

Effets du pourcentage de particules longues apportées par le fourrage et de la teneur en matière sèche rapidement dégradable apportée par le blé sur les fermentations ruminales

LECHARTIER C., PEYRAUD J.L., LAMBERTON Ph.

INRA - AGROCAMPUS OUEST - UMR1080 - production du lait - F35000 Rennes

RESUME - Deux essais ont été réalisés sur des vaches laitières pour quantifier les effets de la teneur de la ration en NDF structurant (calculée par la proportion de NDF du fourrage retenue sur un tamis de 2 mm) et en MS rapidement dégradable (calculée par le taux de disparition en quatre heures d'incubation *in sacco*) sur les fermentations ruminales. Dans l'essai 1, des rations fines à base de maïs déshydraté et d'ensilage de maïs ont été formulées avec 10, 23 et 36 % MS de blé. Dans l'essai 2, ces mêmes proportions de blé ont été croisées avec deux finesses de coupe d'un ensilage de maïs (5,5 et 14,0 mm). La plus faible proportion de NDF structurant dans l'essai 1 a conduit à des déviations fermentaires plus importantes que dans l'essai 2. L'accroissement de la proportion de blé a accru la chute postprandiale du pH, notamment dans l'essai 2, et a diminué le ratio acétate : propionate ainsi que le taux butyreux du lait trait dans les deux essais. L'utilisation conjointe de la teneur de la ration en NDF structurant (qui a varié de 14 à 27 % de la MS de la ration) et en MS rapidement dégradable (qui a varié de 19 à 45 % de la MS de la ration) ont permis de prédire en inter essai le pH du rumen, ainsi que les proportions d'acétate et de propionate, mais sans permettre de conclure quant à l'importance respective de ces deux facteurs.

Effects of the content of large particles of forage and rapidly degradable dry matter from wheat on ruminal fermentations

LECHARTIER C., PEYRAUD J.L., LAMBERTON Ph.

INRA - AGROCAMPUS OUEST - UMR1080 - Production du lait - F35000 Rennes

SUMMARY - Two trials were carried out on dairy cows to quantify the effects of the contents of structuring NDF (calculated by the proportion of NDF from forage retained on a 2 mm sieve) and quickly degradable DM of the diet (calculated by the rate of DM disappearance after 4 h of *in sacco* incubation) on ruminal fermentations. In trial 1, we formulated fine diets containing pelleted whole crop maize and corn silage with 10, 23 and 36 % DM of wheat. In trial 2, these proportions of wheat were tested in interaction with 2 theoretical cut lengths of corn silage (5.5 and 14.0 mm). The smallest content of structuring NDF in trial 1 had a more important impact on ruminal fermentations than in trial 2. When the wheat proportion increased, the post-feeding pH dropped, mainly in trial 2, and the acetic acid to propionic acid ratio decreased as well as milk fat content. The joint use of the contents of structuring NDF (which varied from 14 to 27 % of the DM of the diet) and quickly degradable DM (which varied from 19 to 45 % of the DM of the diet) made it possible to predict between trials the pH of the rumen, the proportion of acetic acid and the proportion of propionic acid. However, these results did not allow us to conclude on the respective impact of these factors.

INTRODUCTION

La vache laitière est particulièrement exposée à la survenue d'états d'acidose subclinique ruminale du fait de niveaux d'ingestion élevés et de rations riches en aliments concentrés. Un apport insuffisant de fibres, se traduisant par un faible recyclage des tampons salivaires via la mastication, et l'utilisation de matières premières très digestibles, aboutissant à une production importante d'acide au niveau ruminal, sont des facteurs clés de la modification des fermentations.

Aujourd'hui, nous ne disposons pas de système de prévision des risques d'acidose ruminale. La proportion de concentré est un prédicteur du pH et des proportions d'acétate (C2) et de propionate (C3) qui est pertinent (Archimède *et al.*, 1996) intra essai mais n'est pas assez précis au vu des effets bien connus de la nature du concentré (Malestein *et al.*, 1984). Peyraud (2000) a montré que la prise en compte d'un critère traduisant l'aptitude des aliments à fermenter rapidement serait pertinente. Le critère retenu était la MS rapidement dégradable (MS_{rap}), calculée par le taux de disparition de la MS en quatre heures d'incubation *in sacco*. Ce critère est additif et est disponible dans les tables INRA-AFZ (2004) pour les matières premières.

