

## **Évaluation chez le Poney de la digestibilité du maïs-fourrage déshydraté, des pulpes sèches de betterave, de la luzerne déshydratée, du son de blé, de la paille de blé et des pulpes de raisins**

R. WOLTER, Andrée DURIX, J. C. LETOURNEAU, Monique CARCELEN

avec la collaboration technique de A. BRUNY et A. VILLARD

*Laboratoire de Nutrition et d'Alimentation,  
École Nationale Vétérinaire de Lyon,  
Marcy l'Étoile, 69260 Charbonnières (France)*

---

### **Résumé**

Six aliments : maïs-fourrage déshydraté, pulpes sèches de betteraves, luzerne déshydratée, son de blé, paille de blé et pulpes de raisins, ont été distribués sous forme granulée, de manière exclusive, à six poneys placés en cages à métabolisme, pour une étude de leur digestibilité totale.

La comparaison des méthodes de WEENDE, de SCHARRER et de VAN SOEST, pour le dosage des glucides membranaires, met en évidence l'identité des taux de cellulose obtenus selon les deux dernières méthodes (tabl. 1). En outre, la technique de VAN SOEST a l'avantage de déterminer la teneur en lignine, qui rend largement compte des variations de digestibilité des différents aliments et qui apparaît également comme un très bon marqueur pour les études de la digestibilité (tabl. 2 et 3).

Ces essais font ressortir la bien meilleure valeur alimentaire, chez les équidés, des pulpes de betteraves, du maïs-fourrage déshydraté, de la farine de luzerne et du son de blé, par rapport à la paille de blé et à la pulpe de raisins dont l'utilisation digestive est très médiocre (tabl. 2 et 3).

---

### **Introduction**

Les équidés ont une anatomophysiologie digestive bien différente des ruminants (WOLTER, 1975) et, en particulier, ils digèrent moins bien les constituants membranaires (WOLTER, 1978). De ce fait, les tables de digestibilité et de valeur alimentaire, établies chez les ruminants, leur conviennent mal, d'autant plus que les aliments sont plus cellulosiques. C'est pourquoi, après avoir étudié l'utilisation digestive d'un foin, présenté sous forme longue, broyée ou granulée (WOLTER, DURIX et LETOURNEAU, 1974 et 1975), ainsi que d'un aliment complet en farine,

en granulés ou extrudé, chez le poney (WOLTER, DURIX et LETOURNEAU, 1976; WOLTER *et al.*, 1978), chez le cheval et chez l'âne (WOLTER et GOUY, 1976; WOLTER et CHAABOUNI, 1979), le présent essai est consacré à la détermination de la digestibilité de six des principales sources de lest utilisées en France dans l'alimentation des chevaux : le maïs-fourrage déshydraté, la pulpe sèche de betteraves, la luzerne déshydratée, le son de blé, la paille de blé et les pulpes de raisins.

Tous ces aliments ont été distribués en granulés et de façon exclusive. A ce propos, nos essais antérieurs ont montré que le cheval s'adapte très bien à une ration totalement granulée (WOLTER et BOULET, 1966) et que le broyage des fourrages tend à accélérer le transit digestif, en entraînant seulement une légère baisse de la digestibilité de la cellulose (WOLTER, DURIX et LETOURNEAU, 1974 et 1975); par contre, la granulation elle-même n'a aucun effet défavorable sur la digestion (WOLTER, DURIX et LETOURNEAU, 1976).

## I. — Conditions expérimentales

### A) Animaux

Six poneys mâles de 200 kg de poids moyen sont placés en cages à métabolisme. Ils disposent d'eau à volonté.

### B) Aliments

Pour chaque aliment, les animaux sont rationnés un peu au-dessous de leur ingestion maximale déterminée au cours des 8 jours précédant la phase d'adaptation de 3 semaines. Pendant la période expérimentale (1 semaine), la ration est répartie en deux repas (à 8 heures et 17 heures).

