

## **Influence du traitement mécanique et chimique à la soude (NAOH) sur la valeur alimentaire des pailles de céréale mesurée sur moutons**

A. XANDE (\*) et C. DEMARQUILLY

avec la collaboration technique de L. L'HOTELIER, J.M. BOISSEAU et M. BOUSQUET

*I.N.R.A., Laboratoire des Aliments  
Centre de Recherches zootechniques de vétérinaires de Theix  
F 63122 Ceyrat*

### **Résumé**

Les influences du broyage et de l'agglomération (condensation) et du traitement à la soude effectué avant l'agglomération sur la digestibilité et l'ingestibilité des pailles sont étudiées suivant que ces pailles broyées et agglomérées (pailles condensées) traitées ou non à la soude sont distribuées avec ou sans un complément apportant de l'azote et (ou) de l'énergie.

En présence d'un complément apportant de l'azote, les pailles de blé et d'orge condensées non traitées sont moins digestibles (de 3 à 6 points pour la digestibilité de la matière organique, soit de 8 à 13 p. 100) mais plus ingestibles (de 60 à 70 p. 100) que les pailles hachées correspondantes, de sorte que la quantité de matière organique digestible ingérée est supérieure de 50 p. 100 avec les pailles condensées. La suppression de la complémentation des pailles condensées entraîne une diminution de leur digestibilité de 15 à 22 p. 100 (6 à 9 points) et surtout de leur ingestibilité (de 40 à 50 p. 100), cette dernière devenant même inférieure à celle des pailles hachées correspondantes.

Les pailles de blé traitées avec 4, 5 ou 6 p. 100 de soude et condensées, distribuées avec un complément azoté, sont nettement plus digestibles (+ 10,4 points pour la digestibilité de la matière organique, soit + 27 p. 100) mais un peu moins ingestibles (de 17 p. 100) que la paille condensée non traitée correspondante. La suppression de leur complémentation azotée entraîne, comme pour les pailles non traitées, une diminution importante de leur digestibilité et de leur ingestibilité.

La condensation et le traitement à la soude des pailles ne sont donc valorisés que si les pailles sont distribuées avec un complément apportant de l'azote. Le traitement à la soude par comparaison à la seule condensation n'améliore de façon nette la quantité de matière organique digestible ingérée sous forme de paille que si les pailles condensées sont distribuées en quantité limitée.

L'apport par le complément d'énergie, en supplément de l'azote, augmente peu la quantité de matière organique digestible ingérée quand les pailles condensées sont distribuées à volonté car le complément énergétique diminue la digestibilité des pailles. Tous ces résultats sont discutés.

---

(\*) Adresse actuelle : I.N.R.A.-C.R.A.A.G., Station de Recherches zootechniques, Domaine Duclos, 97170 Petit-Bourg (Guadeloupe).

## I. Introduction

Les pailles de céréales, même quand elles sont correctement complé­mentées en azote et en minéraux pour que l'activité cellulolytique de la flore ruminale ne soit pas le facteur limitant de leur digestion dans le rumen, ne couvrent pas les besoins éner­gétiques des animaux auxquels elles sont offertes à volonté (XANDE, 1978 b). Leur richesse en constituants pariétaux, eux-mêmes très lignifiés, limite en effet leur digesti­bilité et leur ingestibilité.

Pour améliorer leur valeur alimentaire, il est possible :

— d'augmenter leur ingestibilité en les broyant en particules suffisamment fines pour que celles-ci puissent franchir l'orifice réticulo-omasal après un temps de séjour court dans le rumen (DEMARQUILLY & JOURNET, 1967) ;

— d'augmenter leur digestibilité par un traitement à la soude ou à l'ammoniac (JOUANY, 1975 ; JACKSON, 1977 ; KRISTENSEN *et al.*, 1978 ; DULPHY *et al.*, 1982). Ce traitement aux alcalis peut être effectué sur le produit broyé.

C'est ce que nous avons étudié en distribuant à des moutons maintenus en cage à digestibilité soit des pailles normales hachées, soit des pailles broyées puis agglomérées (condensées) après ou non un traitement à la soude. Les mesures de la digestibilité des pailles condensées ont été effectuées sur les animaux alimentés à volonté ou en quantité limitée, puisque pour ce type d'aliment, le niveau d'alimentation modifie de façon importante la digestibilité (DEMARQUILLY & JOURNET, 1967). Avec les pailles condensées, les animaux ont reçu ou non un complément azoté de façon à étudier si l'azote était, comme pour les pailles normales (XANDE, 1978 a), un des facteurs limitant de leur digestion dans le rumen.

## II. Matériels et méthodes

### A. Pailles étudiées

Nous avons utilisé une paille d'orge soit sous forme normale (hachée au hache-paille), soit sous forme condensée (broyée et agglomérée), une paille de blé soit sous forme normale, soit sous forme condensée après traitement avec 0, 4, 5 ou 6 p. 100 de soude et une autre paille de blé sous forme condensée, traitée avec 5 p. 100 de soude et additionnée de 8 p. 100 de Rumilix (mélange à base de mélasse et d'urée) lors de l'agglomération. Ces pailles, récoltées dans l'Eure-et-Loir, nous ont été fournies par la Maison de l'Élevage de ce département. Les pailles condensées ont été obtenues par broyage à la grille de 5 mm puis agglomération dans une presse à filière de 12 mm. Les pailles ayant été distribuées seules ou avec un complément et en quantité limitée ou à volonté, nous avons ainsi étudié 20 rations au total (tabl. 1).

