7	28,4			
Ensilage de graminées ...	11,5	12,7	32,5			
<i>Essai n° 2</i>						
Foin de luzerne normal...	8,9	13,6	36,6	60,7	67,4	52,6
Foin de luzerne condensé...	9,0	15,1	34,8			
Ensilage de graminées ...	10,9	13,3	30,2			
<i>Essai n° 3</i>						
Foin de luzerne normal...	10,3	14,3	36,1	56,9	68,8	45,7
Foin de luzerne condensé...	8,8	14,8	34,6			
Ensilage de graminées ...	10,3	12,9	32,5			

Mesures

Voici les différentes mesures qui ont été effectuées pour chaque animal dans les trois essais, avec la fréquence de chacune d'elles :

- poids de chaque aliment offert et refusé : chaque jour, sauf le dimanche ;
- teneur en matière sèche des aliments : chaque jour, sauf le dimanche, pour l'ensilage, les betteraves et le refus d'ensilage ; deux fois par semaine pour le foin et une fois par semaine pour l'aliment concentré ;
- quantité de lait : à chaque traite ;
- teneur en matières grasses du lait (Méthode de Gerber) : chaque jour sur un échantillon moyen de deux traites ;
- teneur en matières azotées du lait (méthode au noir amido II B) : chaque semaine sur un échantillon moyen des 4 traites du mercredi et du jeudi ;
- poids vif : chaque semaine, le vendredi après-midi.

On a dosé les teneurs en cendres, azote et cellulose brute (Weende) d'un échantillon moyen de chaque aliment constitué au cours de chacune des périodes (tabl. 1). Le coefficient de digestibilité des foins de luzerne utilisés a été mesuré sur trois bédiers à un niveau d'ingestion voisin du maximum.

RÉSULTATS

Essais de courte durée avec inversion

Les deux essais de courte durée, qui ont été conduits suivant le même protocole, ont donné des résultats très concordants que nous exposerons ensemble (tabl. 2 et 3, fig. 1 et 2). Le foin de l'essai 1962 était de bonne qualité (C. U. D. de 64,0 p. 100 : tabl. 1) et a été consommé en quantité très satisfaisante (5,8 kg de matière sèche) compte tenu des autres aliments de la ration. Le foin de l'essai 1963 a été choisi parce qu'il était très mal consommé sous forme normale (2,4 kg de matière sèche en moyenne), en dépit d'une digestibilité assez bonne (C. U. D. de 60,7 p. 100).

TABLEAU 2

Résultats du premier essai de courte durée (1962)

	Moyennes de la période		Moyennes de la dernière semaine	
	Foin normal	Foin condensé	Foin normal	Foin condensé
<i>Quantités consommées</i> (kg de matière sèche)				
Foin	5,78	10,14**	5,87	10,59
Ensilage.....	4,48	3,50**	4,19	3,45
Betteraves	2,83	2,78	2,81	2,79
Ration de base.....	12,79	16,42**	12,87	16,83
Aliment concentré.....	3,71	2,68**	3,52	2,45
Ration totale	16,50	19,10**	16,39	19,28
<i>Production journalière</i>				
Lait (kg)	18,0	18,4 *	17,7	18,1
Matières grasses (g)	697	721 *	689	719
Matières azotées (g).....	603	627 **	598	623
<i>Composition du lait (‰)</i>				
Matières grasses	38,7	39,2 (N. S.)	38,9	39,7
Matières azotées	33,5	34,1 (N. S.)	33,8	34,4
<i>Gain de poids (kg/jour)</i>	0,16	0,56*		

Différences significatives : *(P < 0,05) ; ** (P < 0,01).

Quantité ingérée.

Les vaches ingèrent beaucoup plus de foin condensé que de foin long : 1,75 fois plus dans l'essai 1962 et 3,78 fois plus dans l'essai 1963.

Fait remarquable, cet accroissement considérable de la consommation de foin n'entraîne qu'une diminution très limitée de la consommation d'ensilage : 16 p.100 dans chacun des essais. La quantité de betteraves demeurant la même dans les deux régimes, le remplacement du foin normal par le foin condensé entraîne une augmentation importante de la ration de base ingérée (28 p. 100 en 1962 et 58 p. 100 en 1963)

TABLEAU 3
Résultats du deuxième essai de courte durée (1963)

	Moyennes de la période		Moyennes de la dernière semaine	
	Foin normal	Foin condensé	Foin normal	Foin condensé
<i>Quantités consommées</i> (kg de matière sèche)				
Foin	2,43	9,19**	1,80	9,00
Ensilage.....	4,67	3,92**	5,10	4,40
Betteraves	3,26	3,26	3,25	3,25
Ration de base.....	10,36	16,37**	10,15	16,65
Aliment concentré.....	4,55	2,39**	4,04	1,89
Ration totale	14,91	18,76**	14,19	18,54
<i>Production journalière</i>				
Lait (kg)	16,1	16,3 (N. S.)	15,4	15,8
Matières grasses (g)	668	673 (N. S.)	647	656
<i>Composition du lait (°/100)</i>				
Matières grasses.....	41,5	41,3 (N. S.)	42,0	41,5
Matières azotées	33,9	34,5 *	33,9	34,4
<i>Gain de poids (kg/jour)</i>				

Différences significatives : *(P < 0,05) ; ***(P < 0,01).

qui atteint ainsi des valeurs particulièrement élevées : $16,42 \pm 2,44$ et $16,37 \pm 1,70$ kg de matière sèche respectivement en 1962 et en 1963, soit environ 3,0 et 2,8 kg pour 100 kg de poids vif. L'augmentation de la quantité de matière sèche totale ingérée (16 p. 100 et 26 p. 100 respectivement) est moins importante par suite de la réduction de la quantité d'aliment concentré distribuée.

