

Etude de la valeur alimentaire des pailles de céréales traitées ou non à la soude

III. - Influence du niveau d'apport d'aliment concentré

J.P. DULPHY, J. BRETON, J.M. LOUYOT et A. BIENAIMÉ

avec la collaboration technique de Jocelyne AUFRERE, Madeleine DUDILIEU, Marie JAILLER, Jacqueline JAMOT, J.M. BOISSAU, H. BOUSQUET, L. L'HOTELIER

*I.N.R.A., Laboratoire des Aliments,
Centre de Recherches zootechniques et vétérinaires de Theix,
F 63110 Beaumont*

Résumé

La valeur alimentaire des pailles de céréales traitées ou non à la soude est influencée par de nombreux facteurs, en particulier par le niveau d'apport d'aliment concentré nécessaire pour couvrir les besoins des animaux recevant ces pailles. Pour mesurer l'effet de ce facteur nous avons conduit 2 essais avec des moutons. Dans le premier nous avons distribué une paille ordinaire et une paille traitée, d'origine différente de la première, avec un apport d'aliment concentré variant de 7,5 à 30 p. 100 de la ration. Chaque paille était distribuée à volonté puis en quantité limitée. Dans le second essai nous avons distribué une même paille, avant ou après traitement, avec une quantité d'aliment concentré représentant 15 à 45 p. 100 de la ration. Les deux fourrages étaient donnés à volonté et la complémentation azotée était réalisée de telle sorte que les animaux ingéraient soit des rations à 8 p. 100, soit des rations à 12 p. 100 de MAT.

Les quantités volontairement ingérées de paille ont été stables (pailles non traitées) ou ont légèrement diminué (pailles traitées) entre 15 et 30 p. 100 de concentré. Elles ont diminué de façon un peu plus nette entre 30 et 45 p. 100 de concentré dans les rations.

La digestibilité de la matière organique, ainsi que celle de la cellulose brute, a augmenté jusqu'à 15 p. 100 de concentré dans la ration, puis a diminué lentement pour les pailles non traitées distribuées en quantité limitée et assez rapidement pour les pailles traitées distribuées à volonté. La restriction des quantités ingérées a augmenté très fortement la digestibilité de la paille traitée dans le premier essai, et a annulé l'effet du concentré entre 15 et 30 p. 100.

L'augmentation de la teneur en MAT, dans le second essai, n'a eu qu'une incidence faible sur la digestibilité des pailles.

Dans le second essai on a, en outre, effectué un dosage fractionné des constituants pariétaux pour mieux comprendre les mécanismes en jeu. On a également mesuré l'évolution du pH, de la concentration et de la nature des AGV, ainsi que celle de la concentration en ammoniac dans le rumen. La durée du transit dans le tube digestif des particules indigestibles a été mesurée, ainsi que les manifestations du comportement alimentaire et mérycique des moutons.

Les résultats obtenus sont discutés en insistant sur l'effet négatif d'un apport croissant d'amidon dans les rations de paille distribuées à volonté sur la vitesse de fermentation des parois dans le rumen.

I. Introduction

Compte tenu de leur faible valeur alimentaire, les pailles ne couvrent jamais les besoins d'entretien des ruminants qui les ingèrent et doivent être complémentées en énergie, azote, minéraux et vitamines. La complémentation énergétique peut se faire avec des aliments concentrés de nature très variable (DULPHY, KOUASSI & BIENAIMÉ, 1982), mais elle se fait le plus souvent avec des céréales, c'est-à-dire des aliments riches en amidon, produit connu pour perturber l'activité cellulolytique dans le rumen. C'est pourquoi nous nous sommes interrogés sur les effets d'un apport croissant d'aliment concentré dans une ration à base de paille.

La complémentation des fourrages pauvres est aussi indispensable pour assurer une activité normale aux microbes du rumen. Ceci est vrai pour l'azote et les minéraux, mais le problème se pose de savoir si un complément énergétique minimum est nécessaire et quel est l'effet de ce complément sur la digestibilité du fourrage.

D'après GAILLARD & KLOOSTER (1973) une petite quantité de glucides facilement fermentescibles dans la ration ne semble pas indispensable *in vivo* au démarrage de la digestion des parois cellulosiques. En effet, lorsque cet apport varie de 0 à 11 p. 100 de la ration, la digestibilité de la cellulose de rations purifiées varie peu d'après CHAPPELL & FONTENOT (1968) ou FAICHNEY (1965). Ce phénomène a été confirmé par FICK *et al.* (1973) lorsque la complémentation en azote est assurée. Si ce n'est pas le cas, une petite quantité de supplément énergétique augmente la digestion de la cellulose, mais cela pourrait être dû à l'apport d'azote par le supplément ou bien à quelques facteurs nutritionnels ou de croissance et non à celui d'énergie.

En revanche un apport important d'énergie, sous forme de glucides (amidon ou sucres) a tendance à faire baisser la digestibilité de la matière organique des pailles ou des foins de mauvaise qualité, et plus particulièrement celle de la cellulose. Lorsque le concentré représente moins de 30 p. 100 de la ration, on enregistre seulement une baisse légère et non significative en présence d'une quantité d'azote suffisante (FAICHNEY, 1965 ; FICK *et al.*, 1973). Cependant, au-delà de 30 p. 100 de concentré dans la ration, il se produit une baisse très nette de la digestibilité du fourrage (CHAPPELL & FONTENOT, 1968 ; FICK *et al.*, 1973). Des digestibilités très faibles (< 30 p. 100) ont alors été observées pour la paille seule quand elle a été complémentée avec des quantités de concentré dépassant 60 p. 100 de la ration (MULHOLLAND, COOMBE et MC MANUS, 1976 ; FORBES, IRWIN & RAVEN, 1969 ; HORTON & HOLMES, 1976).

Pour préciser ces observations nous avons donc mesuré, dans le cadre des études poursuivies au Laboratoire sur la valeur alimentaire des pailles (XANDE, 1978 a et b ; DULPHY *et al.*, 1982 a et b), l'effet d'un apport croissant de céréales sur la valeur de pailles traitées ou non à la soude. Les pailles ont été traitées de deux façons, soit par dilacération et traitement sec, soit par voie « semi-humide ». De plus, dans un essai nous avons fait varier la teneur en azote du complément pour savoir si les effets enregistrés étaient modifiés. Enfin, dans un autre essai, nous avons limité, dans le même but, les apports d'aliment aux animaux.

II. Matériel et méthodes

L'influence du niveau d'apport de concentré a été étudiée dans deux essais (I et II).

A. Essai I

Le premier essai a été conduit durant l'hiver 1976-1977 au Domaine de Marce-nat. Deux pailles ont été utilisées :

— une paille de blé non traitée ;

— une autre paille de blé, d'origine différente de la première, traitée avec 4 p. 100 de soude et agglomérée après dilacération par la machine danoise JF (cf. DULPHY *et al.*, 1982 a).

Ces deux pailles ont été distribuées à 12 moutons, selon le schéma de la figure 1, avec 3 niveaux d'apport d'aliment concentré, représentant 7,5 (tourteau de soja), 15 (tourteau de soja) et 30 p. 100 (1/2 tourteau de soja + 1/2 maïs grain) de la ration. Les aliments étudiés ont été distribués à volonté, au cours de trois périodes, puis en quantités limitées (25 g de MS/kg P^{0.75} pour la ration de paille non traitée, 45 g/kg P^{0.75} pour la ration de paille traitée).

Période Period	Type de paille Straw					
	Paille normale Untreated straw			Paille traitée Treated straw		
	Moutons Sheep 1-2	Moutons Sheep 3-4	Moutons Sheep 5-6	Moutons Sheep 7-8	Moutons Sheep 9-10	Moutons Sheep 11-12
1	A	B	C	A	B	C
2	B	C	A	B	C	A
3	C	A	B	C	A	B
4, 5 et 6	idem 1, 2, 3 en quantité limitée - <i>idem 1, 2, 3 but restricted.</i>					

A : Ration avec 7,5 p. 100 de tourteau de soja - *Diet with 7.5 p. 100 soyabean-meal.*

B : Ration avec 15 p. 100 de tourteau de soja - *Diet with 15 p. 100 soyabean meal.*

C : Ration avec 15 p. 100 de tourteau de soja + 15 p. 100 de maïs grain - *Diet with 15 p. 100 soyabean-meal and 15 p. 100 maize.*

FIG. 1

Schéma expérimental de l'essai I (régimes).

Experimental scheme for trial I (diets).

B. *Essai II*

Le second essai a également été entrepris en 1976. Une même paille de blé a été utilisée, soit telle quelle, soit après avoir été mélangée à la main avec 2,5 l/kg d'une solution de soude à 2 p. 100 (paille D ; DULPHY *et al.*, 1982 a). Une petite quantité de paille était traitée chaque jour et distribuée 48 heures plus tard. Le schéma expérimental de cet essai est rapporté dans la figure 2.

