

Rôle des éléments dégradables et de la fibre physique sur la régulation des paramètres fermentaires ruminiaux chez la vache laitière

LECHARTIER C. (1), PEYRAUD J.L. (1), LAMBERTON Ph. (1)

(1) INRA, AGROCAMPUS OUEST, UMR1080, Production du lait – F35000 RENNES

RESUME

Deux essais ont été réalisés sur vaches laitières pour quantifier le rôle de la teneur en éléments dégradables de la ration (indexée par la MO et l'amidon théoriquement dégradables apportés respectivement par le concentré et la fraction grains de l'ensilage de maïs - MO_{deg}), de la nature des glucides des concentrés (amidon vs. glucides non amyliques - GNA) et de la fibre physique (indexée par l'apport de NDF de fourrage) sur les fermentations ruminales. Dans l'essai 1, 3 proportions d'ensilage de maïs (20, 35 et 50%) ont été croisées avec 2 niveaux de MO_{deg} (41 et 48%) de même nature. Dans l'essai 2, 3 niveaux de MO_{deg} (39, 43 et 46%) ont été croisés avec 2 natures de MO_{deg} (amidon vs. GNA). Aucune interaction n'a été observée sur la chute de pH et le profil fermentaire. Les résultats montrent que la prise en compte d'un seul de ces critères est très insuffisante pour pouvoir anticiper les effets de la ration sur les fermentations. La teneur en MO_{deg} de la ration et la composition de cette MO_{deg} sont des facteurs importants de régulation des chutes de pH durant les repas et des profils fermentaires. La prévision du pH ruminal moyen est plus complexe et nécessite de prendre également en compte l'apport de fibres par le fourrage.

Effects of degradable organic matter and physically effective fiber on the regulation of ruminal fermentation in dairy cows

LECHARTIER C. (1), PEYRAUD J.L. (1), LAMBERTON Ph. (1)

(1) INRA, AGROCAMPUS OUEST, UMR1080, Production du lait – F35000 RENNES

SUMMARY

Two trials were carried out on dairy cows to quantify the effects of the dietary content of degradable organic matter (estimated through OM and effectively degradable starch respectively brought by concentrate and corn silage grains – $degOM$), the nature of carbohydrates from concentrate (starch vs. non-starch carbohydrates - NSC) and physically effective fiber (estimated by NDF from forage) on ruminal fermentation. In trial 1, 3 levels of corn silage (20, 35, and 50%) were crossed with 2 levels of $degOM$ (41 and 48%) without modifying the nature of carbohydrates from concentrate. In trial 2, 3 levels of $degOM$ (39, 43, and 46%) were crossed with 2 natures of $degOM$. No interaction was obtained on pH range and VFA profile. The results show that it is not sufficient to take only one of these criteria into account to predict the effects of the diet on ruminal fermentation. The dietary content of $degOM$ and the composition of this $degOM$ are important factors for regulation of pH drop during meals and VFA profile. The prediction of the mean ruminal pH is more complex and also needs to take the dietary content of fiber from forage into account.

INTRODUCTION

L'acidose subclinique ruminale est caractérisée par des baisses transitoires du pH qui impactent la digestion et finalement les performances zootechniques et la santé de l'animal. Cette pathologie est aujourd'hui très fréquente en élevage laitier (Krause et Oetzel, 2006). L'acidose subclinique est difficile à prévenir du fait de l'absence de système de prédiction du caractère acidogène d'une ration. Les recommandations actuelles concernent essentiellement la fibre physique au travers du NDF physiquement efficace (Mertens, 1997) ou plus simplement du NDF de fourrage (NDF_f ; Sauviant *et al.*, 1999). A même apport de fourrage, il est aussi bien établi que les amidons à dégradation rapide sont plus acidogènes que les amidons à dégradation lente (Sauviant, 1997). Zebeli *et al.* (2008) ont ainsi suggéré de considérer simultanément les teneurs des rations en fibre physique et en amidon dégradable pour prévoir les risques de chute de pH. Des essais ont aussi démontré que des glucides non amyliques (GNA) tels que les pectines avaient aussi un pouvoir acidogène important (Malestein *et al.*, 1984). Afin de développer une approche multicritères du risque acidogène des rations, cette étude a visé à 1) tester les effets propres de la teneur en éléments dégradables, de la nature de ces éléments et de la teneur en fibre physique des rations, 2) tester les interactions éventuelles entre ces facteurs et 3) analyser les mécanismes de régulation sous jacents.