### B. Animaux utilisés

Quatre lots de six moutons mâles (castrés) adultes de race *Texel*, d'un poids moyen de 61,5 kg ont été utilisés pour mesurer la digestibilité et l'ingestibilité de ces pailles. Deux lots ont reçu les pailles non traitées à la soude et deux lots les pailles traitées.

Afin de permettre une analyse globale des pailles étudiées, nous avons vérifié à l'aide d'un régime témoin (paille hachée normale + complément) distribué aux quatre lots, que leur niveau d'ingestion n'était pas significativement différent au début et à la fin des mesures.

### C. Mesures

Les animaux ont reçu deux repas par jour à 8 heures et 16 heures. Pour les mesures à volonté, les quantités distribuées ont été ajustées chaque jour pour que le pourcentage de refus soit de 10 p. 100 environ.

Pour les mesures en quantité limitée sur les pailles condensées, la quantité distribuée a été égale à celle ingérée avec la paille hachée.

Avec les pailles condensées, il a été distribué aux animaux chaque jour 100 g de paille normale (hachée) afin d'éviter les ennuis digestifs. Ils ont en outre reçu des vitamines par injection de Multivit tous les deux mois et disposé en permanence d'eau et de pierre à sel enrichie en oligo-éléments.

Chaque mesure de digestibilité et d'ingestibilité a duré 6 jours après une période d'adaptation de 15 jours. La teneur en matière sèche de la paille offerte, du complément, de la paille éventuellement refusée et des fèces a été déterminée chaque jour, pour chaque période de mesure.

Les manifestations du comportement alimentaire et mérycique des moutons recevant à volonté certains échantillons de paille de blé ont été étudiées à partir de l'enregistrement graphique des mouvements de la mâchoire (RUCKEBUSCH, 1963) de tous les animaux du lot durant 5 des 6 jours des périodes de mesures.

### D. Analyses

Les teneurs en cendres, matières azotées et cellulose brute de tous les échantillons de paille offerte et refusée, du complément et des fèces ont été déterminées. La composition chimique des pailles et des rations est indiquée au tableau 1.

## III. Résultats

### A. Composition chimique (tabl. 2)

Les pailles broyées sont systématiquement un peu plus riches en matières azotées (de 1 à 2 points) et un peu plus pauvres en cellulose brute (de 5 à 8 points) que les pailles normales correspondantes.

Le traitement à la soude entraîne une faible diminution de la teneur en matière organique (de 2 à 3 points) et une diminution supplémentaire de la teneur en cellulose brute (de 2 à 4 points).

L'addition de Rumifix a eu par conséquence une nette augmentation (de l'ordre de 5 points) de la teneur en matières azotées et une légère diminution de la teneur en cellulose brute.

TABLEAU 1

Composition chimique des pailles et des rations étudiées.

Echantillon de paille - <i>Sample of straw</i> .....		Orge <i>Barley</i>	Orge <i>Barley</i>			Blé <i>Wheat</i>	
Traitement à la soude - <i>Sodium hydroxide treatment</i> ....		S <sub>0</sub> (1)	S <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>	
Forme de présentation - <i>Physical form</i> .....		Hachée <i>Chopped</i>	Condensée <i>Pelleted</i>			Hachée <i>Chopped</i>	
Mode de distribution - <i>Mode of feeding</i> .....		Ad lib AL	Ad lib AL	Lim. QL	Ad lib AL	Ab lib AL	
Complément - <i>Supplement</i> .....		C <sub>1</sub> (4)	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	—	C <sub>1</sub>	
Composition chimique % M.S.	Paille offerte  <i>Straw offered</i>	Matière organique <i>Organic matter</i>	93,0	93,0	92,8	92,8	91,2
		Matières azotées . <i>Crude protein</i>	1,7	2,7	3,7	3,7	2,8
		Cellulose brute .. <i>Crude fibre</i>	45,3	37,6	36,8	36,8	43,6
<i>Chemical composition of diets % D.M.</i>	Ration totale consommée  <i>Total feed intake</i>	Matière organique <i>Organic matter</i>	92,6	92,7	92,6	92,8	91,1
		Matières azotées . <i>Crude protein</i>	7,3	6,2	5,7	3,7	8,3
		Cellulose brute .. <i>Crude fibre</i>	35,4	32,4	29,2	36,8	33,4

(1) S<sub>0</sub> : Non traité - *Without treatment*.(2) p. 100 d'hydroxyde de sodium utilisé - *p. 100 of sodium hydroxide*.(3) Paille de blé condensée avec 8 p. 100 de Rumilix - *Wheat straw pelleted with 8 p. 100 Rumilix*.(4) C : 300 g/tête/j (166 g maïs + 134 g tourteau de soja + 20 g minéraux et oligo-éléments - *300 g/head/day (166 g maize + 134 g soyabean meal + 20 g minerals and trace elements)*).(5) C<sub>2</sub> : 300 g/tête/j (282 g maïs + 18 g minéraux et oligo-éléments - *300 g/head/day (282 g maize + 18 g minerals and trace elements)*).