Période <i>Period</i>		Ration à 8 % de MAT <i>Diet with 8 % CP</i>			Ration à 12 % de MAT <i>Diet with 12 % CP</i>		
		Moutons <i>Sheep</i> 1-2	Moutons <i>Sheep</i> 3-4	Moutons <i>Sheep</i> 5-6	Moutons <i>Sheep</i> 7-8	Moutons <i>Sheep</i> 9-10	Moutons <i>Sheep</i> 11-12
1	Paille traitée <i>Treated straw</i>	D					
2	Paille non traitée <i>Untreated straw</i>	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃
3		A ₂	A ₃	A ₁	B ₂	B ₃	B ₁
4		A ₃	A ₁	A ₂	B ₃	B ₁	B ₂
5	Paille traitée <i>Treated straw</i>	D					
6	Paille traitée <i>Treated straw</i>	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃
7		A ₂	A ₃	A ₁	B ₂	B ₃	B ₁
8		A ₃	A ₁	A ₂	B ₃	B ₁	B ₂
9	Paille traitée <i>Treated straw</i>	D					

A₁, A₂, A₃, B₁, B₂, B₃: La composition de ces aliments et leur proportion dans la ration sont données dans le tableau 1 - *The composition of these feeds and their proportion in the diet are given in table 1.*

D : Régime avec 30 % de concentré et à 10 % de MAT (A₂ + B₂) - *Diet including 30 % concentrate and 10 % crude protein (A₂ + B₂).*

FIG. 2

Schéma expérimental de l'essai II (régimes).

Experimental scheme for trial II (diets).

La période 1 de ce schéma a permis d'apparier les moutons utilisés en 2 lots de 6 animaux aussi semblables que possible et les périodes 5 et 9 ont servi à contrôler la capacité d'ingestion de ces animaux. Celle-ci est restée constante tout au long de l'essai, ce qui autorise la comparaison, sans correction, de l'ingestibilité des deux types de paille.

Chaque paille a été distribuée à volonté avec trois niveaux d'apport d'aliment concentré (15 ; 30 et 45 p. 100) ayant des teneurs en MAT variables de telle sorte que la teneur en MAT des rations soit proche de 8 ou de 12 p. 100. Ces concentrés ont été des mélanges de maïs-grain, de tourteau de soja et d'urée (tabl. 1).

TABLEAU 1

Composition moyenne des compléments utilisés dans l'essai II.

Composition of supplements used in the trial II.

Régime <i>Diet</i>	Part dans la ration <i>Proportion in the diet</i>	Teneur en MAT prévue <i>Predicted protein content</i>	Composants en % <i>Composition %</i>		
			Maïs-grain <i>Maize</i>	Tourteau de soja <i>Soyabean meal</i>	Urée <i>Urea</i>
A ₁	15	8	35.5	66.5	0
B ₁		12	0	94.7	5.3
A ₂	30	8	77.2	22.8	0
B ₂		12	58.0	40.0	2.0
A ₃	45	8	91.6	8.4	0
B ₃		12	78.0	20.7	1.3

Dans cet essai, nous avons aussi utilisé (en plus des moutons normaux) des moutons fistulés du rumen, à raison de deux par traitement, pour chacun des 12 traitements étudiés.

C. Mesures

Les animaux utilisés étaient des béliers castrés, de race *Texel*, pesant 80 kg en moyenne dans l'essai I et seulement 55 dans l'essai II. Ces animaux étaient âgés respectivement de 4 et 2 ans. Ils ont reçu des vitamines (AD₃E) par piqûre et 20 g par jour d'un complément minéral apporté avec les compléments. Les mesures de digestibilité et d'ingestibilité des rations ont été effectuées dans les mêmes conditions que précédemment (DULPHY *et al.*, 1982 a).

Dans l'essai II on a, en outre :

— enregistré le comportement alimentaire et mérycique des 12 moutons selon la méthode de RUCKEBUSCH (1963) ;

— mesuré la durée de transit des particules indigestibles de paille sur 2 moutons, pour chacun des 12 traitements, selon la méthode des particules colorées de BALCH (1950) et CASTLE (1956 a et b) ;

— prélevé, sur les moutons fistulés, du jus de rumen pendant 2 jours consécutifs 0, 1, 2, 3, 4 et 6 heures après le repas du matin (aliment concentré à 8 h au temps 0, paille à 8 h 30).

D. Analyses

Les analyses effectuées sur les aliments et les fèces sont celles déjà rapportées par DULPHY *et al.* (1982 a et b). Nous y avons simplement ajouté un dosage de l'amidon par ration, selon la méthode de THIVEND, MERCIER & GUILBOT (1972). Nous avons en outre, sur le jus de rumen, mesuré le pH et les teneurs en ammoniac et en acides gras volatils (JOUANY, 1981).

III. Résultats

A. Composition chimique

La composition chimique des aliments utilisés est rapportée dans le tableau 2. La teneur en MAT des rations (tabl. 3) a été seulement de l'ordre de 6,4 et 7,1 p. 100 pour le niveau bas de concentré dans l'essai I, ce qui est faible. Par contre, dans l'essai II les teneurs en MAT des rations ont été en moyenne respectivement 8,9 et 13,1 p. 100 pour les deux niveaux d'apports azotés avec la paille non traitée et 8,4 et 12,6 p. 100 pour la paille traitée.

B. Quantités ingérées

Les pailles non traitées ont été ingérées en moyenne et en présence de 15 et 30 p. 100 de concentré (tabl. 3 et fig. 3) à raison de 25,1 g de MS/kg P^{0.75} dans l'essai I et 32,2 g dans l'essai II. Aux mêmes niveaux d'apport de concentré les pailles traitées ont été ingérées en quantités très élevées : 60 g de MS/kg P^{0.75} dans l'essai I et 50,1 g dans l'essai II (augmentation de + 55,6 p. 100 par rapport à la même paille non traitée de cet essai).

Dans l'essai II l'augmentation du niveau des MAT de la ration semble avoir eu un effet négatif sur les quantités de paille non traitée ingérées, mais les écarts ne sont pas significatifs. Par contre, la variation du niveau des MAT n'a pas modifié les quantités ingérées de paille traitée.

Dans l'essai I, lorsque l'apport d'aliment concentré a augmenté de 7,5 à 15 p. 100, la quantité de paille traitée ingérée a augmenté de 35 p. 100, alors que celle de paille non traitée n'a pas été modifiée (fig. 3). Ensuite, entre 15 et 30 p. 100 de concentré il y a eu, pour les pailles non traitées une augmentation légère, mais non significative, de la quantité ingérée dans l'essai I, une baisse légère mais non significative dans l'essai II. Dans le même temps, il y a eu également une baisse légère et non significative des quantités de paille traitée ingérées dans les deux essais. Enfin, entre 30 et 45 p. 100 de concentré, les quantités ingérées de paille dans l'essai II ont significativement diminué. Dans ce dernier cas, les taux de substitution paille/concentré ont été égaux respectivement à 0,60 et 0,46 pour la paille non traitée et celle traitée.

C. Digestibilité

Pour simplifier, nous ne considérerons que les digestibilités des pailles seules, calculées comme si celle du concentré distribué en complément était constante (DULPHY *et al.*, 1982 a).

TABLEAU 2

Composition chimique des aliments utilisés (p. 100 MS).

Chemical composition of the feeds (p. 100 DM).

	Aliment <i>Feed</i>	Teneur en MS % DM content	Cendres <i>Ashes</i>	Matières azotées totales <i>Crude protein</i>	Cellulose brute <i>Crude fiber</i>
Essai I <i>Trial I</i>	Paille non traitée (*) <i>Untreated straw</i>	90.0	12.1	3,3	38.9
	Paille traitée (*) <i>Treated straw</i>	90.0	8.1	2.5	39.1
	Tourteau de soja <i>Soyabean meal</i>	87.0	7.1	54.0	4.3
	Maïs-grain <i>Maize</i>	87.0	1.5	11.9	1.6
Essai II <i>Trial II</i>	Paille non traitée <i>Untreated straw</i>	88.3	7.4	3.6	40.7
	Paille traitée <i>Treated straw</i>	28.1	11.0	2.8	39.6
	Tourteau de soja <i>Soyabean meal</i>	89.8	7.8	53.0	4.5
	Maïs-grain <i>Maize</i>	86.5	1.6	10.6	2.7
	Aliment <i>Feed</i>	« NDF » (Van Soest) « NDF » (Van Soest)	« ADF » (Van Soest) « ADF » (Van Soest)	Hémi- celluloses « Hemicel- lulose » (Van Soest)	Cellulose « Cellu- lose » (Van Soest)
Essai II <i>Trial II</i>	Paille non traitée <i>Untreated straw</i>	76.5	47.2	29.3	39.9
	Paille traitée <i>Treated straw</i>	70.8	47.4	23.4	40.1
	Tourteau de soja <i>Soyabean meal</i>	9.2	5.5	3.7	4.7
	Maïs-grain <i>Maize</i>	10.5	6.1	4.5	4.5

(*) Les pailles traitées et non traitées utilisées dans l'essai I ne proviennent pas du même lot de paille - *Treated and untreated straws in trial I were not of the same origin.*

TABLEAU 3

Valeur alimentaire des pailles étudiées.