Pour caractériser l'apport de fibres structurantes, la durée unitaire de mastication (DUM en min / kg MS, Sauviant *et al.*, 1990) a été proposée, mais ce critère n'est pas additif car il varie avec le niveau d'ingestion. Plus récemment, Mertens (1997) a proposé d'utiliser le NDF physiquement efficace

(NDFpe), défini comme le NDF des grandes particules (de plus de 1,18 mm dans ce cas). Ce critère est additif et son utilisation pourrait être envisagée dans un système de prédiction des risques à condition de le calibrer pour les rations utilisées en France. En effet, Yang et Beauchemin (2006) ont montré, dans le cas de rations à base d'ensilage de maïs (EM), que l'estimation du NDFpe par le NDF retenu sur le tamis de 8 mm du *Penn State Particle Separator* (PSPS) était mieux corrélée à la mastication et au pH ruminal. Plus récemment, Sauviant *et al.* (2006) ont suggéré d'utiliser la proportion de NDF apporté par le fourrage, ce qui aurait l'avantage de la simplicité, mais serait peut être trop simplificateur pour caractériser l'apport global de fibres structurantes dans toutes les situations.

Afin de tester différents niveaux d'apport de MS_{rap}, de tester des critères d'évaluation de l'apport de fibres structurantes, et d'apporter une première réponse à l'intérêt éventuel de développer une approche multicritère des risques, deux essais testant l'effet d'un apport croissant de concentré dans des rations caractérisées par des tailles différentes de particules de fourrages ont été conduits.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. RATIONS EXPERIMENTALES

Le blé a été choisi comme concentré énergétique pour sa teneur très élevée en MS_{rap} (680 g / kg MS, INRA-AFZ, 2004), permettant de faire varier fortement la composition de la ration sur ces critères. Il a été introduit à raison de 10,

23 et 36 % MS des rations dans les deux essais en se substituant aux fourrages (tableau 1). Dans l'essai 1, le fourrage était constitué pour moitié EM et pour moitié de maïs déshydraté plante entière afin d'obtenir des rations apportant peu de NDF structurant. Dans l'essai 2, les trois niveaux de blé ont été croisés avec deux longueurs théoriques de coupe d'un autre EM (court (Ct) et long (Lg), 5,5 et 14 mm). Les rations étaient iso-PDI (respectivement 113 et 107 g PDI / UFL pour les essais 1 et 2), l'apport de PDIN étant identique à l'apport de PDIE par utilisation de tourteaux de soja (normaux et tannés) et d'urée.

Tableau 1 : composition (en % MS) des rations

	Essai 1			Essai 2				
	10	23	36	10	23	36	Lg ¹	Ct ¹
Blé	10	23	36	10	23	36	Lg ¹	Ct ¹
EM	37,5	31,5	25,5	77,5	64,6	51,7	64,6	64,6
MD	37,5	31,5	25,5	0	0	0	0	0
TSoja	14,0	13,0	12,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Urée	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9
CMV	-	-	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
NDF	37,3	33,3	29,3	33,4	29,7	26,0	29,3	30,1
ADF	18,6	16,3	13,9	16,9	14,7	12,5	14,8	14,6
NDFf	33,2	27,9	22,6	31,0	25,9	20,7	25,5	26,2
NDFf2	20,8	17,5	14,2	25,5	21,3	17,0	22,2	20,4
Amid	32,2	36,3	40,4	34,2	38,6	43,0	38,4	37,5

¹ EM long et court, MD : maïs déshydraté, TSoja : mélange de tourteaux de soja tannés et non tannés, 50-50 dans l'essai 1, 30-70 dans l'essai 2, NDF_f : NDF provenant des fourrages, NDF_{f2} : NDF de fourrage retenu sur un tamis de 2 mm, Ami : amidon, Dans l'essai 1, les vaches recevaient 4g / kg MS de NaHCO₃.

