

Mem. BOLLAY

093 AGRO

N^o 7 Ag. 09/98
AGRO.



17 JUIN 1998

093

THE BRITISH LIBRARY

Document Supply Centre

This document has been supplied by, or on behalf of,
The British Library Document Supply Centre
Boston Spa, Wetherby, West Yorkshire LS23 7BQ
UNITED KINGDOM

WARNING: Further copying of this document (including storage in any medium by electronic means), other than that allowed under the copyright law, is not permitted without the permission of the copyright owner or an authorised licensing body.

- WATSON S.J., NASH M.J., 1960. The conservation of grass and forage crops. Oliver and Boyd Ed., London, 758 p.
- WHITE L.M. HARTMAN G.P., BERGMAN J.W., 1981. In vitro digestibility, crude protein and phosphorus content of straw of winter wheat, spring wheat, barley and oat cultivars in eastern montana. Agron. J., 73, 117-121.
- XANDE 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.

Influence de la complémentation sur la valeur alimentaire et l'utilisation des mauvais foins et des pailles par les ruminants

M. CHENOST

*INRA, Laboratoire des Aliments,
CRZV de Theix, 63122 Ceyrat*

Plusieurs raisons ont conduit à développer des travaux pour améliorer la valeur alimentaire, très faible, des fourrages pauvres (pailles surtout) et des foins tardifs :

- l'abondance de ces ressources dans le monde (tableaux 1 et 2) ;
- le fait que les ruminants sont les herbivores les plus capables de tirer parti des produits lignocellulosiques. La paille distribuée seule ne couvre cependant pas les besoins d'entretien des animaux et les foins tardifs y parviennent difficilement. Il est donc nécessaire d'en améliorer la valeur alimentaire ;
- le besoin ressenti par les éleveurs de réduire le coût de l'alimentation de leurs troupeaux, tout au moins de certaines catégories d'animaux.

Nous voudrions rappeler ici les principes (complémentation, rationnement) permettant d'utiliser au mieux le potentiel nutritif des

TABLEAU 1 - Utilisation des pailles dans le monde et en France

	Monde ⁽¹⁾	France ⁽²⁾
<u>Production totale</u> (en milliers de tonnes)		
Total	2 000 000 à 3 000 000	25 000 (+ 20 000 cannes de maïs)
<u>Utilisation</u> (en p.100 de la production totale)		
- brûlées	37	12
- enfouies	-	19
- collectées	63	69
<u>Utilisation de la paille collectée</u> (en p.100 de la paille collectée)		
- litière	36	la plus grosse part
- alimentation animale	15	10 à 20
- industrie	12	le reste

Sources

(1) FAO yearbooks

(2) W. PALZ et Ph. CHARTIER (1982)

TABLEAU 2 - Quantités de paille de céréales potentiellement disponibles en 1978 dans les pays de la communauté (CEE Bruxelles) (en milliers de tonnes)

W. PALZ et Ph. CHARTIER, 1982

		Origine des pailles					
		Blé	Orge	Avoine	Seigle	Autres céréales	Total
2.	Allemagne	6 470	5 890	3 450	3 450	-	19 470
1.	France	16 150	7 350	1 950	580	340	26 370
4.	Italie	7 120	550	380	50	40	8 140
8.	Hollande	590	230	100	90	-	1 010
6.	Belgique	789	540	130	80	-	1 540
9.	Luxembourg	20	50	20	10	-	90
3.	Royaume-Uni	5 080	7 190	690	40	-	13 010
7.	Irlande	220	1 020	110	-	-	1 350
5.	Danemark	550	4 400	220	410	-	5 570
Total.....		36 990	27 220	7 050	380		76 550

Chiffres basés sur l'estimation CEE : quantité de paille = 85 à 100 % de la quantité de grain produite suivant les espèces.

pailles lorsqu'elles représentent, en matière sèche, la part principale de la ration. L'influence des traitements sera étudiée dans un autre exposé (CHENOST et DULPHY, 1987).

Les pailles sont, avant tout, constituées de parois végétales qui représentent de 60 à 85 p.100 de la matière sèche. Ces parois sont composées de glucides complexes : cellulose vraie, hémicelluloses et lignine (tableau 3). Les pailles ne contiennent qu'une faible quantité de glucides solubles (1 à 3 p.100) et de matières azotées (2 à 5 p.100 pour les pailles de céréales, 4 à 7 p.100 pour celles de graminées fourragères, 7 à 12 p.100 pour celles de légumineuses) dont la solubilité est de l'ordre de 20 % pour les pailles de céréales. Elles sont, en outre, très pauvres en minéraux (tableau 3) et en vitamines.

Sauf, peut-être, celles des légumineuses, les pailles ne peuvent être distribuées seules aux animaux. Il est donc nécessaire de les compléter.

Elles sont peu digestibles : en présence d'un maximum de 30 p.100 de concentré dans la ration, la digestibilité de leur matière organique est en moyenne de 49, 44 et 42 p.100, respectivement pour l'avoine, l'orge et le blé (valeur énergétique comprise entre 0,40 et 0,50 UFL, tableau 3).

Elles sont ingérées en faible quantité : en moyenne 30 g MS/kg $P^{0.75}$, soit de 600 à 650 g pour des moutons de 60 kg et de 1,2 à 1,5 kg de MS/100 kg PV pour les bovins (HODEN, 1972). Leur valeur d'encombrement chez le bovin se situe en moyenne entre 1,60 et 1,90 UEB d'après les différents essais conduits jusqu'ici au CRZV (celles des pailles traitées à l' NH_3 passe en moyenne à 1,19 - 1,65 UEB).