Essai <i>Trial</i>	Paille <i>Straw</i>	Mode de distribution <i>Feeding method</i>	Pourcentage de concentré dans la ration <i>Proportion of concentrate in the diet</i>	Teneur réelle en MAT de la ration % <i>True CP content of the diet %</i>	
I	Non traitée <i>Untreated</i>	Ad libitum <i>Ad libitum</i>	7.5 15 30	7.1 10.9 12.2	
		Limité <i>Restricted</i>	7.5 15 30	7.1 10.9 12.2	
		Ad libitum <i>Ad libitum</i>	7.5 15 30	6.4 10.2 11.6	
		Limité <i>Restricted</i>	7.5 15 30	6.4 10.2 11.6	
		Teneur prévue en MAT de la ration % <i>Predicted CP level in the diet %</i>			
	II	Non traitée <i>Untreated</i>	8	15 30 45	8.9 8.8 8.9
			12	15 30 45	13.3 12.8 13.1
			8	15 30 45	8.5 8.4 8.3
12			15 30 45	12.8 12.6 12.4	

Pour un même groupe de 3 résultats les chiffres non suivis de la même lettre sont significativement différents - *For the same group of 3 results values not followed by the same letter are significantly different.*

Feeding value of the studied straws.

Quantités de MS ingérées g/kg P ^{0.75} DM intake g/kg W ^{0.75}		Digestibilité de la paille seule <i>Digestibility of the straw</i>			Quantités de matière organique digestible ingérées (paille) g de MOD/kg P ^{0.75} <i>Digestible organic matter intake for straw</i> DOM g/kg W ^{0.75}
Paille <i>Straw</i>	Concentré <i>Concentrate</i>	Matière organique <i>Organic matter</i>	Matières totales azotées <i>Crude protein</i>	Cellulose brute <i>Crude fibre</i>	
23.6 (a) ± 6.9	1.9	46.6 ± 4.4 (a)	— 3,6	56.6 ± 6.0 (a)	9.7
23.5 (a) ± 7.7	4.1	47.8 ± 3.0 (a)	+ 1,8	57.6 ± 4.8 (a)	9.9
26.7 (a) ± 3.6	11.4	43.6 ± 2.9 (b)	+ 1,1	50.8 ± 6.0 (b)	10.2
23.0 ± 1.4	1.9	42.2 ± 4.0 (a)	— 17,8	55.0 ± 1.5 (a)	8.5
21.1 ± 1.2	3.7	45.8 ± 4.9 (b)	— 7,1	59.5 ± 4.6 (b)	8.5
17.9 ± 1.0	7.7	44.8 ± 5.0 (b)	— 5,5	50.1 ± 14.0 (c)	7.0
45.5 (a) ± 8.9	3.7	49.1 ± 2.7 (a)	— 67,4	58.1 ± 1.9 (a)	20.5
61.2 (b) ± 7.6	10.8	50.0 ± 1.2 (a)	— 58,9	57.6 ± 2.7 (a)	28.1
58.8 (b) ± 6.2	25.2	43.0 ± 3.7 (b)	— 74,9	46.3 ± 5.8 (b)	23.2
40.6 ± 2.1	3.3	55.6 ± 4.4 (a)	— 27,4	66.3 ± 4.0 (a)	20.7
39.4 ± 2.0	7.0	58.9 ± 5.5 (b)	— 22,3	68.5 ± 2.8 (a)	21.3
31.5 ± 0.4	13.5	58.4 ± 3.6 (b)	— 19,8	66.9 ± 2.7 (a)	16.9
34.8 (a)	6.8	46.1 (a)	8,5	56.6 (a)	14.8
34.5 (a)	13.6	43.0 (a)	— 1,1	53.4 (ab)	13.7
27.4 (b)	23.9	39.5 (b)	— 17,0	51.6 (b)	10.0
30.0 (a)	6.1	46.5 (a)	0,5	57.6 (a)	12.9
29.4 (a)	13.3	44.1 (a)	9,4	54.6 (ab)	12.0
25.4 (b)	21.1	41.5 (b)	— 13,9	53.9 (b)	7.1
51.6 (a)	10.1	57.6 (a)	— 30,6	71.2 (a)	26.5
49.7 (a)	22.8	52.2 (b)	— 57,9	66.3 (b)	23.1
42.0 (b)	36.5	41.4 (c)	— 86,5	61.5 (c)	15.4
50.5 (a)	10.0	56.6 (a)	— 28,0	69.3 (a)	25.4
48.7 (a)	22.1	52.6 (b)	— 64,0	65.9 (b)	22.8
43.3 (b)	37.8	44.4 (c)	— 107,1	60.5 (c)	17.1

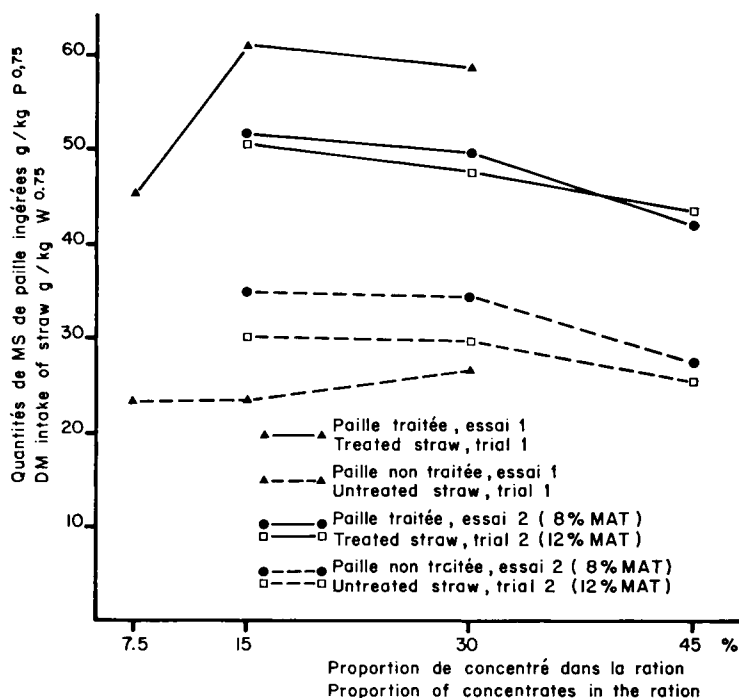


FIG. 3

Evolution des quantités de paille volontairement ingérées selon la proportion de concentré dans la ration.

Change in the voluntary straw intake according to the increasing proportion of concentrate in the diet.

La digestibilité de la matière organique des pailles a été maximum pour un apport de 15 p. 100 d'aliment concentré dans la ration (tabl. 3 — essai I — et fig. 4). A ce niveau d'apport de concentré les pailles non traitées des essais I et II ont eu une digestibilité égale respectivement à 47,8 et 46,3 points. La paille traitée agglomérée de l'essai I n'a eu qu'une digestibilité de 50,0 points lorsqu'elle a été distribuée à volonté, mais de 58,9 en quantité limitée. Dans l'essai II, toujours avec 15 p. 100 de concentré le traitement à la soude a amélioré la digestibilité de la paille de 10,8 points.

Dans l'essai II, lorsque le niveau azoté de la ration a augmenté la digestibilité de la matière organique des pailles n'a pas été modifiée significativement en présence de 15 et 30 p. 100 de concentré. Par contre, cette digestibilité a été augmentée significativement (+ 2 et + 3 points) en présence de 45 p. 100 de concentré.

Lorsque le niveau d'apport de l'aliment concentré a augmenté de 7,5 à 15 p. 100 (essai I), la digestibilité de la matière organique a légèrement augmenté mais l'augmentation n'a été significative (+ 3,6 et + 3,3 points) que lorsque les pailles ont été distribuées en quantité limitée. Dans les mêmes conditions la digestibilité de la cellulose brute a eu aussi tendance à augmenter mais l'augmentation n'a été significative

(+ 4,7 points) que pour la paille non traitée distribuée en quantité limitée. Ensuite, au-delà de 15 p. 100 de concentré dans la ration l'augmentation de l'apport de concentré a toujours entraîné une baisse de digestibilité, significative ou non selon les cas (tabl. 3). La diminution a été la plus forte pour les pailles traitées distribuées à volonté, intermédiaire pour les pailles non traitées distribuées à volonté et faible pour les pailles de l'essai I distribuées en quantité limitée. Dans ces conditions, pour les pailles distribuées à volonté, l'influence du traitement à la soude s'est pratiquement annulée en présence de 45 p. 100 de concentré, pour la digestibilité de la matière organique (fig. 4), quoique ce ne fût pas le cas pour celle de la cellulose brute (fig. 4).

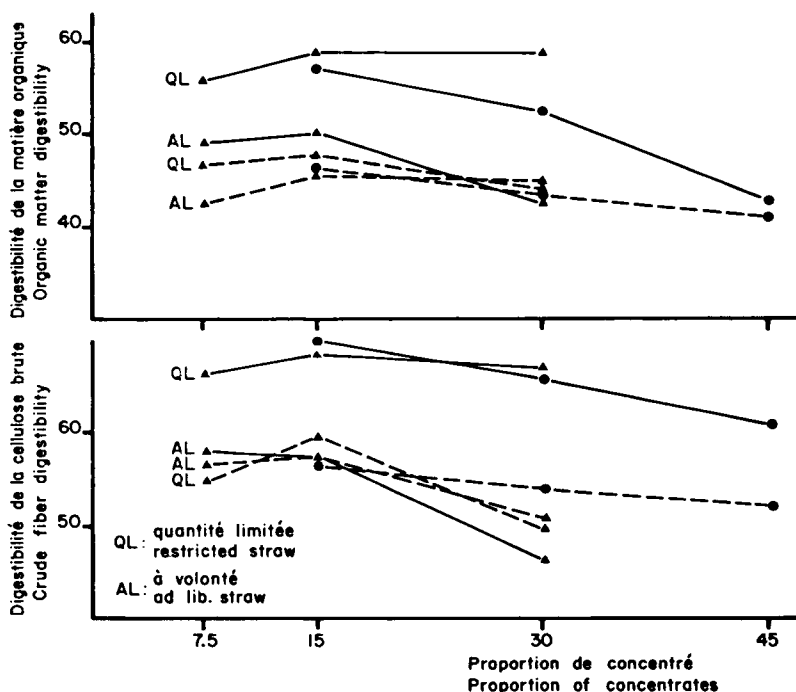


FIG. 4

Digestibilité des pailles étudiées selon la proportion du concentré dans la ration.
Digestibility of studied straws according to the proportion of concentrate in the diet.