1.2. ANIMAUX, ALIMENTATION ET SCHEMAS EXPERIMENTAUX

Dans l'essai 1, un quatrième traitement a consisté à distribuer la ration à 36 % de blé à 85 % du niveau "à-volonté" (10 % de refus). Ce niveau d'apport a été déterminé durant un pré-essai de quatorze jours avec une ration à 23 % de blé en n'anticipant pas de réduction éventuelle de l'ingestion avec les rations à 36 % de blé. L'essai 1 a été conduit selon un schéma en carré latin 4x4 avec quatre vaches fistulées en milieu de lactation (PL = 40 kg, TB = 31 g / kg). Elles ont été alimentées en deux distributions égales à 08 h 30 et 20 h 30, l'accès à l'auge étant limité à trois heures après chaque distribution. Dans l'essai 2, les six rations complètes ont été testées selon un carré latin 6x6 en utilisant six vaches fistulées en lactation (PL = 40 kg / j, TB = 37 g / kg) alimentées en deux distributions à 08 h 30 et 18 h 00 avec libre accès à l'auge. Pour les deux essais, chaque période consistait en dix jours d'adaptation et quatre jours de mesures, et les animaux ont été adaptés aux modalités de distribution des rations durant une période pré-expérimentale de quatorze jours.

1.3. MESURES ET ANALYSES

Les fermentations ruminales ont été suivies sur huit heures après la distribution du matin. Les prélèvements étaient espacés de trente minutes les trois premières heures puis de une heure. Les moyennes de pH et des différents AGV ont été calculées. L'amplitude de pH a été calculée par différence entre le pH maximal et le pH minimal de la cinétique. Les réserves alcalines sanguines ont été mesurées par des prélèvements dans la veine de la queue à 08 h 30 et 11 h 30, et 07 h 30 et 12 h 30, respectivement pour les essais 1 et 2. Dans l'essai 1, la digestibilité a été mesurée par collecte totale des fèces et la durée de mastication a été enregistrée sur quatre jours consécutifs. La DUM a été calculée par le rapport entre la durée totale de mastication et

les quantités de MS ingérées les jours de mesures. Dans l'essai 2, l'activité cellulolytique a été mesurée par la disparition de la MS de coques de soja incubées vingt-quatre heures *in sacco* dans le rumen.

La granulométrie des fourrages a été déterminée par tamisage par voie sèche (Le Liboux et Peyraud, 1998). Six tamis à mailles carrées de 4, 2, 1, 0,5, 0,25 et 0,125 mm de côté ont été utilisés. Pour l'EM, un échantillon de 800 g a d'abord été tamisé sur des tamis de 20 et 10 mm (tamis Arvalis). L'apport de fibre structurante a été caractérisé par la proportion de NDF apportée par la fraction de fourrage retenue sur un tamis de 2 mm (NDF_{f2}). Une comparaison réalisée sur d'autres EM a montré que le NDF_{f2} correspond à des valeurs légèrement plus faibles que le NDF_{pe} mesuré sur le tamis de 1,18 mm du PSPS (34,4 vs. 37,1 % de la MS) et que le NDF retenu sur le tamis de 4 mm est numériquement identique au NDF retenu sur le tamis de 8 mm du PSPS. Les quantités de MS_{rap} apportées par les concentrés et fourrages ont été calculées à partir des taux de disparition mesurés sur les aliments utilisés dans les deux essais avec trois vaches fistulées et tariées en faisant l'hypothèse que seules les particules de fourrage passant au travers du tamis de 2 mm contribuent à la MS_{rap}. On a admis que toute la MS des concentrés passait à travers un tamis de 2 mm.

Les données ont été analysées avec un effet vache, période et un effet traitement dans l'essai 1, un effet proportion de blé, finesse de coupe de l'EM et proportion de blé x finesse de coupe de l'EM dans l'essai 2. Les effets linéaire et quadratique des niveaux de blé ont été testés.