*Chemical composition of straws and diets studied.*

Blé - <i>Wheat</i>														
S <sub>0</sub>		S <sub>4</sub> (4 %) (2)			S <sub>6</sub> (6 %)			S <sub>5</sub> (5 %)			S <sub>5</sub> (5 %) (3)			
Condensée - <i>Pelleted</i>														
Ad lib AL	Lim. QL	Ad lib AL	Ad lib AL	Lim. QL	Ad lib AL	Ad lib AL	Lim. QL	Ad lib AL	Ad lib AL	Lim. QL	Ad lib AL	Ad lib AL	Lim. QL	Ad lib AL
C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	—	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	—	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	—	C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	—	C <sub>2</sub> (5)	—	—
91,2	91,2	91,2	88,3	88,6	88,3	87,9	87,2	87,9	87,9	87,6	88,4	87,3	87,8	88,0
3,6	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3	4,4	4,0	4,4	3,2	3,0	3,1	8,2	8,3	7,8
38,3	36,4	36,4	33,8	33,8	33,8	34,1	32,8	34,1	36,3	36,1	36,4	36,0	33,8	34,2
91,6	91,4	91,4	89,1	89,5	88,9	88,7	88,6	88,4	88,9	89,1	88,7	88,6	87,8	88,0
7,1	10,2	4,3	8,3	10,2	4,3	8,5	9,9	4,4	7,2	8,8	3,1	8,1	8,0	7,4
32,7	29,0	36,6	28,9	24,5	34,5	29,0	26,6	34,6	30,5	28,6	37,0	30,1	34,2	35,8

TABLEAU 2

*Influence du broyage, de l'agglomération, du traitement chimique à la soude et de la complémentation sur la digestibilité et l'ingestibilité des pailles de céréales.*

Rations distribuées (cf. tableau 1) <i>Diets (see table 1)</i>			Paille d'orge hachée	Paille d'orge condensée <i>Pelleted barley straw</i>			Paille blé hachée	
			<i>Chopped barley straw</i>	S <sub>0</sub>			<i>Chopped wheat straw</i>	
				AL + C <sub>1</sub>	AL + C <sub>1</sub>	QL + C <sub>1</sub>		AL
Coefficients de digestibilité (%)	Ration totale <i>Whole ration</i>	Matière organique <i>Organic matter</i>	57	48,3	52	33,9	53,3	
		Matières azotées <i>Crude protein</i>	53,5	25,3	55,9	0	56,0	
		Cellulose brute <i>Crude fibre</i>	60,5	48,2	42,4	35,7	56,9	
Digestibility coefficients (%)	Paille seule <i>Straw only</i>	Matière organique <i>Organic matter</i>	47,2	41,1	40,7	32,0	41,8	
		Matières azotées <i>Crude protein</i>	0	0	0	0	0	
		Cellulose brute <i>Crude fibre</i>	60,4	47,9	40,5	32,5	56,7	
Matière sèche ingérée g/kg p. 0,75 <i>Dry matter intake g/kg w 0.75</i>			Ration totale . . . . <i>Whole ration</i>	56,3	87,6	55,8	—	55,2
			Paille seule . . . . . <i>Straw only</i>	43,2	74,4	39,5	37,5	42,0
Niveau d'alimentation (2) <i>Feeding level</i>			Ration totale . . . . <i>Whole ration</i>	1,29	1,71	1,17	0,51	1,17
			Paille seule . . . . . <i>Straw only</i>	0,83	1,24	0,65	0,42	0,70
Valeur énergétique UFL/kg MS <i>Energy value UFL/kg DM</i>			Ration totale . . . . <i>Whole ration</i>	0,67	0,55	0,59	—	0,61
			Paille seule . . . . . <i>Straw only</i>	0,51	0,43	0,42	0,34	0,44

(1) Paille complétementée par le Rumilix - *Straw supplemented with Rumilix.*

(2) Matière organique digestible ingérée - *Digestible organic matter intake*

Matière organique digestible ingérée nécessaire à la couverture des besoins énergétiques d'entretien  
*Digestible organic matter intake for maintenance*

*Effects of grinding and pelleting, chemical treatment and supplementation on digestibility and voluntary intake of cereal straw for sheep.*