Le maïs, la pulpe de betterave et la luzerne ont été distribués simultanément à 3 groupes de 2 poneys, chacun des groupes consommant successivement les trois aliments selon la méthode des carrés latins. Les difficultés rencontrées pour faire accepter la paille et la pulpe de raisins, contrairement au son, nous ont contraints à expérimenter l'un après l'autre ces aliments, sur les six poneys.

Il s'agit d'aliments du commerce, présentés en granulés, et dont nous n'avons pas contrôlé la finesse de broyage. Leur composition centésimale est récapitulée dans le tableau 1.

### C) Prélèvements et méthodes d'analyses

Pour la détermination de la digestibilité par la méthode de récolte totale des matières fécales, celles-ci sont collectées pendant six jours consécutifs. Les aliquotes de ces prélèvements journaliers sont séchées à l'étuve à 80° pendant 48 heures, puis sont mélangées en vue des différents dosages préalablement effectués sur les aliments et concernant les éléments suivants :

- matières azotées ( $N \times 6,25$ ), par la méthode de KJELDAHL;
- cellulose brute, par les méthodes de WEENDE et de SCHARRER;
- fractions cellulosiques, par la méthode de VAN SOEST (1963 et 1967).

TABLEAU I

Composition des fourrages (p. 100 de la matière sèche)  
Composition of forages (p. 100 of dry matter)

	Pulpe sèche betterave <i>Dried sugar beet pulp</i>	Maïs fourrage déshydraté <i>Dried feed maize</i>	Luzeerne déshydratée <i>Dried lucerne</i>	Son de blé <i>Wheat bran</i>	Paille de blé <i>Wheat straw</i>	Pulpes de raisins <i>Grape pulp</i>
Matière sèche ( <i>Dry matter</i> ) . . . . .	89,70	91,4	93,4	86,3	89,04	88,88
Matières azotées brutes ( $N \times 6,25$ ) ( <i>Crude protein</i> ) . . . . .	10,8	9,7	20,5	17,0	3,30	14,10
Fibres totales . . . . .	35,59	51,32	37,13	35,81	75,59	61,02
(N.D.F. de VAN SOEST)						
Lignocellulose . . . . .	28,00	26,38	39,74	12,15	52,08	61,07
(A.D.F. de VAN SOEST)						
Hémicellulose . . . . .	7,53	24,94	6,39	23,51	23,66	0
(N.D.F. — A.D.F.)						
Lignine ( <i>Lignin</i> ) . . . . .	6,61	5,43	7,21	3,22	8,13	36,46
Cellulose vraie . . . . .	21,45	20,95	23,53	8,93	43,95	24,61
(A.D.F. — Lignine)						
Cellulose Scharrer . . . . .	21,58	22,80	23,9	10,53	43,60	21,06
Cellulose Weende . . . . .	16,20	18,70	20,8	9,70	39,60	19,8
Matières organiques ( <i>Organic matter</i> ) . . . . .	86,00	93,40	88,70	93,05	94,40	90,65
Cendres ( <i>Ash</i> ) . . . . .	13,40	6,60	11,30	6,95	5,00	9,36
Calcium ( <i>Calcium</i> ) . . . . .	1,61	0,68	2,20	0,21	0,54	1,54
Phosphore ( <i>Phosphorus</i> ) . . . . .	0,12	0,19	0,25	0,99	0,082	0,26

On a ainsi isolé, par hydrolyse en milieu neutre et acide plus ou moins concentré : les fibres brutes (Neutral Detergent Fiber: N.D.F.), la lignocellulose (Acid Detergent Fiber: A.D.F.) et la lignine; par différence, nous déduisons les teneurs en hémicelluloses (N.D.F. — A.D.F.) et en cellulose vraie (A.D.F. — lignine).

- substances minérales, par incinération à 500° pendant 5 heures;
- calcium, par photométrie de flamme;
- phosphore, par colorimétrie.

