

I. N. R. A.  
BIBLIOTHEQUE UO 3593  
DOMAINE DE CROUELLE  
63039  
CLERMONT-FD CEDEX 2

## UTILISATION DES ALIMENTS BROYÉS ET AGGLOMÉRÉS PAR L'AGNEAU A L'ENGRAIS

### II. — COMPARAISON DU FOIN DE LUZERNE CONDENSÉ AU FOIN DE LUZERNE NORMAL EN PRÉSENCE D'UN ALIMENT CONCENTRÉ OFFERT *ad libitum*

R. PINOT et R. JARRIGE

avec la collaboration technique de J.-C. MERLE

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

Quatre rations constituées du même foin de luzerne et du même aliment concentré ont été distribuées, sous différentes formes et suivant différentes modalités, à quatre lots de 14 agneaux qui avaient été sevrés précocement (9 à 10 semaines). La période expérimentale a duré de l'âge moyen de 11 semaines jusqu'à l'abattage, au poids de 34 kg.

Les agneaux recevant *ad libitum* le foin condensé (aggloméré après avoir été finement broyé) et l'aliment concentré (ration 2) ont ingéré 2,7 fois plus de foin que ceux disposant *ad libitum* du foin normal et de l'aliment concentré (ration 1), et seulement 17 p. 100 de moins d'aliment concentré. Ils ont aussi ingéré plus de foin que les agneaux qui recevaient la même quantité d'aliment concentré qu'eux et le foin normal *ad libitum* (ration 3). Les agneaux recevant une quantité limitée de foin condensé (ration 4) ont limité leur consommation d'aliment concentré dont ils disposaient pourtant *ad libitum*. En définitive, les agneaux ont ingéré des proportions relatives de foin et d'aliment concentré de 24 : 76, 51 : 49, 35 : 65 et 26 : 74 respectivement pour les rations 1, 2, 3 et 4.

Le gain de poids a été identique pour les deux premiers lots, légèrement plus faible pour le lot 3 et significativement inférieur pour le lot 4. Il est en bon accord avec la quantité de matière organique digestible ingérée sauf pour le lot 2 qui a consommé une quantité excessive de foin condensé. Pour éviter cet excès, le foin broyé doit être aggloméré avec l'aliment concentré en une ration entièrement condensée.

Le foin condensé est ingéré beaucoup plus rapidement que le foin normal. Chez les agneaux qui le reçoivent *ad libitum*, le poids des organes digestifs à partir du feuillet et de leur contenu est plus élevé. Ces deux faits sont intéressants pour interpréter les modifications de l'ingestion de foin à la suite du broyage et du pressage.

## INTRODUCTION

La substitution du foin condensé (aggloméré après avoir été broyé finement) au foin normal dans l'alimentation des moutons à l'engrais a fait l'objet de nombreux essais aux U. S. A. (cf. revues de MINSON, 1962 et de BEARDSLEY, 1964). Elle s'accompagne d'une augmentation de la quantité de foin ingérée, du croît des animaux et de l'efficacité de la ration. Cette augmentation est importante lorsque le foin est le seul aliment : 26, 50 et 15 p. 100 respectivement pour les moyennes des essais cités par BEARDSLEY (1964). Elle l'est beaucoup moins lorsque les agneaux reçoivent également des aliments concentrés (30 à 50 p. 100 de la ration) : 6, 20 et 11 p. 100 respectivement pour la moyenne des essais cités par le même auteur, ce que confirment les expériences plus récentes (JOHNSON et *al.*, 1964, FONTENOT et HOPKINS, 1965, JORDAN et HANKE, 1965) ; il faut noter que dans tous ces essais l'aliment concentré était aggloméré avec le foin broyé en une ration condensée unique ; par ailleurs, la quantité d'aliment concentré distribuée avec le foin normal était généralement ajustée de façon à ce que les proportions respectives de foin et d'aliment concentré soient identiques dans les deux rations.

Ces résultats ont été obtenus avec des agneaux relativement âgés qui sont abattus à un poids de 40 à 45 kg. Ils ne peuvent pas être transposés directement aux agneaux produits en France qui sont plus jeunes, moins lourds et doivent avoir une croissance beaucoup plus rapide. Nous étudions donc le remplacement du foin de luzerne normal par le foin condensé dans la ration d'engraissement de tels agneaux qui ont été sevrés précocement, à l'âge de 9-10 semaines. Nous distribuons séparément le foin et l'aliment concentré à la différence des essais américains ; de plus, les agneaux ont une litière de paille. Afin d'interpréter les variations de la quantité ingérée et de l'efficacité alimentaire, nous étudions l'emploi du temps des agneaux, l'importance du contenu des différents compartiments digestifs, les fermentations du rumen et la composition de la carcasse.

Dans le premier essai (PINOT, 1965) le foin condensé n'a pas été ingéré en plus grande quantité que le foin normal. Nous avons pensé que cela pouvait être dû au fait que l'aliment concentré était distribué en quantité limitée bien qu'importante. Dans ce deuxième essai nous avons donc distribué *ad libitum* l'aliment concentré et le foin, normal ou condensé. De plus, sur deux autres lots d'agneaux, nous avons mesuré l'influence de la limitation des quantités d'aliment concentré ou de foin condensé.

## MÉTHODES

De l'âge de onze semaines jusqu'à l'abattage, quatre lots d'agneaux ont reçu séparément le même aliment concentré et le même foin de luzerne, distribués suivant les modalités suivantes :

- le lot 1 a reçu *ad libitum* l'aliment concentré et le foin de luzerne sous forme normale ;
- le lot 2 a reçu *ad libitum* l'aliment concentré et le foin de luzerne sous forme condensée ;

— le lot 3 a reçu *ad libitum* le foin de luzerne sous forme normale et une quantité limitée d'aliment concentré, égale à celle ingérée par le lot 2 ;

— le lot 4 a reçu *ad libitum* l'aliment concentré et une quantité limitée de foin de luzerne condensé, égale à la quantité de foin normal ingérée par le lot 1.

Les agneaux ont été abattus à un poids compris entre 32 et 36 kg correspondant à un poids de carcasse voisin de 16 kg.