Leur complémentation avec des concentrés à base de céréales entraîne une augmentation des quantités de matière sèche totale ingérées (fig,1) et une diminution de leur ingestibilité. Toutefois, comme pour les fourrages pauvres, le taux de substitution est faible. Il est en moyenne de 0,25 (0,22 à 0,28) d'après les différents essais réalisés jusqu'ici, c'est-à-dire 0,25 kg de MS de paille ingérée en moins par kg de MS de concentré en plus. Cette valeur est, tout du moins, valable pour les apports d'aliment concentré compris entre 0,5 et 1 p.100 du poids vif.

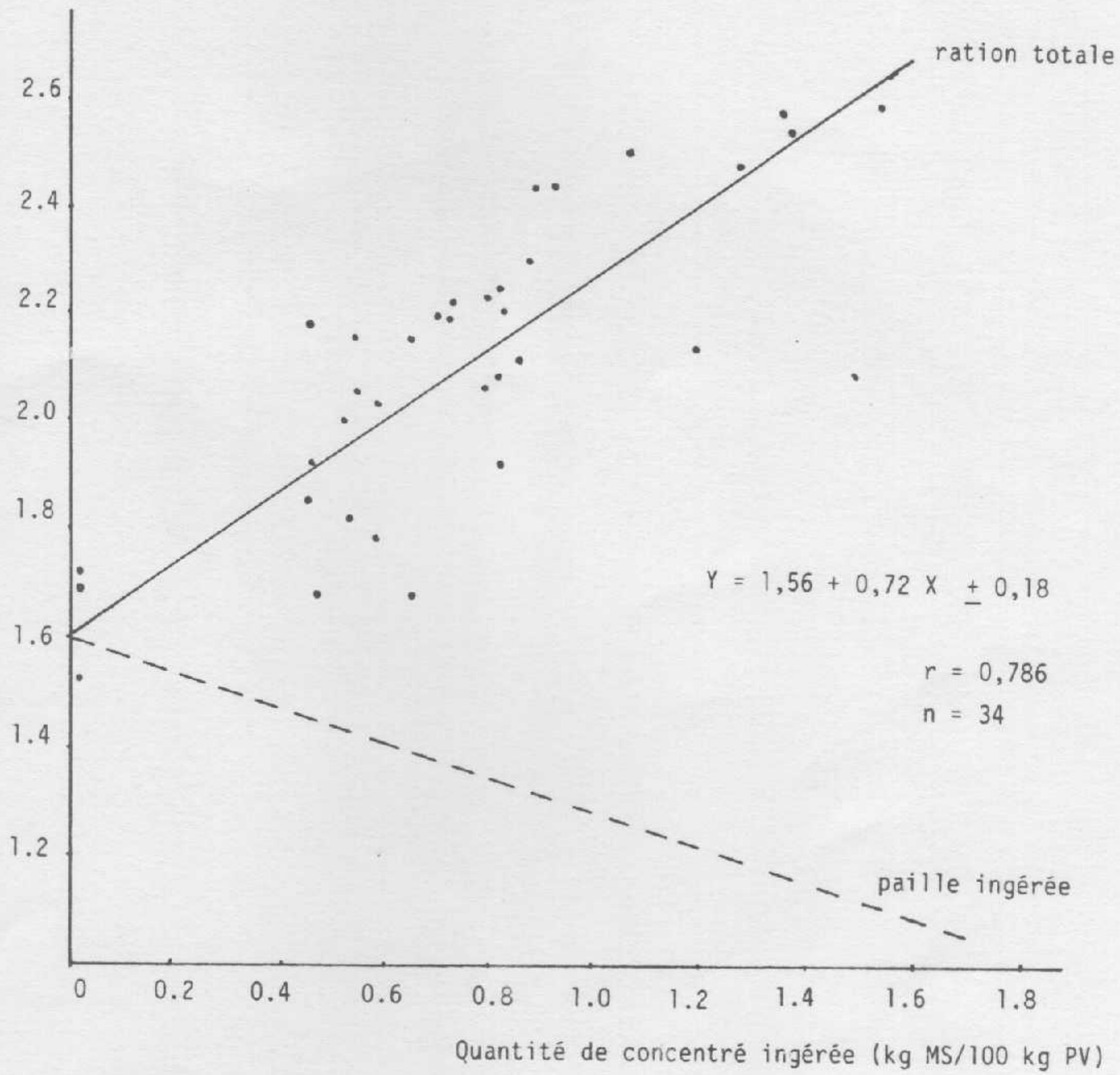
TABLEAU 3 a - Composition chimique et valeur nutritive moyenne des pailles et de quelques sous-produits