En dépit d'une période d'adaptation de 2 semaines, la quantité de foin condensé ingérée a continué à augmenter au cours de la 1^{re} semaine de trois des quatre périodes expérimentales. C'est pourquoi nous avons également reporté les résultats de la dernière semaine sur les tableaux 2 et 3.

Production laitière et gain de poids.

Dans les deux essais les quantités de lait, de matières grasses et de matières azotées produites sont légèrement accrues lorsque les vaches reçoivent le foin condensé mais la différence n'est significative que dans l'essai 1962 (tabl. 2). La teneur

en matières azotées est, elle aussi, légèrement augmentée ($P < 0,05$ en 1963) mais le taux butyreux n'est pas modifié.

Les vaches n'ayant été pesées qu'une fois par semaine, le gain de poids vif au cours de périodes expérimentales de courte durée, ne peut être mesuré que de façon approximative. Nous l'avons estimé par la différence entre les poids enregistrés à la 2^e semaine de transition et à la 3^e semaine de la période expérimentale (fig. 1 et 2). Dans les deux essais il est plus élevé lorsque les vaches reçoivent le foin condensé : 0,56 kg au lieu de 0,16 en 1962 ($P < 0,05$), 0,55 kg au lieu de 0,32 en 1963.

FIG. 1. — Évolution des quantités ingérées et des productions au cours de l'essai n° 1 (périodes expérimentales : semaines 3 à 5 et 8 à 10)

FIG. 2. — Évolution des quantités ingérées et des productions au cours de l'essai n° 2 (périodes expérimentales : semaines 3 à 5 et 8 à 10)

Pendant la période de transition entre les deux périodes expérimentales, le changement de régime entraîne une variation importante du poids vif (fig. 1 et 2), lequel augmente quand on remplace le foin long par le foin condensé (en une semaine 13,6 kg en 1962 et 8,9 kg en 1963) et diminue dans le cas inverse, tout au moins en 1963 (7,3 kg). Cela doit résulter en majeure partie des modifications du poids du contenu digestif entraînées par les variations importantes de la quantité de foin ingérée. Les variations individuelles du poids vif des vaches lors des périodes d'adaptation ou de transition vont en moyenne dans le même sens que les variations de la quantité de foin ingérée.

Essai de plus longue durée, sans inversion

Cet essai a été réalisé en 1964 avec un foin de luzerne de mauvaise qualité (C.U.D. de 56,9 p. 100) qui était mal consommé sous forme normale. Il comporte trois périodes :

a) une période préexpérimentale de 3 semaines (23 décembre-12 janvier 1964) au cours de laquelle sont constitués les deux lots de dix vaches ; trois vaches de chacun des lots n'ont vélé que depuis 10 à 15 jours au début de cette période, ce qui explique le maintien ou l'accroissement de la production laitière moyenne des deux lots et la diminution du taux butyreux pendant cette période (fig. 3) ; les productions individuelles moyennes pendant la période varient de 12 à 30 kg ;

FIG. 3. — Évolution des quantités ingérées et des productions du lot recevant le foin normal au cours de l'essai n° 3

FIG. 3 bis. — Évolution des quantités ingérées et des productions du lot recevant le foin condensé au cours de l'essai n° 3

b) une période d'adaptation de 2 semaines (13 au 25 janvier) ; les vaches du lot témoin reçoivent le foin normal expérimental qui est pratiquement identique au foin distribué pendant la période précédente ; les vaches du lot expérimental conti-

nuent à recevoir ce dernier *ad libitum* et une quantité croissante de foin condensé : 2 kg le premier jour, 1 kg de plus chaque jour pendant la 1^{re} semaine et *ad libitum* au cours de la 2^e semaine ; toutes les vaches, sauf deux, augmentent de façon assez régulière leur ingestion de foin condensé ;

c) la période expérimentale de 11 semaines va du 27 janvier au 12 avril ; elle débute en moyenne 62,7 jours après le vêlage pour le lot au foin normal et 60,3 jours pour le lot au foin condensé. Les vaches sont en bonne santé pendant cette période mais on note un cas d'indigestion dans la 1^{re} semaine et un cas de météorisation dans la 2^e semaine sur des vaches recevant le foin condensé.

À la différence des essais de courte durée, la quantité de betteraves n'a pas été maintenue constante pour tous les animaux au cours de la période expérimentale. Elle a dû être diminuée pour six vaches recevant du foin condensé afin d'éviter une suralimentation énergétique trop importante ; elle a été diminuée simultanément pour les vaches correspondantes recevant le foin normal, cette réduction étant compensée par une augmentation de la quantité d'aliment concentré.