Paille de blé condensée - *Pelleted wheat straw*

S <sub>0</sub>			S <sub>1</sub>			S <sub>2</sub>			S <sub>3</sub>			S <sub>3</sub> (1)		
AL + C <sub>1</sub>	QL + C <sub>1</sub>	AL	AL + C <sub>1</sub>	QL + C <sub>1</sub>	AL	AL + C <sub>1</sub>	QL + C <sub>1</sub>	AL	AL + C <sub>1</sub>	QL + C <sub>1</sub>	AL	AL + C <sub>2</sub>	AL	QL
46,6	51,2	34,1	55,6	59,9	45,7	56,6	50,9	45,3	56,2	64,1	48,0	56,5	55,4	56,7
46,8	57,2	0	42,7	52,9	0	43,7	65,4	0	32,5	48,3	0	43,8	38,6	38,0
44,1	45,6	35,0	53,9	56,1	52,1	57,7	56,0	49,4	58,5	68,3	53,4	59,0	67,5	67,5
38,5	39,3	32,8	48,4	51,2	45,4	49,5	54,0	45,1	48,9	56,3	48,9	49,8	56,0	57,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,5	39,6	39,0
43,8	44,0	32,6	53,4	61,9	51,1	57,5	66,4	48,2	58,6	70,0	52,9	59,2	68,3	68,7
79,4	56,2	—	75,3	56,7	—	72,1	56,0	—	69,0	50,9	—	66,8	—	—
66,9	39,8	40,4	58,5	40,1	28,4	55,3	39,3	34,6	53,2	34,2	30,0	54,3	64,6	48,0
1,47	1,14	0,55	1,62	1,32	0,50	1,57	1,34	0,60	1,50	1,26	0,56	1,52	1,37	1,05
1,03	0,62	0,47	1,09	0,79	0,42	1,05	0,80	0,52	0,99	0,73	0,49	1,03	1,30	0,98
0,52	0,58	—	0,66	0,72	—	0,67	0,75	—	0,67	0,78	—	0,67	—	—
0,39	0,40	0,34	0,53	0,56	0,49	0,55	0,61	0,49	0,54	0,64	0,53	0,55	0,65	0,66

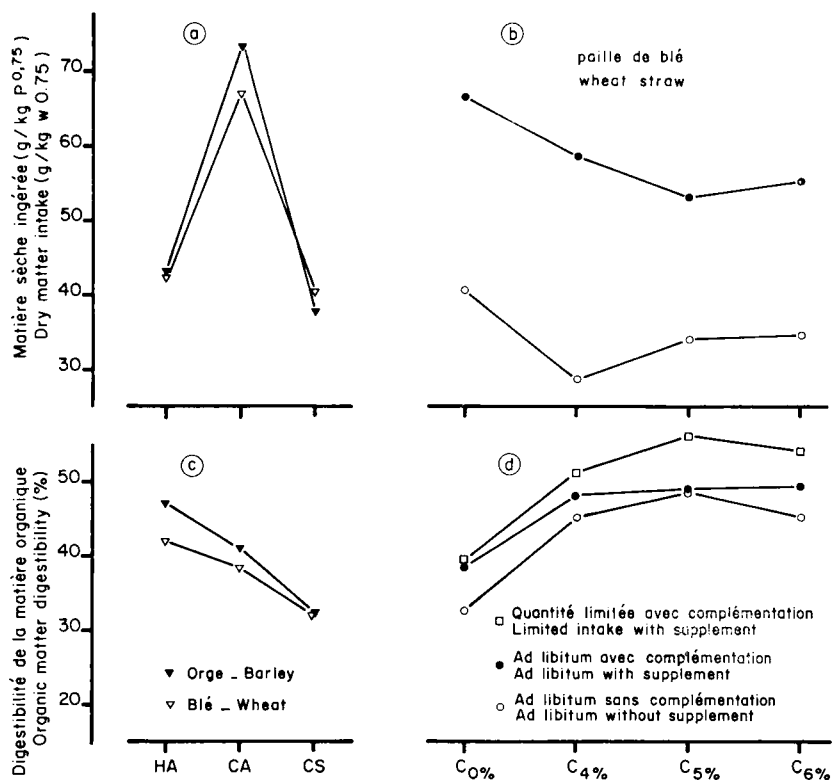


FIG. 1

*Influence du broyage et de l'agglomération (a et c) et du broyage et de l'agglomération précédée d'un traitement à la soude (b et d) sur l'ingestibilité et la digestibilité de la matière organique des pailles.*

*Effect of grinding and pelleting (a and c) and of grinding and pelleting (b and d) with sodium hydroxide treatment on voluntary dry matter intake and organic matter digestibility of straws.*

- (a et c) HA Paille hachée plus complément.  
*Chopped straw plus supplement.*
- CA Paille condensée plus complément.  
*Pelleted straw plus supplement.*
- CS Paille condensée sans complément.  
*Pelleted straw without supplement.*
- (b et d) C<sub>0</sub>% C<sub>4</sub>% C<sub>5</sub>% C<sub>6</sub>% Paille condensée traitée avec 0, 4, 5 et 6 p. 100 de soude.  
*Pelleted straw treated with 0, 4, 5 and 6 p. 100 sodium hydroxide.*



La teneur en matières azotées de la matière sèche ingérée a été comprise, pour les rations distribuées avec complément ou pour les pailles additionnées de Rumilix, entre 6,2 et 10,2 p. 100. Bien que la valeur de 6,2 p. 100 soit un peu faible, l'azote n'a pas dû être un facteur limitant de la digestion dans le rumen avec ces rations.