#### *Conduite des animaux*

Nous avons utilisé 56 agneaux mâles, de race *Préalpes du Sud*, nés au C. N. R. Z. entre le 26 février et le 14 mars 1964 ; pendant la période d'allaitement ils ont eu à leur disposition du foin de luzerne et un aliment concentré, offerts à volonté. Ils ont été sevrés brutalement à l'âge de neuf à dix semaines (59 à 70 j) et répartis en quatre lots homologues, de quatorze agneaux chacun. En raison de l'échelonnement des dates de naissance, chaque lot a été divisé en deux groupes de sept agneaux qui sont entrés en expérience à six jours d'intervalle. Pendant les deux semaines suivant le sevrage les agneaux ont été adaptés progressivement aux rations expérimentales ; les aliments distribués pendant la phase d'allaitement ont été définitivement supprimés quatre jours avant l'entrée en expérience.

Au début de la période expérimentale, les agneaux étaient âgés de 73 à 84 jours ( $76,4 \pm 0,39$  jours en moyenne). Nous avons choisi au moment du sevrage des agneaux dont les poids étaient aussi voisins que possible : il subsistait néanmoins à l'entrée en expérience des différences importantes entre les agneaux, dont les poids s'étagaient entre 16,2 et 26,8 kg ( $21,2 \pm 0,30$  kg en moyenne).

Un des agneaux du lot 3 a été retiré au bout de 4 semaines parce qu'il avait une croissance extrêmement faible et les résultats le concernant ont été éliminés.

Les agneaux ont été pesés trois jours de suite à 13 h 30 lors de l'entrée en expérience, et les trois jours précédant l'abattage ; ce sont les moyennes de ces pesées qui ont servi à calculer le gain de poids vif durant la période expérimentale. Ils ont été également pesés une fois par semaine à 13 h 30.

#### *Alimentation*

Chaque groupe de sept agneaux a été maintenu en liberté dans une case avec une litière de paille. Le foin normal a été distribué deux fois par jour, à 6 h 30 et à 14 h 30, le foin condensé et l'aliment concentré une fois par jour, à 6 h 30. Lorsque les aliments étaient distribués *ad libitum* la proportion des refus a été maintenue à environ 25 p. 100. Les quantités offertes et refusées ont été mesurées chaque jour. Nous avons utilisé un foin de luzerne contenant 17,0 p. 100 de matières azotées et 36,2 p. 100 de matières cellulosiques (p. 100 de la matière sèche). Le foin condensé a été préparé par broyage du foin normal (les grilles de broyeur ayant un diamètre de 3 mm) et pressage en granulés de 5 mm de diamètre, sans adjuvants ; il avait une teneur en matières azotées totales (18 p. 100) légèrement plus élevée que le foin normal et, surtout, une teneur en cellulose brute Wende (29,6 p. 100) beaucoup plus faible. Cette différence a été observée par ailleurs et discutée par DEMARQUILLY et JOURNET (1967).

L'aliment concentré avait la composition suivante : 50 p. 100 d'orge, 35 p. 100 de maïs, 10 p. 100 de son, 5 p. 100 de complément minéral (65 p. 100 de phosphate bicalcique, 35 p. 100 de sel marin) ; il contenait 11,7 p. 100 de matières azotées totales et 5,1 p. 100 de cellulose brute Wende.

Le comportement alimentaire d'un groupe de sept agneaux du lot 1 et du groupe correspondant du lot 2 a été enregistré à deux reprises, à six jours d'intervalle, au cours des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> semaines de l'expérience. Chaque observation (cf. PINOT, 1965) a été effectuée durant deux jours consécutifs ; nous avons enregistré, le premier jour, le comportement des quatre agneaux les plus lourds de chaque groupe et, le deuxième jour, celui des trois agneaux les plus légers. Le comportement de chacun de ces agneaux a été relevé de 6 h 30 à 18 h 30, à intervalles d'une minute.

#### *Abattage*

Afin d'étudier la cinétique de la digestion des quatre rations, nous avons abattu des agneaux de chaque lot, 4, 10 et 24 heures après la distribution du repas du matin. D'après l'observation du comportement alimentaire, nous avons limité à 3 h 30 la durée de ce dernier repas ; les agneaux ont été alors isolés, sans nourriture. Cinq agneaux de chaque lot ont été abattus à chacun des intervalles de 4 et 10 h après le début du repas, et les quatre derniers à l'intervalle de 24 h. Le prélèvement et l'étude du contenu du tube digestif ont été effectués de la même manière que dans l'essai antérieur (PINOT, 1965).

Nous avons apprécié la composition de la carcasse à partir des proportions d'os, muscle et tissu adipeux dans l'épaule droite (BOCCARD, communication personnelle). Celle-ci a été prélevée sur chaque carcasse après ressuage de 24 heures, suivant la découpe de référence définie par BOCCARD et DUMONT (1955) et disséquée.

*Digestibilité des rations*

Nous avons mesuré parallèlement l'utilisation digestive des 4 rations sur 8 autres agneaux âgés de 10 semaines au début de l'essai, qui avaient été maintenus en cage à bilan depuis la naissance. Ils ont été répartis en 2 groupes qui ont chacun reçu deux des rations, au cours de deux périodes de 4 semaines.

<i>1<sup>ère</sup> période</i>	<i>2<sup>e</sup> période</i>
<i>Groupe A</i> <i>Ration 1</i> { foin normal <i>ad lib.</i> aliment concentré <i>ad lib.</i>	<i>Ration 3</i> { foin normal <i>ad lib.</i> aliment concentré limité
<i>Groupe B</i> <i>Ration 2</i> { foin condensé <i>ad lib.</i> aliment concentré <i>ad lib.</i>	<i>Ration 4</i> { foin condensé <i>ad lib.</i> aliment concentré limité

La digestibilité des rations a été mesurée au cours des deux dernières semaines de chaque période. Au cours de la 2<sup>e</sup> période, on s'est efforcé de faire ingérer aux agneaux des rations ayant les mêmes proportions de foin et d'aliment concentré que celles ingérées par les agneaux (3 et 4) de l'essai en lots.

## RÉSULTATS

Les agneaux ayant un poids très variable au début de l'essai et étant abattus à un poids comparable, la durée de la période expérimentale a été très variable entre agneaux d'un même lot (tabl. 3). Les quantités ingérées par jour (tabl. 1) et les gains de poids journaliers (tabl. 3) sont les valeurs moyennes par jour de présence dans l'essai.

