

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

A. XANDÉ

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

*Laboratoire des Aliments,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I.N.R.A.,
Theix, Saint-Genès Champanelle, 63110 Beaumont (France)*

Résumé

Nous avons déterminé la composition chimique et mesuré sur des moutons la digestibilité et l'ingestibilité de 12 échantillons de paille d'avoine, de blé et d'orge dont 4 avaient été récoltés immédiatement après le moissonnage-battage ou après 21 jours de séjour en andain sur le sol. Ces pailles ont été distribuées à volonté à des moutons recevant par ailleurs 300 g d'aliment concentré permettant de couvrir leurs besoins en azote et en minéraux et une partie de leurs besoins énergétiques d'entretien.

Les pailles d'avoine sont plus pauvres en matières azotées et plus riches en constituants membranaires que les pailles d'orge et de blé mais ces dernières sont riches en lignine.

Les pailles d'avoine sont plus digestibles et ingérées en plus grande quantité que les pailles d'orge et de blé parce que leurs membranes sont elles-mêmes plus digestibles. En revanche, il n'apparaît que des différences de valeur alimentaire très faibles entre les pailles de blé et d'orge ou entre les variétés d'hiver et de printemps que nous avons étudiées. Le séjour au sol en andain affecte aussi très peu la valeur alimentaire des pailles dans la mesure où il se passe sans pluie.

Les pailles sont ingérées en quantités d'autant plus élevées qu'elles sont ingérées rapidement. Complémentées en azote, elles peuvent couvrir suivant leur qualité de 50 à 80 p. 100 des besoins énergétiques d'entretien des animaux à faibles besoins.

Introduction

Dans une précédente publication (XANDÉ, 1978 I), nous avons indiqué les conditions d'utilisation par le mouton adulte à l'entretien, d'une paille de céréale, en insistant particulièrement sur les aspects liés à la complémentation, permettant de favoriser l'ingestion et d'améliorer la digestibilité.

Mais peu d'études se sont intéressées à la comparaison des différentes espèces et variétés de paille.

En effet, la grande majorité des auteurs ont étudié :

— soit l'influence de faibles taux d'introduction de paille (10-20 p. 100 pour les animaux à l'engrais; 20-30 p. 100 pour les vaches laitières) dans des rations riches en concentré ou en fourrages agglomérés, pour assurer un bon fonctionnement digestif et une meilleure productivité des animaux (FORBES, IRWIN et RAVEN, 1969; OWEN, MILLER et BRIDGE, 1969; RAVEN, FORBES et IRWIN, 1969, sans prendre en considération la valeur propre de la paille utilisée.

— soit l'action d'un apport d'azote non protéique (urée le plus souvent) sur les modifications de la valeur alimentaire des pailles (CAMPLING, FREER et BALCH, 1962; SKOURI, 1966; FAICHNEY, 1968; O'DONOVAN, 1968; COOMBE et PRESTON, 1969; LYONS, CAFREY et O'CONNEL, 1970; FISCHWICK *et al.*, 1974) et ont montré que ces dernières pouvaient constituer l'essentiel de la ration (60-80 p. 100) des animaux à faibles besoins.

Dans ce dernier cas la valeur nutritive intrinsèque de la paille, prend une importance particulière quant à son incidence sur les performances zootechniques, et n'a pas été mesurée.

En l'absence d'étude systématique sur ce sujet, nous avons comparé la valeur alimentaire chez le mouton, de pailles d'espèces et de variétés de céréales différentes et mesuré l'influence des conditions de ramassage et de pressage.

Matériel et méthodes

Pailles

Nous avons étudié 12 pailles : 6 d'orge (variétés : Ager, Alpha, Cérés, Bérénice), 3 de blé (variétés : Hardy, Nain); 3 d'avoine : Noire de Moyencourt, Péniarth). Elles provenaient de céréales cultivées soit dans la plaine de Limagne (Domaine de Crouelle, C.R.A.) soit en zone de demi-montagne 500-700 m d'altitude).

Pour quatre de ces pailles, nous avons préparé deux échantillons, un immédiatement après le moissonnage-battage (stade I) et l'autre après 3 semaines de séjour en andain sur le champ (stade II).

Au total, nous avons mesuré la digestibilité et l'ingestibilité chez le mouton de 20 échantillons de paille.

Méthodes de mesure

Deux lots (A et B) de six moutons mâles castrés adultes de race Texel, âgés de quatre ans et pesant en moyenne $69,5 \pm 2,1$ et $77,8 \pm 1,2$ kg, ont servi à mesurer durant 6 jours (du dimanche 8 heures au samedi 8 heures) consécutifs, l'ingestibilité

(quantité volontairement ingérée) et la digestibilité de chaque échantillon après 14 jours de période pré-expérimentale. Durant les 5 derniers jours de chacune des périodes de mesure, les manifestations du comportement alimentaire et mérycique ont été enregistrées (RUCKEBUSCH, 1963). Les moutons ont reçu chaque jour, en plus de la paille offerte à volonté, 300 g d'un concentré (maïs + tourteau de soja + minéraux — Complément IV — XANDÉ, 1978 I). La paille a été distribuée sous forme hachée après passage dans un hache paille puis dans un broyeur sans grille.

Analyses

Des échantillons représentatifs des pailles offertes, des refus et des fèces correspondants ont été constitués au cours de chaque période de mesure. On a dosé les teneurs en cendres, matières azotées (N Kjeldahl \times 6,25) et cellulose brute (Weende). Nous avons en outre déterminé sur des échantillons de paille offerte, les teneurs en lignocellulose et lignine (Acid detergent fibre — ADF — lignine Van Soest) et en membranes (Neutral detergent fibre — NDF) (Van SOEST, 1963; Van SOEST et WINE, 1967) ainsi que la digestibilité in vitro de la matière sèche (TILLEY et TERRY, 1963), les animaux donneurs de jus de rumen (vaches FFPN fistulées) recevant un régime de foin de luzerne de bonne qualité.