Quantité ingérée.

Les vaches recevant le foin normal en consomment une quantité faible (2,57 kg de matière sèche en moyenne) qui diminue légèrement au cours de la période (fig. 3, tabl. 4). Cette diminution, de même que celle de la quantité de betteraves distribuée à certaines vaches, est compensée par une augmentation de l'ingestion d'ensilage qui dépasse 6 kg de matière sèche pendant le dernier mois.

Les vaches recevant le foin condensé en consomment de plus en plus tout au long de la période expérimentale (fig. 3 *bis*) : 13,1 kg pendant la dernière semaine, soit presque 80 p. 100 de plus que pendant la première semaine. Elles ne réduisent pas pour autant leur consommation d'ensilage qui a même tendance à augmenter après avoir diminué pendant la période d'adaptation. Pendant les 3 dernières semaines de la période expérimentale, elles ingèrent en moyenne 3,5 fois plus de foin que pendant la période préexpérimentale, 17 p. 100 de plus d'ensilage et 82 p. 100 de plus de ration de base (matière sèche). Cette dernière atteint des valeurs particulièrement élevées : 18,65 kg soit près de 3,0 kg par 100 kg de poids vif.

Les quantités d'aliments concentrés ont été progressivement réduites au cours de la période expérimentale, ainsi que les quantités de betteraves pour certaines vaches. Il est donc intéressant de relier les quantités de foin, d'ensilage, de matière sèche totale ingérée à la quantité (x) de matière sèche ingérée sous forme d'aliments concentrés + betteraves. On obtient les relations suivantes à partir des valeurs moyennes hebdomadaires :

	Foin normal	Foin condensé
Foin	$y = 0,117 x + 1,714. (r = 0,59)$	$y = -0,963 x + 14,407. (r = 0,65)$
Ensilage	$y = 0,448 x + 8,331. (r = 0,89)$	$y = -0,208 x + 5,037. (r = -0,76)$
Fourrage =		
Foin + Ensilage ..	$y = 0,302 x + 10,050. (r = 0,83)$	$y = -1,171 x + 19,444. (r = -0,99)$
Ration totale.....	$y = 0,698 x + 10,057. (r = 0,96)$	$y = -0,172 x + 19,458. (r = -0,73)$

TABEAU 4
Résultats de l'essai continu

	Période pré-expérimentale (3 semaines)		Période expérimentale					
	Foin normal	Foin condensé	3 premières semaines		3 dernières semaines		Période complète	
			Foin normal	Foin condensé	Foin normal	Foin condensé	Foin normal	Foin condensé
<i>Quantités consommées</i> (kg de matière sèche)								
Foin	3,34	3,60	2,76	8,19	2,26	12,71	2,57 ± 0,90	10,65 ± 3,25
Ensilage	4,02	3,81	4,79	3,68	6,33	4,48	7,73 ± 0,87	4,22 ± 1,42
Betteraves	2,73	2,81	2,97	2,96	1,46	1,46	^{2,23}	^{2,23}
Ration de base	10,09	10,22	10,52	11,83	10,05	18,65	10,33 ± 1,32	17,10 ± 2,43
Aliment concentré	4,90	5,42	4,75	3,43	2,98	0,42	3,57 ± 0,96	1,68 ± 1,38
Ration totale	14,99	15,64	15,27	18,26	13,03	19,07	14,10 ± 1,62	18,78 ± 1,77
<i>Production journalière</i>								
Lait (kg).....	21,3	21,0	19,0	18,5	14,6	15,2	16,5 ± 3,7	16,7 ± 4,7
Matières grasses (g).....	797	809	699	723	552	608	611 ± 130	665 ± 204
Matières azotées (g).....	618	622	583	579	442	496	505 ± 110	539 ± 127
<i>Composition du lait</i> (^o /100)								
Matières grasses	37,4	38,5	36,8	39,1	37,8	40,0	37,4 ± 3,4	39,5 ± 3,3
Matières azotées.....	29,0	29,6	30,7	31,3	30,3	32,6	30,6 ± 2,0	32,3 ± 1,9

Elles mettent en évidence une différence très importante entre les deux régimes. La réduction de l'apport de betteraves + aliments concentrés est accompagnée d'une légère diminution de la quantité de foin ingérée par les vaches recevant le foin normal, d'une augmentation limitée de la quantité d'ensilage et au total d'une diminution importante de la quantité totale de matière sèche ingérée. Au contraire, elle est compensée chez les vaches recevant le foin condensé par un accroissement pratiquement égal de la quantité de foin, ainsi que par une légère augmentation de la quantité d'ensilage ; la quantité totale de matière sèche ingérée a donc tendance à augmenter ; en réalité si on excepte les trois premières semaines elle demeure pratiquement constante (fig. 3 bis).

Au total pendant l'ensemble de la période expérimentale, les vaches recevant le foin condensé ont ingéré 4,1 fois plus de foin que les vaches recevant le foin normal ($10,65 \pm 3,25$ au lieu de $2,57 \pm 0,99$ kg de matière sèche), 62 p. 100 de plus de matière sèche sous forme de ration de base et seulement 26 p. 100 de moins d'ensilage. Les différences entre les deux lots augmentent au cours de la période.

