

Digestibilité et activité biochimique intracæcale chez le poney recevant un même aliment complet présenté sous forme granulée, expansée ou semi-expansée

R. WOLTER, D. GOUY, Andrée DURIX,
J. C. LETOURNEAU, Monique CARCELEN
et Jacqueline LANDREAU,

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

Un même aliment complet, dosant 16,5 p. cent de cellulose et 10 p. cent de protéines (tabl. 1) et marqué avec 0,2 p. cent d'oxyde de chrome, est présenté sous forme granulée, expansée ou semi-expansée (seule la partie céréalière subit alors le traitement hydrothermique). Il est distribué :

— d'une part, à 6 poneys en cages à digestibilité, à raison de 3 kg /Al /j, répartis en 2 repas;
— d'autre part, à 3 poneys munis d'une fistule permanente du cæcum et ne recevant que 2 kg /Al /j, partagés en 2 repas d'une heure.

Dans ces conditions d'un régime strictement restreint, fractionné et relativement concentré, il n'apparaît pas de différences importantes entre les 3 présentations de l'aliment quant à la digestibilité totale (tabl. 2), à la digestibilité partielle atteinte au niveau du cæcum (tabl. 5), au métabolisme intracæcal (tabl. 7) (jugé à travers le pH et les taux d'ammoniac, d'acides gras volatils, d'acide lactique) (fig. 1, 2, 3, 4) pas plus qu'en ce qui concerne la glycémie et la lactacidémie (tabl. 3).

À l'occasion de ces mesures de digestibilité, nous avons observé que le recours au traceur naturel représenté par la lignine, dosée selon la méthode de Van Soest, était nettement plus fiable que le marquage de l'aliment avec de l'oxyde de chrome (tabl. 4).

De façon générale, il ressort qu'environ 80 p. cent des matières sèches et des substances azotées digestibles sont résorbées dès l'intestin grêle dont le rôle est sans doute privilégié par ce mode d'alimentation. Dans le cæcum, les fermentations, qui ne disposent alors que d'un substrat épuisé, essentiellement cellulosique, restent modérées dans l'ensemble mais avec un regain d'activité 5 à 8 heures après le repas, alors qu'arrive le maximum de la phase particulière; elles entraînent seulement un léger abaissement du pH, vers 6,7 au lieu de 7, à la faveur du doublement du taux des acides gras volatils dont les proportions demeurent inchangées, alors que la teneur en acide lactique reste très basse.

Introduction

Au cours d'essais précédents, nous avons étudié la digestion chez les équidés, soit par des mesures de digestibilité et de vitesse du transit digestif, concernant notamment un foin long, broyé ou aggloméré (WOLTER, DURIX et LETOURNEAU, 1974 et 1975) ainsi qu'un aliment complet, en farine, en granulés ou expansé (WOLTER, DURIX et LETOURNEAU, 1976), soit par analyse du contenu des différents segments du tube digestif après abattage (WOLTER et GOUY, 1976; GOUY, 1976). Cette dernière technique qui donne une bonne image de la digestion, mais seulement à un moment donné par rapport au repas, mérite d'être complétée par la mise à profit d'animaux porteurs de canules permanentes du tube digestif, permettant un examen cinétique de la digestion en des points privilégiés.

Ainsi, dans le cas présent, nous comparons 3 présentations (granulée, expansée ou semi-expansée), d'un aliment complet, qui est distribué :

— d'une part, à 6 *poneys en cages à métabolisme*, dans le but de déterminer les coefficients de digestibilité totale, ainsi que les taux sanguins de glucose et d'acide lactique;

— d'autre part, à 3 *poneys munis de fistules permanentes du cæcum*, au niveau duquel est évaluée la digestibilité partielle, en comparaison avec la digestibilité totale mesurée chez ces mêmes sujets; en outre, l'évolution du contenu cæcal est suivie quant au pH et aux taux d'ammoniac, d'acides gras volatils et d'acide lactique.

Matériel et méthodes

A. — Essais sur 6 *poneys en cages à métabolisme*

1. — Animaux.

Selon le protocole habituellement mis en œuvre (Wolter, DURIX et LETOURNEAU, 1976) 6 *poneys* mâles de 200 kg de poids moyen, sont placés en cages à métabolisme. Ils reçoivent, au cours de 3 périodes de 3 semaines (2 semaines d'adaptation, 1 semaine expérimentale), le même aliment complet présenté alternativement sous forme granulée, expansée ou semi-expansée.

Chaque animal est rationné à 3 kg/j, répartis en 2 repas égaux, distribués à 8 et 17 heures. L'essai a été répété 2 fois et les résultats exprimés sont les moyennes des 2 périodes expérimentales.

2. — Aliments.