*Quantités d'aliments ingérées*

Les agneaux du lot 1, recevant à volonté le foin normal et l'aliment concentré, ingèrent une quantité de foin relativement constante au cours de l'essai (0,28 kg) et une quantité croissante d'aliment concentré (fig. 1). La proportion d'aliment concentré dans la ration (matière sèche) passe de 70 à 78 p. 100 et elle est en moyenne 74 de p. 100.

Les agneaux du lot 2, recevant à volonté le foin condensé et l'aliment concentré, en ingèrent des quantités comparables ; leur ration contient en moyenne 49 p. 100 d'aliment concentré et 51 p. 100 de foin, ces proportions demeurant relativement constantes au cours de l'essai. Par rapport aux agneaux du lot 1, ils ingèrent 2,7 fois plus de foin mais seulement 17 p. 100 d'aliment concentré en moins et, par suite, 27 p. 100 de matière sèche de plus.

Les agneaux du lot 3, qui reçoivent l'aliment concentré en quantité limitée, égale à celle ingérée par le lot 2, et du foin normal, ingèrent une ration qui contient en moyenne 65 p. 100 d'aliment concentré et 35 p. 100 de foin. Ils consomment beaucoup moins de foin que les agneaux du lot 2 (54 p. 100) mais plus que ceux du lot 1

TABLEAU I  
Quantités d'aliment ingérées

Lots	1	2	3	4
Régimes	Foin normal à volonté Aliment concentré à volonté	Foin condensé à volonté Aliment concentré à volonté	Foin normal à volonté Aliment concentré aligné sur (2)	Foin condensé aligné sur (1) Aliment concentré à volonté
Quantité ingérée par jour (kg de matière sèche)	foin 0,28 aliment concentré 0,89 total 1,17	0,76 0,74 1,50	0,41 0,75 1,16	0,28 0,79 1,07
Matière sèche ingérée (kg)/kg de gain de poids vif	4,38	5,54	4,48	4,69
Composition de la ration ingérée (p. 100 de la matière sèche)	76 aliment concentré 13,6 matières azotées 41,2 matières celluloseuses	49 14,9 17,3	65 13,8 14,0	74 13,4 11,5

(46 p. 100). Ils ingèrent finalement la même quantité de matière sèche que ces derniers et compensent donc la réduction de la quantité de concentré par une augmentation équivalente de la quantité de foin.

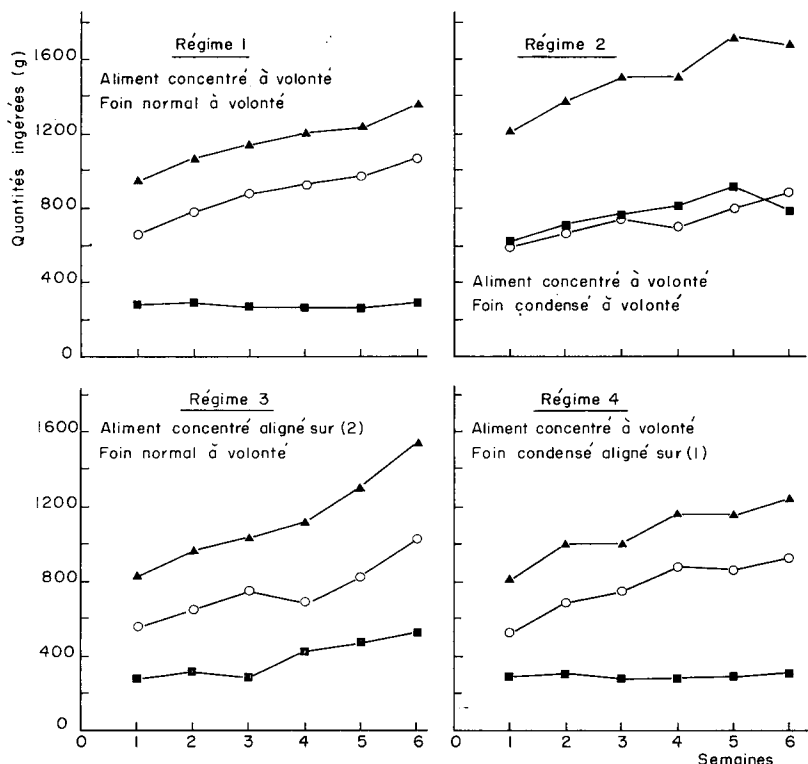


FIG. 1. — Évolution des quantités ingérées au cours de l'essai  
■ Foin ○ Concentré ▲ Matière sèche

Les agneaux du lot 4 reçoivent l'aliment concentré *ad libitum* et une quantité limitée de foin condensé, égale à la quantité de foin normal ingérée par les agneaux du lot 1 (donc relativement constante au cours de l'essai). Ils ingèrent moins d'aliment concentré (11 p. 100) que ces derniers et guère plus (7 p. 100) que les agneaux du lot 2 qui consomment pourtant 2,7 fois plus du même foin condensé. Leur ration comporte en moyenne 74 p. 100 d'aliment concentré.

Le comportement n'a été observé que pour les deux lots disposant des deux aliments à volonté et seulement pendant la journée (de 6 h 30 à 18 h 30). Les agneaux du lot 2 recevant le foin condensé passent environ deux fois moins de temps à ingérer leur foin que les agneaux du lot 1 recevant le foin normal tout en ingérant beaucoup plus (tabl. 2). Ils passent également moins de temps (54 p. 100 de moins) à ingérer leur aliment concentré et à ruminer (20 p. 100 de moins).

Les agneaux recevant le foin normal effectuent un repas de foin important après chaque distribution et de nombreux repas d'aliment concentré au cours de la journée. Les agneaux recevant le foin condensé effectuent des repas de foin beaucoup plus courts (de 59 p. 100) et un peu moins nombreux (différence non significative) et des repas de concentré à la fois plus courts et moins nombreux.