Production laitière et gain de poids.

La production moyenne de lait et de matières grasses des vaches recevant le foin condensé diminue plus lentement ($P < 0,05$) que celle des vaches recevant le foin normal pendant la première moitié de la période et sensiblement à la même vitesse pendant la deuxième moitié. Voici les équations de régression correspondantes :

	6 premières semaines (42 jours)	De la 7 ^e à la 11 ^e semaine (35 jours)
Quantité de lait (kg/j)		
Foin normal.....	$y = 20,39 - 0,120 x$	$y = 17,33 - 0,041 x$
Foin condensé	$y = 19,45 - 0,082 x$	$y = 18,54 - 0,049 x$
Quantité de matières grasses (g/j)		
Foin normal.....	$y = 738,0 - 3,92 x$	$y = 661,3 - 1,68 x$
Foin condensé	$y = 764,6 - 3,04 x$	$y = 737,0 - 1,91 x$

Rapportées aux valeurs moyennes de la période préexpérimentale, les productions moyennes de lait et de matières grasses pendant la période expérimentale sont de 76,7 p. 100 et 76,7 p. 100 pour les vaches recevant le foin normal, 79,5 et 82,2 p. 100 pour les vaches recevant le foin condensé.

Le taux butyreux présente une évolution normale pour les deux lots ; il ne marque pas de variations nettes au cours de la période d'adaptation au foin condensé. Il est en moyenne légèrement plus élevé pour les vaches consommant le foin condensé mais cette différence existait déjà pendant la période pré-expérimentale.

La teneur en matières azotées moyenne augmente de façon relativement rapide pendant les 8 premières semaines de la période expérimentale pour les vaches recevant le foin condensé ; au contraire, elle cesse de croître et a plutôt tendance à diminuer à partir de la 4^e semaine pour les vaches recevant le foin normal (fig. 3). La différence en faveur des vaches recevant le foin condensé, qui était de 0,6 g p. 100 pendant les trois premières semaines, atteint 2,3 g p. 100 pendant les trois dernières.

La teneur en matières azotées diminue immédiatement chez les vaches dont on réduit (et parfois supprime) la ration de betteraves, surtout lorsqu'elles reçoivent le foin normal ; cela explique la diminution moyenne pour les 2 lots au cours des 3 dernières semaines. Les variations individuelles de la teneur en matières azotées au cours de la période présentent une liaison positive avec les variations du poids vif, et aussi avec la quantité de betteraves ingérée pour les vaches recevant le foin normal.

Compte tenu des différences entre les deux lots au cours de la période pré-expérimentale, les vaches recevant le foin condensé produisent pendant la période expérimentale 4,2 p. 100 de lait, 6,3 p. 100 de matières grasses et 6,7 p. 100 de matières azotées de plus que les vaches recevant le foin normal. Malheureusement nous ne pouvons pas savoir si ces différences sont entièrement dues aux régimes puisque nous n'avions pas pu prévoir de période post-expérimentale.

Pendant la période expérimentale, les vaches recevant le foin normal maintiennent en moyenne leur poids constant (fig. 3) ce qui montre qu'elles ont bien été alimentées suivant leurs besoins. Les vaches recevant le foin condensé gagnent en moyenne 21 kg. soit environ 275 g/jour. Elles ont réalisé la majeure partie de ce gain au cours des 4 premières semaines, lorsqu'elles accroissaient rapidement leur ingestion de foin condensé : d'une part leur contenu digestif a peut-être augmenté, d'autre part elles étaient en moyenne suralimentées parce que l'apport d'aliment concentré n'était pas réduit simultanément, au jour le jour.

Différences individuelles

A l'exception de 2 vaches du 1^{er} essai, toutes les vaches ont ingéré plus de foin condensé que de foin normal, mais dans des proportions très variables qu'illustre la figure 4. La quantité de foin condensé y apparaît pratiquement indépendante de la

FIG. 4. — Relation interindividuelle entre les quantités ingérées de foin normal et de foin condensé (moyenne des périodes expérimentales)

quantité de foin normal, que l'on considère séparément chacun des essais ou l'ensemble des trois essais (fig. 4), surtout si on inclut les deux vaches qui n'ont pas apprécié le foin condensé. Elle est aussi variable que la quantité de foin long.

La différence foin condensé-foin normal, exprimée en matière sèche varie suivant les animaux de 3,4 à 9,5 kg, de 3,4 à 8,7 dans les essais de courte durée et de 3,2 à 13,2 kg dans l'essai de longue durée. Elle ne présente pas de relation avec le poids vif (qui a pourtant varié de 450 à 750 kg pour l'ensemble des 44 vaches) pas plus qu'avec la production laitière ; cependant, dans l'essai de longue durée, elle a été relativement plus faible pour les vaches qui avaient la production la plus élevée, parce qu'elles recevaient plus d'aliment concentré.