La totalité de la farine de l'aliment expansé subit le traitement hydrothermique alors que, pour l'aliment semi-expansé, seule la fraction céréalière est traitée. Ce dernier se présente alors comme un mélange hétérogène de gros flocons blancs et de petits granulés verts comportant notamment la portion fourragère, les minéraux et les vitamines. L'expansion elle-même est réalisée au moyen d'un expandeur « Extapro » (presse Anderson) comme nous l'avons précisé dans une publication précédente (WOLTER, DURIX, LETOURNEAU, 1975).

Le tableau I récapitule la composition centésimale des aliments.

TABLEAU I

Composition des aliments (en p. cent)
Composition of experimental diets

Avoine, orge, maïs (<i>Oats, barley, maize</i>)		41	
Issues de meunerie (<i>Milling by-products</i>)		21	
Farine de luzerne (<i>Lucerne meal</i>)		35	
CMV (<i>Minerals and vitamins</i>)		3	
	Granulé <i>Pelleted</i>	Expansé <i>Extruded</i>	Semi-expansé <i>Semi-extruded</i>
Matière sèche (<i>dry matter</i>)	90,76	89,96	90,96
Protéines brutes (N × 6,25) (<i>Crude protein</i>)	10,62	10,34	10,18
Cellulose (<i>Crude fiber</i>)	16,49	16,84	16,80
Amidon (<i>Starch</i>)	22,69	23,74	23,31
Minéraux (<i>Ash</i>)	8,40	7,61	8,27
Calcium (<i>Calcium</i>)	1,28	1,15	1,34
Phosphore (<i>Phosphorus</i>)	0,39	0,44	0,43
Matières organiques (<i>Organic matter</i>)	82,36	82,35	82,69

3. — Techniques de laboratoire.

Les aliments et les fèces sont soumis aux dosages des principaux constituants afin de calculer leurs coefficients d'utilisation digestive totale. Les protéines brutes sont évaluées par la méthode de KJELDAHL (N × 6,25). La cellulose brute est estimée par la méthode de Scharrer (SCHARRER et KURSCHNER, 1932) qui consiste en une hydrolyse par un mélange d'acides acétique, trichloracétique et nitrique pendant 30 mn; cette technique, dont les résultats sont comparables à la méthode de WEENDE, présente sur cette dernière de nets avantages de rapidité et de précision. L'amidon a été dosé par voie enzymatique (CHARLIER *et al.*, 1974). A partir des matières minérales totales, déterminées après calcination à 550 °C, on a également dosé le calcium (par photométrie de flamme) et le phosphore (par colorimétrie).

L'évolution de la glycémie et celle de la lactacidémie sont suivies à partir d'échantillons de sang prélevés juste avant le repas du matin puis, à nouveau, 2 h, 4 h et 6 h après; nous indiquons les moyennes des résultats obtenus pendant 2 jours consécutifs de prélèvements. Le glucose est dosé par colorimétrie (réaction avec l'orthotoluidine, technique bio-Mérieux) et l'acide lactique par une méthode enzymatique à la lacticodéshydrogénase (réactifs bio-Mérieux).

B. — Essais sur poneys fistulés

I. — Animaux et aliments.

Trois poneys sont munis d'une canule au niveau du cæcum, la fistulation a été réalisée par D. GOUY selon une technique dérivée de celle de TEETER, NELSON et STILLIONS (1968).

Ces animaux reçoivent 2 kg/j de l'un des aliments complets marqués avec

0,2 p. cent d'oxyde de chrome. La ration est fractionnée en 2 repas distribués à 8 et 20 h; durant la période d'adaptation de 3 semaines chaque poney est entraîné à consommer sa ration en un temps limité à 1 heure.

2. — Techniques de laboratoire.

a) La digestibilité totale a été évaluée à l'aide des marqueurs, à partir de prélèvements aliquotes de fèces récoltées à 8-12 et 18 h, pendant trois jours consécutifs. Les échantillons de la même heure sont rassemblés et analysés; comme il n'est pas apparu de différences en fonction de l'heure de récolte, les résultats rapportés sont les moyennes des 3 prélèvements quotidiens.

Parallèlement, chez ces mêmes poneys fistulés, au cours d'une période expérimentale faisant suite à la phase d'adaptation, des prélèvements du contenu cæcal global (solide et liquide) sont réalisés toutes les 2 heures pendant 12 heures à partir de la distribution du repas. Après séchage à 80 °C, afin d'évaluer la matière sèche, les matières azotées totales et la cellulose brute sont dosées et les coefficients d'utilisation digestive partiels sont calculés par référence, soit au marqueur incorporé (oxyde de chrome, dosé par absorption atomique), soit à la lignine, utilisée comme marqueur naturel et dosée selon la méthode de VAN SOEST (1963).

b) Les prélèvements de liquide cæcal (10 ml sur 1 goutte de merthiolate) sont effectués au moyen d'une sonde introduite par la canule et plongeant dans le cæcum, munie à son extrémité distale d'un sac en toile de nylon faisant filtre à l'encontre des particules solides. Après la période d'adaptation, ces prélèvements sont renouvelés toutes les heures pendant 11 h successives (en commençant juste avant la distribution du repas du matin), au cours de 3 séries répétées à 2 jours d'intervalle.