Calculs

L'une des difficultés de notre étude a été de pouvoir comparer l'ingestibilité des diverses pailles étudiées au cours des périodes de mesure qui ont duré 8 mois au total.

L'expérience précédente (XANDÉ, 1978 I) avait fait apparaître une augmentation progressive de la quantité ingérée biaisant la comparaison de l'ingestibilité des différentes pailles. Le dispositif en blocs ne permettant pas d'éliminer cet effet, nous avons corrigé pour chaque mouton la quantité ingérée pour tenir compte de l'évolution de la capacité d'ingestion d'une période à l'autre. Cette évolution a été déterminée en mesurant durant trois semaines, à intervalle de six semaines (quatre périodes de mesure au total), la quantité ingérée de la même paille d'orge (T) (I) (variété Alpha) et de 300 g de complément. On a alors supposé qu'entre deux périodes témoin, la capacité d'ingestion évoluait linéairement. Cela nous a permis de calculer quelle quantité de matière sèche de paille témoin (T) aurait été ingérée chaque semaine, soit QT_n pour la semaine n et QT la quantité moyenne pour l'ensemble des quatre périodes de mesure sur la paille témoin. Si QIn est la quantité ingérée pour l'échantillon I, mesurée la semaine n , la quantité corrigée est alors :

$$QIn \text{ corrigée} = \frac{QIn \times QT}{QT_n}$$

Cette correction a été faite séparément mouton par mouton et non pour la moyenne du lot, car l'évolution de la capacité d'ingestion a été significativement différente d'un animal à l'autre.

Cette méthode de calcul, bien que critiquable, nous a semblé la plus apte à rendre compte des différences d'ingestibilité entre les pailles.

Le coefficient de digestibilité de la paille a été calculée pour chaque mouton par différence, la digestibilité de chacun des constituants du complément étant estimée à partir des tables hollandaises de la valeur nutritive des aliments concentrés

Résultats

Composition chimique

Les teneurs en cellulose brute (Weende) ont été peu variables d'une paille à l'autre (tabl. I), bien que les pailles d'avoine étudiées aient eu une teneur légèrement supérieure à celles d'orge et de blé respectivement en moyenne : 43,0-41,7 et 41,6 p. 100. Il en a été de même des teneurs en membranes totales (NDF) et en lignocellulose (ADF) qui sont plus élevées pour l'avoine que pour l'orge et le blé.

TABLEAU I

Composition chimique des pailles
Chemical composition of straws

	Matière sèche p. 100 Dry matter	En p. 100 de la matière sèche (Dry matter p. 100)						
		Cendres <i>Ash</i>	Matières azotées <i>Crude protein</i>	Cellulose brute <i>Crude fibre</i>	Constituants membranaires VAN SOEST <i>Cell wall constituents</i>			
					mem- branes (NDF 1)	Ligno- Cellulose (ADF 2)	Lignine <i>Lignin</i>	Cellulose
<i>Pailles d'Orge</i>								
<i>Barley Straw</i>								
— Ager (I) (3)	88,2	9,4	4,0	41,2	81,0	58,4	9,9	48,5
— Ager (D) (4)	89,1	7,2	5,0	43,2	81,4	61,8	12,4	49,4
— Alpha (I)	89,3	8,9	3,2	44,0	82,4	59,8	—	—
— Alpha (D)	90,5	9,6	3,7	40,1	80,9	57,8	10,1	47,7
— Alpha (T) (5)	88,7	10,8	3,4	40,2	78,5	55,5	8,4	47,1
— Cérés (I)	90,2	7,2	3,8	41,0	80,0	55,4	8,6	46,8
— Bérénice (D)	87,5	8,7	4,5	42,2	80,4	60,8	9,4	51,4
<i>Pailles de blé</i>								
<i>Wheat straw</i>								
— Hardy (I)	91,2	5,6	3,3	41,6	82,4	57,8	10,9	46,9
— Hardy (D)	89,1	9,2	4,3	40,5	78,6	60,5	10,4	50,1
— Nain (I)	88,9	8,4	3,7	42,7	82,2	58,4	11,0	47,4
<i>Pailles d'Avoine</i>								
<i>Oat straw</i>								
— Noire (I)	91,0	9,8	2,1	43,0	80,5	58,0	9,5	48,5
— Noire (D)	89,1	7,9	2,3	42,7	83,0	61,9	9,2	52,7
— Péniarth (I)	90,2	7,4	2,7	43,4	83,8	60,9	9,9	51,0

(1) NDF = Neutral detergent fiber = Composés membranaires totaux.

(2) ADF = Acid detergent fiber = Lignocellulose.

(3) I = Immediate pick-up = ramassage immédiat.

(4) D = Differed pick-up = ramassage différé.

(5) Control straw = paille témoin.

En revanche, les pailles de blé ont en moyenne une teneur en lignine plus élevée que les pailles d'orge ou d'avoine : 10,8-9,8 et 9,5 p. 100 respectivement. La teneur en cellulose brute est plus étroitement liée aux membranes totales (NDF) ($r = 0,79 - P < 0,01$ qu'à la lignocellulose (ADF) ($r = 0,69 - P < 0,01$).

Les teneurs en matières azotées totales des pailles d'orge et de blé sont plus élevées que celles des pailles d'avoine : 3,9-3,7 et 2,3 p. 100 respectivement. Les teneurs en cendres de nos pailles sont plus élevées pour l'orge d'hiver : (9,2) et l'avoine de printemps (8,8 p. 100) et plus faible pour les blés d'hiver (7,7).