Si l'accroissement de la quantité de foin ingérée est très variable d'une vache à l'autre, il modifie en revanche les quantités d'ensilage, de fourrage et de matière sèche totale ingérées sensiblement de la même façon pour tous les animaux. C'est ce que montre la figure 5 pour les vaches des deux essais de courte durée qui ont reçu chacune tour à tour les deux régimes. Par kg de foin ingéré en plus, la quantité d'ensilage diminue de 0,14 kg ($r = -0,47$) et la quantité de fourrages (foin + ensilage) augmente de 0,86 kg ($r = 0,96$), ces différentes valeurs étaient exprimées en matière

FIG. 5. — Influence de la variation de la quantité de foin ingérée (foin condensé-foin normal) sur les quantités d'ensilage et de fourrage ingérées par chaque vache

1 ^{er} essai	{	Séquence foin condensé, foin normal ●
		Séquence foin normal, foin condensé △
2 ^e essai	{	Séquence foin condensé, foin normal ▲
		Séquence foin normal, foin condensé ○

sèche. Ces relations sont indépendantes de la moyenne des régimes alors que l'augmentation de la quantité de matière sèche totale ingérée est plus importante pour les vaches qui ont reçu le foin condensé avant le foin normal (fig. 5) ; elles reçoivent alors plus d'aliment concentré parce qu'elles ont une production plus élevée du fait de leur stade de lactation.

DISCUSSION

Bien qu'ils aient été réalisés au cours de trois années et avec des fourrages (foin et ensilage) de qualité différente, nos trois essais ont donné des résultats remarquablement concordants qui peuvent être résumés de la façon suivante : le remplacement du foin long par le foin condensé permet aux vaches d'ingérer des quantités de foin et d'aliments grossiers beaucoup plus importantes et d'assurer une production laitière normale, en quantité et qualité, en ayant besoin de moins d'aliments concentrés.

Quantité ingérée et sa régulation

Les vaches ont en moyenne ingéré, selon les essais 1,7 — 3,8 et 4,1 fois plus de foin condensé (4,4 — 6,8 et 8,1 kg de matière sèche de plus) que de foin normal. L'accroissement est d'autant plus important que le foin normal était plus mal consommé, ce qui a d'ailleurs été observé à plusieurs reprises avec les moutons et les bovins à l'engrais (cf. revue de MINSON, 1962). Les vaches ingèrent ainsi, en moyenne, des quantités comparables de foin condensé dans les trois essais, indépendamment de la qualité de foin normal.

Le remplacement du foin normal par le foin condensé entraîne une augmentation considérable de la quantité de matière sèche apportée par la ration de base : 2,99 — 2,87 et 2,98 kg par 100 kg de poids vif au lieu de 2,32 — 1,82 et 1,91 kg respectivement dans les trois essais. Il en est de même, mais dans une proportion plus faible, pour la ration totale : de 2,99 — 2,62 et 2,57 kg elle passe à 3,48 — 3,28 et 3,28 kg respectivement. Ces quantités apparaissent exceptionnellement élevées lorsqu'on les compare aux valeurs enregistrées par JOURNET et *al.* (1965) dans la même étable sur une population de 242 vaches semblables à celles que nous avons utilisées, qui consommaient également une ration mixte de foin de luzerne, ensilage, betteraves et concentré : $2,26 \pm 0,76$ kg de ration de base et $2,74 \pm 0,82$ kg de ration totale. Les quantités ingérées avec le régime de foin condensé sont très voisines dans les trois essais, tant pour la ration totale que pour le foin et la ration de base, cela malgré les différences dans la qualité des fourrages et dans les proportions des différents aliments. L'accroissement de 1 kg de l'ingestion de foin (matière sèche) à la suite du remplacement du foin normal par du foin condensé augmente la quantité totale de matière sèche ingérée de 0,60 — 0,57 et 0,58 kg respectivement dans les trois essais.

A la lumière des conclusions auxquelles arrivent par ailleurs JOURNET et DEMARQUILLY (1967), nous interprétons cet accroissement des quantités ingérées de la façon suivante :

1. Les vaches ingèrent plus de foin condensé parce qu'elles ont plus d'appétence pour lui que pour le foin normal. On peut en voir une preuve dans les grandes différences entre vaches vis-à-vis du foin condensé (fig. 4) : n'étant pas liées à des différences dans la production laitière ou dans le poids vif, elles doivent relever des différences dans l'appétence ;

2. Recevant le foin condensé *ad libitum*, les vaches peuvent ingérer une plus grande quantité totale de matière sèche, parce que le foin condensé a la possibilité de séjourner moins longtemps que le foin long dans le rumen (RODRIGUE et ALLEN, 1960 ; DEMARQUILLY et JOURNET, 1967). A ce niveau d'ingestion son pouvoir rassasiant est sensiblement égal à celui de l'aliment concentré (+ betteraves) puisque ces deux aliments se sont remplacés à poids égal de matière sèche. PINOT vient d'obtenir des résultats (non publiés) semblables sur des agneaux.

Grâce au foin condensé la plupart de nos vaches ont probablement pu atteindre la limite de leur ingestion de matière sèche, tout au moins pour le type de ration utilisé. Les valeurs très semblables de l'ingéré total dans les trois essais et sa constance au cours du troisième permettent de le penser. Nos résultats n'apportent pas de précisions sur les informations qui limitent l'ingestion ; elles peuvent être aussi bien d'origine digestive (distension du rumen ou des autres compartiments de l'appareil digestif) que d'origine métabolique (besoins).