### B. *Quantités volontairement ingérées (tabl. 2)*

L'ingestibilité de la paille d'orge et de la paille de blé distribuées sous forme hachée avec un complément énergétique et azoté n'est pas significativement différente, respectivement 43,2 et 42,0 g MS/kg  $p^{0.75}$ , et est très élevée.

Le broyage suivi d'agglomération entraîne une augmentation de l'ingestibilité de 72 p. 100 pour la paille d'orge et de 59 p. 100 pour la paille de blé, quand les animaux reçoivent le complément énergétique et azoté distribué avec les pailles hachées.

En revanche, la suppression du complément diminue l'ingestibilité, respectivement de 50 et 40 p. 100, les quantités de pailles condensées ingérées devenant même inférieures à celles ingérées sous forme hachée (fig. 1).

Le traitement à la soude fait chuter l'ingestibilité des pailles condensées distribuées avec le complément (fig. 1), la diminution n'étant cependant pas significative pour la paille traitée avec 4 p. 100 de soude. En l'absence de complément, l'ingestibilité des pailles traitées à la soude est elle aussi inférieure à celle de la paille condensée non traitée et surtout est bien inférieure à celle des mêmes pailles distribuées avec le complément (fig. 1).

L'influence positive très nette du complément énergétique et azoté sur l'ingestibilité des pailles condensées, traitées ou non par la soude, est due essentiellement à l'azote apporté par le complément puisqu'avec la paille condensée enrichie en azote par le Rumilix, la suppression du complément énergétique entraîne, au contraire, une augmentation de la quantité de paille ingérée (tabl. 2).

### C. *Digestibilité*

La paille d'orge est plus digestible que la paille de blé quand elles sont toutes deux distribuées sous forme hachée avec un complément énergétique et azoté ; respectivement 47,2 et 41,1 points pour la digestibilité de la matière organique.

Le broyage suivi d'une agglomération diminue significativement la digestibilité de ces pailles, respectivement de 6,1 et 3,3 points pour les pailles d'orge et de blé offertes à volonté avec le complément (fig. 1). Le niveau d'alimentation a peu d'influence sur la digestibilité de ces pailles condensées : la limitation de la quantité ingérée diminue la digestibilité de la paille condensée d'orge de 0,4 point et augmente celle de la paille de blé de 0,8 point. En revanche la suppression de la complémentation entraîne une nette diminution de la digestibilité des pailles condensées. Celle-ci n'est plus que de 32,0 et 32,8 points pour les pailles d'orge et de blé malgré des quantités ingérées très faibles. La diminution est plus importante pour la paille d'orge qui a la teneur en matières azotées la plus faible (tabl. 2).

Le traitement à la soude augmente de 10,6 points en moyenne la digestibilité des pailles condensées offertes à volonté avec le complément. Il n'y a pas de différence significative entre les traitements 4 et 6 p. 100 de soude (fig. 1).

TABLEAU 3

*Influence du broyage, de l'agglomération, du traitement chimique à la soude et de la complémentation d'une paille de blé sur le comportement alimentaire de moutons recevant cette paille comme seul fourrage.*

*Effects of grinding and pelleting, sodium hydroxide treatment and supplementation of wheat straw on the feeding behaviour of sheep receiving this straw as a single feed.*

Rations distribuées (cf. tabl. 1) <i>Diets</i>	Paille de blé hachée <i>Chopped wheat straw</i> AL + C <sub>1</sub>	Paille de blé condensée <i>Pelleted wheat straw</i>				
		S <sub>0</sub> AL + C <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> AL + C <sub>1</sub>	S <sub>6</sub> AL + C <sub>1</sub>	S <sub>4</sub> AL	S <sub>5</sub> AL
Matière sèche ingérée (g/kg P <sup>0.75</sup> ) .....	54,8	85,5	68,9	69,5	27,8	34,9
<i>Dry matter intake (g/kg W<sup>0.75</sup>)</i>						
Nombre de repas par 24 h ....	5,7	7,0	8,2	8,7	6,4	7,1
<i>Number of meal per day</i>						
Durée journalière d'ingestion (mn)	250	143	152	167	182	179
<i>Daily time spent eating (mn)</i>						
Durée journalière de rumination (mn) .....	572	421	252	218	323	335
<i>Daily time spent ruminating (mn)</i>						
Durée journalière de mastication (mn) .....	822	565	404	385	505	515
<i>Daily time spent masticating (mn)</i>						
Durée unitaire d'ingestion (mn/g/kg P <sup>0.75</sup> ) .....	4,5	1,6	2,2	2,3	6,8	5,1
<i>Unitary eating time (mn/g/kg W<sup>0.75</sup>)</i>						
Durée unitaire de rumination (mn/g/kg P <sup>0.75</sup> ) .....	10,3	5,0	3,7	3,1	12,7	9,6
<i>Unitary ruminating time (mn/g/kg W<sup>0.75</sup>)</i>						
Durée unitaire de mastication (mn/g/kg P <sup>0.75</sup> ) .....	14,9	6,6	5,9	5,4	19,7	15,0
<i>Unitary masticating time (mn/g/kg W<sup>0.75</sup>)</i>						

La limitation des quantités ingérées des pailles traitées, augmente la digestibilité de la matière organique de façon plus nette (+ 5 points en moyenne) qu'avec les mêmes pailles non traitées (+ 0,8 point). En revanche, la suppression du complément diminue moins la digestibilité des pailles traitées (— 2,5 points) que celle des pailles non traitées (— 7,5 points).