Aliments	Teneur en p.100 de la M.S.			Digestibilité de la matière organique (%)		Minéraux par kg de matière sèche																																		
	matière sèche (%)	Cendres	MAT	Cellulose brute	MAT	UF (g)	Ca (g)	P (g)	K (g)	Na (g)	Mg (g)	Zn (g)	Mn (g)	Cu (g)	S (g)	Co (mg)																								
Pailles																																								
Avoine	90	7,0	3,5	43		0,48	3,8	1,2	20	2,5	1,2	130	15	4																										
Orge	90	6,0	3,5	43		0,43	4,0	0,7	15	1,0	0,8	56	12	3																										
Blé	90	6,5	3,0	44		0,40	2,5	0,8	10	1,0	0,9	50	5	3																										
Cannes de maïs sèches ensilées	82 35	7,5 9,0	4,5-7,0 5,5-7,5	32 32		0,48 0,50	3,5 4,0	1,5 2,0	10 10	2,0 2,0	2,2 2,2	25 25	50 50	12 12																										
Marc de raisin ensilé	30-35	9,0	13	20-30		0,25	6,0	3,0		0,8	25	30	75																											
Besoins en minéraux par kg de matière sèche de la ration (1 et 2)																																								
Vaches à l'entretien							4,0	3,0	3,0	1,5	1,5	80	50	10	1,5	0,1																								
Vaches en lactation (15 kg de lait)							6,0	4,0	5,0	1,5	1,5	80	50	10																										
Bovins à l'engrais							5,5	4,5	4,0	1,5	1,5	80	50	10																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Teneur en p.100 M.S.</th> <th colspan="2">Cellulose vraie (p.100 des parois)</th> <th colspan="2">Hémicellulose (p.100 des parois)</th> <th colspan="2">Lignine</th> </tr> <tr> <th>Teneur en parois (p.100 M.S.)</th> <th>Cellulose vraie (p.100 M.S.)</th> <th>Hémicellulose vraie (p.100 des parois)</th> <th>Lignine (p.100 des parois)</th> <th>Teneur en parois (p.100 M.S.)</th> <th>Cellulose vraie (p.100 des parois)</th> <th>Hémicellulose vraie (p.100 des parois)</th> <th>Lignine (p.100 des parois)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60 - 85</td> <td>45 - 85</td> <td>20 - 25</td> <td>8 - 12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																	Teneur en p.100 M.S.		Cellulose vraie (p.100 des parois)		Hémicellulose (p.100 des parois)		Lignine		Teneur en parois (p.100 M.S.)	Cellulose vraie (p.100 M.S.)	Hémicellulose vraie (p.100 des parois)	Lignine (p.100 des parois)	Teneur en parois (p.100 M.S.)	Cellulose vraie (p.100 des parois)	Hémicellulose vraie (p.100 des parois)	Lignine (p.100 des parois)	60 - 85	45 - 85	20 - 25	8 - 12				
Teneur en p.100 M.S.		Cellulose vraie (p.100 des parois)		Hémicellulose (p.100 des parois)		Lignine																																		
Teneur en parois (p.100 M.S.)	Cellulose vraie (p.100 M.S.)	Hémicellulose vraie (p.100 des parois)	Lignine (p.100 des parois)	Teneur en parois (p.100 M.S.)	Cellulose vraie (p.100 des parois)	Hémicellulose vraie (p.100 des parois)	Lignine (p.100 des parois)																																	
60 - 85	45 - 85	20 - 25	8 - 12																																					
Pailles de céréales																																								

Réf. : INRA 1978, Alimentation des Ruminants
 (1) : GUEGUEN, 1973
 (2) : LAMAND, 1975

FIGURE 1 - Influence de la quantité de concentré distribuée (X) en plus de la paille offerte à volonté sur les quantités de matière sèche de paille et totales (Y) ingérées par des animaux d'élevage

Matière sèche totale
ingérée (kg/100 kg poids vif)



(DEMARQUILLY, PETIT, 1976)

I - LA COMPLEMENTATION EST NECESSAIRE POUR LES MICROORGANISMES

(ACTIVITE CELLULOLYTIQUE)

La complémentation doit, tout d'abord, apporter aux microorganismes du rumen les éléments nutritifs dont ils ont besoin pour se développer et dégrader les polysaccharides des parois. Cette dégradation (cellulolyse) est réalisée grâce aux systèmes enzymatiques (hémicellulases, cellulases) des microbes anaérobies cellulolytiques des pré-estomacs ou du gros intestin, véritables "fermenteurs", des herbivores.

Cette complémentation doit en outre assurer toutes les conditions nécessaires au maintien d'une bonne cellulolyse.

1. Comment compléter

. Quantité d'azote dont doivent disposer les microorganismes

Rappelons que la flore bactérienne cellulolytique est constituée pour 30 à 60 p.100 de protéines. Il est donc indispensable que les microbes puissent trouver l'azote et l'énergie nécessaires à la synthèse de leurs protéines. Les pailles sont déficitaires en azote, mais elles fournissent de l'énergie, quoique celle-ci soit libérée lentement, au fur et à mesure de la dégradation des glucides complexes. Il faudra donc apporter en priorité une complémentation azotée.

Les besoins en azote des microorganismes dépendent de la quantité d'énergie fermentescible présente. On sait que dans le système PDI ces besoins ont été fixés à 135 g de MAT par kg de matière organique digestible, mais ils ont été exprimés de différentes manières par les nombreux auteurs ayant étudié l'utilisation des fourrages pauvres :

PIGDEN et BENDER (1972) estiment que des rations pauvres contenant 50 p.100 d'énergie digestible doivent contenir 1 % d'azote pour pouvoir être correctement fermentées. Cette teneur doit être égale à 1,5 ou 2 % d'azote lorsque la ration est plus digestible ou lorsqu'elle contient une fraction d'amidon et de sucres solubles. SATTER et ROFFLER (1975) estiment que la fermentation est limitée à partir d'une concentration d'azote ammoniacal dans le rumen inférieure à 5 mg/100 ml de jus de rumen. ROY et al. (1977) estiment à 7,8 g la quantité de MAT nécessaire par mégajoule (2392 kcal.) d'énergie métabolisable.