Production laitière

Dans les trois essais les vaches ont produit des quantités de lait, de matières grasses et de matières azotées légèrement plus élevées avec le foin condensé qu'avec le foin normal, ces différences n'étant significatives que dans le premier essai ; elles ont gagné plus de poids.

Avec le foin condensé les vaches ont effectivement consommé une quantité d'éléments nutritifs plus élevée qu'avec le foin normal par suite des modalités des essais ; les foins étaient distribués *ad libitum* et la quantité d'aliment concentré était calculée chaque semaine pour couvrir les besoins. Elle était bien ajustée pour les vaches recevant le foin long et elle a été un peu trop élevée pour les vaches recevant le foin condensé parce qu'elles continuaient à accroître leur consommation de foin au cours de la période expérimentale ; de plus, les plus faibles productrices ont été suralimentées pendant les dernières semaines du 3^e essai puisqu'elles ont continué à consommer le foin condensé *ad libitum* après qu'on leur eût supprimé l'aliment concentré puis les betteraves.

TABLEAU 5

Quantités approximatives d'énergie (UF) et de matières azotées digestibles (M.A.D.) apportées par les rations

	Énergie (UF)		Matières azotées digestibles (g)	
	Foin long	Foin condensé	Foin long	Foin condensé
<i>Ration de base</i>				
(foin + ensilage + betteraves)				
1962	8,7	10,9	1 245	1 525
1963	7,2	10,3	700	1 360
1964	7,1	9,7	775	1 500
<i>Ration totale</i>				
1962	12,3	13,6	1 525	2 360
1963	11,8	12,8	1 395	1 790
1964	10,7	11,4	1 365	1 770

Nous avons admis que le foin condensé avait la même valeur énergétique que le foin normal pour calculer chaque semaine les quantités d'aliments concentrés au cours des essais. Nous l'avons également admis pour estimer la valeur énergétique approximative (en UF) des rations, résumée dans le tableau 5. Avec le foin condensé les vaches ont ingéré 1,3 — 1,0 et 0,7 UF de plus par jour qu'avec le foin long ; or les dépenses théoriques correspondant à leur gain de poids et à leur production supplémentaires sont de 1,3, 1,9 et 1,2 UF respectivement dans les 3 essais. Notre hypothèse est donc valable mais elle n'est pas confirmée pour autant : d'une part, nous ne pouvons pas comparer la valeur énergétique de deux foins ingérés en quantités aussi différentes, d'autant plus que le foin long n'a représenté dans deux essais qu'une très faible part de l'énergie nette de la ration ; d'autre part, le gain de poids vif est estimé de façon peu précise (périodes expérimentales de courte durée dans les deux premiers essais, variations du poids de contenu digestif).

Deux autres essais (JOURNET, résultats non publiés) dans lesquels les deux foins ont été distribués en quantité égale confirment cependant que le foin de luzerne condensé a la même valeur énergétique pour la vache en lactation que le foin de luzerne normal, tout au moins dans les rations mixtes que nous avons utilisées.

Composition du lait

Le remplacement du foin normal par le foin condensé n'a pas eu d'action sur le taux butyreux, que ce soit au cours de la période d'adaptation au régime ou pendant les périodes expérimentales, même prolongées pendant 11 semaines. Ce résultat est en accord avec les quelques essais d'alimentation comparables aux nôtres, notamment ceux de RONNING *et al.* (1958) mais il diffère de la plupart des résultats obtenus dans les études sur les foins et les rations condensées (cf. Introduction).

Il tient sans doute au fait que la composition du mélange d'acides gras volatils présent dans le rumen n'a pas été modifiée par l'ingestion du foin condensé (JOURNET et DEMARQUILLY, 1967). Et cela, pour les raisons suivantes : 1° nos foins étaient broyés de façon relativement grossière (grille à maille de 3 mm) alors que les foins condensés qui ont provoqué une diminution du taux butyreux dans les travaux antérieurs l'étaient de façon plus fine (1,5 mm) (RODRIGUE et ALLEN, 1960) ; 2° le foin condensé n'a en moyenne représenté que la moitié de la matière sèche ingérée (53 — 49 et 57 p. 100 dans les trois essais) ; 3° les vaches ont ingéré simultanément une quantité importante d'ensilage (18, 22 et 24 p. 100 de la matière sèche totale) qui apporte les éléments fibreux normaux et aussi, une certaine quantité d'acides gras (que nous n'avons malheureusement pas dosée) ; 4° les vaches ont enfin pu manger un peu de paille de leur litière. La présence des betteraves dans la ration ne semble pas avoir joué un rôle dans le maintien du taux butyreux ; ce dernier n'a pas été modifié pour les vaches auxquelles on a réduit puis supprimé la ration de betteraves dans la deuxième moitié du troisième essai.