TABEAU 2

*Comportement alimentaire des agneaux suivant le mode de présentation du foin ;  
temps exprimé en p. 100 du temps d'observation*

Lots	1		2		Signification des différences
	Foin normal à volonté Aliment concentré à volonté	Foin condensé à volonté Aliment concentré à volonté	Foin condensé à volonté Aliment concentré à volonté	Foin condensé à volonté Aliment concentré à volonté	
Régimes					
foin.....	43,3 ± 0,66	6,5 ± 0,79			P ≤ 0,004
aliment concentré.....	6,9 ± 0,42	3,2 ± 0,55			P ≤ 0,004
ration.....	20,2 ± 0,94	9,7 ± 0,94			P ≤ 0,004
Temps d'ingestion	49,2 ± 2,44	45,3 ± 4,25			P ≤ 0,02
Temps de rumination.....	59,7 ± 4,86	65,3 ± 2,45			N. S.
Temps de station couchée.....	4,9 ± 0,22	5,8 ± 0,43			N. S.
Repas de foin	19,5 ± 0,85	8,1 ± 0,88			P ≤ 0,004
nombre.....	6,3 ± 0,20	4,4 ± 0,55			P ≤ 0,001
durée moyenne (minutes).....	7,9 ± 0,50	5,5 ± 0,72			P = 0,01
Repas de concentré					
nombre.....					
durée moyenne (minutes).....					

Nous avons calculé la vitesse d'ingestion des aliments (en g de matière sèche par minute) en supposant que les agneaux avaient pendant 24 heures le même emploi du temps que pendant les 12 heures d'observation. Les agneaux du lot 2 ingèrent leur foin condensé beaucoup plus vite que les agneaux du lot 1 leur foin normal : 7,1 g/mn au lieu de 1,6. Fait curieux, ils ingèrent aussi beaucoup plus vite leur aliment concentré : 16,5 g au lieu de 7,8 g. Les mêmes calculs appliqués aux observations de l'essai précédent (PINOT, 1965) mettent en évidence la même différence : 2,7 g/mn de foin condensé et 7,7 g d'aliment concentré au lieu de 1,4 g de foin normal et 4,5 g d'aliment concentré ; elle était cependant moins importante, probablement parce que l'aliment concentré était distribué en quantité limitée.

#### *Gain de poids et carcasse*

Mis à part l'agneau du lot 3 qui a dû être retiré de l'essai, tous les agneaux ont effectué une croissance régulière jusqu'à l'abattage et n'ont jamais présenté de troubles sanitaires.

Les agneaux des trois premiers lots ont eu un croît journalier très satisfaisant (tabl. 3), identique pour les deux premiers (268 et 270 g) qui recevaient les aliments *ad libitum*, un peu plus faible (258 g), mais pas de façon significative, pour le troisième dont la ration d'aliment concentré était limitée. Au contraire, les agneaux du lot 4, recevant l'aliment concentré à volonté et le foin condensé en quantité limitée, ont eu un croît (222 g/j) ( $P < 0,01$  avec les lots 1 et 2,  $P < 0,05$  avec le lot 3) significativement inférieur aux trois autres lots ; ils ont été abattus de 7 à 11 jours plus tard. On obtient le même classement des lots et la même infériorité du lot 4 après avoir éliminé les agneaux extrêmes s'écartant de plus de  $2\sigma$  de la moyenne, soit pour le poids à l'entrée dans l'essai, soit pour la durée de présence dans l'essai.

A l'abattage on a noté un contenu digestif plus faible pour les lots 1 et 2, qui étaient alimentés *ad libitum*, et un rendement vrai (poids de la carcasse rapporté au poids vif vide) significativement ( $P < 0,05$ ) plus faible pour le lot 2 que pour les trois autres. Cela est dû en partie au fait que ces agneaux ont un tube digestif plus développé à partir du feuillet (tabl. 4) ; la différence, qui est de l'ordre de 15 p. 100, est hautement significative ( $P < 0,001$ ) par rapport à chacun des trois autres lots ; elle provient surtout de l'intestin grêle. Cette observation est en parfait accord avec les résultats de l'essai précédent (PINOT, 1965) que nous n'avions pas dépouillés jusqu'ici (tabl. 4) : les agneaux qui avaient reçu le foin condensé *ad libitum* ou la ration entièrement condensée avaient eux aussi un tube digestif plus développé à partir du feuillet que ceux qui avaient reçu le foin normal (13 et 16 p. 100 respectivement).

On n'a pas observé de différences significatives entre lots dans la cotation des carcasses, la proportion des différents tissus dans l'épaule ni dans le poids de la graisse périrénale (tabl. 3). Ce dernier était cependant plus élevé pour les carcasses du lot 1, peut-être parce qu'elles étaient légèrement plus lourdes. Les carcasses des quatre lots avaient un état d'engraissement voisin de l'optimum.

#### *Contenus digestifs et fermentation dans le rumen*

Nous voulions étudier la cinétique de la digestion des quatre régimes en abattant des agneaux à différents intervalles à partir de la distribution du dernier repas, repas



TABLEAU 3  
Poids vifs et gains de poids

Lots	1	4	3	4
Régimes	Foin normal à volonté Aliment concentré à volonté	Foin condensé à volonté Aliment concentré à volonté	Foin normal à volonté Aliment concentré aligné sur (2)	Foin condensé aligné sur (1) Aliment concentré à volonté
Poids vif moyen initial (kg) .....	21,0 ± 0,62	21,4 ± 0,53	21,5 ± 0,69	20,8 ± 0,62
Poids vif moyen à la fin de l'expérience (kg) .....	34,5 ± 0,40	33,9 ± 0,25	34,2 ± 0,47	33,6 ± 0,49
Durée moyenne de l'expérience (j) .....	50,1 ± 3,84	46,6 ± 2,86	49,5 ± 3,80	57,6 ± 3,58
Gain de poids vif moyen (g/j) .....	268 ± 44,7	270 ± 10,3	258 ± 44,1	222 ± 9,6
Contenu digestif p. 100 du poids vif .....	43,3	43,5	45,7	45,8
Poids de carcasse (kg) .....	46,6 ± 0,23	46,0 ± 0,17	45,9 ± 0,28	45,9 ± 0,24
Poids de carcasse p. 100 du poids vif vide .....	56,7 ± 0,47	55,2 ± 0,38	56,6 ± 0,65	57,0 ± 0,45
Poids de la graisse périrénale (g) .....	324 ± 28,4	267 ± 22,2	295 ± 30,3	290 ± 30,0
. Os .....	48,3 ± 0,25	47,8 ± 0,34	48,1 ± 0,35	48,4 ± 0,25
. Muscles ...	61,7 ± 0,59	60,9 ± 0,47	60,7 ± 0,75	62,0 ± 0,58
. Gras .....	45,3 ± 0,64	44,9 ± 0,63	46,3 ± 0,59	44,9 ± 0,73
Proportion des différents tissus dans l'épaule				