Sur les échantillons de jus de cæcum, sont déterminés : le pH (au pH mètre), l'ammoniac (dosé à l'autoanalyseur Technicon par la réaction de BERTHELOT, après dilution au 1/4 dans l'acide trichloracétique 2,5 p. cent, puis au 1/10 dans l'eau, selon la technique exposée par MICHEL, 1971), les acides gras volatils (par chromatographie en phase gazeuse, après reprise par l'acide phosphorique de l'échantillon congelé), et l'acide lactique (par voie enzymatique à la lacticodéshydrogénase, après dilution du prélèvement au 1/3 par l'acide perchlorique 0,6 N, en utilisant les réactifs Bio-Mérieux).

Résultats

A. — Mesures sur les 6 poneys en cages à métabolisme

1. — Les moyennes des digestibilités apparentes totales sont réunies dans le tableau 2.

2. — L'évolution des glycémies et des lactacidémies est rapportée dans le tableau 3 pour ces deux paramètres, il n'apparaît pas de différence significative en fonction des trois présentations de l'aliment.

Coefficients d'utilisation digestive totale (essais sur 6 poneys), en p. cent
 Apparent total digestibility: trials on 6 ponies

Aliments complets (complet diet)

	Granulé (Pelleted)	Expanse (Extruded)	Semi-expanse (Semi-extruded)	Moyenne (Mean)
Matière sèche (Dry matter)	A 63,20 M 63,39 ± 1,84 ^a (*)	63,15 M 62,53 ± 2,35 ^b	64,05 63,38 ± 1,15 ^b	63,10
	B 63,58	62,66	63,35	
Substances azotées (N × 6,25) (Crude protein)	A 72,65 74,05 ± 1,84 ^b	72,15 71,78 ± 2,76 ^a	75,06 75,32 ± 1,36 ^b	73,71
	B 75,47	70,99	75,57	
Cellulose (Scharrer) (Crude fiber)	A 45,12 41,37 ± 3,74 ^a	42,47 39,32 ± 3,30 ^a	41,76 48,81	41,99
	B 37,63	37,06	45,28 ± 3,27 ^b	
Amidon (Starch)	A 97,98 98,02 ± 0,24	97,22 97,55 ± 0,71	98,12 97,98 ± 0,23	97,85
	B 98,05	97,89	97,79	
Matières organiques (Organic matters)	A 67,92 67,40 ± 2,49	66,48 66,31 ± 2,74	66,96 66,99	66,89
	B 66,89	66,14	66,97 ± 1,55	
Minéraux (Ash)	A 29,07 30,85 ± 3,26	25,99 25,29 ± 4,02	34,83 33,10	29,85
	B 32,98	24,45	33,42 ± 5,78	
Calcium (Calcium)	A 26,82 30,42 ± 6,83	27,30 27,79 ± 8,41	31,45 28,85 ± 6,40	29,02
	B 34,02	28,29	26,25	
Phosphore (Phosphorus)	A 26,45 20,58 ± 9,88	20,26 20,98 ± 10,14	17,26 29,42 ± 20,8	23,01
	B 17,11	21,72	44,45	

(*) Les lettres dissemblables indiquent des résultats significativement différents. Different letters indicate significantly different results.
 A et B : Résultats de deux périodes expérimentales différentes. Results of two different experimental periods.
 M : Moyenne des deux périodes expérimentales. Mean of two experimental periods.

TABLEAU 3

Évolution des taux plasmatiques de glucose et d'acide lactique
Kinetics of blood glucose and lactate levels

	Glycémie (g/l) (Glycemia)				Lactacidémie (mg/l) (Lactacidemia)			
	Granulé (Pellet- ed)	Expansé (Extrud- ed)	Semi- Expansé (Semi- extruded)	Moyenne (Mean)	Granulé (Pellet- ed)	Expansé (Extrud- ed)	Semi- Expansé (Semi- extruded)	Moyenne (Mean)
to = repas (Meal)	0,86	0,85	0,83	0,85	58,9	50,0	51,3	53,4
to + 2 heures (hours)	1,32	1,23	1,26	1,27	60,7	71,3	66,5	66,2
to + 4 heures	1,08	1,06	1,00	1,04	71,7	62,2	72,0	68,6
to + 7 heures	0,98	0,95	0,91	0,95	62,3	61,2	59,7	61,1

TABLEAU 4

Digestibilités totales moyennes chez 3 poneys porteurs de canules cœcales
(en p. cent)