## II. — Résultats et discussion

La paille, les pulpes de raisins, et même la farine de luzerne, sont moins bien consommées que les autres aliments soumis aux essais, peut-être pour des raisons différentes telles que la carence azotée, l'excès de fibres totales ou la trop grande dureté des granulés.

Les quantités ingérées et les coefficients d'utilisation digestive, obtenus d'une part grâce à la technique de récolte totale des fèces, d'autre part au moyen de la lignine utilisée comme marqueur, sont rassemblés dans le tableau 2. Les deux modes de déterminations aboutissent à des résultats statistiquement semblables.

A) *La composition des aliments* rapportée au tableau 1 suscite déjà quelques remarques concernant les glucides membranaires :

— la cellulose de WEENDE est de 3 à 4 points inférieure aux celluloses de SCHARRE et de VAN SOEST. Sa digestibilité est aussi plus faible, ce qui tend à prouver qu'elle comporte davantage de lignine, laquelle déprime la digestibilité;

— les celluloses de SCHARRE et de VAN SOEST apparaissent très voisines (valeurs statistiquement non différentes) quant à leur taux et à leur digestibilité, ce qui traduirait une certaine identité chimique de ces composants membranaires;

— la méthode de VAN SOEST exprime mieux la valeur des aliments, en faisant ressortir l'ensemble des parois végétales et leur nature. Ainsi, les pulpes de betteraves, le maïs-fourrage déshydraté et la farine de luzerne, qui comportent des taux comparables, compris entre 21 et 24 p. 100, de cellulose de SCHARRE ou de cellulose vraie de VAN SOEST, laissent espérer une bonne digestibilité car leur teneur en lignine est faible; au contraire, la richesse en lignine des pulpes de raisins fait présager une chute de leur digestibilité.

B) *Les coefficients de digestibilité* figurant aux tableaux 2 et 3, conduisent aux constatations suivantes :

— *La digestibilité de la matière organique* (tabl. 2), qui traduit sans doute le mieux la valeur globale des aliments, fait ressortir une nette supériorité des pulpes de betteraves, en rapport avec une bonne dégradation des hémicelluloses ainsi qu'avec une richesse relative en cellulose vraie hautement digestible. Dans l'ensemble, le maïs déshydraté, la farine de luzerne et le son restent encore bien digérés, malgré une nette baisse de l'utilisation de la cellulose vraie, en particulier pour le son. Par contre, la paille et les pulpes de raisins sont très mal digérées, à cause soit d'une teneur élevée de fibres, totales associée à un très faible taux d'azote pour la paille, soit d'une très forte proportion de lignine dans le cas de la pulpe de raisins.

TABLEAU 2

Coefficient de digestibilité des constituants bruts des fourrages  
(moyenne des résultats sur 6 poneys)

Apparent digestibility of crude constituents of forages (trials on 6 ponies)

	Pulpe sèche * Dry sugar beet pulp	Mais fourrage déshydraté Dry feed maize	Lucerne déshydratée Dried lucerne	Son de blé Wheat bran	Paille * de blé Wheat straw	Pulpes de raisin Grape pulp
Quantités distribuées (Food given)	3	3	2	3	2	2
Matière sèche (Dry matter)	** 66,1 ± 2,8 *** 67,8 ± 1,7	64,3 ± 3,7 57,5 ± 1,5	62,9 ± 2,1 62,8 ± 1,8	67,8 ± 4,2 68,5 ± 3,0	27,8 ± 4,7	27,9 ± 2,9
Matières azotées brutes (N × 6,25) (Crude protein)	43,4 ± 6,2 46,2 ± 4,2	46,3 ± 6,9 35,7 ± 8,5	68,4 ± 5,6 68,7 ± 4,8	80,4 ± 6,8 81,1 ± 5,5	— 11,1 ± 12,5	9,4 ± 10,9
Matière organique (Organic matter)	74,3 ± 7,5 75,0 ± 0,9	67,6 ± 2,9	62,18 ± 2,3	70,3 ± 4,2	28,8 ± 4,6	28,2 ± 3,4
Cendres (Ash)	13,93 ± 5,3 16,9 ± 7,3	34,6 ± 15,8	68,5 ± 2,1	33,7 ± 9,4	14,8 ± 10,1	21,2 ± 12,9
Calcium (Calcium)	39,6 ± 2,6 48,2 ± 8,7	33,5 ± 22,9	69,7 ± 1,7	— 2,1 ± 6,6	33,9 ± 4,6	38,6 ± 5,0
Phosphore (Phosphorus)	— 5,6 ± 17,5 — 4,9 ± 2,7	65,7 ± 3,6	62,7 ± 2,3	66,1 ± 4,3	— 95,1 ± 16,1	— 34,6 ± 13,6