- ▲——▲ Paille traitée, essai I.
Treated straw, trial I.
- ▲- - -▲ Paille non traitée, essai I.
Untreated straw, trial I.
- Paille traitée, essai II (8 + 12 p. 100 MAT).
Treated straw, trial II (8 + 12 p. 100 CP).
- - -● Paille non traitée, essai II (8 + 12 p. 100 MAT).
Untreated straw trial II (8 + 12 p. 100 CP).

TABLEAU 4
Digestibilité des constituants pariétaux (essai II).
Digestibility of dietary cell-wall constituents of the rations in trial II.

Paille <i>Straw</i>	Teneur en MAT de la ration <i>CP level in the diet</i>	Pourcentage de concentré dans la ration <i>Proportion of concentrate in the diet</i>	« NDF » (Van Soest) <i>« NDF » (Van Soest)</i>	« ADF » (Van Soest) <i>« ADF » (Van Soest)</i>	Hémicelluloses (Van Soest) <i>Hemicellulose (Van Soest)</i>	Cellulose (Van Soest) <i>Cellulose (Van Soest)</i>
Non traitée <i>Untreated</i>	8	15	51,7	46,5	60,0	56,1
		30	49,4	44,4	57,2	54,9
		45	44,3	44,7	43,8	53,9
Non traitée <i>Untreated</i>	12	15	49,9	47,0	54,4	57,4
		30	46,4	43,8	50,5	54,2
		45	45,8	43,8	48,9	54,5
Traitée <i>Treated</i>	8	15	66,5	59,4	81,4	72,6
		30	60,6	53,6	73,8	65,7
		45	49,4	51,5	45,3	62,4
Traitée <i>Treated</i>	12	15	65,0	56,5	82,3	70,4
		30	61,4	53,2	77,9	67,1
		45	53,4	47,1	65,6	59,7

Aucun écart type n'a pu être calculé car les analyses ont été effectuées par lot - *Standard-deviation was not calculated because analysis were made on groups of animals.*

Les digestibilités des constituants pariétaux (dosés selon la méthode de VAN SOEST) ont été mesurées dans l'essai II (tabl. 4 et fig. 5). Ces digestibilités ont été très nettement augmentées par le traitement à la soude. Lorsque la teneur en MAT de la ration a augmenté la digestibilité de la cellulose « VAN SOEST » n'a pratiquement pas été modifiée quel que soit le niveau d'apport de concentré. Par contre, la teneur de 12 p. 100 a limité la chute de digestibilité des « hémicelluloses VAN SOEST » en présence de 45 p. 100 de concentré. Enfin, lorsque la proportion de concentré dans la ration a augmenté la digestibilité des constituants pariétaux a toujours été diminuée, plus nettement pour la paille traitée que pour celle non traitée, et plus pour les « hémicelluloses » que la « cellulose ».

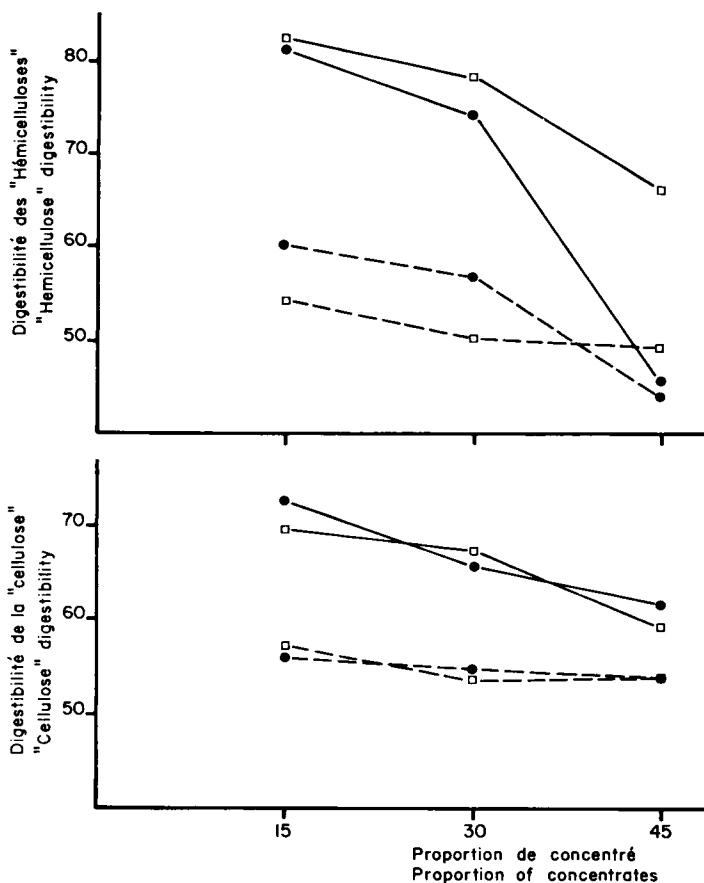


FIG. 5

Digestibilité des parois végétales des pailles étudiées de l'essai II.
Digestibility of cell-wall constituents for studied straws in trial II.

Voir la figure 3 pour la signification des signes.
 See figure 3 for the meaning of signs.

TABLEAU 5
Répartition des constituants de la matière organique digestible en g par kg de MS de paille dans l'essai II.
Composition of the digestible organic matter (g/kg DM) of straw in trial II.

Paille Straw	Teneur en MAT de la ration CP level in the diet	Proportion de concentré dans la ration Proportion of concentrate in the diet	« Hémicel- luloses » digestibles Digestible « Hemicellu- lose »	« Cellulose » digestible Digestible « cellulose »	Matières azotées digestibles Digestible crude protein	Indéter- miné Undeter- mined	Part à ajouter à l'indéterminé Part to add to undetermined		Indéterminé après correction Undeter- mined after correction	Digestibilité corrigée de la matière organique de la paille Corrected digestibility of straw OM
							Provenant de la baisse de la dig. des MAT du conc. From the decrease in dig. of concentrate CP	Provenant de la baisse de l'amidon entre 30 et 45 % conc. From the decrease in starch dig. between 30 and 45 % conc.		
Non traitée Untreated	8	15	176	224	3	24	—	—	24	46,1
		30	168	219	0	11	—	—	11	43,0
		45	128	215	0	23	16	—	45	41,9
Traitée Treated	12	15	159	229	0	42	—	—	42	46,5
		30	148	216	3	44	—	—	44	44,1
		45	143	217	0	24	2	—	31	42,3
Traitée Treated	8	15	190	291	0	32	—	—	40	58,5
		30	173	263	0	26	—	—	40	53,8
		45	106	250	0	12	7	—	41	44,7
Traitée Treated	12	15	193	282	0	29	—	—	36	57,4
		30	182	269	0	17	—	—	33	54,4
		45	153	239	0	3	0	—	30	47,4

Pour la paille non traitée avec 8 p. 100 de MAT dans la ration, la baisse de digestibilité de la matière organique avec l'élévation de la proportion de concentré a été due essentiellement à la baisse de digestibilité des membranes. Ceci est visible dans le tableau 5 où est reportée la répartition des constituants de la matière organique digestible (par kg de MS de paille). Pour la paille traitée avec 8 p. 100 de MAT il y a eu baisse non seulement de la digestibilité des membranes, mais aussi de l'indéterminé. Ceci est vrai également pour les deux pailles avec 12 p. 100 de MAT dans la ration. Dans le même temps l'élévation de la proportion de concentré a entraîné une baisse de la digestibilité des matières azotées (tabl. 3). Cela est dû, vraisemblablement, à un redémarrage de fermentation de l'amidon ou de glucides provenant de la paille traitée dans le gros intestin, ce qui entraîne une augmentation des matières azotées (protéines microbiennes indigestibles) dans les fèces. On peut considérer que ces matières azotées proviennent de l'aliment concentré dont il faudrait alors diminuer la digestibilité des MAT que nous avons considérée comme constante. Dans ces conditions il faut rajouter à l'indéterminé de la matière organique digestible de la paille ces matières azotées indigestibles non prises en compte. Au maximum, cela augmente la matière organique digestible de la paille de 27 g pour 1 kg de MS pour la paille traitée avec 12 p. 100 de MAT et 45 p. 100 de concentré, soit + 6,8 p. 100 ou 3 points de digestibilité (tabl. 5). Ceci ne compense donc pas l'écart de 12,2 points entre les deux niveaux extrêmes de concentré enregistrés pour cette paille dont la ration contient 12 p. 100 de MAT lorsque l'apport de concentré passe de 15 à 45 p. 100.