1. MATERIEL ET METHODES

Le premier essai a testé l'effet de 3 teneurs en fibre physique en interaction avec 2 teneurs en éléments dégradables à même teneur en amidon et NDF total des rations. Le second essai a testé 3 teneurs en éléments dégradables en interaction avec la nature de ces éléments (amidon vs. GNA) à même teneur en fibre physique des rations. La constitution des rations a permis de dissocier les variations de ces 3 facteurs. La fibre physique a été indexée par la teneur en NDF_f des rations. L'apport d'éléments dégradables a été indexé par la teneur en MO dégradable (MO_{deg}) des rations, qui correspond à la somme de la MO dégradable apportée par les concentrés et de l'amidon dégradable apporté par le fourrage. La teneur en MO_{deg} de chaque aliment concentré a été calculée par le produit de la dégradabilité théorique de sa MS (DTMS) par sa teneur en MO. Les valeurs de DTMS sont disponibles dans les tables INRA-AFZ (2004). La teneur en amidon dégradable de l'ensilage de maïs a été calculée en considérant une dégradabilité théorique de l'amidon de 80%.

1.1. RATIONS EXPERIMENTALES

L'ensilage de maïs a été utilisé comme fourrage unique. Dans l'essai 1, trois ratios fourrage-concentré (F:C ; 20:80, 35:65 et 50:50) ont été combinés avec un niveau bas (B, 41%) et un niveau haut (H, 48% MS) de MO_{deg} . Les rations sont notées B-20, B-35, B-50, H-20, H35, H50. Dans l'essai 2, trois niveaux de MO_{deg} (niveaux B, M et H pour 39, 43 et 46% MS, respectivement) ont été combinés avec 2 niveaux d'amidon (BA, 25% et HA, 41%). Les rations sont notées B-BA, M-BA, H-BA, B-HA, M-HA, H-HA. Le blé et

les pulpes ont été utilisés comme aliments très dégradables riches en amidon et en GNA, respectivement. Le maïs et les coques de soja ont été utilisés comme aliments peu dégradables riches en amidon et en GNA, respectivement (Tableau 1). Les concentrés ont été formulés pour obtenir des rations à teneur constante en UFL (1,02 et 1,00 UFL, respectivement dans les essais 1 et 2) et PDI (100 et 94 g/kg MS respectivement dans les essais 1 et 2). Dans les 2 essais, l'apport de PDIN était identique à l'apport de PDIE par utilisation de tourteaux de soja (normaux et tannés) et d'urée.

1.2. ANIMAUX, ALIMENTATION ET SCHEMA

Les 2 essais ont été conduits en carrés latins 6×6 avec 6 vaches fistulées en lactation (PL = 39,8 kg/j ; TB = 35,9 g/kg ; TP = 29,9 g/kg, en moyenne). Chaque période expérimentale a duré 14 j dont 10 j d'adaptation et 4 jours de mesures. Les rations ont été offertes en 2 repas égaux à 08h00 et 18h00. Les quantités d'aliments offertes ont été fixées à 100% de la MS volontairement ingérée pendant une période pré-expérimentale de 2 semaines. Les vaches ont eu accès à l'auge de 08h00 à 11h30 et de 17h00 à 02h00 pour exacerber les effets des facteurs étudiés sur les paramètres fermentaires du rumen et éviter l'apparition de petits repas.

1.3. MESURES

Les fermentations ruminales ont été suivies sur 9 h après la distribution du matin. Les prélèvements étaient espacés de

30 min les 4 premières heures puis de 1 h. Les moyennes de pH, de concentration en AGV et de proportion molaire des différents AGV, ainsi que l'amplitude de la chute postprandiale de pH, la durée pendant laquelle le pH est resté inférieur à 6,00 et l'amplitude de l'augmentation postprandiale de la concentration en AGV ont été calculées. La durée unitaire de mastication (DUM) a été calculée par le rapport entre la durée totale de mastication et la MS ingérée. L'activité cellulolytique a été estimée par la disparition de la MS de coques de soja incubées 24h *in sacco*.

1.4. ANALYSES

Les données ont été analysées en prenant en compte, pour l'essai 1, des effets fixes période, F:C, MO_{deg} et F:C×MO_{deg} et pour l'essai 2, des effets fixes période, MO_{deg}, nature et MO_{deg}×nature. Un effet aléatoire vache a été considéré dans les 2 essais. Les effets linéaires et quadratiques de F:C, MO_{deg}, F:C×MO_{deg} et MO_{deg}×nature ont été testés. Les effets quadratiques de ces interactions n'ont jamais été significatifs. Les données individuelles des 2 essais ont été complètes (n = 72) pour déterminer le pouvoir prédictif du NDF_f, de MO_{deg} et de la nature des glucides indexée par le rapport entre l'amidon dégradable (A_{deg}) et la MO_{deg} du concentré (A_{deg}/MO_{deg}). Elles ont été analysées en considérant un ou plusieurs de ces facteurs, un effet essai, ainsi que les effets vache et période, hiérarchisés au sein de l'essai.