\* Résultats sur 5 poneys (Results on 5 ponies); \*\* Les résultats non soulignés sont obtenus par récolte totale des fèces No underlined results are obtained by total collection of faeces); \*\*\* Les résultats soulignés sont calculés en utilisant la lignine comme marqueur. (Underlined results are obtained with Van Soest as a marker).

TABLEAU 3  
 Coefficient de digestibilité des constituants glucidiques des fourrages  
 (moyenne des résultats sur 6 poneys)  
 Apparent digestibility of glucidic constituents of forages (trials on 6 ponies)

	Pulpe sèche * de betterave <i>Dried sugar beet pulp</i>	Mais fourrage déshydraté <i>Dried feed maize</i>	Luzerne déshydratée <i>Dried lucerne</i>	Son de blé <i>Wheat bran</i>	Paille * de blé <i>Wheat straw</i>	Pulpes de raisin <i>Grape pulp</i>
Fibres totales . . . . .	73,1 ± 2,4	62,7 ± 4,3	49,5 ± 3,1	55,8 ± 6,6	28,8 ± 5,3	22,5 ± 2,9
(N.D.F. de VAN SOEST)	74,9 ± 2,1	54,7 ± 2,1	49,1 ± 4,0	47,75 ± 5,6		
Lignocellulose . . . . .	60,2 ± 4,4	52,8 ± 5,1	45,6 ± 3,1	26,13 ± 6,7	26,7 ± 5,1	15,3 ± 3,7
(A.D.F. VAN SOEST)	63,0 ± 2,5	43,6 ± 5,0	44,8 ± 2,4	27,8 ± 4,8		
Hémicellulose . . . . .	100	73,5 ± 4,7	68,7 ± 13,2	57,0 ± 6,5	31,5 ± 6,8	
(N.D.F. — A.D.F.)		67,7 ± 3,4	69,7 ± 13,2	57,9 ± 5,9		
Cellulose vraie . . . . .	79,4 ± 2,9	62,2 ± 4,4	59,2 ± 2,4	36,3 ± 7,9	35,1 ± 4,7	40,9 ± 4,9
(A.D.F. — Lignine)	81,9 ± 2,4	54,7 ± 6,2	58,6 ± 3,1	37,8 ± 6,6		
Cellulose Scharer . . . . .	78,01 ± 3,3	60,1 ± 3,9	53,8 ± 3,2	27,5 ± 7,8	34,7 ± 5,7	39,3 ± 3,4
	78,0 ± 3,5	52,9 ± 4,8	53,1 ± 3,2			
Cellulose Weende . . . . .	75,9 ± 2,7	58,8 ± 4,6	41,5 ± 3,6	26,8 ± 5,6	29,8 ± 8,8	24,3 ± 7,2
	77,3 ± 1,8					
Lignine ( <i>Lignin</i> ) . . . . .	50,0 ± 0,06	0,16 ± 0,12	—0,04 ± 0,03	— 2,16 ± 4,2	— 18,3 ± 9,1	— 1,77 ± 4,9

\* Résultats sur 5 poneys (*Results on 5 ponies*); \*\* Les résultats non soulignés sont obtenus par récolte totale des fèces (*No underlined results are obtained by total collection of faeces*); \*\*\* Les résultats soulignés sont calculés en utilisant la lignine comme marqueur, (*Underlined results are obtained with Van Soest as a marker*).