Enfin, après avoir dosé l'amidon dans les fèces nous avons évalué sa digestibilité dans les différentes rations (tabl. 6). Celle-ci augmente très légèrement lorsque la teneur en MAT de la ration passe de 8 à 12 p. 100. Dans les rations à 8 p. 100 de MAT elle diminue légèrement lorsque la teneur en concentré passe de 30 à 45 p. 100. Les valeurs correspondant à 15 p. 100 de concentré ont peu d'intérêt car obtenues pour des ingestions d'amidon très faibles, voire nulles.

TABLEAU 6

Digestibilité de l'amidon des aliments concentrés (essai II) (p. 100).

Starch digestibility of the concentrates in trial II (p. 100).

Paille <i>Straw</i>	Pourcentage de concentré dans la ration <i>Proportion of concentrate in the diet</i>	8 % MAT dans la ration <i>8 % CP in the diet</i>	12 % MAT dans la ration <i>12 % CP in the diet</i>
Non traitée <i>Untreated</i>	15	87,5	—
	30	93,3	94,7
	45	90,4	94,2
Traitée <i>Treated</i>	15	85,0	—
	45	95,8	95,9
	30	94,6	96,0

Pour estimer la digestibilité de la matière organique de nos pailles (tabl. 3) nous avons également fait comme si la digestibilité de l'amidon du concentré était constante. Or lorsqu'elle diminue un peu on a attribué la diminution correspondante à la paille et plus exactement à la partie indéterminée (tabl. 5). La prise en compte de cette très légère diminution de digestibilité de l'amidon pour certains régimes augmente au maximum de 16 g pour 1 kg de MS la matière organique digestible dans le cas de paille non traitée avec 8 p. 100 de MAT et 45 p. 100 de concentré, soit + 4,4 p. 100 ou 1,7 point de digestibilité. Là encore on ne compense pas l'écart de 6,6 points enregistré entre les deux niveaux extrêmes de concentré.

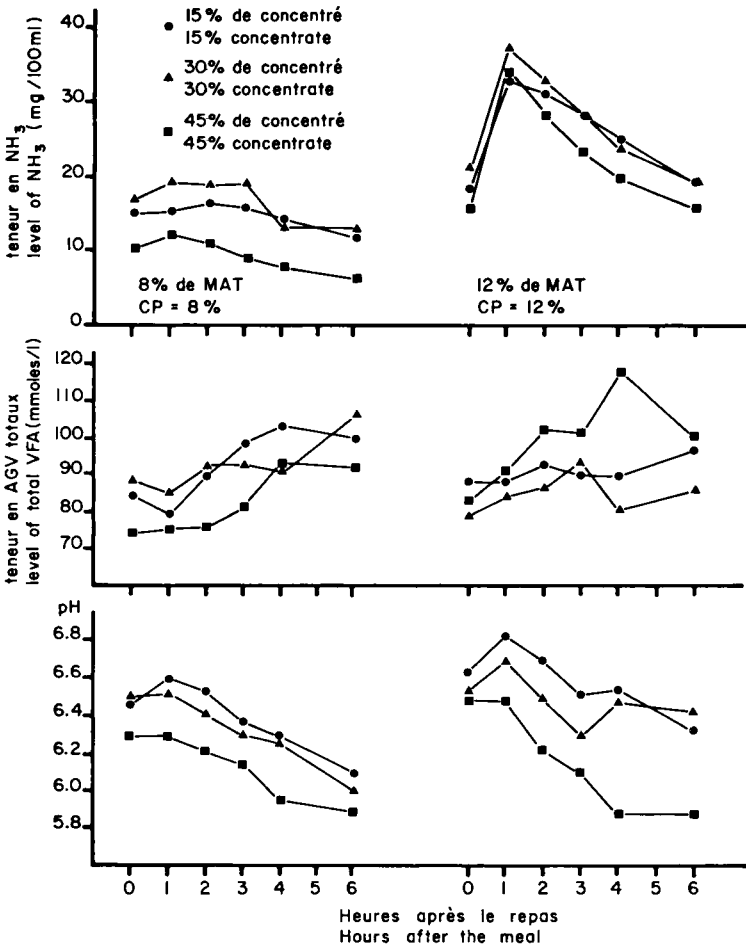


FIG. 6 a

*Evolution avec le temps des caractéristiques du jus de rumen (essai II)
pour la paille non traitée.*

*Change with time of the rumen juice characteristics (trial II)
for the untreated straw.*

Lorsqu'on cumule les deux corrections dont nous venons de parler l'effet de l'augmentation du concentré sur la digestibilité des pailles se réduit légèrement, mais existe toujours (tabl. 5). Par contre lorsque la teneur en MAT passe de 8 à 12 p. 100 la digestibilité apparente des pailles s'améliore légèrement (+ 0,6 point pour la paille non traitée, + 0,8 point pour la paille traitée).

D. Composition du jus de rumen

Pour l'essai II les caractéristiques du jus de rumen sont rapportées dans le tableau 7, ainsi que dans les figures 6 a et 6 b.

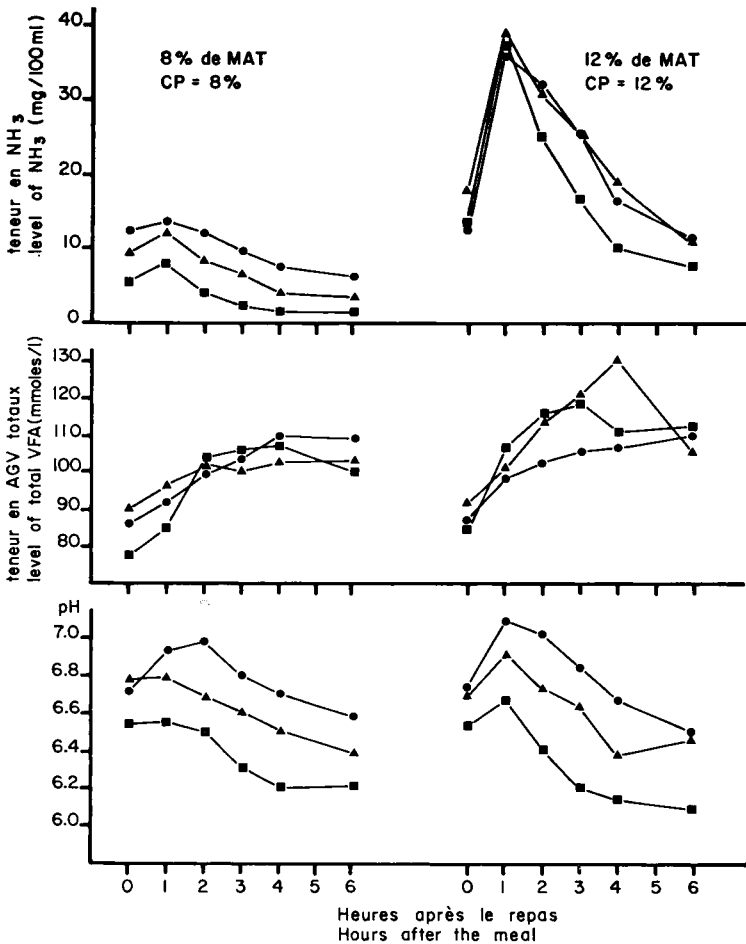


FIG. 6 b

Evolution avec le temps des caractéristiques du jus de rumen (essai II) pour la paille traitée.

Change with time of the rumen juice characteristics (trial II) for the treated straw.

TABLEAU 7

Caractéristiques du jus de rumen (essai II).
Characteristics of the rumen juice in trial II.

Paille <i>Straw</i>	Pourcentage de MAT dans la ration <i>CP level in the diet</i>	Pourcentage de concentré dans la ration <i>Proportion of concentrates in the diet</i>	pH <i>pH</i>	Teneur en AGV totaux mmoles/l <i>Level of total VFA mmole/l</i>	Pourcentage d'acide acétique <i>Proportion of acetic acid %</i>	Pourcentage d'acide propionique <i>Proportion of propionic acid %</i>	Pourcentage d'acide butyrique <i>Proportion of butyric acid %</i>	Teneur en ammoniac mg/100 ml <i>Level of ammonia mg/100 ml</i>
Non traitée <i>Untreated</i>	8 % MAT	15 30 45	6,40 (a) 6,33 (a) 6,13 (b)	92 (ad) 92 (ad) 82 (b)	73,7 (ac) 74,8 (ag) 73,3 (ac)	17,9 (a) 16,0 (be) 16,6 (b)	6,8 (a) 7,3 (ae) 8,5 (bfd)	17,6 (a) 16,8 (a) 9,6 (b)
	12 % MAT	15 30 45	6,61 (c) 6,50 (d) 6,19 (b)	94 (ac) 86 (ab) 100 (c)	75,0 (ag) 72,4 (bc) 68,1 (d)	17,1 (ab) 17,0 (ab) 19,8 (c)	5,5 (c) 8,4 (bfd) 9,1 (d)	26,2 (c) 27,5 (c) 22,9 (dh)
	8 % MAT	15 30 45	6,79 (e) 6,63 (c) 6,40 (a)	100 (c) 99 (cd) 97 (cd)	78,7 (e) 76,3 (fg) 76,1 (fg)	14,4 (de) 14,8 (de) 15,3 (de)	5,6 (c) 7,9 (ef) 7,4 (ae)	10,0 (b) 7,3 (e) 3,8 (f)
Traitée <i>Treated</i>	12 % MAT	15 30 45	6,82 (e) 6,65 (c) 6,36 (a)	102 (ef) 111 (e) 109 (ef)	77,2 (f) 74,2 (a) 71,4 (h)	15,8 (be) 16,7 (b) 18,1 (a)	5,6 (c) 7,1 (a) 8,4 (bfd)	22,4 (d) 24,0 (gh) 18,2 (a)

Dans une même colonne les valeurs suivies d'au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes - *In a same column values followed by at least a same letter are not significantly different.*

1. pH

De façon systématique le pH du jus de rumen est maximum 1 heure environ après la distribution de l'aliment concentré. Le traitement à la soude a accru ce pH de façon significative (passage en moyenne de 6,36 à 6,61), malgré une augmentation de la teneur en AGV totaux (cf. plus loin). Le rôle tampon de la soude est donc net.