Ces données confirment celles que HODEN (1972) avait regroupées dans sa revue bibliographique.

L'azote peut être apporté sous forme non protéique (urée par exemple) à condition que l'apport soit bien étalé dans la journée : 12,5 g d'urée avec la paille seule ; 30 g d'urée avec un apport complémentaire d'énergie sous forme d'un minimum de 2 kg de céréales pour des bovins de 2 ans en croissance. Ces quantités d'urée "valorisable" ayant été calculées grâce au système PDI permettent de déterminer, pour chaque ration, l'équilibre PDIE/PDIN (HODEN, 1979).

. Présence de minéraux

L'apport de minéraux, dont la paille est carencée, est également nécessaire à la synthèse microbienne. Il s'agit des éléments majeurs, en particulier P, Ca, Mg, mais également des oligoéléments : Cu, Zn, Mn, Fe, et S pour la synthèse des acides aminés soufrés. Les besoins exacts sont encore toutefois mal connus. LAMAND (1979) a cependant proposé des recommandations permettant d'éviter toute carence. Nous donnons dans le tableau 4 quelques indications sur la complémentation minérale et vitaminique à apporter .

. pH du jus de rumen

La majorité des bactéries cellulolytiques réduisent leur activité à des pH inférieurs à 6,5 ou 6,0 (MOULD et ØRSKOV, 1983/84). Or, on sait que l'addition de concentrés riches en glucides fermentescibles (amidon des céréales, mélasse,...) dans la ration entraîne une chute du pH du rumen en raison de la production rapide et importante d'acides gras volatils (AGV), qui en résulte. Pour éviter ces problèmes, il conviendra donc de limiter l'apport d'amidon ou de sucres rapidement fermentescibles. DULPHY (1983) a montré que la proportion de concentré dans la ration ne doit pas dépasser 30 p.100 et qu'il faudra préférer des compléments riches en parois digestibles aux céréales riches en amidon. Dans le cas des céréales, le maïs ou le riz permettent une meilleure cellulolyse que l'orge.

. Permanence de l'apport d'éléments nutritifs et "renouvellement" des microorganismes

L'activité cellulolytique dépend également de la régularité des apports d'éléments nutritifs à la flore microbienne et du renouvellement ou de la régénération de cette dernière, comme l'ont souligné CHESSON et ØRSKOV (1984) et PRESTON et LENG (1984).

TABLEAU 4 - Complémentation minérale et vitaminique des pailles

1) Minéraux

Complément de type 10 P - 18 Ca, enrichi en oligo éléments
(Zn, Cu, Fe, Mn) à distribuer à raison de,
80 g/j pour des génisses de un an
150 g/j pour des vaches de 600 kg

exemple de composition du CMV	p.100
CaHPO ₄ , 2 H ₂ O	55
NaCl	26
Mg SO ₄ , 10 H ₂ O	9
Na ₂ SO ₄ , 10 H ₂ O	7
Soufre (fleur)	1
Oligo éléments	2

Composition du mélange oligo éléments	p.100
Zn SO ₄ , 7 H ₂ O.....	47,4
Mn SO ₄ , H ₂ O	23,7
Fe SO ₄ , 7 H ₂ O	23,7
CU SO ₄ , 5 H ₂ O	4,7
CO SO ₄ , 7 H ₂ O	0,09
Se O ₃ Na ₂	0,04

2) Vitamines

- AD₃E, en particulier l'apport de vitamine A,
- . soit sous forme hydrosoluble dans le CMV. L'apport doit être compris entre 20 à 50 000 UI/jour.
 - . soit sous forme d'injection intramusculaire 1 fois par mois à raison de 1 à 2 millions d'UI par injection.

L'ingestion continue d'aliments par l'animal permet de régulariser ces apports. Il convient donc d'éviter de distribuer la ration en repas espacés. On recherchera, au contraire, à étaler la distribution de la paille et, surtout, à fractionner les repas de concentrés. L'idéal serait de mélanger le concentré à la paille.

2. Conséquences sur les quantités d'aliments ingérées et la digestibilité

. Importance de la vitesse de digestion

La fixation des microorganismes cellulolytiques sur les fragments de fourrage et leur prolifération requiert un certain délai et la présence d'un minimum d'énergie rapidement disponible. La dégradation des polysides pariétaux ne démarre que lorsqu'ils ont colonisé les tissus végétaux et qu'ils disposent des éléments nutritifs nécessaires. C'est ce que traduit la figure 2 (a) où sont représentées les courbes type de disparition de la matière sèche dans le rumen en fonction du temps. Pour un milieu de fermentation donné, les courbes 1 et 2 représentent la vitesse de digestion des deux fourrages de même digestibilité, mais d'accessibilité différente aux microorganismes : facile et rapidement dégradable pour la courbe 1, difficile et digéré lentement pour la courbe 2.