2. RESULTATS

2.1. CARACTERISTIQUES DES RATIONS

L'accroissement de la proportion de blé s'est traduit par une réduction des teneurs de la ration en NDF total, en NDF de fourrage et en NDF_{f2}, (tableau 1). Parallèlement, les teneurs en amidon et en MS_{rap} ont augmenté (+16,7 et +19,7 % MS respectivement pour les essais 1 et 2). Les teneurs en NDF ont été plus élevées dans les rations de l'essai 1, mais les deux essais se sont surtout différenciés par leur apport en fibres structurantes. La proportion de particules retenues sur un tamis de 2 mm a été beaucoup plus élevée avec l'EM qu'avec le maïs déshydraté dans l'essai 1 (90,5 vs. 35,1 %). Dans l'essai 2, cette proportion a été plus élevée avec l'EM long que l'EM court (87,1 vs. 77,8 %). Ainsi, l'apport de NDF_{f2} a été plus faible dans l'essai 1, intermédiaire pour l'EM court de l'essai 2, et le plus élevé pour l'EM long (respectivement 17,5, 20,4 et 22,2 % MS). Les variations de teneur en MS_{rap} apportée par le concentré des rations sont restées corrélées aux teneurs en NDF_{f2} (r = 0,88, n = 9) même si trois niveaux distincts de NDF_{f2} ont été utilisés pour chaque niveau de blé.

2.2. INGESTION, PRODUCTION, DIGESTIBILITE

L'augmentation de la proportion de blé a entraîné une diminution non significative mais sensible de l'ingestion dans les deux essais (- 0,8 kg / j, tableau 2). De ce fait, le niveau de restriction alimentaire planifié dans l'essai 1 n'a été que de 3 %. L'augmentation de la proportion de blé n'a pas affecté la quantité de lait, a réduit le TB (P < 0,05) et accru le TP, les effets étant plus nets dans l'essai 1.

Dans l'essai 1, la réduction des apports a accru le TB (P < 0,05) sans affecter le TP. Dans l'essai 2, la longueur de coupe n'a affecté ni l'ingestion, ni la production du lait,

mais les vaches ont fait des refus très importants brutalement à partir de la période 4 alors que l'ingestion n'avait pas varié significativement entre les trois premières périodes. Cette chute ne semble pas liée à une acidose métabolique puisque les réserves alcalines n'ont pas varié entre période ($P > 0,10$). Elle pourrait s'expliquer par la présence de moisissures dans l'EM. Seules les trois premières périodes ont donc été analysées.

L'accroissement de la proportion de blé n'a pas affecté la DUM (tableau 3, $P > 0,10$), a accru linéairement la digestibilité de la matière organique ($P < 0,01$) et diminué celle du NDF (-2,3 % pour 10 % de blé, $P < 0,05$). La réduction des apports a accru la digestibilité de la matière organique et du NDF ($P < 0,01$) sans affecter la DUM.

2.3. FERMENTATIONS ET RESERVES ALCALINES

L'augmentation de la proportion de blé n'a pas modifié le pH ruminal moyen dans l'essai 1 et l'a fortement diminué dans l'essai 2 (-0,15 unité pour 10 % de blé supplémentaire, $P < 0,05$, tableau 4). Pour les autres critères, les effets de l'augmentation de la proportion de blé ont été semblables dans les deux essais même si leur signification statistique a parfois varié du fait de la variabilité des données. Elle a accru l'amplitude de la chute du pH ($P < 0,05$, figure 1) et d'accroissement de l'acidité postprandiale (+20 et +17 mmole / l pour les essais 1 et 2). Elle a réduit linéairement la teneur en C2 dans les deux essais (-2,1 % pour 10 % de blé supplémentaire) au profit du C3 (+2,3 % pour 10 % de blé supplémentaire) et plus modérément du valérate (+0,5 % pour 10 % de blé supplémentaire). Elle n'a pas affecté l'acidité totale du rumen ainsi que la proportion en butyrate et en iso acides du rumen ($P > 0,10$). Elle a réduit l'activité cellulolytique, mais seulement pour la dose de blé la plus élevée (effet quadratique, $P < 0,01$).

Dans l'essai 1, la réduction des apports a fortement réduit la proportion de C3 (-8,4 %) et de valérate (-0,9 %) au profit

du butyrate (+5,5 %), et dans une moindre mesure, du C2 (+2,8 %). Elle n'a pas affecté les autres paramètres fermentaires ($P > 0,10$). Dans l'essai 2, la longueur de coupe n'a pas affecté les profils fermentaires, mais a réduit l'activité cellulolytique (64 vs. 69 %).