L'augmentation de la teneur en MAT a entraîné une élévation significative de ce pH uniquement pour la paille non traitée (+ 0,15) et plus au bas niveau de concentré qu'au niveau élevé.

Enfin, l'augmentation du pourcentage de concentré dans les rations a entraîné une chute très sensible du pH (— 0,39 entre 15 et 45 p. 100), sans d'ailleurs modifier la teneur en AGV totaux du jus de rumen.

2. Acides gras volatils

La teneur du jus de rumen en acides gras volatils totaux a été égale à 91 mmoles/100 ml pour les rations de paille non traitée et à 103 pour celles de paille traitée (différence significative). Dans le même temps le traitement à la soude a augmenté significativement le pourcentage molaire d'acide acétique (+ 2,8 points) et abaissé significativement ceux en acide propionique (— 1,5 point) et butyrique (— 0,6 point).

L'augmentation de la teneur en MAT des rations a entraîné une augmentation légère et significative (de 94 à 100 mmoles/100 ml) de la teneur en AGV totaux. Simultanément la teneur en acide acétique a diminué significativement (— 2,5 points) et celle en acide propionique a augmenté significativement (+ 1,6 point) alors que celle en acide butyrique n'a pas été modifiée.

L'augmentation de la proportion en concentré dans les rations n'a eu, en moyenne, aucune incidence sur les teneurs en AGV totaux. Elles s'est traduite par contre par une baisse de la part de l'acide acétique (— 3,9 points entre les extrêmes), et une augmentation de celles en acide propionique (+ 1,1 point) et en acide butyrique (+ 2,5 points).

3. N-NH₃

Les teneurs en ammoniac du jus de rumen sont également maximales une heure après la distribution de l'aliment concentré, sauf pour la paille normale avec 8 p. 100 de MAT dans la ration. Ces teneurs se situent alors vers 10-15 mg/100 ml avec les bas niveaux d'apport azoté et vers 35-40 avec les hauts niveaux. Le traitement à la soude a diminué ces teneurs en ammoniac (en moyenne de 20,1 à 14,3) surtout pour le bas niveau d'azote (de 14,7 à 7,0). Le passage de 8 à 12 p. 100 de la teneur en MAT des rations a par contre, et logiquement, entraîné une augmentation importante des teneurs en ammoniac (de 10,9 à 23,5 en moyenne). Enfin, ces teneurs en ammoniac n'ont, en moyenne, pas varié lorsque le pourcentage de concentré dans la ration est passé de 15 à 30 p. 100 (respectivement 19,1 et 18,9). Par contre, elles ont significativement été diminuées (13,6) pour 45 p. 100 de concentré. Des teneurs très faibles ont d'ailleurs été enregistrées pour la paille traitée distribuée avec le concentré à bas niveau d'azote (moins de 5 mg/100 ml, 4 heures après le début de la consommation de la ration à 30 p. 100 de concentré, et 2 heures après pour la ration à 45 p. 100 de concentré).

E. *Durée de transit des particules indigestibles*

Pour l'essai II la durée de transit des particules indigestibles, mesurée par la méthode de CASTLE (1956), figure dans le tableau 8, pour les temps T5 (représentant approximativement le temps de séjour dans l'intestin), T80-T5 (représentant approximativement le temps de séjour dans le rumen) et Tm (temps moyen de séjour dans le tube digestif).

TABLEAU 8

Durée de transit des particules indigestibles (essai II) (heures).
Transit time of indigestible particles (hours - trial II).

Paille <i>Straw</i>	Teneur en MAT de la ration <i>CP level in the diet</i>	Pourcentage de concentré dans la ration <i>Proportion of concentrate in the diet</i>	T5 (*) <i>T5</i>	T80-T5 (**) <i>T80-T5</i>	Tm (***) <i>Tm</i>
Non traitée <i>Untreated</i>	8	15	22,1	59,0	57,6
		30	24,0	53,7	56,2
		45	23,5	55,0	55,3
	12	15	23,5	54,0	56,5
		30	24,0	53,7	54,3
		45	—	—	—
Traitée <i>Treated</i>	8	15	—	—	—
		30	25,4	55,6	58,4
		45	25,7	59,3	60,5
	12	15	27,3	61,0	65,7
		30	25,6	64,6	61,6
		45	30,4	75,5	75,7

(*) T5 = Temps de passage des premières particules (représentant 5 p. 100 du total des particules) - *Transit time of the first particles (representing 5 p. 100 of the total).*

(**) T80 = Temps de passage de 80 p. 100 des particules - *Transit time of 80 p. 100 of the particles.*

(***) Tm = Temps moyen de passage de l'ensemble des particules - *Mean transit time of all the particles.*

La durée moyenne de transit des particules indigestibles de paille dans le tube digestif des moutons a été de 60 heures (25 heures pour T5 et 59 heures pour T80-T5). Cette durée moyenne a augmenté avec le traitement à la soude, très peu avec 8 p. 100 de MAT dans les rations (+ 3,7 heures), plus nettement avec 12 p. 100 de MAT (+ 8,3 heures). L'augmentation de la teneur en MAT de la ration n'a pas modi-

TABLEAU 9

Manifestations du comportement alimentaire et mérycique des moutons de l'essai II.
Feeding and ruminating behaviour of sheep in trial II.

Paille Straw	Teneur en MAT de la ration CP level in the diet	Pourcentage de concentré dans la ration Proportion of concentrate in the diet	Quantités de MS ingérées de paille g/kg P ^{0.75} Straw DM intake g/kg W ^{0.75}	Durée d'ingestion de la paille mn/jour Time spent eating for straw mn/day	Durée unitaire d'ingestion de la paille mn/g/kg P ^{0.75} Unitary eating time for straw mn/g/kg W ^{0.75}	Durée de rumination mn/jour Time spent ruminating mn/day	Durée unitaire de rumination mn/g/kg P ^{0.75} Unitary time spent ruminating mn/g/kg W ^{0.75}		Durée unitaire de mastication de la ration mn/g/kg P ^{0.75} Unitary chewing time mn/g/kg W ^{0.75}
							Ration Diet	Rapportée à la paille seule If calculated for straw alone	
Non traitée Untreated	8	15	34,8	228 (a)	6,6 (a)	510 (a)	12,2 (a)	14,7	18,3 (a)
		30	34,5	225 (a)	6,5 (a)	500 (a)	10,4 (a)	14,5	17,1 (a)
		45	27,4	212 (a)	7,7 (a)	475 (a)	9,2 (a)	17,3	14,1 (a)
Traitée Treated	12	15	30,0	194 (a)	6,5 (a)	490 (a)	13,6 (a)	16,3	19,5 (a)
		30	29,4	178 (a)	6,0 (a)	491 (a)	11,5 (a)	16,7	16,4 (a)
		45	25,4	161 (a)	6,3 (a)	435 (b)	9,3 (a)	17,1	13,5 (a)
Traitée Treated	8	15	51,6	242 (a)	4,7 (a)	553 (a)	10,0 (a)	10,7	13,3 (a)
		30	49,7	228 (ab)	4,6 (a)	535 (a)	7,4 (b)	10,8	11,0 (a)
		45	42,0	197 (b)	4,7 (a)	524 (a)	6,7 (b)	12,5	9,8 (a)
Traitée Treated	12	15	50,5	234 (a)	4,6 (a)	514 (a)	8,5 (a)	10,2	12,7 (a)
		30	48,7	215 (ab)	4,4 (a)	533 (a)	7,8 (ab)	11,4	11,4 (a)
		45	43,3	197 (b)	4,5 (a)	532 (a)	6,5 (b)	12,3	9,6 (a)

Pour un même groupe de 3 résultats les chiffres non suivis par la même lettre sont significativement différents - For a same group of 3 results, values not followed by the same letter are significantly different.

fié la durée de transit des particules de la paille non traitée. Elle a augmenté légèrement celles des particules de la paille traitée (+ 9,2 heures pour le temps moyen). Enfin, l'augmentation de la proportion de concentré n'a pas modifié les durées de transit des particules de paille non traitée. Elle semble simplement avoir augmenté celle de la paille traitée en présence de 45 p. 100 de concentré.

F. Comportement alimentaire et mérycique

Les caractéristiques du comportement alimentaire et mérycique des animaux figurent, pour l'essai II, dans le tableau 9.