Mean values of total digestibilities in 3 fistulated ponies

		Granulé (Pelleted)	Expansé (*) (Extruded)	Semi-expansé (Semi-extruded)	Moyenne (Mean)
Matière sèche (Dry matter)	A . . .	62,60 ± 3,05	52,90 ± 7,54	63,00 ± 6,84	59,50
	B . . .	61,01 ± 3,77	53,32 ± 4,01	62,78 ± 1,58	59,03
	C . . .	51,60 ± 3,93	49,10 ± 6,53	55,90 ± 10,04	52,20
Substances azotées (N × 6,25) (Crude protein)	A . . .	68,30 ± 4,76	67,10 ± 3,42	69,96 ± 5,81	68,45
	B . . .	68,53 ± 4,29	67,21 ± 0,34	69,98 ± 2,36	68,57
	C . . .	61,57 ± 5,31	64,80 ± 0,71	65,90 ± 8,59	64,09
Cellulose (de scharrer) (Crude fiber)	A . . .	48,78 ± 7,70	41,96 ± 5,11	49,72 ± 5,81	46,79
	B . . .	45,10 ± 3,97	46,96 ± 0,76	51,54 ± 9,40	47,86
	C . . .	31,80 ± 1,48	36,55 ± 5,02	37,10 ± 7,51	35,13

A : Récolte totale des matières fécales. Total collection of faeces.

B : Avec la lignine de Van Soest comme traceur. With Van Soest lignin as a marker.

C : Par marquage à l'oxyde de chrome. With chromic oxide as a marker.

(*) Les moyennes concernant cette présentation n'ont pu être faites que sur 2 animaux, le troisième ayant été malade. For this diet, means are obtained with two animals only, because of the sickness of the third one.

B. — Mesures sur les poneys fistulés

I. — Digestibilités, totale et partielle (au niveau du cæcum)

A propos des mesures de digestibilités totales (jugées au niveau des matières fécales), la comparaison de 3 méthodes, soit par récolte complète, soit par référence à la lignine (dosée par la méthode de Van Soest), soit par marquage à l'oxyde de chrome, montre une très bonne corrélation entre les deux premières techniques, alors que la troisième fournit des résultats systématiquement inférieurs, comme le montre le tableau 4.

De ce fait, les digestibilités cæcales, récapitulées au tableau 5, ont été calculées en utilisant la lignine comme traceur.

TABLEAU 5

Digestibilités partielles cæcales (moyenne de 3 poneys)
Partial cæcal digestibility: mean of 3 ponies

P. cent	Granulé (Pelleled)	Expansé (Extruded)	Semi-expansé (Semi-extruded)	Moyenne (Mean)
Matière sèche (Dry matter)	53,09 ± 4,19	41,68 ± 6,42	49,41 ± 5,14	48,06 (81, 4p. cent) (*)
Matières protéiques (Crude protein)	53,36 ± 10,89	55,73 ± 2,73	52,24 ± 11,19	53,44 (77,9 p. cent) (*)
Matières cellulosiques (Crude fiber)	37,12 ± 11,00	29,63 ± 3,06	23,71 ± 4,52	30,15 (62,9 p. cent) (*)

(*) Pourcentage calculé par rapport à la digestibilité totale. *Percentage calculated in relation to total digestibility.*

TABLEAU 6

Évolution du taux de matière sèche dans le cæcum (p. cent)
Variations of dry matter level in the cæcum (p. cent)

	Granulé (Pelleled)	Expansé (Extruded)	Semi-expansé (Semi-extruded)	Moyenne (Mean)
to = repas (Meal)	6,39 ± 3,20	7,41 ± 4,29	6,45 ± 1,76	6,75
to + 1 heure (Hour)	4,49 ± 2,03	6,23 ± 3,77	5,69 ± 1,79	5,47
to + 2 heures	5,31 ± 2,18	6,12 ± 3,54	4,72 ± 2,26	5,38
to + 3 heures	7,85 ± 2,21	7,62 ± 1,23	6,79 ± 2,40	7,42
to + 5 heures	9,33 ± 2,02	8,87 ± 1,63	10,01 ± 1,59	9,40
to + 7 heures	9,11 ± 2,44	7,50 ± 0,22	9,88 ± 0,61	8,83
to + 9 heures	8,04 ± 1,88	7,73 ± 0,99	11,55 ± 1,57	9,10
to + 11 heures	9,47 ± 3,60	6,01 ± 1,47	9,20 ± 2,27	8,22

2. — *Évolution de la composition du liquide cæcal*

L'eau représente 90 à 95 p. cent du contenu du cæcum, avec un minimum entre 5 et 9 h après le repas (comme cela apparaît au tabl. 6).

— *Le pH* qui est proche de 7 au moment du repas, s'abaisse vers 6,8 entre 5 à 8 h suivant celui-ci, donc de façon synchronone avec l'augmentation de la teneur en matière sèche (fig. 1).