Quantités ingérées

Les quantités de paille du régime témoin volontairement ingérées ont augmenté avec le temps, passant de 24,3 à 33,4 et de 22,3 à 31,3 g/kg P^{0,75} respectivement pour les lots A et B entre la première et la dernière période de mesure. Cependant, elles ont peu évolué durant les 150 premiers jours et ont augmenté brutalement au cours des 90 derniers jours (fig. 1). L'augmentation quotidienne

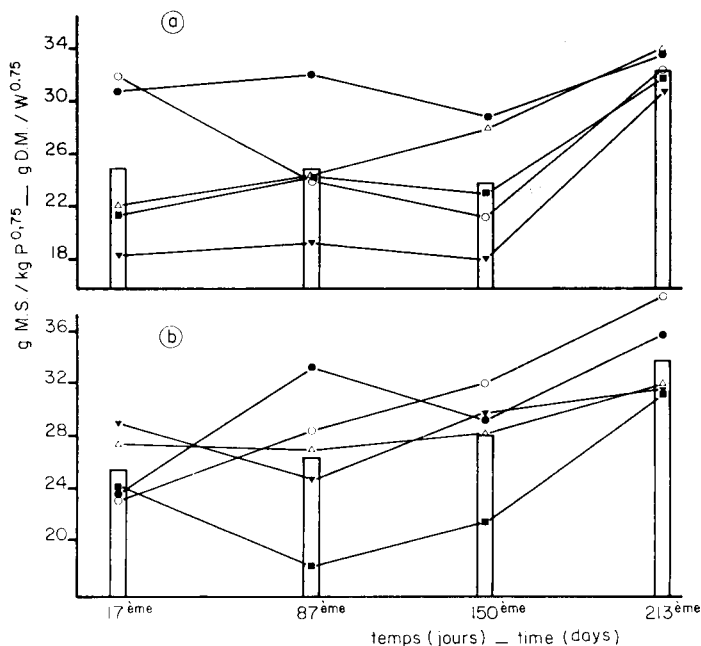


FIG. 1. — *Évolution au cours du temps et variations individuelles des quantités de paille ingérées*
Evolution with time and individual variations of straw voluntary intake

- | | |
|---------------------|-----------|
| a Moutons (Sheep) : | b |
| ● 0049 | ● 0036 |
| ○ 0059 | ○ 0060 |
| △ 2107 | △ 0035 |
| ■ 0085 | ■ 0045 |
| ▼ 0027 | ▼ 0019 |
| □ moyenne | □ moyenne |
| mean | mean |

*Ingestibilité et digestibilité des pailles et
Voluntary intake and digestibility of straw*

	N	Quantité de matière sèche Dry matter intake				
		Paille Straw				
		g/kg g/kg	P 0,75 W 0,75	g/j g/day	g/j g/day	Niveau (* alimentaire Alimentary level
		Non corrigée Not corrected	Corrigée Corrected	Non corrigée Not corrected	Corrigée Corrected	
Orge d'hiver (<i>Winter barley straw</i>)		*	○			
— Ager (I)	5	26,8 ± 3,1	29,6	656 ± 117	651	0,48
— Ager (II)	5	25,9 ± 4,0	29,4	660 ± 117	645	0,43
— Alpha (I)	5	28,8 ± 3,5	31,4	642 ± 114	742	0,53
— Alpha (II)	5	23,6 ± 3,8	25,6	528 ± 98	603	0,43
— Alpha (I)	40	27,2 ± 5,0	27,2	628 ± 137	628	0,43
Orge de printemps (<i>Spring barley straw</i>)						
— Cérés (I)	5	33,7 ± 5,6	31,1	726 ± 162	738	0,63
— Bérénice (II)	5	33,1 ± 3,4	32,0	805 ± 114	703	0,57
Blé d'hiver (<i>Winter wheat straw</i>)						
— Hardy (I)	5	28,5 ± 2,6	29,9	694 ± 85	654	0,50
— Hardy (D)	5	30,7 ± 5,1	33,1	760 ± 149	726	0,50
— Nain (I)	5	28,2 ± 3,4	27,9	592 ± 126	662	0,48
Avoine d'hiver (<i>Winter oat straw</i>)						
— Péniarth (I)	5	39,4 ± 6,8	36,5	970 ± 199	802	0,76
Avoine de printemps (<i>Spring oat straw</i>)						
— Noire (I)	5	27,7 ± 3,7	30,3	604 ± 140	720	0,57
— Noire (D)	5	29,8 ± 8,2	32,6	632 ± 189	772	0,57

* 1 donnée manquante calculée

$$(*) \text{ Niveau alimentaire} = \frac{\text{Matière organique digestible ingérée /kg P}^{0,75}}{23 \text{ (= quantité en g/kg P}^{0,75} \text{ de M.O.D. correspondant à l'entretien)}} \\ \text{Alimentary level} = \frac{\text{Intake of digestible organic matter /W}^{0,75}}{\text{Digestible organic matter in g/W}^{0,75} \text{ for maintenance}}$$

○ Écart type — *Standard error.*

moyenne de 0,04 g/kg P^{0,75} est toutefois nettement inférieure à celle enregistrée (0,148 g/kg P^{0,75}) au cours d'un précédent essai (XANDÉ, 1978 I). Nous avons reporté au tableau 2 les valeurs réellement mesurées et celles corrigées pour tenir compte de l'évolution de l'appétit des moutons.

La quantité de paille ingérée a été significativement (P < 0,05) plus élevée pour l'avoine que pour le blé et l'orge : 33,1 contre 30,3 et 29,7 g/kg P^{0,75} respectivement. Il n'y a pas eu de différence entre le blé et l'orge ou entre l'orge de prin-

ons étudiées (moyenne de 5 béliers)

ations studied (Mean value of six rams)