— *La digestibilité des différentes fractions de glucides membranaires* (tabl. 3), que la méthode de VAN SOEST permet d'isoler, varie avec les aliments. Bien qu'indéniablement cette méthode marque un sensible progrès dans la prévision de l'efficacité alimentaire, la digestibilité de chacune des fractions membranaires obtenues reste encore variable selon son origine qui conditionne pour le moins le degré de lignification. Ainsi, il a été montré chez le cheval, que les constituants membranaires des légumineuses sont moins digestibles que ceux des graminées (FONNESBECK, 1967, 1968 et 1969), bien que leur taux dans ces dernières soit plus élevé.

— *La digestibilité de la lignine* (tabl. 3) est en général extrêmement proche de zéro, ce qui justifie pleinement l'emploi de ce marqueur naturel dans les mesures de digestibilité totale, et plus encore partielle chez des sujets fistulés, par exemple au niveau du caecum (WOLTER *et al.*, 1978). Dans le cas présent, la lignine de paille fait exception; cette différence peut éventuellement s'expliquer par la forte teneur de cette paille en silice qui semble interférer avec le dosage de lignine dans les matières fécales.

— *La digestibilité apparente des matières azotées* (tabl. 2) est le plus souvent assez étroitement dépendante du taux azoté des divers aliments. En effet, l'indigestible protéique, sans doute pour une grande part d'origine endogène, reste compris entre 3,3 et 6,9 avec les pulpes de betteraves, le maïs déshydraté, la farine de luzerne, le son et même la paille. Au contraire, cet indigestible atteint 12,5 p. 100 dans les pulpes de raisins (au lieu de 6,9 dans la paille), sans doute à cause de la présence de tanins qui entravent l'assimilation azotée.

— *Les digestibilités apparentes du calcium et du phosphore* (tabl. 2) sont aussi fortement influencées par les teneurs respectives des différents fourrages. A ce propos, il faut souligner la digestibilité négative du calcium contenu dans le son de blé, qui se distingue par son faible taux calcique et l'abondance de phosphore phytique.

Par contre, SCHURG *et al.* (1977) ont mesuré, chez le cheval, la digestibilité d'un maïs-fourrage déshydraté plus riche en constituants membranaires (N.D.F. = 70,2 p. 100 de M.S.) et plus pauvre en substances azotées (6,7 p. 100 de M.S.); ils obtiennent cependant des résultats plus élevés que les nôtres, notamment quant à la digestibilité de la matière sèche (70 p. 100) et des fibres totales (69 p. 100). Avant de mettre en cause une différence spécifique entre cheval et poney, qui n'est pas apparue au cours de nos essais antérieurs, il faudrait tenir compte éventuellement d'une plus faible lignification du fourrage (non précisée dans le cas présent), d'un niveau alimentaire assez bas (1,2 p. 100 du poids vif), voire d'une influence de la technologie.

## Conclusion

En conclusion, il ressort que les pulpes de betteraves, le maïs-fourrage déshydraté, la farine de luzerne et le son de blé sont des aliments cellulosiques bien valorisés chez les équidés, et qu'il suffit de les introduire dans une ration équilibrée. Par contre, la paille et les pulpes de raisins risquent de déprimer rapidement la digestibilité de l'ensemble de la ration; elles ne peuvent être utilisées qu'en proportion restreinte, dans le seul but de fournir le lest nécessaire au transit intestinal et à l'hygiène digestive.