L'accroissement de la proportion de blé a légèrement diminué le niveau des réserves alcalines avant le repas, surtout pour la dose de blé la plus élevée (essai 2) mais ne l'a pas affecté après repas où elles ont toujours été plus faibles. Dans l'essai 1, la réduction du niveau d'apport ne les a pas affectées. Dans l'essai 2, les réserves alcalines ont été plus faibles avant repas avec l'EM long.

Figure 1 : cinétiques de pH avec les trois niveaux de blé (10, 23 et 36 %) dans les deux essais

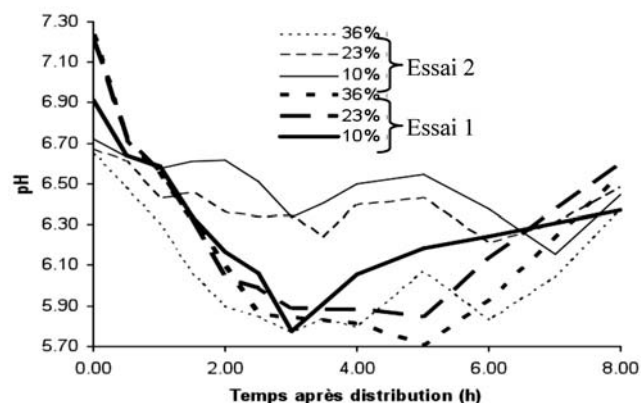


Tableau 3 : comportement alimentaire et digestibilité (essai 1)

	10	23	36	36L	etr	Lin	NA
DUM	38,2	34,6	35,8	33,5	2,04	ns	ns
d MO	0,70	0,73	0,74	0,76	0,008	***	***
d NDF	0,46	0,44	0,40	0,51	0,027	**	***

DUM exprimée en min / kg MS

Tableau 2 : quantités ingérées et production laitière dans les deux essais

	Essai 1							Essai 2							
	10	23	36	36L	etr	Lin	NA	10	23	36	Lg	Ct	etr	Lin	Lon
MS ingérée (kg/j)	21,6	21,6	20,8	20,1	1,29	ns	ns	20,4	19,3	19,5	19,5	19,9	1,95	ns	ns
PL (kg / j)	35,7	37,0	35,2	36,4	1,78	ns	ns	35,1	33,9	33,5	34,4	34,0	1,63	ns	ns
TB (g / kg)	27,2	24,1	18,9	25,9	3,70	**	*	38,7	37,6	35,8	37,7	37,0	1,95	**	ns
TP (g / kg)	28,5	29,3	29,6	29,1	0,42	**	ns	30,1	30,7	30,9	30,2	30,9	0,82	ns	ns

Lin : linéarité de la réponse à l'augmentation de la proportion de blé, NA : effet de la restriction alimentaire, Lon : effet de la longueur de coupe de l'EM

Tableau 4 : fermentation ruminales et réserves alcalines des animaux dans les deux essais

	Essai 1							Essai 2							
	10	23	36	36L	etr	Lin	NA	10	23	36	Lg	Ct	etr	Lin	Lon
pH	6,26	6,25	6,17	6,28	0,109	ns	ns	6,46	6,39	6,08	6,30	6,32	0,19	**	ns
Chute du pH	1,19	1,58	1,65	1,38	0,400	ns	ns	0,88	0,88	1,14	1,00	0,93	0,16	**	ns
AGV (mmole / l)	104	99	105	104	3,4	ns	ns	103	101	106	100	103	14,9	ns	ns
Acétate (%)	57,1	52,2	51,7	54,5	3,28	*	ns	60,8	59,0	55,1	58,1	58,5	3,45	**	ns
Propionate (%)	21,8	24,7	28,4	20,0	2,64	**	**	20,0	20,0	25,3	21,2	22,3	5,78	ns	ns
Butyrate (%)	14,0	14,4	12,1	17,6	1,87	ns	**	14,8	15,7	14,7	15,5	14,6	4,03	ns	ns
Valérate (%)	3,3	5,0	4,9	4,0	0,48	***	*	1,5	2,0	2,6	2,2	1,8	0,63	**	ns
Caproate (%)	1,0	1,1	0,9	1,2	0,17	ns	ns	0,7	0,7	0,6	0,6	0,27	0,27	ns	ns
Iso acides (%)	2,8	2,2	1,8	2,4	0,68	ns	ns	2,2	2,6	1,9	2,4	2,0	0,70	ns	ns
RA2 avant repas	1,4	1,0	0,8	0,3	1,54	ns	ns	4,3	5,0	2,5	3,0	3,1	1,12	**1	**
RA2 après repas	1,7	0,6	0,1	-1,0	2,81	ns	ns	3,1	3,5	1,1	2,6	2,9	2,31	ns	ns