TABLEAU 4  
*Poids frais (en g) des différentes parties du tube digestif*

	Ration	Rumen + réseau	Feuillet	Caillette	Intestin grêle	Cæcum	Colon	Total	Total réseau + rumen
Présent essai	1	977 ± 33	65 ± 3	144 ± 4	876 ± 29	52 ± 3	414 ± 24	2 527 ± 57	1 550 ± 41
	2	944 ± 19	89*** ± 4	154 ± 4	1 029*** ± 22	52 ± 3	478** ± 22	2 715** ± 37	1 801*** ± 35
	3	874* ± 26	81* ± 5	140 ± 7	875 ± 37	49 ± 3	422 ± 16	2 441 ± 44	1 567 ± 51
	4	973 ± 53	71 ± 3	144 ± 5	851 ± 36	45 ± 2	451 ± 18	2 535 ± 78	1 562 ± 47
Essai précédent (PINOT, 1965)	1	910 ± 23	63 ± 3	137 ± 6	900 ± 29	42 ± 2	408 ± 15	2 460 ± 42	1 550 ± 32
	2	995** ± 21	70 ± 3	151 ± 6	1 025* ± 42	46 ± 3	460*** ± 21	2 747*** ± 46	1 752*** ± 38
	3	955 ± 23	80*** ± 2	164** ± 8	1 053*** ± 24	50* ± 3	453 ± 23	2 755*** ± 47	1 800*** ± 34

Différences significatives par rapport à la ration 1 (foin normal + aliment concentré dans chaque essai). (\*P < 0,05 — \*\*P < 0,01 — \*\*\*P < 0,001).

dont les agneaux disposaient pendant 3 h 30. Mais nous n'avons pas pu les abattre le même jour ni mesurer leur consommation individuelle. Pour un même régime les agneaux ont donc pu ingérer leurs aliments en quantité et en proportion différentes. Il en résulte une variabilité importante entre agneaux d'un même traitement et certaines anomalies : la principale porte sur les contenus digestifs des agneaux du lot 1 qui, 4 heures après le début du repas, se trouvent être plus faibles que 6 heures plus tard (temps 10 heures).

Voici les principales différences qui apparaissent entre les régimes, surtout pour les observations effectuées 4 heures et 10 heures après le début du repas (tabl. 5) :

TABLEAU 5

*Poids du contenu digestif total et du contenu du rumen  
en fonction du temps (heures) écoulé depuis le début du repas*

	Régime	Matière fraîche (g)			Matière sèche (g)		
		4 h	10 h	24 h	4 h	10 h	24 h
Contenu total	1	4 530	4 880	3 710	770	850	520
	2	5 260	4 090	4 120	1 080	710	560
	3	6 080	5 310	4 330	1 000	830	550
	4	5 600	5 470	5 680	5 970	830	630
Contenu du rumen + réseau	1	3 050	3 300	2 680	530	580	330
	2	3 220	2 650	2 930	740	440	360
	3	4 410	3 470	3 060	730	610	320
	4	4 060	4 060	3 390	740	610	400
Contenu hors rumen + réseau	1	1 480	1 580	1 030	240	270	190
	2	2 040	1 440	1 190	340	270	200
	3	1 670	1 490	1 270	270	220	230
	4	1 540	1 440	1 290	230	220	230

— le contenu du rumen et le contenu digestif total sont plus faibles pour les agneaux des lots 1 et 2, recevant les deux aliments *ad libitum*, que pour ceux des lots 3 et 4 dont un des aliments est en quantité limitée ;

— par rapport au contenu total le contenu du rumen est moins important pour les lots 1 et 3 ; 68,4 et 65,6 p. 100 respectivement, au lieu de 73,4 et 74,3 pour les lots 3 et 4 ;

— le contenu digestif hors rumen des agneaux recevant *ad libitum* le foin condensé et l'aliment concentré (lot 2) est nettement plus élevé que celui des trois autres lots, pour lesquels il est très comparable ; en poids de matière sèche, la diffé-

rence est de l'ordre de 20 p. 100 pour le total mais elle est beaucoup plus élevée pour les contenus du feuillet (24 g au lieu de 13, 15 et 17 g respectivement pour les lots 1, 3 et 4) et du côlon (133 g au lieu de 105,94 et 95 g). Nous avons observé des différences comparables dans l'essai précédent (PINOT, 1965) ; toujours pour la moyenne des mesures effectuées 4 et 10 heures après le début du repas, les quantités de matière sèche contenues dans le feuillet étaient de 14, 21 et 24 g et dans le côlon de 85, 113 et 140 g respectivement pour les agneaux recevant le foin normal, le foin condensé et la ration condensée ;

— la teneur en matière sèche des contenus digestifs du lot 2 est plus élevée que celle des autres lots surtout dans le rumen et dans le feuillet mais aussi dans tous les autres compartiments.

Chez les agneaux des différents lots abattus 4 heures après le début du repas, la concentration des acides gras volatils dans le liquide du rumen est élevée ; le pH et la proportion molaire d'acide acétique sont minimum (tabl. 6). Ensuite la concentration diminue alors que la proportion d'acide acétique augmente. De plus, la proportion d'acide propionique est toujours élevée, ce qui est caractéristique des rations contenant une forte proportion d'aliments concentrés.

TABLEAU 6

*Concentration et composition du mélange d'acides gras volatils présent dans le rumen*

Lot		1		2		3		4	
Régime		Foin normal à volonté Aliment concentré à volonté		Foin condensé à volonté Aliment concentré à volonté		Foin normal à volonté Aliment concentré aligné sur (2)		Foin condensé aligné sur (1) Aliment concentré à volonté	
Temps écoulé (h) depuis le début du dernier repas		4	10	4	10	4	10	4	10
pH		5,20	6,35	5,36	6,28	5,54	5,72	5,49	6,27
Concentration totale (g/l)		10,5	7,1	9,3	6,7	8,3	8,1	6,7	8,6
Composition molaire (%)	C <sub>2</sub>	48,6	58,8	55,8	59,1	50,7	56,1	40,7	50,6
	C <sub>3</sub>	27,5	22,7	26,6	24,5	28,3	27,3	36,2	22,4
	C <sub>4</sub>	17,5	11,3	13,5	11,5	15,2	11,0	16,2	20,8
	C <sub>5</sub>	6,4	7,2	4,1	4,9	5,8	5,6	6,8	6,2

Les différences observées entre les régimes ne peuvent pas être interprétées avec certitude du fait que nous n'avons pas mesuré les quantités de chaque aliment ingérées par chaque agneau avant l'abattage. Certaines sont cependant assez nettes : d'une part, la concentration en acides gras volatils est plus élevée à la fin du repas

(4 heures) pour les deux rations 1 et 2 dont les deux aliments sont offerts *ad libitum*, ce qui traduit une fermentation plus rapide ; d'autre part, le régime 4 donne une proportion faible d'acide acétique au bénéfice d'une proportion très élevée d'acide propionique (4 heures) ou d'acide butyrique (10 heures). La proportion d'acide acétique est plus élevée pour le régime 2, sans doute parce qu'il contient plus de foin.