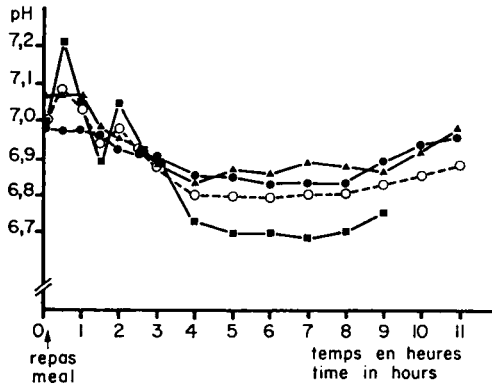


FIG. 1. — *Cinétique du pH dans le cæcum.*
Evolution of caecal fluid pH.

- ——— ● granulé (pelleted)
- ▲ ——— ▲ expansé (extruded)
- ——— ■ semi-expansé (semi-extruded)
- - - - - ○ moyenne (mean)

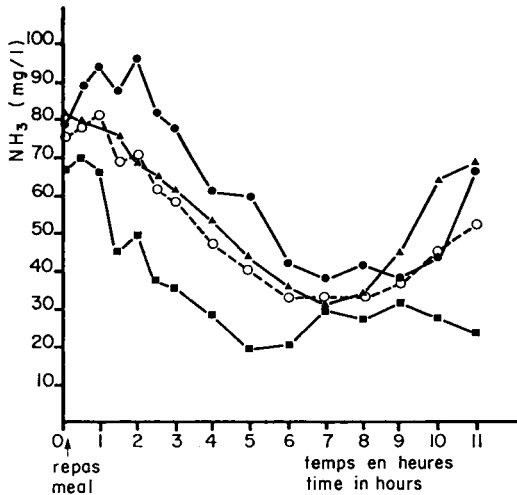


FIG. 2. — *Cinétique de l'ammoniac dans le cæcum.*
Evolution of caecal fluid ammonia concentration.

- ——— ● granulé (pelleted)
- ▲ ——— ▲ expansé (extruded)
- ——— ■ semi-expansé (semi-extruded)
- - - - - ○ moyenne (mean)

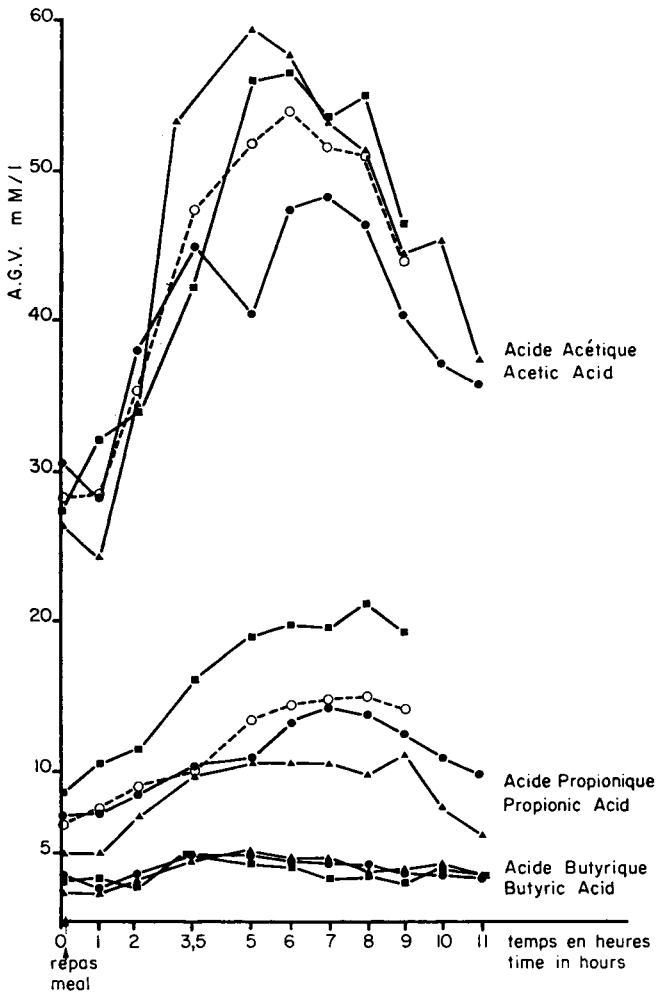


FIG. 3. — Cinétique des A.G.V. dans le cæcum.
Evolution of VFA concentration in caecal fluid.

- ——— ● granulé (pelleted)
- ▲ ——— ▲ expansé (extruded)
- ——— ■ semi-expansé (semi-extruded)
- - - - - ○ moyenne (mean)

— Le taux d'ammoniac suit une courbe similaire bien que plus accentuée; de 80 mg/l chez l'individu à jeun, il passe par un minimum de l'ordre de 20 à 40 mg/l, de 5 à 9 h après le repas (fig. 2).