L'influence positive du complément énergétique et azoté sur la digestibilité des pailles condensées, traitées ou non à la soude, est due essentiellement à l'azote apporté par le complément puisqu'avec la paille condensée, traitée à la soude et enrichie en azote par le Rumilix, la suppression du complément énergétique entraîne une augmentation de 6,2 points de la digestibilité de la matière organique de la paille. Avec cette paille distribuée sans complément la limitation de la quantité ingérée augmente peu la digestibilité : + 1,5 point.

#### D. *Comportement alimentaire* (tabl. 3)

L'augmentation d'ingestibilité entraînée par le broyage et l'agglomération, précédée ou non du traitement à la soude, des pailles distribuées avec un complément énergétique et azoté s'accompagne d'une augmentation du nombre de repas et de la durée journalière et unitaire d'ingestion, plus nette pour les pailles non traitées que pour les pailles traitées, et d'une diminution de la durée journalière et unitaire de rumination beaucoup plus importante pour les pailles traitées.

La suppression du complément entraîne en revanche une diminution du nombre de repas et une augmentation des durées journalières et surtout unitaires d'ingestion et de rumination. La durée unitaire de rumination des pailles condensées traitées à la soude devient même supérieure à celle de la paille hachée.

### IV. Discussion

Les pailles condensées sont systématiquement plus riches en matières azotées et plus pauvres en cellulose brute que les pailles hachées correspondantes. Les teneurs en cellulose brute et en matières azotées varient en sens inverse, la première raison de ces différences de composition chimique est à rechercher dans les erreurs d'échantillonnage. La manipulation de la paille hachée entraîne en effet, quelles que soient les précautions prises, des pertes de limbes. Mais il est aussi possible comme l'ont déjà montré DEMARQUILLY & JOURNET (1967), dans le cas des foins, que les différences de teneur en cellulose brute soient amplifiées par le fait que le traitement subi par la paille (broyage et agglomération, suivis d'un nouveau broyage pour l'analyse) rende les constituants pariétaux de la paille plus sensibles aux hydrolyses acides et alcalines effectuées pour déterminer la cellulose brute et qu'on en retrouve moins à l'analyse. WAINMAN & BLAXTER (1972) ont expliqué, quant à eux, les modifications de composition chimique entraînées par le broyage et l'agglomération par une pyrolyse partielle des glucides.

En revanche, nos résultats montrent que le traitement à la soude modifie peu la teneur en cellulose brute des pailles, ce qui est en accord avec les données bibliographiques de JOUANY (1975) et ceci d'autant plus que la faible diminution de teneur en cellulose brute entre pailles condensées non traitées et traitées à la soude s'explique

en partie par un effet de dilution par la soude, bien montré par la diminution de la teneur en matière organique.

Le broyage, suivi d'une agglomération des pailles, entraîne une diminution de la digestibilité mais une augmentation très importante de la quantité ingérée de sorte que la quantité de matière organique digestible ingérée par l'animal augmente (tabl. 2), du moins en présence d'une complémentation azotée. Cette influence bénéfique du broyage et de l'agglomération sur la valeur alimentaire des pailles confirme et complète celle observée dans notre laboratoire sur d'autres fourrages secs, les foins (DEMARQUILLY & JOURNET, 1967) et les fourrages déshydratés (JARRIGE *et al.*, 1973).

L'augmentation de l'ingestibilité des pailles condensées doit avoir pour cause première leur meilleure préhensibilité, bien montrée par la diminution importante de la durée unitaire d'ingestion. Mais elle est aussi permise par le fait que les pailles condensées doivent séjourner moins longtemps dans le rumen pour être réduites, sous l'action conjuguée de la digestion microbienne et la mastication mérycique, en particules suffisamment fines pour franchir la barrière du feuillet, comme le montre la diminution importante de la durée journalière et surtout unitaire de rumination. Le broyage non seulement diminue la taille des particules arrivant dans le rumen, mais augmente aussi la surface d'attaque de la paille par les microorganismes.