		Coefficients de la digestibilité (p. 100) <i>Digestibility coefficients</i>						Digesti- bilité in vitro (48 h) de la M.S. <i>In vitro</i> <i>digesti-</i> <i>bility</i>
Ration totale <i>Total ration</i>		Ration totale <i>Total ration</i>			Paille seule <i>Straw only</i>			
$\frac{g}{j}$ $\frac{g}{day}$		Niveau* alimentaire <i>Alimentary</i> <i>level</i>	Matière organique <i>Organic</i> <i>matter</i>	Cellulose brute <i>Crude</i> <i>fiber</i>	Matière azotées <i>Crude</i> <i>proteins</i>	Matières organique <i>Organic</i> <i>matter</i>	Cellulose brute <i>Crude</i> <i>fibres</i>	
Non corrigeé <i>Not</i> <i>corrected</i>	Corrigée <i>Corrected</i>							
940	935	0,85	59,4	56,9	64,6	43,9	56,4	42,3
947	932	0,85	54,3	50,4	62,5	39,8	49,4	36,9
929	1 029	1,00	60,2	54,6	61,8	46,8	53,8	41,7
813	888	0,88	61,7	55,3	72,2	45,5	54,5	46,4
917	917	0,84	58,4	50,3	63,7	40,8	49,4	42,8
1 013	1 025	1,09	58,3	54,5	60,0	45,9	54,0	49,6
1 089	987	0,97	54,8	49,6	66,6	41,9	49,0	48,9
986	946	0,91	56,4	53,5	62,0	42,6	52,8	41,5
1 049	1 014	0,85	53,1	51,1	60,3	41,0	50,4	41,0
876	946	0,93	57,9	54,5	73,8	42,2	53,9	42,0
1 257	1 089	1,17	57,7	59,9	57,7	47,9	59,6	54,0
893	1 009	1,00	63,1	60,6	65,0	50,6	60,2	52,2
924	1 064	1,04	60,4	63,2	60,7	48,2	62,9	53,9

temps et l'orge d'hiver. En revanche, l'avoine d'hiver Peniarth a été ingérée en quantité significativement plus élevée que l'avoine Noire de Moyencourt de printemps : 36,5 et 30,3 g/kg P^{0,75} respectivement (P < 0,05).

En moyenne, le séjour sur le champ n'a pas influencé significativement les quantités ingérées, exception faite de l'orge Alpha pour laquelle il l'a diminué de 18 p. 100 (P < 0,01). Cependant, en raison des conditions climatiques de l'été extrêmement favorables, les pailles n'avaient pas reçu de pluie. En outre, un séjour

de trois semaines sur le sol peut être considéré comme relativement court par rapport aux durées moyennes que l'on rencontre pratiquement.

Comportement alimentaire et merycique

Les résultats reportés au tableau 3 sont les moyennes de quatre animaux, les deux autres ayant été éliminés en raison de leur très faible niveau d'ingestion significativement différent des autres.

Durée d'ingestion

Nous n'avons indiqué que les durées d'ingestion de la paille car celles du complément étaient peu variables ($42,8 \pm 8,5$ mn).

La durée journalière d'ingestion moyenne des pailles de blé, d'avoine et d'orge n'a pas été différente : respectivement 182 ± 30 , 182 ± 19 et 173 ± 25 mn. De même, la durée d'ingestion des pailles ayant séjourné sur le sol (174 ± 35 mn) n'a pas été significativement différente de celle des pailles ramassées immédiatement après le moissonnage battage (164 ± 26 mn).

Vitesse d'ingestion

La vitesse d'ingestion est mesurée par la durée unitaire d'ingestion, c'est-à-dire par le temps nécessaire à l'ingestion d'un gramme de matière sèche rapporté à l'unité de poids métabolique ($g/mn/kg P^{0,75}$). Cette durée a été en moyenne plus faible pour les pailles d'avoine que pour les pailles d'orge et de blé, les différences n'étant cependant pas significatives : 5,7; 6,1 et 6,3 mn/g/kg $P^{0,75}$ respectivement. Ces valeurs sont voisines de celles que nous avons précédemment trouvées (XANDÉ, 1978 I) pour une paille d'orge longue ($6,8$ mn/g/kg $P^{0,75}$) ingérée par des moutons bien adaptés au régime.

La durée unitaire d'ingestion de la paille témoin a diminué significativement entre la première et la dernière période de mesure ($P < 0,05$), passant de $8,1 \pm 1,3$ à $6,2 \pm 0,9$ et de $7,3 \pm 1,8$ à $4,9 \pm 0,6$ mn/g/kg $P^{0,75}$ respectivement pour les lots A et B. Cette évolution s'est manifestée essentiellement au cours des deux derniers mois d'expérience corrélativement à une nette augmentation des quantités ingérées, les durées d'ingestion n'ayant pratiquement pas varié (fig. 2).

Comportement merycique

La durée journalière de rumination mesurée pour la ration totale a été en moyenne de 541 ± 33 mn et n'a pas présenté de différences significatives entre les échantillons étudiés.

La durée unitaire de rumination rapportée uniquement à la matière sèche de la paille ingérée a été en moyenne de $18,7$ mn/g/kg $P^{0,75}$ et a varié en sens inverse des quantités ingérées.

La durée journalière de mastication (ingestion + rumination) a été en moyenne

TABLEAU 3
Comportement alimentaire et mérycique (moyenne de 4 béliers)
Eating and ruminating behaviour (Mean value of four rams)