— Les concentrations en acides gras volatils (AGV) évoluent bien en sens inverse du pH, démontrant ainsi leur rôle primordial sur celui-ci. Minimales au départ, elles atteignent un maximum 5 à 9 h après le repas, sans que soient sensiblement affectées les proportions relatives des acides acétique, propionique et butyrique, comme l'indiquent la figure 3 et le tableau 7.

TABLEAU 7

pH, taux d'ammoniac, d'AGV et pourcentages d'AGV 6 heures après le repas
pH, ammonia, VFA concentration and VFA percentage 6 hours after feeding

	Granulé (Pelleted)	Expansé (Extruded)	Semi-expansé (Semi-extruded)	Moyenne (Mean)
pH : minimum	6,83 ± 0,21	6,83 ± 0,17	6,70 ± 0,42	6,78
NH ₃ (mg/l) : minimum	32,0 ± 19,3	38,2 ± 19,3	19,3 ± 10,3	29,8
AGV totaux (mM/l) : maximum	65,1	72,7	85,9	74,5
Pourcentages molaires dans le mélange d'AGV (Molar percentages of VFA)				
— Acétique	72,8	79,6	65,8	72,7
— Propionique	20,5	14,7	29,5	21,5
— Butyrique	6,6	5,8	4,6	5,6

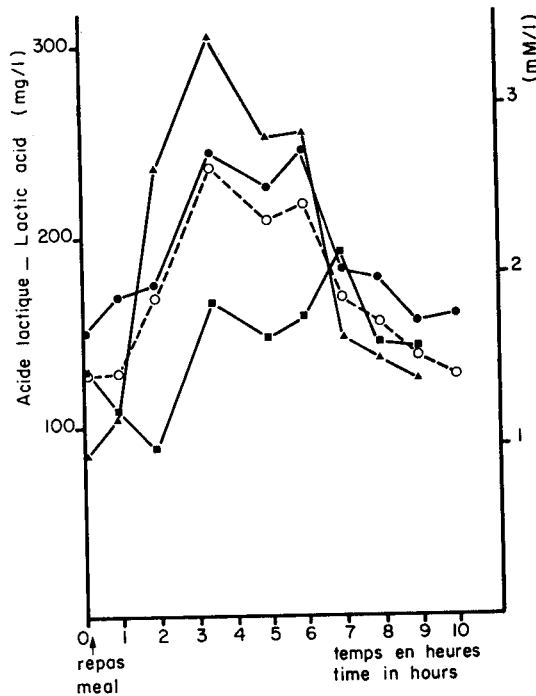


FIG. 4. — *Cinétique de l'acide lactique dans le cæcum.*
Evolution of lactic acid concentration in caecal fluid.

- ————— ● granulé (pelleted)
- ▲ ————— ▲ expansé (extruded)
- ————— ■ semi-expansé (semi-extruded)
- - - - - - ○ moyenne (mean)

— Les teneurs en *acide lactique* restent très basses, avec un léger pic à 3 mM/l environ 3 à 5 h après le repas, donc un peu plus précoce que celui des acides gras volatils (fig. 4).

Discussion

A. — *Digestibilités*

Dans le cas d'une alimentation strictement restreinte et fragmentée, le conditionnement de l'aliment a peu d'influence sur la digestibilité des constituants de la ration. Bien que l'utilisation digestive de la matière sèche paraisse meilleure pour le granulé que pour les deux autres présentations, l'expansion peut accroître de façon faiblement significative la digestibilité de la cellulose : 45,3 p. cent (granulé : 41,4 p. cent). Pour les matières azotées, leur digestibilité est significativement amoindrie par l'expansion : 71,8 p. cent (granulé : 74 p. cent; semi-expansé : 75,3 p. cent). Ces résultats sont comparables à ceux obtenus lors d'un précédent essai (WOLTER, DURIX et LETOURNEAU, 1976).

L'attaque enzymatique précoce et puissante de l'amidon au niveau de l'intestin grêle en explique la digestion quasi-totale, en moyenne de 97,4 p. cent. Toutefois, il a été vérifié au cours d'essais pratiques sur chevaux (WOLTER *et al.*, 1977), que la valeur énergétique de l'aliment complet était nettement améliorée par l'expansion; il faut alors supposer que le traitement hydrothermique entraînant une gélatinisation partielle de l'amidon faciliterait ainsi la digestion enzymatique dans l'intestin grêle, et favoriserait la résorption du glucose dont le rendement énergétique est meilleur que celui des acides gras volatils qui seraient libérés dans le gros intestin.

Cependant, dans le cas présent, il n'apparaît pas de variation de la glycémie susceptible de confirmer l'hypothèse précédente, mais il est vrai que la régulation hormonale de cette glycémie est excellente chez les équidés (HINTZ, ARGENZIO et SCHRYVER, 1971).