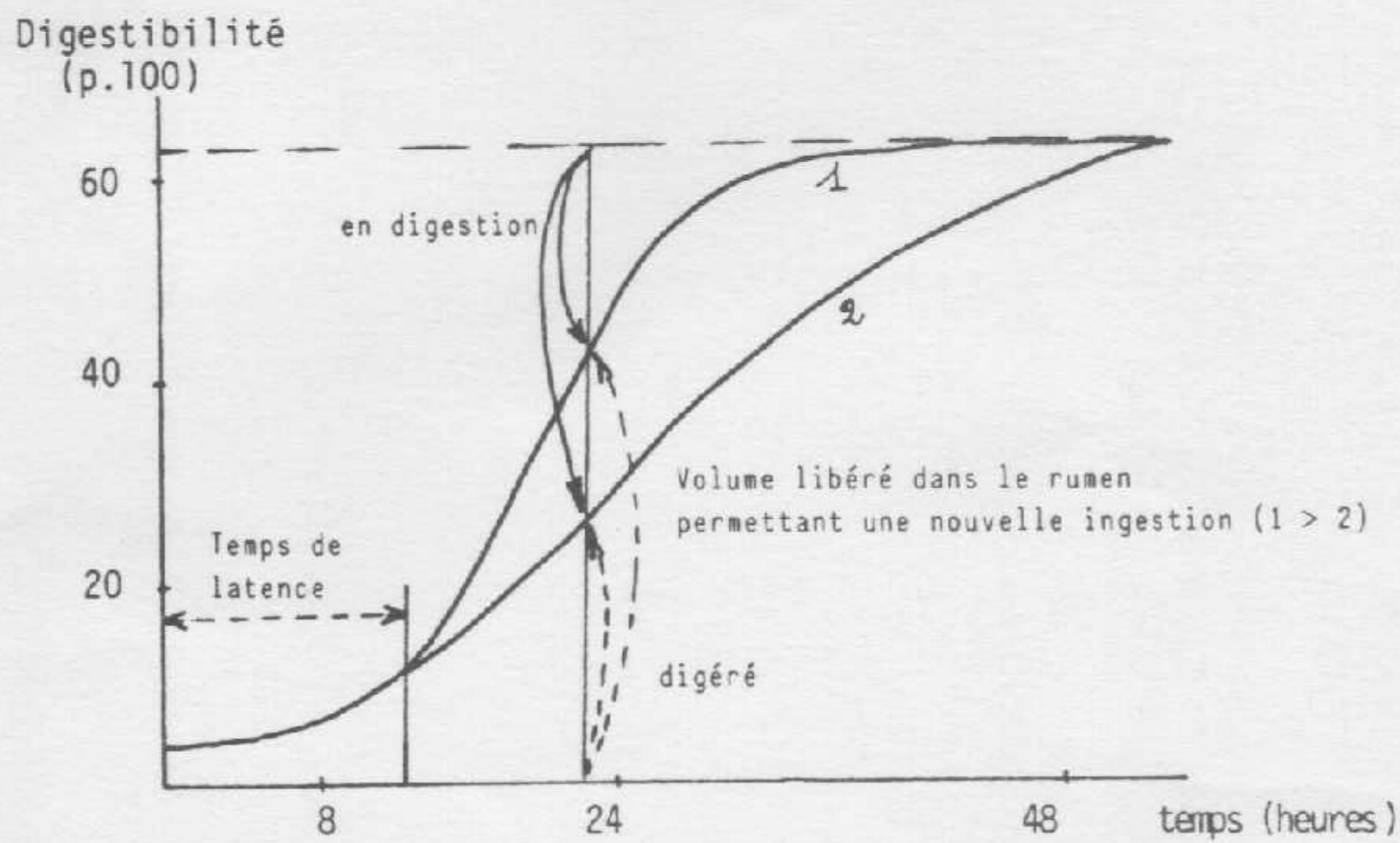
L'action conjuguée de l'activité cellulolytique et de la mastication (ingestion + rumination) permet de réduire l'ingesta en particules suffisamment fines pour franchir l'orifice réseau/feuillet et quitter le rumen. Elle détermine, avec la résistance qu'opposent les parois végétales à leur digestion et à leur réduction en fines particules, le pouvoir d'encombrement des fourrages dans le rumen.

. Influence de l'intensité de l'activité cellulolytique sur les quantités ingérées et la digestibilité

L'intensité de l'activité cellulolytique revêt donc une grande importance car elle détermine en partie la masse et le volume des particules dans le rumen et, par conséquent, la possibilité pour l'animal d'ingérer de nouvelles quantités d'aliments (régulation physique de l'appétit). Elle joue aussi sur la vitesse de libération des éléments digestibles de la paille et la rapidité avec laquelle ces derniers vont pouvoir être mis à la disposition des microbes de l'animal hôte.