¹ effet également quadratique ($P < 0,05$), ² RA : réserves alcalines du sang (mmole / l)

3. DISCUSSION

Les rations utilisées dans cet essai étaient souvent en deçà du seuil de 21 % d'ADF (Journet, 1988) ou de 35 % de NDF (Sauvant *et al.*, 1990) recommandés pour limiter les risques d'apparition d'acidose latente ruminale. D'ailleurs, la chute d'ingestion avec les rations les plus riches en blé peut indiquer

un état d'« inconfort digestif » des animaux. La chute du niveau des réserves alcalines en début de repas montre aussi que ces rations ont affecté l'équilibre acido basique de l'animal. Les périodes de quatorze jours, bien que courtes, ont permis de mettre en évidence des effets marqués des traitements sur le TB, la digestibilité du NDF, et les profils fermentaires.

3.1. EFFET DE L'APPORT DE BLE

L'accroissement de la proportion de blé en remplacement du fourrage a entraîné des chutes de pH et des déviations fermentaires importantes avec une forte réduction du C2 et un accroissement du C3, ce qui est bien connu (Sauvant, 1997). Ces effets peuvent s'expliquer par un apport croissant de MS_{rap} apportant un excès d'énergie aux microbes. L'accroissement postprandial de l'acidité totale a été plus marqué pour les rations riches en blé traduisant une production d'acide plus importante. De même, Sauvant *et al.* (2006) ont rapporté que la teneur en amidon à dégradation rapide était un meilleur prédicteur du pH ruminal et des déviations fermentaires que l'amidon total. L'activité des bactéries cellulolytiques, principales productrices de C2, a pu être limitée par la diminution du pH ruminal lors de l'accroissement de la proportion de blé aux dépens du fourrage, comme en témoigne la forte chute de digestibilité du NDF dans l'essai 1. Ces effets pourraient aussi être liés à la diminution des apports en NDF de la ration. La production de C2 a pu être limitée par la réduction de l'apport de NDF *per se*. Toutefois, en ce qui concerne la régulation du pH, l'accroissement de la proportion de blé n'a pas modifié la DUM, au moins dans l'essai 1, ce qui ne plaide pas pour une réduction sensible du flux salivaire. La réduction des réserves alcalines a en revanche pu limiter le recyclage salivaire des tampons durant le repas. L'accroissement de la proportion de blé n'a pas accru l'acidité totale moyenne du rumen, sans doute du fait d'une accélération de l'absorption des AGV à pH bas (Krause et Oetzel, 2006).

Les effets de la proportion de blé sur le pH ruminal ont été moins marqués dans l'essai 1 que dans l'essai 2. Les effets de l'apport d'éléments à dégradation rapide et de fibres longues du fourrage ne seraient donc pas additifs.

3.2. APPORT DE FIBRES STRUCTURANTES

La longueur de coupe de l'EM n'a pas affecté les fermentations ruminales (essai 2) ce qui est cohérent avec la synthèse de Tafaj *et al.* (2007). Les particules de l'EM court n'ont sans doute pas été assez fines pour être plus rapidement dégradables, contrairement à ce qui a été démontré avec des fourrages broyés très finement (Le Liboux et Peyraud, 1998). Dans ces travaux, la proportion de particules fines de la ration passant à travers un tamis de 2 mm, incluant tous les concentrés, a varié de 77 à 90 % MS alors que dans l'essai 2, elle n'a varié que de 40 à 60 % MS avec l'EM court (32 à 55 % avec l'EM long).

Les rations de l'essai 1 ont été plus acidogènes, notamment celles avec 10 % de blé, comme en témoigne le pH moyen et le rapport C2 / C3 beaucoup plus faible que dans l'essai 2, ainsi que la plus forte chute de pH ruminal. Ce résultat suggère que la teneur en NDF de la ration ou sa teneur en NDF venant du fourrage ne sont pas des critères suffisants pour prédire les risques acidogènes puisque ces teneurs ont été plus élevées dans l'essai 1. Le maïs déshydraté est susceptible de moins faire mastiquer l'animal que l'EM, et d'être plus vite fermenté en raison d'un rapport surface sur volume supérieur des particules. Le critère NDF_{f2} semble plus approprié pour prendre en compte ces différences, ce critère étant proche de celui proposé par Mertens (1997).