Par ailleurs, la confrontation des tableaux 2 et 4 laisserait penser que le port de canules permanentes du cæcum est susceptible de retentir quelque peu sur la digestibilité (estimée par la méthode de récolte totale). Toutefois les résultats ne sont pas univoques puisque la digestibilité de la matière sèche (59,5 p. cent au lieu de 64 p. cent) et celle des substances azotées (68,4 p. cent au lieu de 73,7 p. cent) tendent à baisser alors que celle de la cellulose serait plutôt améliorée (46,8 p. cent au lieu de 42 p. cent), peut-être en raison d'un ralentissement du transit au niveau du gros intestin.

B. — *Digestibilité partielle cœcale*

La présentation de l'aliment ne modifie pas significativement les digestibilités partielles de la matière sèche, des matières azotées ou des matières cellulosiques (tabl. 5). Les écarts-types souvent élevés traduisent une variabilité individuelle particulièrement importante.

La proportion de matière sèche digérée au niveau du cæcum atteint 80 p. cent de la matière sèche digestible totale. Ce pourcentage est comparable à celui constaté par HINTZ *et al.* (1971) chez des chevaux recevant un régime riche en céréales.

Toutefois, cette valeur est un peu plus élevée que celle observée (65 p. cent) chez des chevaux alimentés avec un aliment complet et abattus 3 h après le repas (WOLTER et GOUY, 1976).

Confirmand également que l'intestin grêle joue un rôle majeur dans la digestion des protéines (REITNOUR *et al.*, 1970; WOLTER et VÉLANDIA, 1970), cet essai met en évidence que près de 80 p. cent des matières azotées digestibles ont déjà disparu au niveau du cæcum. Par ailleurs, rappelons que REITNOUR et SALSBURY (1972) estiment que la resynthèse microbienne dans le gros intestin ne serait d'aucun profit chez le cheval, car la résorption azotée ne se ferait alors que sous forme d'ammoniac.

La part de la cellulose digestible dégradée au niveau du cæcum atteint déjà 63 p. cent, ce qui confirme le rôle important de la digestion cæcale des glucides membranaires, dont une portion non négligeable sera encore attaquée dans le côlon. Cependant, ce chiffre qui semble relativement élevé quand on sait que la cellulolyse ne commence que dans le cæcum (WOLTER et GOUY, 1976) s'explique vraisemblablement dans les conditions de cet essai par le faible taux de cellulose de l'aliment (environ 16,5 p. cent) et par le broyage préalable qui facilite les fermentations microbiennes précoces, même si l'accélération du transit digestif qui en résulte tend plutôt à réduire la digestibilité finale de la cellulose.

C. — *Activité biochimique du cæcum*

Dans nos conditions expérimentales, la composition du contenu cæcal n'est pas significativement influencée par la présentation de l'aliment complet, mais elle suit, en fonction des repas une évolution apparemment très cohérente :

— Le pH, qui donne une bonne image synthétique des fermentations cæcales, s'abaisse assez peu à la suite des repas, montrant ainsi que dans le cas d'une alimentation restreinte, fractionnée et relativement concentrée, l'essentiel de la digestion se déroule dans l'intestin grêle et que ce n'est qu'un substrat déjà largement épuisé qui atteint le gros intestin, de telle sorte que l'activité microbienne y est alors très tempérée.

D'ailleurs, le taux ammoniacal s'amenuise, laissant supposer qu'il procède davantage d'une autolyse des protéines microbiennes que d'une ammoniogenèse à partir des apports azotés alimentaires. A ce propos, REITNOUR et SALSBURY (1975) montrent que la majorité des protéines contenues dans le cæcum est dégradée en ammoniac avant d'être absorbée et ne contribue donc pas à la couverture des besoins en acides aminés indispensables.

Toutefois, il convient de remarquer que ce pH est légèrement diminué entre 5 et 8 heures après le repas; cette période correspond justement à l'afflux de la phase particulière des digesta, comme on peut le suspecter d'après l'augmentation de la teneur en matières sèches du contenu cæcal (tabl. 6) et comme nous l'avons vérifié au moyen de repas marqués avec des particules colorées.

De façon très parallèle, on constate une élévation des concentrations en acides gras volatils, traduisant une stimulation de l'activité microbienne au bénéfice de la cellulolyse. Malgré tout, les fermentations restent modérées compte tenu de la faible abondance du substrat et de la disparition quasi totale des éléments les plus fermentescibles; dès lors, on comprend que le pH diminue peu et que les proportions des divers acides gras volatils dans le mélange total ne soient pas sensiblement modifiées au cours de la journée. Inversement, GLINSKY *et al.* (1976) ont montré que la production cæcale d'acides gras volatils tend à augmen-

ter avec la proportion de fourrages dans la ration, au plus grand profit de la fermentation acétique.

A plus forte raison, la teneur en acide lactique demeure très basse, et il n'est même pas exclu qu'une part provienne des segments antérieurs. Ce n'est donc qu'à l'occasion d'une surconsommation brutale et exagérée d'aliments amylacés, tels que des céréales, que l'afflux massif de glucides facilement fermentescibles dans le cæcum serait susceptible d'accélérer vivement l'acidification du contenu cæcal et d'induire une production notable d'acide lactique.