Pailles Straws	Quantité ingérée g/MS/kg P _{0,75} * Voluntary dry matter intake of straw	Durée journalière (mn) * Daily time spent eating	Durée unitaire d'ingestion (mn/g MS/kg P _{0,75}) * Unitary eating time	Durée journalière de rumination de rumination Daily time spent ruminating	Durée unitaire de rumination (mn/g MS/kg P _{0,75}) Unitary ruminating time	Durée de mastication (mn) Daily time spent chewing	Durée unitaire de mastication (mn/gMs/kg P _{0,75}) Unitary chewing time
Orge (Barley)							
— Ager (I)	25,8 ± 3,2 ○	138 ± 29 c	5,41 ± 1,09	518 ± 66	20,8 ± 5,4 ab	656	25,4
— Ager (D)	24,1 ± 3,6	160 ± 24 ab	6,01 ± 1,25	546 ± 63	22,7 ± 4,3 a	708	29,4
— Alpha (I)	29,5 ± 3,2	175 ± 26 ab	5,94 ± 0,78	549 ± 61	17,8 ± 2,9 ab	724	24,5
— Alpha (D)	25,5 ± 3,2	147 ± 27 cb	5,82 ± 1,13	511 ± 43	20,5 ± 1,2 ab	658	25,8
— Alpha (I)	27,6 ± 8,6	192 ± 37 ab	7,04 ± 1,52	540 ± 26	20,2 ± 2,1 ab	732	26,5
— Cérés (I)	35,5 ± 3,7	198 ± 34 ab	5,55 ± 0,66	605 ± 31	17,2 ± 1,9 b	803	22,0
— Bérénice (I)	32,0 ± 3,4	204 ± 51 ab	6,51 ± 2,20	534 ± 73	16,9 ± 3,6 b	738	23,1
Blé (Wheat)							
— Hardy (I)	29,8 ± 2,8	174 ± 4 ab	5,91 ± 0,66	487 ± 64	16,30 ± 2,1 b	661	22,1
— Hardy (D)	29,6 ± 6,2	216 ± 15 a	7,50 ± 1,07	559 ± 42	19,4 ± 3,0 ab	775	26,2
— Nain (I)	28,5 ± 4,6	156 ± 21 ab	5,52 ± 0,41	530 ± 35	18,9 ± 2,0 ab	686	24,1
Avoine (Oat)							
— Noire (I)	28,7 ± 4,5	168 ± 29 ab	6,0 ± 1,4	574 ± 47	20,5 ± 3,8 ab	742	25,8
— Noire (D)	30,8 ± 8,2	174 ± 32 ab	5,7 ± 0,7	500 ± 84	16,6 ± 2,8 b	674	21,9
— Péniarth (I)	39,3 ± 7,4	205 ± 34 ab	5,4 ± 1,7	576 ± 47	14,9 ± 1,6 b	781	19,8

* Valeurs ne concernant que la paille.

Values for straw only.

— les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes à P < 0,05.

Values with different letters have statistical significance at P < 0.05.

○ Écart-type — Standard error.

I = ramassage immédiat (Immediate pick up).

D = ramassage différé (Differed pick-up).

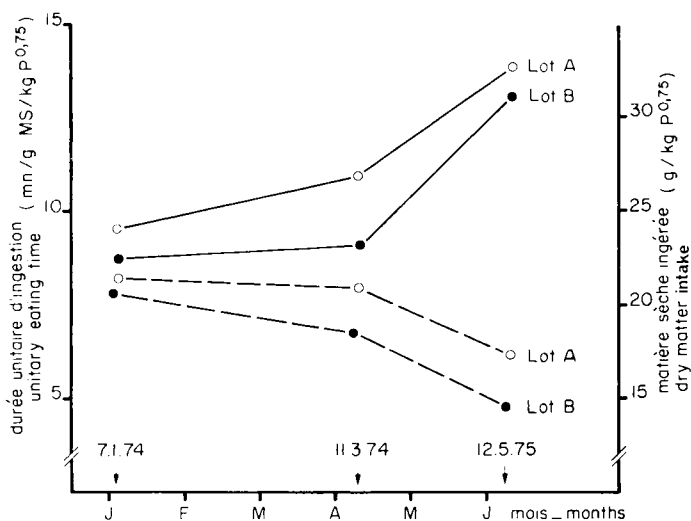


FIG. 2. — Évolution de la durée unitaire d'ingestion et des quantités ingérées avec le temps
Evolution of unitary eating time and voluntary intake with time

— — — — — Quantité ingérée
Dry matter intake
- - - - - Durée unitaire d'ingestion
Unitary eating time

de 718 mn et a présenté une liaison positive ($r = 0,661$) ($P < 0,01$) avec les quantités ingérées. Les animaux ont donc passé environ la moitié de leur temps à mastiquer avec ce régime à base de paille.

Digestibilité

La matière sèche de la paille a représenté de 65 à 76 p. 100 de la matière sèche de la ration, 69,3 p. 100 en moyenne. Avec le régime témoin, cette variation du pourcentage de paille (x) a eu une incidence sur la digestibilité de la matière organique de la ration (y) ($y = -0,435x + 86,60$; $r = 0,890^*$; $n = 8$), mais pas sur celle de la paille seule calculée par différence.

A pourcentage égal (70 p. 100) de paille dans la ration, la digestibilité de la matière organique des rations est du même ordre avec les pailles d'orge et de blé (57,7 et 56,3 p. 100 respectivement) mais est plus élevée (61,2 p. 100) avec les pailles avoine (tabl. 2). Par suite, les digestibilités des pailles de blé (41,9) et d'orge (44,2 p. 100) ne sont pas significativement différentes, mais sont toutes deux inférieures ($P < 0,01$ et $P < 0,05$) à celle des pailles d'avoine (48,9 p. 100). Cette différence est due à la digestibilité des membranes : respectivement 52,6 - 52,3 et 60,9 p. 100 pour les pailles d'orge, de blé et d'avoine.

Il n'y a pas de différence entre les pailles d'orge de printemps et celle d'hiver bien que la tendance soit à une digestibilité de la matière organique plus élevée pour l'orge de printemps.

Pour les quatre comparaisons effectuées, le séjour au sol semble avoir diminué la digestibilité, mais les différences sont faibles et atteignent au maximum 4,1

points pour la variété Ager, mais pour cette variété la digestibilité de la paille n'ayant pas séjourné au sol a vraisemblablement été surestimée, la mesure n'ayant duré que quatre jours par suite d'une quantité de paille disponible insuffisante.

Pour une teneur en matières azotées de la ration de $9,86 \pm 1,22$ p. 100, la digestibilité des matières azotées a été de $63,9 \pm 4,7$ p. 100, elle est fonction de la teneur en matières azotées de la ration ($r = 0,812^{**}$).

La relation entre les teneurs en matières azotées totales (X en p. 100 de la MS) et en matières azotées digestibles (Y en p. 100 de la MS) de la ration ($Y = 0,966 X - 3,153$; $r = 0,963^{**}$; $n = 13$) est très proche de celle trouvée pour les fourrages verts (DEMARQUILLY, JARRIGE, 1964).