3.3. POUVOIR ACIDOGENE DES RATIONS

Les différences de pH et de profils fermentaires obtenues dans les deux essais montrent que la caractérisation des rations par leurs teneurs en NDF et amidon est insuffisante,

même si ces critères peuvent être prédictifs dans des analyses intra essai. Nous avons testé plusieurs critères pour les prédire en inter essai chez les animaux nourris à volonté (tableau 6). Au sein des critères pariétaux, il apparaît clairement que le NDF_{f2} est le plus précis en intégrant à la fois la teneur en NDF et la présentation physique du fourrage. L'utilisation de la teneur en NDF du fourrage retenu sur un tamis de 4 mm conduit à des résultats un peu moins précis et il semble préférable de conserver la taille critique de 2 mm. La teneur de la ration en MS_{rap} du concentré est un prédicteur un peu moins précis des orientations fermentaires. La MS_{rap} de la ration, qui intègre celle du concentré et du fourrage, est plus précise et conduit en fait à une précision de prédiction identique à celle du NDF_{f2}. Cet essai ne permet pas de conclure si c'est l'apport de fibre structurante ou de MS_{rap} qui est le plus déterminant notamment parce que ces deux critères sont étroitement corrélés lorsque le concentré est substitué au fourrage. Dans ces conditions, la prise en compte simultanée de la MS_{rap} de la ration et du NDF_{f2} sous la forme de leur ratio ne permet pas d'obtenir un critère globalement plus précis sauf pour la proportion de C3.

Tableau 6 : écarts types résiduels des équations de prédiction des paramètres des fermentations ruminales (n = 9 rations à volonté)

	pH	dpH	%C2	%C3
NDF total	0,13	ns	ns	ns
NDF _f	0,11	ns	3,5	2,9
NDF _{f2}	0,09	0,25	2,2	1,8
MS _{rap} concentré	0,09	0,31	2,9	2,4
MS _{rap} ration	0,08	0,27	2,4	1,9
MS _{rap} ration/NDF _{f2}	0,09	0,26	2,2	1,5

CONCLUSION

Ces essais montrent que l'acidose ruminale dépend de deux types de facteurs pouvant interagir : l'apport de fibre structurante par le fourrage et l'aptitude des concentrés à fermenter rapidement. Toutefois, ils ne permettent pas de conclure définitivement sur les critères les plus pertinents pour prédire les déviations fermentaires. Il faudrait pour cela dissocier d'avantage les effets de l'apport de MS_{rap} et de NDF_{f2}. Des travaux sont en cours dans ce sens.

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE financée par CCPA et TECHNIA.

Archimède H., Sauvant D., Hervieu J., Ternois F., Poncet C., 1996. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 58, 267-282

INRA-AFZ, 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA, Paris

Journet M., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. R. Jarrige. INRA, Paris, France, 123-182

Krause K.M., Oetzel G.R., 2006. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 126, 215-236

Le Liboux S., Peyraud J.L., 1998. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 73, 131-150

Malestein A., Van't Klooster J.A., Pains R.A., Connette G.M., 1984. *Neth. J. Agric. Sci.*, 32, 9-16

Mertens D.R., 1997. *J. Dairy Sci.*, 80, 1463-1481

Peyraud J.L., 2000. *Renc. Rech. Ruminants*, 7, 183-186

Sauvant D., Dulphy J.P., Michalet-Doreau B., 1990. *INRA Prod. Anim.*, 3, 309-318

Sauvant D., 1997. *INRA Prod. Anim.*, 10(4), 287-300

Sauvant D., Giger-Reverdin S., Meschy F., 2006. *INRA Prod. Anim.*, 19, 69-78

Tafaj M., Zebeli Q., Baes C.H., Steingass H., Drochner W.A., 2007. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 138, 137-161

Yang et Beauchemin, 2006. *J. Dairy Sci.*, 89, 2618-263