Quant à la diminution de la digestibilité entraînée par le broyage, elle semble, contrairement à ce qui avait été montré par JOURNET & DEMARQUILLY (1967) avec des foins de luzerne, plus due pour les pailles à une diminution de l'activité cellulolytique qu'à une accélération du transit digestif, ce qui pourrait expliquer qu'avec les pailles condensées, la digestibilité dépend peu ou pas du niveau d'ingestion (fig. 2), hypothèse déjà émise par WILKINS (1973) dans le cas des graminées. Avec des fourrages ayant un pouvoir tampon faible parce que pauvres en azote, acides organiques et minéraux comme les pailles, la diminution de la quantité de salive émise par suite de la diminution des durées unitaires d'ingestion et de rumination doit entraîner une diminution du pH et plus généralement, une modification des conditions physico-chimiques du rumen qui deviennent peu propices à une activité cellulolytique optimale. N'ayant mesuré ni la vitesse du transit, ni l'activité cellulolytique du jus de rumen, cela ne reste qu'une hypothèse d'autant que le fait que les pailles condensées distribuées en quantité limitée ne soient pas plus digestibles que les mêmes pailles distribuées à volonté résulte aussi en partie de ce que les pailles condensées distribuées en quantité limitée l'ont été dans des rations proportionnellement plus riches en aliment concentré, c'est-à-dire dans des rations peu propices à une activité cellulolytique optimale. L'action dépressive de la proportion de concentré sur la digestibilité des pailles broyées quand l'azote n'est pas le facteur limitant de la digestion dans le rumen est bien montrée par l'augmentation de la digestibilité de la paille enrichie en Rumilix quand les 300 g de concentré énergétique ont été supprimés.

Le traitement à la soude diminue l'ingestibilité des pailles condensées. Cette diminution doit résulter d'une baisse des qualités gustatives puisque la durée unitaire d'ingestion augmente. En revanche, la digestibilité de la matière organique augmente nettement comme l'ont montré aussi DULPHY *et al.* (1982) dans le cas des pailles hachées.

Le traitement à la soude, en brisant certaines liaisons entre la lignine et les hémicelluloses, augmente non seulement la quantité des constituants pariétaux potentiellement digestibles (JOUANY, 1975) mais aussi la vitesse de digestion des pailles, ce

qui explique la diminution importante de la durée journalière et surtout unitaire de rumination. Etant à la fois plus digestibles et plus rapidement digérées, elles sont moins sensibles que les pailles non traitées à une diminution de l'activité cellulolytique, ce qui doit expliquer — que leur digestibilité diminue moins en l'absence de complément azoté — et qu'elle augmente quand elles sont distribuées en quantité limitée, bien que leur distribution en quantité limitée s'accompagne, comme pour les pailles condensées non traitées, d'une augmentation de la proportion de concentré dans la ration (fig. 2).

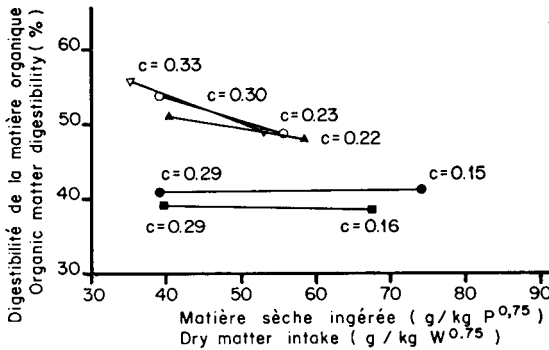


FIG. 2

*Influence du niveau d'ingestion sur la digestibilité des pailles broyées et agglomérées distribuées avec 300 g de complément.*

*Effect of level of intake on the digestibility of ground and pelleted straws fed with 300 g of supplement.*

- |   |                |  |   |
|---|----------------|--|---|
| ■ | Blé<br>Wheat   |  | Pailles non traitées.<br>Non treated straw. |
| ● | Orge<br>Barley |  |   |
| ▲ | 4 p. 100 NaOH  |  | Pailles traitées.<br>Treated straw.         |
| ○ | 5 p. 100 NaOH  |  |   |
| ▽ | 6 p. 100 NaOH  |  |   |

c : P. 100 de concentré dans la ration.  
Level of supplement in the diet.

La diminution importante de la digestibilité et de l'ingestibilité des pailles condensées, traitées ou non à la soude, observée quand le complément azoté est supprimé met clairement en évidence la nécessité de fournir de l'azote aux microorganismes du rumen et l'action prépondérante de ces derniers sur la digestibilité et l'ingestibilité des pailles condensées.

Une bonne activité cellulolytique est non seulement nécessaire pour assurer la digestion des constituants pariétaux potentiellement digestibles mais aussi pour que les

pailles, même broyées, soient rapidement réduites en particules suffisamment fines pour quitter le rumen. Dans cette réduction en fines particules, si la part des microbes diminue, celle de la mastication mérycique doit augmenter d'où l'accroissement très important de la durée unitaire de la rumination observé en l'absence de complément. La réduction en fines particules étant plus lente, il en résulte une diminution de la quantité ingérée. Cependant cette diminution de la quantité ingérée résulte vraisemblablement aussi d'une action directe du déficit azoté sur l'appétit de l'animal (EGAN, 1965) puisque la durée unitaire d'ingestion augmente aussi considérablement en l'absence de complément azoté.

D'un point de vue zootechnique, ces résultats montrent que le broyage et l'agglomération, surtout s'ils sont combinés avec un traitement à la soude, permettent une nette amélioration de la valeur alimentaire des pailles. Les besoins énergétiques d'entretien des animaux qui ne sont pas couverts par l'énergie apportée par la paille de blé normale (niveau d'alimentation de 0,7) le sont par la même paille de blé condensée (niveau d'alimentation de 1,03).