La digestibilité de la matière organique est étroitement liée à celle de la matière sèche des pailles : $r = 0,980$ ($n = 12$) pour la ration et $r = 0,891$ ($n = 12$) pour la paille seule. Elle lui est supérieure de 3,3 points en moyenne pour la ration et de 4,2 points pour la paille seule.

La digestibilité in vitro (tabl. 2) des pailles d'avoine a été de 28 p. 100 plus élevée que celle des pailles de blé et de 21 p. 100 plus élevée que celle des pailles d'orge. Elle présente une liaison significative avec la digestibilité mesurée in vivo (y) : $y = 0,493 x + 18,292$; $r = 0,790^{**}$; $n = 13$.

Discussion

Les résultats obtenus soulèvent d'abord deux problèmes d'ordre méthodologique. Le premier concerne la variabilité entre moutons de la capacité d'ingestion et du coefficient d'utilisation digestive (CUD) sur les régimes de paille. Cette variabilité est d'ailleurs d'autant plus grande que le niveau d'ingestion est faible. Les périodes de mesure de 6 jours sont sans doute trop courtes quand on mesure la valeur alimentaire des pailles et il aurait été souhaitable d'avoir des périodes de mesure de 10 jours ou plus. Le deuxième concerne le phénomène d'adaptation à long terme des moutons que nous avons précédemment décrit et analysé (XANDÉ, 1978 I) et que nous avons retrouvé malgré les précautions que nous avons prises : bon conditionnement des pailles par passage au hache paille puis au broyeur sans grille et mise à la disposition des animaux d'un complément durant toute la durée des essais. Certes, nous prévoyions cette adaptation à long terme et c'est pour cela que nous avons distribué la même paille témoin tous les deux mois. Cependant la figure 1 montre que l'adaptation des moutons a été plus ou moins rapide et plus ou moins régulière d'un mouton à l'autre (ce qui est d'ailleurs une des causes de la variabilité entre moutons de la quantité de paille ingérée) et nous avons dû supposer qu'entre deux passages sur la paille témoin, l'évolution de la capacité d'ingestion était linéaire, ce qui n'est peut-être pas le cas.

Les résultats que nous avons obtenus sont donc entâchés d'une certaine imprécision. Ils n'en mettent pas moins en évidence de façon très nette, en accord avec d'autres auteurs (HEMSLEY, 1964; COOMBE et CHRISTIAN, 1969; KAY *et al.*, 1968), d'une part que la digestibilité de la matière organique des pailles est relativement faible (39,8 à 50,6 p. 100), d'autre part que la valeur alimentaire des pailles d'avoine est plus élevée que celle des pailles d'orge et de blé et se manifeste à la fois par une plus grande ingestibilité et une digestibilité plus élevée.

D'une manière générale, la digestibilité de la matière organique des fourrages est le reflet de la digestibilité de leurs membranes. Pour les fourrages verts JARRIGE et MINSON (1964) ont trouvé une étroite corrélation ($r = 0,991$) entre la digestibilité

de la matière organique et celle des polysaccharides membranaires (hémicelluloses + celluloses). Cela doit être encore plus vrai quand il s'agit de pailles dont les membranes représentent jusqu'à 80 p. 100 de la matière sèche. Ainsi, la plus grande digestibilité des pailles d'avoine s'explique bien par le fait que leurs membranes sont plus digestibles comme l'indique le coefficient d'utilisation digestive de la cellulose brute. Nos résultats ne permettent pas d'expliquer cette plus grande digestibilité des membranes des pailles d'avoine. Elle pourrait être due : *a*) à une lignification plus faible comme le suggère la teneur en lignine de Van SOEST, bien que celle-ci ne donne qu'une indication de la teneur en lignine vraie; *b*) à une digestibilité plus élevée des hémicelluloses en raison de leurs caractéristiques physico-chimiques (JARRIGE, 1963); *c*) à des structures anatomiques facilitant l'action des bactéries cellulolytiques (moins de cutine ou épiderme moins silicifié, etc...). Des études plus poussées comportant des analyses plus fines au niveau membranaire sont nécessaires à une meilleure compréhension du phénomène.

Il ressort toutefois, de nos données, qu'il n'existe que peu de différences de digestibilité, d'une part entre les variétés à l'intérieur d'une même espèce, d'autre part entre le blé et l'orge, pour les variétés que nous avons étudiées du moins quand les différentes variétés de céréales sont récoltées la même année. Les valeurs que nous avons obtenues sont très proches de celles données dans les tables danoises, allemandes et américaines (tabl. 4), notamment pour les pailles d'avoine. Elles sont un peu plus faibles pour les pailles de blé, et surtout d'orge en raison d'une teneur en cellulose brute plus élevée et d'une digestion de cette cellulose plus faible.

Globalement, les quantités de pailles ingérées sont faibles (< 900 g MS/j), mais avec certaines variations d'une paille à l'autre. L'amplitude de variation est de 24 p. 100 entre la paille d'avoine d'hiver (variété Peniarth) la mieux consommée et la paille d'orge d'hiver (variété Ager) la moins bien ingérée. Il est à noter par ailleurs, qu'en général, les pailles les mieux ingérées sont celles qui ont la digestibilité la plus élevée ($r = 0,54$ NS). Il semble qu'apparaisse ici la liaison quantité ingérée-digestibilité bien connue (BLAXTER, WAIMAN et DAVIDSON, 1961; DEMARQUILLY et JARRIGE, 1964) qui fait que le fourrage est ingéré en quantité d'autant plus faible que sa teneur en membranes est élevée et que la digestibilité des membranes est faible. Par ailleurs, la durée d'ingestion est faible (12 p. 100 du temps journalier contre 21 p. 100 pour les fourrages verts (DULPHY, 1974) et les quantités ingérées sont étroitement liées à la vitesse d'ingestion. La différence de durée d'ingestion avec les fourrages verts vient du fait que les prises alimentaires entre les principaux repas sont très peu nombreuses avec les pailles, de sorte que les durées d'ingestion journalières dépassent peu celle des grands repas suivant les deux distributions. Mais la durée des grands repas est pratiquement la même pour les pailles et les fourrages verts. En revanche, la durée de rumination est en moyenne plus élevée que celle des fourrages verts (DULPHY et DEMARQUILLY, 1974) mais est relativement constante d'une paille à l'autre de sorte que la durée unitaire de la rumination est d'autant plus faible que le fourrage est ingéré en quantité plus élevée. Les différences entre pailles vont donc dans le sens de la théorie de l'encombrement du rumen (BALCH et CAMPLING, 1962) mais avec une certaine adaptation. Ceci permet d'expliquer en partie la plus grande ingestibilité des pailles d'avoine.