### *Digestibilité et utilisation des rations*

Le coefficient de digestibilité de la matière organique des 4 rations varie dans le même sens que la proportion d'aliment concentré (tabl. 7). Il est de l'ordre de 75 p. 100 pour les rations 1, 3 et 4 qui contiennent entre 68 et 75 p. 100 d'aliment concentré. Il est nettement plus faible (68 p. 100) pour la ration ingérée par les agneaux recevant *ad libitum* le foin condensé et l'aliment concentré (ration 2). La digestibilité de la cellulose brute des deux rations contenant du foin condensé est faible (et variable entre moutons) particulièrement pour la ration 4 lorsqu'on la compare à la ration 2, ainsi qu'à la ration 1 ; cette diminution est due en partie au fait que le foin condensé a une teneur en cellulose brute plus faible que le foin normal à partir duquel il est préparé (cf. DEMARQUILLY et JOURNET 1967).

TABLEAU 7

### *Utilisation digestive des rations ingérées*

Régimes		1	2	3	4	
Agneaux en cages à bilan	Aliment concentré p. 100 de la ration	75	52	68	75	
	C. U. D.	Matière organique	74,9	68,0	74,7	76,1
		Matières azotées	70,1	68,8	71,6	75,3
		Matières cellulosiques	42,2	23,3	32,8	18,7
Quantités ingérées par les agneaux en lots (g/jour)	Matière organique digestible	805	924	796	750	
	Cellulose brute digestible	55	60	53	23	
	Matière organique indigestible	270	435	270	235	
	Cellulose brute indigestible	76	200	109	100	
Matière organique digestible ingérée (kg) par kg de gain de poids vif		3,00	3,42	3,09	3,38	

Si nous admettons que les agneaux en lots ont ingéré une ration de même digestibilité que leurs homologues en cages, nous obtenons les valeurs suivantes (tabl. 7) pour les quantités de matière organique digestible (m. o. d.) ingérées par jour et par kg de gain : 0,80 et 3,00 kg pour le lot 1 ; 0,92 et 3,42 pour le lot 2 ; 0,80 et 3,09 pour le lot 3 ; 0,75 et 3,38 pour le lot 4. Les différences entre lots sont plus faibles si nous

calculons les quantités d'énergie nette ingérée (en calories NFK) d'après la formule proposée par BREIREM (2,36 matière organique digestible-1,20 matière organique non digestible) : 1 575 et 5 880, 1 745 et 6 460, 1 555 et 6 020, 1 490 et 6 700 respectivement pour les lots 1, 2, 3 et 4. Il est intéressant de noter que les agneaux du lot 2 ont ingéré beaucoup plus de matière organique indigestible que les autres : 61 p. 100 de plus que les lots 1 et 3 et 85 p. 100 de plus que le lot 4.

## DISCUSSION

Dans la discussion nous ferons état des résultats de l'essai précédent (PINOT, 1965) ; les deux essais ont été réalisés sur des agneaux de même race et de même âge qui avaient tous été sevrés précocement. Nous tiendrons également compte des résultats des autres travaux poursuivis à la Station sur l'utilisation des foins condensés dont certains ont été publiés (BÉRANGER et JARRIGE, 1962) - (DÉMARQUILLY et JOURNET 1967). - (JOURNET et DÉMARQUILLY, 1967).

### *Quantités ingérées*

Les agneaux recevant *ad libitum*, et séparément, le foin de luzerne condensé et l'aliment concentré ont ingéré autant de foin que d'aliment concentré (51 : 49). Ces proportions semblent bien être caractéristiques de tels régimes ; d'une part, elles se sont maintenues pendant toute la période expérimentale (fig. 1) alors que la proportion de foin normal diminuait dans le régime 1 ; d'autre part, nous les avons retrouvées (53 : 47) dans un essai semblable sur des agnelles. Nous avons d'ailleurs observé des valeurs très voisines (54 : 46) dans l'essai précédent lorsque les agneaux recevaient l'aliment concentré en quantité limitée mais cependant importante ; c'est probablement parce qu'ils ne disposaient pas d'aliment concentré *ad libitum* qu'ils limitaient leur ingestion de foin condensé au point de ne pas consommer plus de foin que leurs homologues recevant le foin normal. Tout se passe donc comme si les jeunes agneaux recevant du foin condensé *ad libitum* et un aliment concentré en quantité importante ou *ad libitum* avaient tendance à ingérer les deux aliments en proportions relativement égales. Cette tendance vers un équilibre pourrait expliquer dans une certaine mesure pourquoi les agneaux du lot 4, dont la ration de foin condensé était limitée, ont ingéré beaucoup moins d'aliment concentré qu'on ne pouvait l'espérer ; n'ayant malheureusement pas observé l'emploi du temps de ces animaux, nous ne pouvons pas interpréter plus avant leur comportement alimentaire.