FIGURE 2 - Vitesse de digestion des fourrages dans le rumen

a) exemple type : fourrages 1 et 2 de même digestibilité mais l'un rapidement fermenté (1), l'autre fermenté lentement (2)

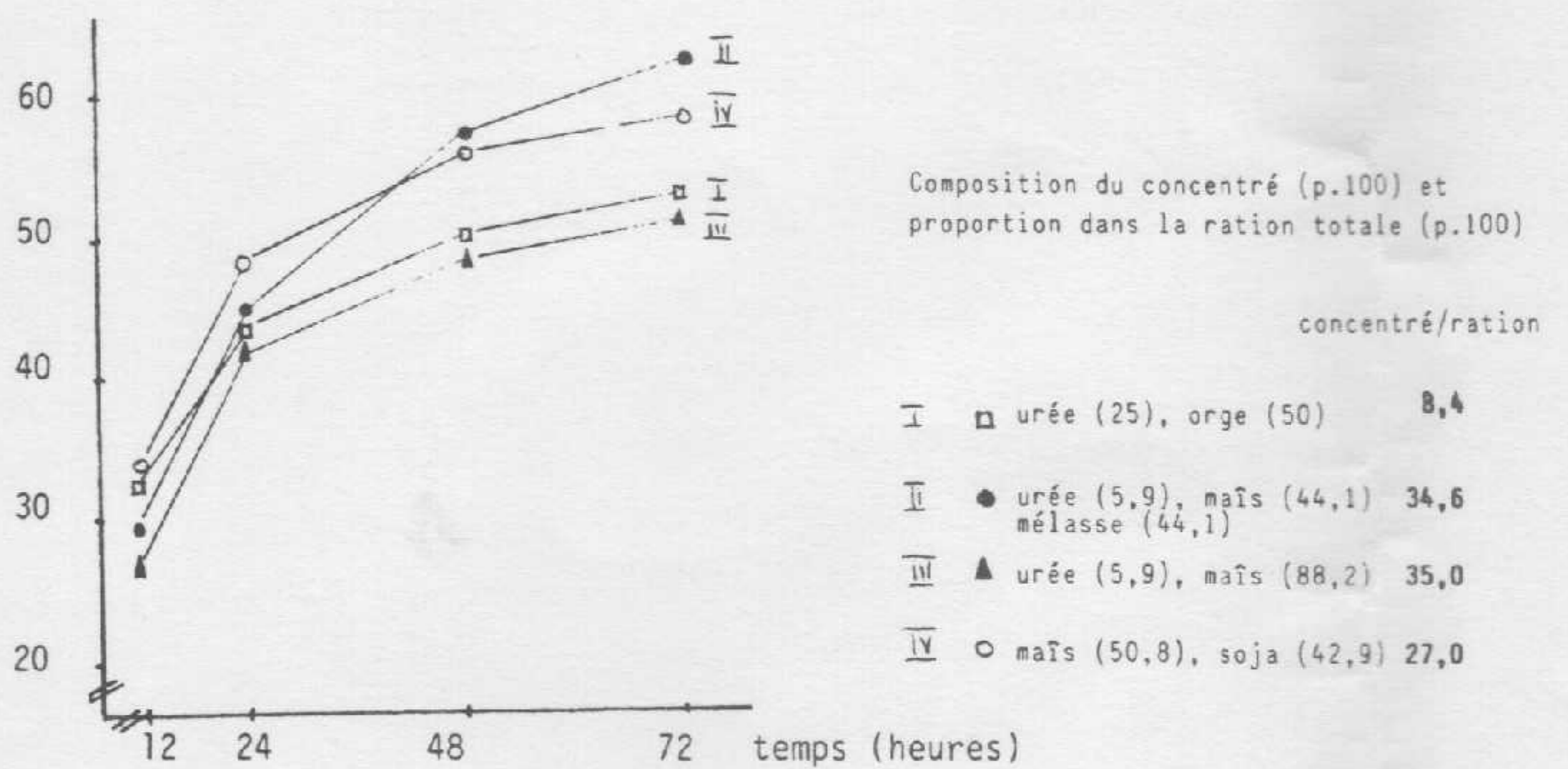


(DEMARQUILLY, 1969)

b) effet de la complémentation sur la vitesse de digestion d'une paille d'orge

(XANDE, 1978)

Quantité de matière sèche disparue (p.100)



HODEN (1972) constate, sur génisses de 2 ans, une augmentation des quantités de matière sèche ingérées de 10,3 g/kg P^{0.75} (soit 32 p.100) avec 16 régimes dont la teneur de la MS en MAT passe de 3,6 à 8,2 p.100 et une augmentation de 8,4 g/kg P^{0.75} (soit 14 p.100) avec 29 régimes dont la teneur en MAT passe de 7,3 à 10,7 p.100. Ceci montre d'ailleurs que l'augmentation des quantités ingérées due à la complémentation azotée est d'autant plus importante que la teneur en MAT du fourrage initial est faible.

Un autre phénomène, important à signaler dans le cas des régimes à base de fourrages pauvres, est la nécessité d'adaptation des animaux à leur régime et la lenteur de cette dernière. Les moutons augmentent les quantités de pailles qu'ils ingèrent de 430 à 860 g/jour en 20 semaines d'après XANDE (1978) qui a pu ainsi relier les quantités de pailles non traitées ingérées à la durée de l'adaptation suivant une équation,

$$Y = 162 + 0,148 X \quad (r = 0,981)$$

où Y est la quantité de matière sèche ingérée (en g/kg P^{0.75}) et X le temps exprimée en jours.

Les augmentations des quantités de matière sèche ingérées, constatées dans l'essai de XANDE et dues à la complémentation, sont de l'ordre de 7 à 14 p.100. Celles-ci tiennent compte, en fait, de l'adaptation des animaux à leurs régimes de paille car l'essai avait duré plusieurs mois. Si on n'avait pas tenu compte de cette évolution progressive, l'augmentation des quantités ingérées, attribuées à la complémentation, aurait été de 27, 42, 46 et 97 p.100 respectivement avec les compléments I - II - III et IV (figure 2b).