Lorsque les conditions climatiques sont favorables, le séjour en andain sur le sol n'affecte pas l'ingestibilité des pailles. Il apparaît toutefois que les caractéristiques organoleptiques des pailles mouillées sont modifiées. GRENNHALGH et REID (1971) ont en effet conclu que l'influence sur les quantités ingérées du facteur appétibilité était plus grande avec les fourrages pauvres (paille) qu'avec les fourra-

TABLEAU 4
Valeurs moyennes de la composition chimique et de la digestibilité de différentes pailles : comparaison avec les données des autres pays
Mean values of chemical composition and digestibility of cereals straws (Comparison with other countries data)

Paille Straws	Origine Land	Saison Season	Nombre de mesures Number of measures	Matière sèche P. 100 Dry matter content (p. 100)	P. 100 de la matière sèche Dry matter (p. 100)			Coefficients de la digestibilité Digestibility coefficients			
					Cendres Ash	Matières azotées Crude protein	Cellulose brute Crude fibre	Matière organique Organic matter	Matières azotées Crude protein	Cellulose brute Crude fibre	
— Orge (Barley) . . .	F	H	5	89,2	9,2	3,8	41,7	**43,4	—	6,7	52,7
— Blé (Wheat) . . .	F	P	2	88,8	7,2	4,1	41,6	**43,9	—	10,3	51,5
— Avoine (Oat) . . .	F	H	3	89,7	7,7	3,7	41,6	**41,9	—	3,8	52,4
	F	H	1	90,2	7,4	2,7	43,4	**47,9	—	14,7	59,6
	F	P	2	90,0	8,8	2,2	42,8	**49,4	—	45,5	61,5
Valeurs (.) tirées de la bibliographie Bibliographical data											
— Orge (Barley) . . .	S	—	6	84,6	5,7	3,0	39,3	**49	20	57	
	S	H	8	84,1	4,9	3,7	36,7	**49	18	56	
	D	—	16	78,5	7,4	3,3	44,3	45	3	52	
	K.B.	P	—	88,0	5,3	3,3	38,2	49	25	55	
	K.B.	A	—	88,0	5,1	2,7	39,4	49	29	55	
— Blé (Wheat) . . .	S	—	4	86,2	4,4	2,4	38,4	**41	—	41	42
	S	H	12	82,2	5,4	3,3	33,6	**47	11	49	
	K.B.	P	—	88,0	5,8	2,8	39,6	**44	20	50	
	K.B.	A	—	88,0	5,0	2,5	40,0	44	12	48	
— Avoine (Oat) . . .	S	—	20	84,2	6,1	2,8	36,6	**47	—	9	55
	D	—	28	82,9	8,9	3,3	41,8	49	6,9	55,8	
	K.B.	—	—	87,7	5,9	2,8	39,9	50	30	55	

(*) Légende. (Legend).
Pays. (Land).
F = France.
S = Tables Américaines de Schneider.
D = Tables Danoises.
K.B. = Tables Allemandes de Kellner et Becker.

Saison. (Season).
H = Hiver. (Winter).
P = Printemps. (Spring).
A = Automne. (Autumn).

** Digestibilité obtenue par différence (digestibility by difference)

ges plus riches (foin). De même nos résultats n'ont pas permis de mettre en évidence une différence nette entre les pailles de céréales d'hiver et de printemps, bien qu'il se soit dégagé une tendance à une plus grande digestibilité des pailles d'orge de printemps.

En définitive, il ressort de ces données, d'une part qu'il est préférable d'utiliser la paille d'avoine lorsqu'elle est disponible, comme fourrage de base, en remplacement du foin, dans les rations d'animaux à faibles besoins; malheureusement, les surfaces ensencées en avoine en France, sont peu importantes par rapport à celles en orge et en blé : respectivement 7, 30 et 55 p. 100 des surfaces totales en céréales. D'autre part, lorsqu'on ne dispose que de pailles d'orge ou de blé, on peut les utiliser indifféremment pour les ruminants, à condition de les ramasser dans les deux-trois jours qui suivent le moissonnage-battage et de les compléter en azote de façon à ramener la ration à une teneur en matières azotées voisine de 8 p. 100. Bien conservées et ainsi complétées en azote elles peuvent couvrir, selon leur qualité, de 50 à 80 p. 100 des besoins énergétiques d'entretien des animaux à faible besoins.

Accepté pour publication en juillet 1978.

Summary

Feeding value of cereal straw in sheep.

II. — Influence of the variety of straw and of its length of storage on the ground on the feeding value

In this study, we determined the chemical composition and measured the voluntary intake and digestibility of twelve samples of straw in adult male sheep kept in metabolism crates (6 samples of barley, 3 of wheat and 3 of oats) (Table 1). In four of them we compared the influence of immediate harvest and of leaving the straw 21 days in swath on the ground. In addition, sheep received 300 g of a mixture of soyabean oilmeal (127 g), maize (153 g) and minerals (20 g) given in two daily meals before the intake of straw.

Eating and ruminating behaviour of the animals was measured by graph recording of jaw movements during the last five days of each period.

Oat straw was poorer in nitrogen and richer in cell wall constituents than barley and wheat straw, but the latter had a higher lignin content (Table 1).