Les agneaux du lot 2 recevant du foin condensé *ad libitum* ont ingéré 2,71 et 1,85 fois plus de foin que ceux des lots 1 et 3 respectivement qui recevaient le foin normal. Nous retrouvons donc en présence d'aliment concentré, l'augmentation de la quantité ingérée, à la suite du broyage et du pressage, observée lorsque le foin est distribué seul (cf. revues de MINSON, 1963, BEARDSLEY, 1964). Associés à ceux de DÉMARQUILLY et JOURNET (1967), nos résultats sur le comportement alimentaire et sur les contenus digestifs permettent d'interpréter cette augmentation. Elle est associée aux deux particularités que la réduction en fines particules par le

broyage donne au foin condensé : d'abord il peut être ingéré beaucoup plus rapidement (7,1 g/mn au lieu de 1,6 dans le présent essai) ; ensuite, il peut quitter plus facilement le rumen que le foin normal et y séjourner moins longtemps. Cette dernière particularité n'apparaît pas lorsque le foin condensé est distribué en quantité très limitée comme c'est le cas dans le régime 4 : les agneaux ne consomment alors pas plus de l'aliment concentré pour se rassasier que ceux du lot 1 qui ingèrent la même quantité de foin mais sous forme normale ; ils en consomment même moins. Il n'en est plus de même lorsque le foin condensé est offert *ad libitum* ; l'agneau en ingère plus que de foin normal grâce à la propriété qu'a le foin condensé de séjourner moins longtemps dans le rumen. Cette particularité est la condition et la conséquence d'une ingestion plus élevée mais elle n'en est pas la cause. Celle-ci doit être recherchée dans le fait que le foin condensé est ingéré beaucoup plus rapidement que le foin normal d'abord parce qu'il est plus préhensible et, peut-être aussi, parce qu'il est plus appétible. L'agneau recevant le foin condensé modifie profondément son comportement comme le montrent les observations réalisées tant dans le présent essai que dans le précédent ainsi que par d'autres auteurs. Il réduit la durée des repas de foin et le temps total d'ingestion mais dans une proportion moindre qu'il n'a augmenté sa vitesse d'ingestion ; il semble ingérer plus rapidement l'aliment concentré : 16,1 g/mn au lieu de 9,0 et 7,9 au lieu de 4,8 g dans l'essai précédent ; il diminue son temps de rumination.

Quelles sont dans ces conditions les sensations qui entraînent le rassasiement ? Proviennent-elles essentiellement de l'état de réplétion du rumen, comme c'est le cas pour les rations composées presque exclusivement de fourrages normaux ? Sont-elles surtout d'origine métabolique, comme chez les monogastriques ? Deux faits ressortent de la mesure des contenus digestifs que nous avons effectués sur tous les agneaux des deux essais, malgré l'incertitude liée à l'absence de mesure de quantité ingérée par chacun d'eux :

— la quantité de matière sèche présente dans le rumen vers la fin de la période d'ingestion qui suit la distribution des aliments a été exactement la même (740 g) pour cinq des sept régimes étudiés dans les deux essais, que le foin soit condensé ou qu'il soit normal ;

— en revanche, la quantité de matière sèche présente dans la suite du tube digestif est beaucoup plus élevée chez les agneaux recevant le foin condensé ; cela va de pair avec un accroissement du poids des différents organes, fait qui n'avait pas été signalé jusqu'ici à notre connaissance.

La réplétion du rumen a fort bien pu limiter la quantité d'aliment ingérée par nos agneaux avec la plupart des régimes utilisés. La réplétion des autres compartiments digestifs a elle aussi pu intervenir dans le cas du régime comportant du foin condensé *ad libitum*, soit directement, soit indirectement en freinant la vidange du rumen. Certains auteurs (MONTGOMERY et BAUMGARDT, 1965) ont émis l'hypothèse que les ruminants recevant des rations riches en aliments concentrés, telles que celles que nous avons utilisées adaptaient leur ingestion à leurs besoins comme le font les monogastriques. La croissance comparable effectuée par les agneaux des trois premiers lots est compatible avec cette hypothèse mais non la mauvaise croissance du 4<sup>e</sup> lot.

*Valeur nutritive et utilisation des régimes*

Les différences dans les quantités de matière organique digestible ingérées (tabl. 7) rendent très bien compte des différences dans les gains de poids effectués par les agneaux des lots 1, 3 et 4. Il n'en est pas de même pour les agneaux du lot 2 recevant *ad libitum* le foin condensé et l'aliment concentré ; ils semblent moins bien utiliser l'énergie digestible que les autres notamment que ceux du lot 1 : ils ont ingéré 11 p. 100 de matière organique digestible de plus que ces derniers pour réaliser un croît journalier identique et fournir une carcasse de même état d'engraissement. En réalité ils ont consommé une ration probablement moins digestible que leurs homologues sur lesquels ont été effectuées les mesures de digestibilité, pour deux raisons : ils ont eu un niveau d'ingestion plus élevé et leur ration contenait un peu moins d'aliment concentré (49 au lieu de 52 p. 100). La diminution de la digestibilité entraînée essentiellement par la très forte ingestion de foin condensé, pourrait donc expliquer à elle seule la moins bonne utilisation du régime 2.

De nos deux essais, il ressort que les jeunes agneaux sevrés peuvent ingérer sans risque du foin condensé en remplacement du foin normal, tout au moins lorsqu'ils disposent d'une litière de paille. Distribué séparément de l'aliment concentré le foin condensé n'a pas permis une efficacité alimentaire optimum pour deux des trois régimes étudiés ; il a été ingéré en quantité excessive lorsqu'il a été offert *ad libitum* en même temps que l'aliment concentré (régime 2) ; il n'a pas permis une ingestion maximum d'aliment concentré lorsqu'il a été distribué en quantité très limitée (régime 4) ; en revanche, il a été plutôt mieux utilisé que le foin normal dans l'essai précédent lorsqu'il était distribué *ad libitum* en présence d'une quantité d'aliment concentré limitée. De nouveaux essais seraient nécessaires pour préciser l'équilibre permettant d'avoir la meilleure utilisation d'une ration comportant du foin condensé et un aliment concentré distribués séparément.

La meilleure façon de le réaliser est d'associer les deux aliments en une ration condensée unique comme dans l'essai précédent. Il semble que le mélange en proportions égales qui avait été adopté soit le plus intéressant ; c'est celui que choisissent les agneaux lorsqu'ils en ont la possibilité. Cette ration condensée a sensiblement la même digestibilité que la ration initiale contenant le foin normal et l'aliment concentré dans les mêmes proportions (JOHNSON *et al.* 1964 - FONTENOT et HOPKINS, 1965). Elle est ingérée en quantité légèrement plus importante mais non excessive, ce qui explique sans doute le maintien de la digestibilité ; elle permet une amélioration de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire (cf. références bibliographiques de l'introduction). Elle présente par ailleurs tous les avantages des aliments condensés quant à la facilité de stockage et de distribution. Elle est ingérée en totalité alors que les agneaux délaissent de 25 à 35 p. 100 du foin de luzerne normal lorsque celui-ci est de qualité moyenne. Les agneaux qui ont été alimentés avec du foin condensé ou des rations condensées donnent des carcasses d'aussi bonne qualité que ceux qui ont reçu des aliments normaux. Ils ont cependant un rendement vrai légèrement plus faible, en partie à cause du poids plus élevé de leur appareil digestif.