La digestibilité, en revanche, augmente peu ou pas. Elle peut même diminuer suivant le niveau et la nature de la complémentation énergétique comme l'ont montré XANDE (1978) et DULPHY (1979). C'est le cas notamment quand le complément représente plus de 30 p.100 de la ration, que la source complémentaire énergétique est constituée de céréales ou de mélasse (chute du pH, diminution de l'activité cellulolytique) et que la paille est distribuée à volonté (augmentation de la vitesse de transit entraînant une diminution du temps d'attaque des parois).

Pour qu'une mesure de digestibilité de paille ait une signification, il convient cependant, pour les raisons évoquées plus haut, d'apporter une quantité minimum de complément. C'est ainsi que nous avons

"standardisé" une méthode pour nos mesures, effectuées sur moutons.

Celle-ci consiste, après avoir adapté les animaux à leur régime, à :

1) dans un premier temps, distribuer la paille à volonté et 300 g d'aliment concentré constitué de 51 % de maïs et 43 % de tourteau de soja et 6 % de minéraux (régime optimum mis au point par XANDE, 1978). La distribution à volonté permet de mesurer l'ingestibilité et le pouvoir d'encombrement de la paille ;

2) dans un deuxième temps, distribuer la paille en quantités limitées à $30 \text{ g/kg P}^{0.75}$ (chiffre adopté par la majorité des auteurs) et la même quantité (300 g) du complément ci-dessus. On mesure ainsi la digestibilité de la ration totale et, par le calcul (en supposant qu'il n'y a pas d'interaction paille/concentré sur la digestibilité), celle de la paille à l'intérieur de la ration.

II - COMPLEMENTATION "SUPPLEMENTAIRE"

POUR SATISFAIRE LES BESOINS DE L'ANIMAL

Le deuxième objectif de la complémentation est d'apporter les éléments nutritifs permettant aux animaux, en plus de la couverture de leurs besoins d'entretien, de réaliser des performances, certes modestes. On sait en effet que les pailles, même correctement complémentees pour couvrir les besoins des microbes du rumen, ne permettent pas de couvrir la totalité des besoins d'entretien des animaux qui les reçoivent.

Cette complémentation ne doit pas pénaliser l'activité cellulolytique du jus de rumen (cf. plus haut) et doit assurer un bon équilibre des produits terminaux de la ration totale.

Les apports sont essentiellement azotés et énergétiques

. L'azote sera apporté sous forme de protéines d'origine alimentaire échappant à la fermentation du rumen et digestibles dans l'intestin grêle (PDIA). Les compléments pourront être des tourteaux tannés ou toute source protéique la moins soluble possible (tourteaux de soja, ..., protéines d'origine animale, protéines végétales riches en tannins, ...). Ces protéines assurent non seulement la couverture des besoins de production de l'animal, mais favorisent également son appétit, comme l'a montré EGAN (1965) et, par là, l'ingestion de paille.

. L'énergie devra être apportée de manière à ce que la diminution de l'activité cellulolytique soit la plus faible possible. Pour les raisons évoquées plus haut, on s'attachera à en fractionner l'apport tout au long de la journée. On préférera des aliments riches en parois digestibles : pulpes de betterave (ou d'agrumes pour les pays qui en disposent), herbe ou ensilage de bonne qualité. On évitera, si possible, les céréales (source d'amidon entraînant une diminution du pH). Dans le cas, d'ailleurs général, des pays céréaliers où on dispose surtout de céréales, on préférera le maïs ou le riz à l'orge.

La quantité d'aliment complémentaire ne devra pas dépasser 30 p.100 (en matière sèche) de la ration totale de façon que l'activité cellulolytique puisse être maintenue à son optimum.

Enfin, dans certains cas particuliers (PRESTON et LENG, 1979 et 1984), comme les pays tropicaux où les sources d'énergie complémentaires (sucres simples comme la mélasse par exemple) sont très fermentescibles dans le rumen, il conviendra de rééquilibrer les produits terminaux de la fermentation dans le rumen (riches en AGV, en particulier en C₂). L'apport d'acides aminés sous forme de protéines peu solubles et de certains amidons (brisures de riz,...) digestibles dans l'intestin grêle permettra de mettre à la disposition des cellules de l'organisme le glucose qui risquerait d'être déficitaire.

III - CONSEQUENCES PRATIQUES ET CONCLUSIONS

La complémentation vise à (1) assurer les conditions d'une bonne cellulolyse, (2) faire consommer un maximum de paille et (3) assurer la couverture des besoins de production de l'animal.

Il convient, pour cela, de respecter les conditions suivantes :

. apport pour les microbes du rumen, (1) d'une quantité d'azote non protéique (urée...) ou fermentescible proportionnelle à la quantité d'énergie apportée par la ration (équilibre PDIN/PDIE), (2) certains minéraux, du soufre notamment ;

. apport pour l'animal, (1) d'un minimum de protéines insolubles (stimulation de l'appétit), (2) de minéraux et de vitamines (en particulier A, D₃, E cf. tableau 4) présents en très faibles quantités ou inexistantes dans la paille,

. maintien du pH du rumen à des valeurs supérieures à 6 - 6,5. Cela est possible si la complémentation énergétique nécessaire aux besoins des animaux est :

- apportée sous forme d'aliments riches en parois digestibles (fourrages verts, ensilages d'herbe et de foin de bonne qualité, pulpes de betteraves...). Leur proportion dans la ration ne devra cependant pas dépasser 40 - 45 p.100 de la matière sèche. A défaut, on pourra aussi utiliser des céréales, mais leur proportion dans la ration doit alors être inférieure à 30 p.100 ;

- distribuée de la façon la plus régulière possible tout au long de la journée : fractionnement des repas ou, mieux, distribution en mélange avec la paille.