Accepté pour publication en octobre 1977.

Summary

Digestibility and biochemical activity in the cæcum of ponies receiving a diet of ordinary pellets, extruded or semi-extruded pellets

The ponies were fed with ordinary pellets, extruded or semi-extruded pellets (moist — heat treatment of the cereal part only) containing 16,5 p. cent crude fibre, 10 p. cent protein (Table 1) and marked with 0,2 p. cent chromic oxide.

The experimental design was the following:

— Six ponies placed in digestibility cages received 3 kg feed / animal / day in two meals.

— Three ponies with permanent fistulae of the caecum received only 2 kg feed / animal / day in two meals of one hour each.

In these conditions of severely restricted feeding, of a rather concentrated diet distributed over two meals, the three physical forms of the feed did not lead to large differences either as regards the digestibility coefficient (Table 2), partial digestibility (Table 5) and metabolism in the cæcum (Table 7) (measured by pH, ammonia percentage, volatile fatty acids and lactic acid) (fig. 1, 2, 3, 4) or as regards glycaemia and lactacidemia (table 3).

The digestibility measures show that use of a natural marker such as lignine, according to Van Soest's method, offers more reliability than the method using the chromic oxide marker (Table 4).

Références bibliographiques

- CHARLIER C., VAN EENAEME C., CANART B., PONDANT A., LAMBOT O., BIENFAIT J. M., 1974. Méthode de dosage semi-automatique de l'amidon et du glucose dans les aliments du bétail. *Ann. Med. vet.*, **118**, 281-294.
- GLINSKY M. J., SMITH R. M., SPIRES H. R., DAVIS C. L., 1977. Measurement of volatile fatty acid production rates in the cæcum of the pony. *J. Anim. Sci.*, **42**, 1465-1470.
- GOUY D., 1976. Une étude de la digestion chez les équidés par analyse du contenu intestinal après abattage. *Thèse de doctorat vétérinaire*, Lyon.
- HINTZ H. F., ARGENZIO R. A., SCHRYVER H. F., 1971. Digestion coefficient, blood glucose levels and molar percentage of volatile fatty acids in intestinal fluid of ponies fed varying forage grain ratios. *J. Anim. Sci.*, **33**, 992-995.
- HINTZ H. F., WALKER E. F., LOWE J. E., SCHRYVER H. F., 1971. Apparent digestion in various segments of the digestive tract of ponies diets with varying roughage ratios. *J. Anim. Sci.*, **32**, 245-248.
- MICHEL M. C., 1971. Analyse quantitative de quelques substances azotées et glucidiques en milieu biologique. Essai de rationalisation. *Thèse de doctorat d'Université*.
- REITNOUR C. M., BAKER J. P., MITCHELL G. E., LITTLE C. O., KRATZEN D. D., 1970. Amino-acids in equine cæcal contents, cæcal bacteria and serum. *J. Nutr.*, **100**, 349-354.
- REITNOUR C. M., SALSBURY R. L., 1972. Digestion and utilization of caecally infused protein by the equine. *J. Anim. Sci.*, **35**, 1190-1193.

- REITNOUR C. M., SALSURY R. L., 1975. Effect of oral or caecal administration of protein supplements on equine plasma aminoacids. *Brit. Vet. J.*, **131**, 466-473.
- SCHARRER K., KURSCHNER K., 1932. Ein neues, resch durchführbares Verfahren 2. Beitimmung d. Rohfaser in Futtermitteln. *Tierernährung*, **3**, 302.
- TEETER S. M., NELSON W. E., STILLIONS M. C., 1968. Caecal fistulation in the horse. *J. Anim. Sci.*, **27**, 394-404.
- VAN SOEST J. P., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method of the détermination of fiber and lignin. *J. A.O.A.C.*, **46**, 829-835.
- WOLTER R., VELANDIA J., 1970. Digestion des fourrages chez l'âne. *Rev. Méd. Vét.*, **144**, 141-152.
- WOLTER R., DURIX (Andrée), 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., DURIX (Andrée), LETOURNEAU J. C., 1975. Influence du mode de présentation du fourrage sur la digestibilité chez le poney. *Ann. Zootech.*, **24**, 237-242.
- WOLTER R., DURIX (Andrée), 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., 1976. Étude expérimentale de la digestion chez les équidés par analyse du contenu intestinal après abattage. *Rev. Méd. Vét.*, **127** (12), 1723-1736.
- WOLTER R., MEUNIER B., de FAUCOMPRET R., Andrée DURIX et Jacqueline LANDREAU, 1977. Essai d'un aliment complet, granulé ou expansé, en comparaison avec le régime traditionnel chez des chevaux de sport. *Rev. Méd. Vét.*, **128**, 71-81.
-