Oat straw had a higher digestibility than barley straw ($P < 0.05$) and wheat straw ($P < 0.01$): 48.9 — 44.2 and 41.9 p. 100, respectively for the organic matter. This was due to a greater crude fiber digestibility, : 60.9 — 52.6 and 52.3 p. 100, respectively for oat, barley and wheat straw (Table 2).

Barley and wheat straw did not show significant differences; neither did the winter or spring varieties.

The intake of oat straw was higher ($P < 0.05$) than that of wheat and barley: 33.1 — 30.3 and 29.7 g Dm/kg W 0.75, respectively (Table 2) and it was also more quickly ingested (Table 3). The daily time spent eating did not vary from one kind of straw to the other, and was not affected by the staying of the straw on the ground. It represented only 12 p. 100 on the daily time, which was about 40 p. 100 less than with green forages. On the other hand, the daily time spent ruminating was longer (541 mn) but varied relatively little from one kind of straw to another. The sheep adapted themselves by increasing their rate of eating. The higher the digestibility of straw, the greater the amount of straw ingested.

Swath left on the ground only slightly affected the nutritive value of the straw provided that it did not rain.

This study shows that oat straw is most fitted to replace whole or part of the hay in the rations of animals with low requirements.

It also indicates that nitrogen supplemented straw may, according to its quality, satisfy 50 to 80 p. 100 of the energy requirements for maintenance in those animals.

Références bibliographiques

- BALCH C. C., CAMPLING R. C., 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutr. Abstr. Rev.*, **32**, 669-686.
- BLAXTER K. L., WAINMAN F. W., DAVIDSON J. L., 1961. The voluntary intake of food by sheep and cattle in relation to their energy requirements for maintenance. *Anim. Prod.*, **8**, 75-83.
- CAMPLING R. C., FREER M., BALCH C. C., 1962. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw. *Brit. J. Nutr.*, **16**, 115-124.
- COOMBE J. B., CHRISTIAN K. R., 1969. Urea supplement for sheep. Utilization of organic matter, nitrogen and minerals. *J. Agric. Sci.*, **72**, 261-269.
- COOMBE J. B., PRESTON G. K., 1969. The effect of urea on the utilization of ground, pelleted roughage by penned sheep. I. Food intake, liveweight change and wool growth. *J. Agric. Sci.*, **72**, 251-259.
- DEMARQUILLY C., JARRIGE R., 1964. Valeur alimentaire de l'herbe des prairies temporaires aux stades d'exploitation pour le pâturage. I. Composition chimique et digestibilité. *Ann. Zootech.*, **13**, 301-339.
- DULPHY J. P., DEMARQUILLY C., 1974. Étude du comportement alimentaire et mérycique de moutons recevant des fourrages verts hachés. *Ann. Zootech.*, **23**, 193-212.
- FAICHNEY G. J., 1968. The effect of urea on the absorption of volatile fatty acids from the rumen of sheep fed on oat straw. *Abst. J. Agric. Res.*, **19**, 803-811.
- FISHWICK G., FRASER J., HEMINGWAY R. G., PARKINS J. J., RITCHIE N. S., 1974. The voluntary intake and digestibility of oat straw by pregnant beef cows as influenced by urea and phosphorus supplementation contained in molassed sugar-beet pulp. *J. Agric. Sci. Camb.*, **82**, 427-432.
- FORBES J. 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. Camb.*, **73**, 347-354.
- GREENHALGH J. F. D., REID G. W., 1971. Relative palatability of straw, hay and dried grass. *Brit. J. Nutr.*, **26**, 107-116.
- HEMSLEY J. A., 1964. The utilization of urea supplemented roughages. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, **5**, 521-527.
- JARRIGE R., 1963. Les constituants membranaires des plantes fourragères. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 143-190.
- JARRIGE R., MINSON D. J., 1964. Digestibilité des constituants du ray-grass anglais S 24 et du Dactyle S 37, plus spécialement des constituants glucidiques. *Ann. Zootech.*, **13**, 117-150.
- KAY M., ANDREWS R. P., MAC LEOD N. A., WALKER T., 1968. Urea and cereals as supplement for ruminants offered barley straw. *Anim. Prod.*, **10**, 171-175.
- LYONS T., CAFFEY P. J., O'CONNEL W. J., 1970. The effect of energy protein and vitamin supplementation on the performance and voluntary intake of barley straw by cattle. *Anim. Prod.*, **12**, 323-334.
- O'DONOVAN P. B., 1968. Urea supplementation of roughage — based diets for cattle. *J. Agric. Sci. Camb.*, **71**, 137-144.
- OWEN J. B., MILLER E. L., BRIDGE P. S., 1969. Complete diets given ad libitum to dairy cows. The effect of level of inclusion of milled straw. *J. Agric. Sci. Camb.*, **72**, 351-357.
- RAVEN A. M., FORBES T. J., IRWIN J. H. D., 1969. The utilization by beef cattle of concentrate diets containing different levels of milled barley straw and protein. *J. Agric. Sci.*, **73**, 355-363.
- RUCKEBUSCH Y., 1963. Recherches sur la régulation centrale du comportement alimentaire des ruminants. *Thèse de Doct. Sci. Lyon*.
- SKOURI H., 1966. Valeur nutritive de la ration et comportement alimentaire du ruminant. Thèse de Docteur-Ingénieur Paris. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Tunisie*, **40**, 251 p.
- TILLEY J. M. A., TERRY R. A., 1963. A two-stage technique for in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, **18**, 104-111.

- VAN SOEST P. J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds.
I. Preparation of fiber residue of low nitrogen content.
II. Rapid methods for the determination of fiber and lignin.
J. Ass. Off. Agric. Chem., **46**, 825-829-835.
- VAN SOEST P. J., WINE R. H., 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. IV.
Determination of plant cell-wall constituents. *J. Ass. Off. Anal. Chem.*, **50**, 50-56.
- XANDÉ A., 1978. 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.
-