Dans les trois essais l'ingestion du foin condensé a entraîné une amélioration de la teneur en matières azotées, qui a été la plus marquée dans l'essai de longue durée. Cette augmentation, déjà observée par BROOKS *et al.* (1962), ne doit pas être due à une action spécifique du foin condensé mais plutôt à l'augmentation du niveau nutritionnel qu'il entraîne par rapport au foin normal ; il est en effet bien établi que la

teneur en azote du lait est accrue par la suralimentation énergétique et diminuée par la sous-alimentation (cf. revues de ROOK, 1962 ; AURIOL et JARRIGE, 1962). Nous constatons effectivement une relation positive assez nette entre les variations de la teneur en matières azotées et les variations du poids vif, que ce soit dans l'évolution au cours des périodes expérimentales (fig. 1, 2 et 3) et des périodes d'adaptation ou dans les relations interindividuelles. Par ailleurs la présence de betteraves dans la ration doit avoir une influence favorable sur la teneur en matières azotées du lait, comme nous l'avons noté dans les essais antérieurs. Leur suppression à certaines vaches vers la fin de l'essai de longue durée a entraîné une diminution importante (2 à 3 g p. 1 000) notamment pour trois vaches qui recevaient le foin normal.

Intérêt zootechnique

La distribution du foin de luzerne sous forme condensée permet d'accroître de façon considérable la quantité d'éléments nutritifs apportée par la ration de base, respectivement, selon les essais de 25 p. 100, 43 p. 100 et 37. p. 100 pour la quantité de matières azotées digestibles, d'après les estimations présentées par le tableau 5. On peut dire schématiquement que la ration de base apporte alors 10 UF et 1 500 g de M. A. D., ce qui correspond aux besoins de production (y compris les besoins d'entretien) de 15 kg et de 20 kg de lait respectivement. L'augmentation de l'apport azoté est particulièrement importante et permet théoriquement de n'ajouter de tourteaux aux céréales dans l'aliment concentré que pour les vaches produisant plus de 25 kg de lait. Ces valeurs sont très élevées surtout si l'on considère que les foins utilisés étaient très mal consommés sous forme normale dans deux des trois essais. Elles pourront être sans doute améliorées en utilisant des foins et des ensilages de meilleure qualité et en accroissant la quantité de betteraves qui a été limitée à 15 kg pour plus de la moitié des vaches de ces essais.

Cette ration de foin de luzerne condensé, ensilage et betteraves a été appréciée par toutes les vaches (sauf deux) qui s'y sont accoutumées rapidement et elle n'a pas déterminé plus de troubles digestifs que la ration normale. Elle donne, semble-t-il, toute sécurité pour maintenir un taux butyreux normal, ce qui est un avantage considérable ; c'est le risque d'une dépression du taux butyreux qui conduisait à penser jusqu'ici que les foins condensés devaient être réservés aux ovins et aux bovins à l'engrais. Ces résultats ne peuvent évidemment être généralisés avec certitude qu'à l'alimentation de vaches exploitées dans les mêmes conditions que les nôtres.

Cette ration peut être offerte en libre-service pour le foin et l'ensilage mais non pour les betteraves. Nous étudions actuellement l'influence de la suppression des betteraves de ces rations, de façon à rendre la distribution entièrement mécanisable. Il serait également intéressant de voir si on obtient les mêmes résultats avec des foins d'autres plantes que la luzerne (graminées notamment) et si l'ingestion de foin condensé pendant des périodes plus longues que celles que nous avons utilisées (une ou plusieurs lactations) n'a pas d'action nuisible à la santé de l'animal.

Reçu pour publication en juin 1967.

SUMMARY

UTILISATION OF GROUND AND PELLETED FEEDS BY CATTLE.
2. COMPARATIVE UTILISATION BY MILKING COWS OF PELLETED LUCERNE HAY
AND NORMAL LUCERNE HAY GIVEN WITH SILAGE AND BEET

1. In three trials we have compared pelleted lucerne hay with normal lucerne hay, in rations for milking cows. The cows also got grass silage to appetite, 15 or 20 kg beet and a concentrate adjusted to requirements. In each of the first two trials there were 2 groups of cows (10 and 7) and 2 experimental periods of 3 weeks with reversal of the groups. The hay was of good quality in the first trial (table 1) and of poor quality in the second. In the third trial 2 groups of 10 were given either normal or pelleted hay for a single experimental period of 11 weeks. In all trials the cows were given the hays to appetite after milking in the evening.

2. The cows ate 1.75, 3.78 and 4.10 times more pelleted than long hay in the respective trials (tables 2, 3 and 4; figures 1, 2 and 3). The increase was greater when the normal hay was not eaten well. Amounts of silage diminished little, 16, 16 and 26 per cent; as a result intakes of the basal ration, hay, silage and beet, were high, and were similar in the 3 trials, 2.99, 2.87 and 2.98 kg dry matter per 100 kg liveweight, compared with 2.32, 1.82 and 1.91 kg with the ration containing normal hay. Total intakes of dry matter were particularly high, 3.48, 3.28 and 3.28 instead of 2.99, 2.62 and 2.57 kg per 100 kg liveweight.

3. In the 3 trials yields of milk, fat and protein were slightly higher with pelleted than with normal hay. The cows also gained more weight and protein content of their milk was higher. These differences can be explained by the amounts of nutrients eaten (table 5). They are compatible with the hypothesis that the pelleted hay has the same energy value as the normal. Fat content of the milk was the same on both hays.