Les moutons ont passé, en moyenne, 209 minutes à ingérer les pailles et 509 minutes à ruminer leurs rations. Le traitement à la soude a augmenté la durée d'ingestion de la paille, mais seulement en présence de l'apport élevé d'azote (+ 37 minutes). Dans l'ensemble ce traitement a diminué nettement et significativement la durée unitaire d'ingestion (— 31 p. 100) de la paille. Par contre, simultanément, la durée de rumination a été augmentée alors que les durées unitaires de rumination, et donc de mastication, des rations à base de paille traitée ont nettement diminué (— 29 et — 31 p. 100).

L'augmentation de la teneur en MAT des rations s'est traduite par une baisse de la durée d'ingestion de la paille non traitée (— 44 minutes), mais sans variation des durées unitaires d'ingestion, de rumination et de mastication.

Enfin, l'augmentation de l'apport de concentré a entraîné, sauf exception, une baisse des durées d'ingestion et de rumination, conséquence de la baisse des quantités de paille ingérées, mais aucune variation significative des durées unitaires d'ingestion. Simultanément, il y a eu baisse des durées unitaires de rumination et de mastication des rations consécutive à la diminution de la proportion de paille. Par contre, si on ne calcule ces durées unitaires que par rapport aux quantités de paille ingérées, elles augmentent avec la proportion de concentré : de 15,5 mn/g/kg P^{0.75} à 17,2 pour la paille non traitée, 10,5 à 12,4 mn/g/kg P^{0.75} pour la paille traitée lorsque le concentré passe de 15 à 30 p. 100 de la ration.

IV. Discussion

Le niveau d'apport d'aliment concentré dans une ration à base de paille est donc bien un facteur important à considérer lorsqu'on mesure la valeur alimentaire d'un tel fourrage car il peut modifier de façon considérable cette valeur. Cela est très net pour les fourrages à teneur en cellulose brute élevée (DEMARQUILLY in I.N.R.A., 1978), ce qui est le cas pour les pailles étudiées ici.

Lorsque le niveau d'apport de concentré augmente, les quantités ingérées de paille s'accroissent, puis diminuent. ANDREWS *et al.* (1972), CRABTREE & WILLIAMS (1971) ainsi que HENNING *et al.* (1980) l'ont déjà observé. Par contre, HORTON & HOLMES (1976) ainsi que MULHOLLAND, COOMBE & MC MANUS (1976) ont observé une baisse des quantités de paille ingérées dès l'augmentation de l'apport de concentré. Il est probable qu'un faible apport de concentré peut améliorer la vitesse de digestion de la paille dans le rumen grâce à l'azote qu'il contient, ce qui est favorable à une augmentation des quantités ingérées (CAMPLING, FREER & BALCH, 1962 ; XANDE,

1978 a). Ensuite deux phénomènes se superposent vraisemblablement : une diminution de l'activité cellulolytique des bactéries du rumen et donc de la vitesse de digestion de la paille lorsque l'apport de concentré, contenant de l'amidon, augmente (HENNING *et al.*, 1980) et surtout une augmentation de l'encombrement du rumen par l'aliment concentré (JARRIGE, 1979). Ces deux phénomènes entraînent une baisse de l'ingestion de paille qui est notée d'emblée si l'augmentation de l'apport de concentré est forte, comme dans le cas de l'essai de HORTON & HOLMES (1976).

Nous avons, dans un premier temps, calculé la digestibilité de la matière organique des pailles en supposant que celle des concentrés demeurerait égale à celle donnée par les *Tables françaises* (I.N.R.A., 1978). Ceci n'est donc pas tout à fait vrai et ce, pour plusieurs raisons. Tout d'abord une petite quantité d'amidon peut se retrouver non digérée dans les fèces, surtout lorsque le pH du contenu digestif baisse (WHEELER & NOLLER, 1977). Il s'en suit une possibilité de sous-estimer la digestibilité des pailles, mais que nous n'avons pratiquement pas eue dans nos conditions, sauf pour la paille non traitée avec 45 p. 100 de concentré et seulement 8 p. 100 de MAT. Ensuite il peut y avoir une augmentation de l'excrétion azotée dans les fèces à cause d'une reprise probable des fermentations dans le gros intestin lorsque les quantités de matière sèche ingérées sont élevées et contiennent une quantité notable d'amidon. FAICHNEY (1965) note aussi ce phénomène. Il pourrait aussi se produire avec la paille traitée dont la proportion digérée dans le gros intestin doit être plus élevée qu'avec la paille non traitée. En fait dans les conditions de l'essai II nous n'avons sous-estimé que de 3 points au maximum la digestibilité de nos pailles, et cela ne modifiera pas nos conclusions relatives à l'influence du concentré, en particulier pour des apports élevés.

Par ailleurs au niveau des parois végétales dont l'importance est estimée par le dosage de la cellulose Weende ou par le fractionnement de VAN SOEST, nous n'avons pas de problème d'interprétation car elles sont très peu représentées dans les aliments concentrés utilisés. Finalement, le mode de calcul que nous avons adopté pour apprécier la digestibilité de nos pailles est suffisamment précis pour que nous puissions nous y fier, car le concentré a été, apparemment, bien digéré.

Notre objectif était donc surtout d'analyser l'effet de l'aliment concentré sur la digestibilité des pailles. Nous avons alors constaté une légère augmentation de cette digestibilité jusque vers 15 p. 100 de concentré dans la ration, puis une baisse. Comme pour l'ingestion, c'est l'augmentation du taux azoté de la ration qui doit avoir un effet déterminant en stimulant l'activité cellulolytique du rumen (COOMBE & TRIBE, 1963 ; SKOURI, 1966 ; SHARMA et JHANWAR, 1973). La digestibilité maximale des pailles s'observe plutôt lorsque l'apport de concentré est compris entre 15 et 30 p. 100 de la ration, si on tient compte des résultats de la bibliographie (CHAPPELL & FONTENOT, 1968 ; FAICHNEY, 1965 ; FICK *et al.*, 1973).

A partir de 30 p. 100 de concentré et au-delà, la digestibilité des pailles diminue lorsque l'apport de concentré augmente. L'augmentation de la teneur en azote de la ration a peu limité cet effet. De plus, il y a eu peu de différence de digestibilité des pailles entre 8 et 12 p. 100 de MAT dans la ration, contrairement à ce que trouvent HORN, PACE & STREETER (1981), mais ces derniers ont expérimenté probablement avec un niveau bas de MAT plus faible que le nôtre.

Nos résultats confirment donc des résultats anciens, mais ils montrent deux faits relativement nouveaux, à savoir la forte chute de digestibilité des pailles traitées à la soude et la limitation très nette de cette chute lorsqu'on réduit les quantités d'aliment

distribués. Le niveau d'alimentation relativement élevé, enregistré avec les pailles traitées à la soude doit induire des mécanismes qui s'opposent à leur bonne digestion.

La sensibilité particulière de la paille traitée à la soude quand l'apport de concentré augmente, est due à une forte chute de la digestibilité des hémicelluloses, surtout lorsque la teneur en MAT de la ration n'a été que de 8 à 9 p. 100. Un pH faible (TERRY, TILLEY & DUTEN, 1969) aurait pu expliquer une faible activité cellulolytique, mais ce n'est pas le cas puisque le pH du contenu du rumen est plus élevé pour la paille traitée à la soude. Il pourrait y avoir aussi le manque de disponibilité en ammoniac dans le rumen lorsque les rations ne comportent que 8 p. 100 de MAT, mais la digestibilité de la cellulose brute n'est même pas affectée par ce phénomène. Par ailleurs, et curieusement, la partie indigestible de cette paille transite plus lentement que celle de la paille non traitée, ce qui devrait favoriser la digestion des parois cellulosiques. Il doit donc bien y avoir en plus de la baisse d'activité cellulolytique due à une augmentation de l'apport de concentré, une baisse de cette activité due à la fois au niveau d'ingestion élevé de la ration et, peut-être, à la présence de soude. Notons simplement pour l'instant que le fait de réduire le niveau d'ingestion permet d'obtenir une digestibilité élevée pour la paille traitée dans le premier essai, mais nous ignorons quelle est la part exacte dans ce rétablissement de l'effet du ralentissement de la vitesse de transit et de celui d'une amélioration de l'activité cellulolytique du jus de rumen. Nous reviendrons sur ce problème dans une publication ultérieure (VERMOREL *et al.*) dans laquelle nous disposons de vitesses de digestion mesurées avec la méthode des sachets de nylon.

La vitesse de fermentation des pailles est vraisemblablement lente. C'est pourquoi la teneur en AGV totaux augmente sans cesse jusqu'à 6 heures après le début du repas, alors que pour des fourrages plus digestibles on observe un maximum de cette teneur vers 3-4 heures après le début du repas (E. GRENET). De plus, avec les fourrages plus digestibles, il n'y a pas de remontée du pH après le repas, comme on l'observe ici. Pour les pailles traitées cela s'explique par l'apport de soude dans le rumen. Pour les pailles non traitées, il est probable que leur vitesse d'ingestion très lente entraîne une forte salivation qui empêche temporairement la chute du pH, voire le fait remonter.

L'influence de l'augmentation de la proportion de concentré dans la ration sur les fermentations dans le rumen est tout à fait classique : pH plus bas, teneur en ammoniac plus basse également. Nous n'insisterons donc pas sauf pour signaler qu'avec certains régimes, soit la paille non traitée, soit les régimes avec 45 p. 100 de concentré, le pH descend relativement bas, ce qui ne doit pas être très favorable à une bonne digestion des parois. De même le fait que la teneur en ammoniac atteigne parfois des valeurs inférieures à 5 mg/100 ml ne doit pas être favorable non plus à une bonne digestion de la paille traitée, surtout en présence d'une quantité élevée de concentré.