Dans l'application de nos résultats il faut tenir compte du fait qu'ils ont été obtenus avec des foins d'assez bonne qualité et sur des agneaux préalablement sevrés ; ils devraient être vérifiés sur les agneaux qui sont allaités par leur mère jusqu'à



l'abattage. Ils confirment par ailleurs les données sur l'alimentation des agneaux à croissance rapide avec du foin de luzerne normal et des aliments concentrés : leur croissance augmente avec la proportion d'aliments concentrés dans la ration : 245 g avec 49 p. 100 dans l'essai précédent, 258 et 268 avec 65 et 76 p. 100 dans le présent essai. Elle est maximum lorsque les agneaux reçoivent à volonté l'aliment concentré et le foin ; ce régime a été très bien utilisé par nos agneaux et sans ennuis sanitaires d'aucune sorte.

*Reçu pour publication en décembre 1967.*

## SUMMARY

### UTILIZATION OF GROUND AND PELLETTED FEEDS BY FATTENING LAMBS.

#### II. — COMPARISON OF PELLETTED LUCERNE HAY WITH NORMAL LUCERNE HAY IN THE PRESENCE OF A CONCENTRATE OFFERED TO APPETITE

1. A comparison was made between 4 rations made up of the same lucerne hay and the same concentrate, which were given separately : (1) normal lucerne hay and concentrate both to appetite ; (2) pelleted lucerne hay and concentrate both to appetite ; (3) normal lucerne hay to appetite and concentrate restricted to the amount in the second ration ; (4) pelleted lucerne hay restricted to the amount in the first ration and concentrate to appetite.

Each ration was given to a group of 14 lambs weaned early, of average age 76 days at the start of the experimental period. They were killed at average weight 34 kg.

2. Records were made of daily intake of feed (table 1 : fig. 1), feeding behaviour (groups 1 and 2) (table 2), gain in weight and characteristics of the carcass (table 3), weight of different parts of the digestive tract full and empty (tables 4 and 5) and the fatty acid contents of rumen fluid (table 6). Digestibility of the 4 rations was estimated also with 8 other lambs maintained in metabolism cages (table 7).

3. The lambs given pelleted hay and concentrate, both to appetite (ration 2) ate 2.71 times as much hay as those given normal hay and concentrate to appetite (ration 1) and only 17 per cent less concentrate. They ate both hay and concentrate more quickly.

They ate 1.85 times as much hay as the lambs of group 3 which got the same amount of concentrate as they did. The lambs of group 4, given the same amount of pelleted as of the normal hay eaten by the lambs of group 1, ate 11 per cent less concentrate than them.

The relative proportions of hay and concentrate eaten by the four groups were 24:76, 51:49, 35:65 and 26:74, respectively.

4. Gain in weight was the same for the first two groups, 268 and 270 g, slightly less, 258 g, for group 3 and significantly less, 222 g, for group 5. The only significant difference seen in the carcasses was the slightly lower yield (weight of carcass as percentage of empty liveweight) in the lambs of group 2.

5. The lambs were killed at intervals of 4, 10 or 30 hours after they had been given their last feed which was offered for a period lasting 3 1/2 hours. It was not possible to feed them individually and this hampered the interpretation of the results for digestion.

For the lambs which had been given to appetite pelleted hay and concentrate the digestive organs from the omasum, and their contents, were significantly heavier than in the lambs of the other groups : on average 15 per cent for the organs.

6. The results are discussed. Pelleted hay was eaten in greater amount because it was eaten more quickly (greater prehensibility and palatability) and due to the fact that it could leave the rumen more quickly. To prevent an excessive intake of ground hay it should be combined with the concentrate in a single pelleted feed.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEARDSLEY D. W., 1964. Symposium of forage utilization : nutritive value of forage as affected by physical form. Part II. Beef cattle and sheep studies. *J. Anim. Sci.*, **23**, 239-245.
- BOCCARD R., DUMONT B. L., 1955. Étude de la production de la viande chez les ovins. I. Définition d'une découpe de référence. *Ann. Zootech.*, **4**, 241-257.

- BREIREM K., 1954. Die Nettoenergie als Grundlage der Bewertung der Futtermittel, in : Nehring K., 100 Jahre Möckern. *Die Bewertung der Futterstoffe und andere Probleme der Tiernahrung*. Berlin, Deutsche Akad. der Landwirtschaftswissenschaften, t. II, 97-108.
- DÉMARQUILLY C., JOURNET M., 1967. Valeur alimentaire des foin condensés. I. Influence de la nature du foin et de la finesse de broyage sur la digestibilité et la quantité ingérée. *Ann. Zootech.*, **16**, 123-150.
- FONTENOT J.-P., HOPKINS H. A., 1965. Effect of physical form of different parts of lamb fattening rations on feedlot performance and digestibility. *J. Anim. Sci.*, **24**, 62-68.
- JOHNSON RONALD R., RICKETTS GARY E., KLOSTERMAN A. W., MOXON A. L., 1964. Studies on the utilization and digestion of long, ground and pelleted alfalfa and mixed hay. *J. Anim. Sci.*, **23**, 94-99.
- JORDAN R. M., HANCKE H. E., 1965. Effect of hay pellets, pelleted ear corn or complete pelleted rations on the feedlot performance of lambs. *Anim. Prod.*, **7**, 233-238.
- JOURNET M., DÉMARQUILLY C., 1967. Valeur alimentaire des foin condensés. II. Influence du broyage et de la mise en aggloméré sur la digestion des foin de luzerne dans le rumen (sous presse).
- MINSON D. J., 1962. The effect of grinding, pelleting and wafering on the feeding value of roughages. A Review. *Contribution n° 84*, Animal Res. Institut, Canada Dept. Agriculture, Ottawa.
- MONTGOMERY M. J., BAUMGARDT B. R., 1965. Regulation of food intake in ruminants. I. Pelleted rations varying in energy concentration. *J. Dairy Sci.*, **48**, 569-574.
- PINOT R., 1965. Utilisation des aliments broyés et agglomérés par l'agneau à l'engrais. I. Comparaison du foin de luzerne normal et du foin de luzerne broyé dans une ration pour agneaux à l'engrais. *Ann. Zootech.* **14**, 153-168.
-