Le traitement à la soude n'est cependant vraiment intéressant que si les pailles condensées sont distribuées sans complément énergétique comme le montrent les résultats obtenus avec la paille enrichie en Rumilix. Mais cela suppose, bien sûr, que les pailles soient complémentées en azote, soit lors de leur conditionnement, soit lors de leur distribution aux animaux. Avec une complémentation énergétique, le traitement à la soude n'augmente le niveau d'alimentation que si les pailles condensées sont distribuées en quantité limitée.

*Accepté pour publication en avril 1983.*

### Summary

#### *Effect of pelleting and sodium hydroxide treatment on the feeding value of cereal straws in sheep*

In this study we compared the effect of grinding and pelleting, of sodium hydroxide (NaOH) treatment before pelleting and of energy and protein supplementation of cereal straws on the voluntary feed intake and digestibility.

Four groups of six adult castrated rams of the Texel breed were given a chopped or ground and pelleted barley straw, a wheat straw chopped or pelleted after treatment with 0, 4, 5 or 6 p. 100 NaOH and a pelleted straw treated with 5 p. 100 NaOH and admixed with 8 p. 100 Rumilix (molasses + urea) during pelleting.

Straws were given limited or *ad libitum*, either alone or with a supplement (tabl. 1).

The chemical composition of the different straws and diets is reported in table 1. The crude protein level of the ingested dry matter of straws given with a supplement and of straws admixed with 8 p. 100 Rumilix varied from 6.2 to 10.2 p. 100 so that for these diets nitrogen did not seem to have been a limiting factor of the digestion in the rumen.

Digestibility of pelleted non treated wheat and barley straws given with a protein supplement was lower, but voluntary feed intake was much higher than with the corresponding chopped straws (tabl. 2). Intake of digestible organic matter was therefore 50 p. 100 higher with pelleted straws.

Digestibility of pelleted straws without supplement decreased by 15 to 22 p. 100 (fig. 1 c) and voluntary feed intake by 40 to 50 p. 100 (fig. 1 a). In that case the reduced digestibility was due to a decrease in the cellulolytic activity rather than to an acceleration of the digestive transit since this digestibility was little or not dependent on the level of feed intake (fig. 2).

Digestibility of wheat straws treated with 4, 5 and 6 p. 100 NaOH, pelleted and given with a protein supplement was higher (+ 27 p. 100), but voluntary feed intake was lower (—17 p. 100) than that of pelleted non treated wheat straw (fig. 1 b, 1 d, tabl. 2). The decreased feed intake was due to a reduction of palatability as shown by the longer unitary eating time (tabl. 3).

The higher digestibility of straws treated with NaOH was due to the increase in the amount of digestible cell-wall constituents and to the digestion rate of straws as shown by the shorter unitary ruminating time (tabl. 3).

Suppression of supplementation led to a high decrease in digestibility and voluntary feed intake.

Effect of pelleting and of NaOH treatment was only positive when straws were given with a protein supplement. Besides, NaOH treatment as compared to pelleting was interesting only when pelleted straws were given in restricted amounts. Results are discussed.

### Références bibliographiques

- DEMARQUILLY 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.
- DULPHY J.P., BRETON J., BIENAIME A., LOUYOT J.M., 1982. 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**, 195-214.
- EGAN A.R., 1965. Nutritional status and intake regulation in sheep. III - The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low protein roughages by sheep. *Austr. J. Agric. Res.*, **16**, 463-472.
- JACKSON N.G., 1977. Review Article : The alkali treatment of straws. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, **2**, 105-130.
- JARRIGE R., DEMARQUILLY C., JOURNET M., BERANGER C., 1973. The nutritive value of processed dehydrated forages with special reference to the influence of physical form and particule size. *1st International green crop drying congress*. Oxford, april 1973, pp. 99-118.
- JOUANY J.P., 1975. Etude des traitements permettant d'améliorer la valeur alimentaire des fourrages « pauvres » (pailles). *Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.*, **21**, 5-15.
- KRISTENSEN V.F., ANDERSEN P.E., STIGSEN P., THOMSEN K.V., ANDERSEN H.R., SORENSEN M., ALI C.S., MASON V.C., REXEN F., ISRAELSEN M., WOLSTRUP J., 1978. Sodium hydroxyde-treated straw as feed for cattle and sheep. In : *Beretning fra statens Husdybrugs forsog*, n° 464, 218 p.
- RUCKEBUSCH Y., 1963. Recherches sur la régulation centrale du comportement alimentaire du Ruminant. *Thèse de Doct. Sci.*, Lyon.
- WAINMAN F.W., BLAXTER K.L., 1972. The effect of grinding and pelleting on the nutritive value of poor quality roughages for sheep. *J. agric. Sci.*, **79**, 435-445.
- WILKINS R.J., 1973. The effects of processing on nutritive value of dehydrated forages. *1st International green crop drying congress*. Oxford, april 1973, 119-134.
- 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 digestive d'une paille d'orge. *Ann. Zootech.*, **27**, 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 valeur alimentaire des pailles de céréales. *Ann. Zootech.*, **27**, 601-616.