Au-delà des problèmes qu'ils soulèvent au niveau digestif, ces essais nous permettent de dégager quelques conséquences pratiques importantes pour une bonne digestion des pailles, surtout lorsqu'elles sont traitées à la soude :

— la part de l'aliment concentré dans les rations ne doit pas être trop élevée, sinon il est nécessaire de réduire le niveau d'alimentation des animaux ;

— la teneur en azote des rations doit être augmentée lorsque l'apport d'aliment concentré est accru, ceci pour permettre un développement normal des synthèses microbiennes dans le rumen.

Accepté pour publication en novembre 1982.

Summary

Feeding value of sodium hydroxide treated or untreated cereal straws

III. - Influence of the level of concentrate supplementation

The feeding value of sodium hydroxide-treated or untreated cereal straws is modified by several factors, particularly the level of concentrate supplementation necessary to meet the animal requirements. To measure this influence, two trials were carried out in sheep.

In the first trial the animals were fed an untreated straw and a treated straw of different origin with a concentrate supply varying from 7.5 to 30 p. 100 of the diet. Each straw was given *ad libitum* and then restricted (fig. 1). In the second trial, the animals were fed the same straw, before and after treatment as well as a concentrate supply representing 15 to 45 p. 100 of the diet. The two roughages were given *ad libitum* in diets with two crude protein (CP) contents, 8 and 12 p. 100 (fig. 2 and tabl. 1). The composition of all the diets is reported in table 2.

The voluntary straw intake was steady (untreated straw) or decreased slightly (treated straw) with 15 to 30 p. 100 of concentrates (tabl. 3 and fig. 3). It decreased slightly more when the diet included 30 to 45 p. 100 concentrate.

The organic matter and crude fibre digestibility increased when the diet contained up to 15 p. 100 concentrates (fig. 4), then slowly decreased with the untreated straws given in restricted amounts (tabl. 3), and more rapidly for the treated straws given *ad libitum*.

Restriction of the feed intake strongly increased the digestibility of treated in the first trial and cancelled the effect of the concentrate included at the level of 15 to 30 p. 100 of the diet.

Increase in the CP content in the second trial had only a small effect on straw digestibility.

Furthermore, in the second trial, the different cell-wall constituents were separated for a better understanding of the mechanisms involved (tabl. 4, fig. 5). Starch digestibility (Tabl. 6) was also measured to evaluate possible variations in the digestibility of the concentrate (tabl. 5).

Changes in pH, VFA and NH_3 concentration in the rumen juice were also measured (tabl. 7). The transit time of indigestible particle was measured (tabl. 8) as well as the feeding and ruminating behaviour of the animals (tabl. 9).

Results were discussed. The negative effect of an increasing proportion of starch in the straw diets fed *ad libitum* on the fermentation rate of cell-wall constituents in the rumen was underlined.

Références bibliographiques

- ANDREWS R.P., ESCUDER VOLONTE J., CURRAN M.K., HOLMES W., 1972. The influence of supplements of energy and protein on the intake and performance of cattle fed on cereal straws. *Anim. Prod.*, **15**, 167-176.
- BALCH C.C., 1950. Factors affecting the utilization of food by cows. I. - The rate of passage of food through the digestive tract. *Br. J. Nutr.*, **4**, 361-388.
- CAMPLING R.C., FREER M., BALCH C.C., 1962. Factors affecting the voluntary intake of feed by cows. III. - The effect of urea on voluntary intake of oat straw. *Br. J. Nutr.*, **16**, 115-124.
- CASTLE E.J., 1956 a. The rate of passage of foodstuffs through the alimentary tract of the goat. 2. - Studies on growing kids. *Br. J. Nutr.*, **10**, 115-125.

- CASTLE E.J., 1956 b. The rate of passage of foodstuffs through the alimentary tract of the goat. 3. - The intestines. *Br. J. Nutr.*, **10**, 338-346.
- CHAPPELL G.L.M., FONTENOT J.P., 1968. Effect of level of readily available carbohydrates in purified sheep rations on cellulose digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1709-1715.
- COOMBE J.B., TRIBE D.E., 1963. The effects of urea supplements on the utilization of straw plus molasses diets by sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, **14**, 70-92.
- CRABTREE J.R., WILLIAMS G.L., 1971. The voluntary intake and utilization of roughage-concentrate diets by sheep. 1. - Concentrate supplements for hay and straw. *Anim. Prod.*, **13**, 71-82.
- DULPHY J.P., BRETON J., BIENAIMÉ A., LOUYOT J.M., 1982 a. Etude de la valeur alimentaire des pailles de céréales traitées ou non à la soude. I. - Influence du traitement à la soude. *Ann. Zootech.*, **31** (3), 195-214.
- DULPHY J.P., KOUASSI A., BIENAIMÉ A., 1982 b. Etude de la valeur alimentaire des pailles de céréales traitées ou non à la soude. II. - Influence de la nature du complément énergétique. *Ann. Zootech.*, **31** (3) 215-232.
- FAICHNEY G.J., 1965. The effect of sucrose on the utilization of straw plus urea diets by sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, **16**, 159-167.
- FICK K.R., AMMERMAN C.B., MC GOWAN C.H., LOGGINS P.E., CORNELL J.A., 1973. Influence of supplemental energy and biuret nitrogen on the utilization of low quality roughage by sheep. *J. Anim. Sci.*, **36**, 137-143.
- FORBES T.J., IRWIN J.H.D., RAVEN A.M., 1969. The use of coarsely chopped barley straw in high concentrate diets for beef cattle. *J. Agric. Sci.*, **73**, 347-354.
- GAILLARD B.D.E., KLOOSTER A.T.V., 1973. Observations on the fermentation of carbohydrates along the gastro intestinal tract of a fistulated cow. *Neth. J. Agric. Res.*, **21**, 217-226.
- GRENET E., communication personnelle.
- HENNING A.P., VAN DER LINDEN Y., MATTHEYSE M., NAUHAUS W.K., SCHARTZ H.M., 1980. Factors affecting the intake and digestion of roughage by sheep fed maize straw supplemented with maize grain. *J. Agric. Sci. Camb.*, **94**, 565-573.
- HORN G.W., PACE D.W., STREETER C.L., 1981. Effect of amount of supplemental protein and supplement level on intake and digestibility of untreated wheat straw by lambs. *J. Anim. Sci.*, **53**, supplement 1, Abst. 683, 406.
- HORTON G.M.J., HOLMES W., 1976. A note on the influence of a supplement of barley and dried lucerne on the intake of barley straw by cattle. *Anim. Prod.*, **22**, 419-421.
- I.N.R.A., 1978. *Alimentation des Ruminants*. Ed. I.N.R.A.-Publication (route de Saint-Cyr), 78000 Versailles.
- JARRIGE R., 1979. Le système des unités d'encombrement pour les bovins. *Bull. Techn. I.N.R.A., C.R.Z.V. de Theix*, **38**, 57-79.
- JOUANY J.P., 1981. Dosage des acides gras volatils et des alcools dans les ensilages par chromatographie en phase gazeuse. *Bull. Techn. I.N.R.A., C.R.Z.V. de Theix*, **46**, 63-66.
- MULHOLLAND J.G., COOMBE J.B., MC MANUS W.R., 1976. Effect of starch on the utilization by sheep of a straw diet supplemented with urea and minerals. *Aust. J. Agric. Res.*, **27**, 139-153.
- RUCKEBUSCH Y., 1963. *Recherches sur la régulation centrale du comportement alimentaire chez les ruminants*. Thèse Doct. ès Sciences, Université de Lyon.
- SHARMA V.V., JHANWAR B.M., 1973. Effect of supplementation of wheat with concentrate on voluntary intake, digestibility and growth in cattle. *Indian J. Anim. Sci.*, **43**, 688.
- SKOURI M., 1966. Valeur nutritive de la ration et comportement alimentaire du ruminant. Thèse de Docteur-Ingénieur, Paris. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Tunis.*, **40**, 251 p.
- FERRY R.A., TILLEY J.M.A., DUTEN G.E., 1969. Effect of pH on cellulose digestion under *in vitro* conditions. *J. Sci. Food Agric.*, **20**, 317-319.

- THIVEND P., MERCIER C., GUILBOT A., 1972. Determination of starch with glucoamylase. In : *Methods of Carbohydrate Chemistry*, **VI**, 79-82.
- VERMOREL M., GRENET E., DULPHY J.P., DOREAU B., 1983. Etude des facteurs de variation de la valeur énergétique des pailles (en préparation).
- WHEELER W.E., NOLLER C.H., 1977. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of ruminants. *J. Anim. Sci.*, **44**, 131-135.
- XANDE A., 1978 a. Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. I. - Influence de la complémentation azotée et énergétique sur l'ingestion et l'utilisation d'une paille d'orge. *Ann. Zootech.*, **27** (4), 583-599.
- XANDE A., 1978 b. Valeur alimentaire des pailles de céréales chez le mouton. II. - Influence de l'espèce, de la variété et du séjour sur le sol avant ramassage sur la digestive d'une paille d'orge. *Ann. Zootech.*, **27** (4), 601-616.