4. The results are discussed. The difference between intakes of pelleted and normal hay varied widely from one cow to another (fig. 4) and did not depend on the cow's requirements. It seems that the cows eat more condensed than normal hay because their appetite for it is greater. At this high level of intake the satiety value of pelleted hay is low and the same as that of a concentrate feed. In fact, in the third trial the decrease in intake of concentrate and beet was exactly compensated for by the increase in pelleted hay (fig. 3).

5. The basal ration of pelleted lucerne hay, grass silage and beet supplied energy and nitrogen for production of 15 and 25 kg milk, respectively. It had no ill effect on the health of the cows.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AURIOL P., JARRIGE R., 1952. Possibilité de modifier la composition du lait. *Fédération Internationale de Laiterie*. Partie II, 1-39.
- BERANGER C., JARRIGE R., 1962. 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 à l'engrais. *Ann. Zootech.*, **11**, 273-294.
- BROOKS D. L., MILLER W. J., BEATY E. R., CLIFTON C. M., 1962. Performance of dairy cows fed pelleted and baled coastal bermudagrass and alfalfa in dairy rations. *J. Dairy Sci.*, **45**, 1188-1191.
- DEMARQUILLY C., JOURNET M., 1967. Valeur alimentaire des foin condensés. I. Influence de la nature du foin et de la finesse du broyage sur la digestibilité et la quantité ingérée. *Ann. Zootech.*, **16**, 123-150.
- FOSSLAND R. G., FITCH J. B., 1958. Use of pellets made from finely ground alfalfa in dairy rations. *J. Dairy Sci.*, **41**, 1484 (Abstr.).
- ENSOR W. L., SHAW J. C., TELLECHEA H. F., 1959. Special diets for the production of low fat milk and more efficient gains in body weight. *J. Dairy Sci.*, **42**, 189-191.
- JARRIGE R., JOURNET M., 1959. Influence des facteurs alimentaires et climatiques sur la teneur en matières grasses du lait. *Ann. Nutri. Aliment.*, **13**, 1 : 233-278.
- JOURNET M., POUTOUS M., CALOMITI S., 1965. Appétit de la vache laitière. I. Variations individuelles des quantités d'aliments ingérés. *Ann. Zootech.*, **14**, 5-38.
- JOURNET M., DEMARQUILLY C., 1967. Valeur alimentaire des foin condensés. II. Influence de la nature du foin sur les quantités ingérées et la digestion dans le rumen. *Ann. Zootech.* (sous presse).

- KEITH J. M., HARDISON W. A., HUBER J. T., GRAF G. C., 1961. The effect of the physical form on the nutritive value of hay fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **44**, 1174 (Abstr.).
- KING R. L., HEMKEN R. W., 1962. Composition of milk produced on pelleted hay and heated corn. *J. Dairy Sci.*, **45**, 1336-1342.
- MINSON D. J., 1962. The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughage. A review. *Contribution n° 84, Animal Research Institute, Canada Dept of Agric.*, Ottawa, Ontario.
- MOODY E. G., 1962. Pelleted alfalfa and coastal bermudagrass as dairy roughages. *J. Dairy Sci.* **45**, 694 (Abstr.).
- MOORE L. A., 1964. Symposium on forage utilization; nutrition value of forage as affected by physical form. Part I. General principles involved with ruminants and effect of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. *J. Animal. Sci.*, **23**, 230-238.
- O'DELL G. D., KING W. A., COOK W. C., BALCH W. A., 1964. Effect of forage supplementation and frequency of feeding of pelleted coastal bermudagrass on milk fat production. *J. Dairy Sci.*, **47**, 648-650.
- PALMQUIST D. L., RONNING M., 1961. Some effects caused by feeding ground, pelleted hay as compared to feeding long hay to dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **44**, 2337-(Abstr.).
- PALMQUIST D. L., SMITH L. M., RONNING M., 1964. Effect of time of feeding concentrates and ground, pelleted alfalfa hay on milk fat percentage and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.*, **47**, 516-520.
- PINOT R., 1965. Utilisation des aliments broyés et agglomérés par l'agneau à l'engrais. I. Comparaison du foin de luzerne et du foin de luzerne broyé dans une ration pour agneaux à l'engrais. *Ann. Zootech.*, **14**, 153-168.
- POWELL E. R., 1961. Some relations of the roughage intake to the composition of milk. *J. Dairy Sci.*, **22**, 453.
- PUTNAM P. A., DAVIS R. E., 1961. Effect of feeding pelleted complets rations to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **44**, 1465-1470.
- 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. Can. *J. Anim. Sci.*, **40**, 23-29.
- ROOK JAF, 1961. Variations in chemical composition of the milk of the cow. *Dairy Sci. Abstr.*, **23**, 251-258.
- RONNING M., MEYER J. H., CLARK G. T., 1959. Pelleted alfalfa hay for milk production. *J. Dairy Sci.*, **42**, 1373-1376.
- RONNING M., 1960. Effect of varying alfalfa hay-concentrate ratios in a pelleted ration for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **43**, 811-815.