*Accepté pour publication en octobre 1978.*

## Summary

### *Estimation of total digestibility of dried maize forage, dried sugar beet pulp, dried lucerne, wheat bran, wheat straw and grape pulp in ponies*

Six ponies were fed alternately with dried maize, dried sugar beet pulp, dried lucerne, wheat bran, wheat straw, or grape pulp all in form of pellets for total digestibility trials. They were placed in metabolism crates and received 2 or 3 kg feed/animal/day in two meals (Table 2).

The cell wall constituents (carbohydrates) were determined by the methods of WEENDE, SCHARRER and VAN SOEST (Table 1). There was a very good correlation between VAN SOEST cellulose and SCHARRER cellulose. The lignin content (VAN SOEST method) accounted for the digestibility variation between the different feeds. Lignin was also a good natural marker for the digestibility measures (Tables 2 and 3).

The nutritive value of dried sugar beet pulps, dried maize forage dried lucerne and wheat bran was higher than that of wheat straw and grape pulp, the apparent digestibility of which was unsatisfactory (Tables 2 and 3).

## Références bibliographiques

- FONNESBECK P. V., LYDMAN R. K., VANDER NOOT G. W. et SYNIONS L. D., 1967. Digestibility of the proximate nutrients of forage by horses. *J. Anim. Sci.*, **26**, 1039-1045.
- FONNESBECK P. V., 1968. Digestion of soluble and fibrous carbohydrate of forage by horses. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1336-1344.
- FONNESBECK P. V., 1969. Partitioning the nutrients of forage for horses. *J. Anim. Sci.*, **28**, 624-633.
- SCHURG W. A., FREI D. L., CHEEKE P. R. et HOLTAN D. W., 1977. Utilization of whole corn pellets by horses and rabbits. *J. Anim. Sci.*, **45**, 1317-1321.
- VAN SOEST P. J., 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A.O.A.C.*, **46**, 829-835.
- VAN SOEST P. J. et WINE R. H., 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feed. IV. Determination of plant cell wall constituents. *J. A.O.A.C.*, **50** (1), 50-55.
- WOLTER R., 1975. *L'alimentation du cheval*, 1 volume, 180 p. Vigot frères, éditeurs.
- WOLTER R., 1978. Particularités de la digestion de la cellulose chez les herbivores. *Bull. Soc. Sci. Vét. et Méd. comparée*, Lyon **82** (1), 21-40.
- WOLTER R. et BOULET D., 1966. Essais sur le rationnement du cheval de sport. *Recueil de Médecine Vétérinaire* **142** (6), 489-495.
- WOLTER R. et GOUY D., 1976. Étude expérimentale de la digestion chez les équidés par analyse du contenu intestinal après abattage. *Revue de Médecine Vétérinaire*, **127**, 1723-1736.
- WOLTER R. et CHAABOUNI A., 1979. Étude de la digestion de l'amidon chez le cheval par analyse du contenu digestif après abattage. *Revue de Médecine Vétérinaire* (sous presse).
- WOLTER R., Andrée DURIX et LETOURNEAU J. C., 1974. Influence du mode de présentation du fourrage sur la vitesse du transit digestif chez le poney. *Ann. Zootech.*, **23**, 293-300.
- WOLTER R., Andrée DURIX et LETOURNEAU J. C., 1975. Influence du mode de présentation du fourrage sur la digestibilité chez le poney. *Ann. Zootech.*, **24**, 237-242.
- WOLTER R., Andrée DURIX et LETOURNEAU J. C., 1976. Influence du mode de présentation d'un aliment complet sur la vitesse du transit digestif et la digestibilité chez le poney. *Ann. Zootech.*, **25**, 181-188.
- WOLTER R., GOUY D., Andrée DURIX, LETOURNEAU J. C., Monique CARCELEN et Jacqueline LANDREAU, 1978. Digestibilité et activité biochimique intracaecale chez le poney recevant un même aliment complet présenté sous forme granulée, expansée ou semi-expansée. *Ann. Zootech.*, **27**, 47-60.