En conclusion, les pailles non traitées (et les fourrages pauvres en général) peuvent constituer la fraction principale des rations pour animaux à besoins modérés. Leur utilisation optimale suppose l'observation de certaines règles qu'on peut regrouper en deux catégories :

- . celles permettant de maximiser la fonction ruminale pour tirer le meilleur parti de ces fourrages : la complémentation en azote non protéique utilisable par les microorganismes du rumen est la plus importante. La nature, le niveau et le mode de rationnement des compléments, qui viennent ensuite, visent à maintenir les conditions d'une bonne cellulolyse (maintien du pH à un niveau élevé, permanence et homogénéité de l'ingestion) ;

- . celles visant à stimuler l'appétit de l'animal et à équilibrer sa fourniture en éléments indispensables pour sa production ; les compléments protéiques insolubles jouent ici un rôle très important, souligné par la majorité des auteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CHESSON A., ORSKOV E.R., 1984. Microbial degradation in the digestive tract. in "Straw and other fibrous by-products as feed ; Sundstol and Owen E., eds. ; Elsevier, Amsterdam, 340-372.

DEMARQUILLY C., PETIT M., 1976. Utilisation des pailles et autres sous-produits végétaux cellulosiques de grandes cultures dans les systèmes de production animale intensifs : comparaison avec les systèmes classiques.
Proc. Consultation Technique sur les Nouvelles Sources d'Aliment du Bétail. Chap. 6, 61-86. FAO Rome, 22-24 Novembre 1976.

- DULPHY J.P., 1979. Valeur alimentaire des pailles traitées ou non. B.T.I., 341-348. Pl, BOV.OV., 339, 319-336.
- 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, (3), 195-214.
- DULPHY J.P. BRETON J., LOUYOT J.M., BIENAIME A., 1983. Etude de la valeur alimentaire des pailles de céréales traitées ou non à la soude. III - Influence du niveau d'apport d'aliment concentré. Ann. Zootech., 32, (1), 55-81.
- EGAN A.R., 1965. Nutritional status and intake regulation in sheep. IV - The influence of protein supplements upon acetate and propionate tolerance of sheep fed on low quality chaffed oaten hay. Austr. J. Agric. Res., 16, 473-48 .
- GUEGUEN L., 1973. La complémentation minérale des régimes à base de céréales par les ruminants. in "L'utilisation des céréales (grains) dans l'alimentation des ruminants". 4èmes Journées du Grenier de Theix. 127-128. Editions SEI.
- HODEN A., 1972. Aspects digestifs et métaboliques de l'utilisation de l'azote non protéique par les ruminants recevant des fourrages pauvres. DEA d'Endocrinologie et de Nutrition, 27 pages.
- HODEN A., 1979. Modalités de complémentation en azote et en minéraux des régimes à base de pailles ou de fourrages pauvres. B.T.I., 341-342, Pl. BOV.OV. 339, 351-359.
- INRA, 1978. Alimentation des Ruminants. Ed. INRA Publications (Route de Saint-Cyr) 78000 Versailles.
- LAMAND M., 1975. Notions de digestibilité et teneurs recommandées dans la ration : prophylaxie et traitement. in "Les acquisitions récentes sur les carences en oligo-éléments du sol aux ruminants". 90-94. Suppl. au Bull. Techn. CRZV, Theix, INRA, numéro spécial.
- LAMAND M., 1979. Le diagnostic des carences en oligo-éléments : l'analyse du sol ou de la plante ? Bull. Techn. CRZV Theix, INRA, 35, 27-36.
- MOULD F.L., ORSKOV E.R., 1983/84. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered hay or concentrate. Anim. Feed Sci. Techn., 10, 194.
- ROY J.H.B., BALCH C.C., MILLER E.L., ORSKOV E.R., SMITH R.H., 1977. Calculation of the N requirement for ruminants from nitrogen metabolism studies. in "Protein metabolism and nutrition", Pudoc, Wageningen, 126-129.
- SATTER L.D., ROFFLER R.E., 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. J. Dairy Sci., 58, 1219-1237.
- XANDE 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, 583-589.

XANDE A., 1978. 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.

Amélioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foins et des pailles par les différents types de traitement

M. CHENOST, J.P. DULPHY

*INRA, Laboratoire des Aliments,
CRZV de Theix, 63122 Ceyrat*

Par définition, la valeur alimentaire des fourrages pauvres (pailles surtout) et des foins tardifs est faible.

Normalement, la distribution de paille ne couvre pas les besoins d'entretien des animaux et celle de foins tardifs y parvient difficilement. Une amélioration de la valeur de ces fourrages est alors souvent nécessaire ou souhaitable. Elle peut se faire par une complémentation minérale et azotée correcte, qui favorise l'activité cellulolytique dans le rumen et donc la digestion des parois végétales (cf. CHENOST, 1987). Elle peut aussi se faire, et dans le même temps, en rendant les constituants pariétaux - naturellement peu digestibles, parce que très lignifiés - plus accessibles aux enzymes digestives grâce à différents traitements.