Tableau 1 Composition (en %MS) des rations expérimentales

	Essai 1 ¹						Essai 2 ²					
	B-50	B-35	B-20	H-50	H-35	H-20	B-BA	M-BA	H-BA	B-HA	M-HA	H-HA
Ensilage de maïs	49,2	34,4	19,7	49,2	34,4	19,7	39,9	39,7	39,8	39,6	39,6	39,6
Maïs grain	23,6	29,2	38,7	-	7,9	17,7	11,2	7,9	-	37,1	23,8	9,9
Blé	-	-	-	24,6	18,7	15,7	-	-	2,0	-	14,6	29,7
Coques de soja	4,1	12,3	20,7	-	7,7	10,8	23,5	5,9	-	-	-	-
Sons de blé	3,9	6,9	-	3,0	18,7	17,7	2,7	8,6	15,6	-	1,5	-
Pulpes de citruses	4,9	-	-	9,2	-	-	3,8	13,7	24,5	-	-	-
Paille de blé broyée	-	3,9	7,9	-	-	5,9	-	-	-	6,8	5,7	5,9
Tourteaux soja 48 et tannés	10,3	9,1	8,5	10,0	8,8	8,3	8,6	14,8	15,6	17,4	17,2	16,6
Urée	0,9	0,8	1,0	1,0	0,5	0,5	1,1	1,3	1,1	1,1	1,1	1,0
CMV+Mélasse+huile soja	3,0	3,3	3,6	3,0	3,3	3,6	3,4	3,4	3,4	3,8	3,8	3,8
NDF	27,8	30,2	29,2	26,1	29,6	30,2	38,8	33,4	30,5	25,0	24,8	25,4
NDF _f	18,9	13,2	7,6	18,9	13,2	7,6	15,0	14,9	14,9	14,8	14,9	14,9
Amidon	36,7	35,3	36,2	36,9	35,3	35,1	25,6	26,5	22,8	40,9	42,3	40,9
MO _{deg}	40,3	40,9	41,5	47,2	48,7	48,5	39,8	43,3	46,3	38,8	42,9	46,5

¹ B, M, H = rations respectivement peu, moyennement et hautement dégradables ; 50, 35, 20 = rations ayant des ratios F:C de respectivement 50:50, 35:65 et 20:80 ; BA et HA : rations ayant des teneurs en amidon respectivement basses et hautes.

2. RESULTATS

Il n'y a pratiquement jamais eu d'interaction entre les facteurs sur l'ensemble des paramètres mesurés à l'exception notable de l'essai 2 où les effets de MO_{deg} sur le pH moyen, la concentration moyenne en AGV et la dégradation *in sacco* de la MS des coques de soja ont été fortement modulés par la nature des glucides.

2.1. CARACTERISTIQUES DES RATIONS

Les teneurs en NDF_f des rations ont toujours été inférieures à 20%. Elles ont diminué de 18,9 à 7,6% dans l'essai 1 avec la diminution de F:C et ont été constantes et proches de 15% dans l'essai 2. Les teneurs en MO_{deg} ont été globalement élevées et n'ont varié ni avec F:C dans l'essai 1 (44,5% en moyenne) ni avec la nature des glucides dans l'essai 2 (42,9% en moyenne). Elles ont varié dans des proportions similaires dans les 2 essais entre les niveaux bas et haut. La teneur en amidon total a peu varié dans l'essai 1 (36% en moyenne) alors qu'elle a varié de 25 à 40% dans l'essai 2.

2.2. INGESTION ET PRODUCTION

L'accroissement de MO_{deg} a fait chuter l'ingestion dans les 2 essais (P < 0,001), l'essai 2 permettant de montrer que cet effet est linéaire dans la gamme de variation considérée. L'ingestion a été plus faible avec les rations riches en amidon qu'avec celles riches en GNA (essai 2 ; P < 0,001). Elle a

aussi augmenté avec la diminution de F:C entre 50:50 et 35:65 mais a plafonné pour les rations 20 :80 (essai 1).

L'accroissement de MO_{deg} a fait chuter le taux butyreux dans les 2 essais et la production de matière grasse a suivi les mêmes tendances (- 230 et - 155 g/j entre les niveaux bas et haut de MO_{deg} respectivement pour les essais 1 et 2, P < 0,05). Le taux butyreux a également diminué lorsque F:C diminuait. Il a été plus faible avec les rations riches en amidon que les rations riches en GNA (essai 2, P < 0,05).

2.3. PARAMETRES FERMENTAIRES RUMINAUX

Les durées de pH<6 ont été très corrélées aux pH moyens (r = 0,97) et ne sont donc pas présentées.

L'accroissement de MO_{deg} a accru les amplitudes de variations postprandiales du pH et de l'acidité totale (P < 0,05) et a diminué fortement le rapport acétate / propionate dans les 2 essais (P < 0,001).

Les effets ont été linéaires (essai 2). Il a aussi conduit à une diminution du pH moyen dans l'essai 1 et dans l'essai 2, mais uniquement pour les rations riches en GNA alors qu'il a accru le pH moyen pour les rations riches en amidon (interaction P < 0,05). Il a eu tendance à accroître la concentration moyenne en AGV dans l'essai 1 (P < 0,10) mais ne l'a pas affectée dans l'essai 2.

La diminution de F:C a réduit le pH moyen (P < 0,001) et accru l'amplitude de pH (P < 0,05) et la concentration

moyenne en AGV ($P < 0,01$). Elle a aussi réduit le rapport acétate/propionate, tous ces effets étant linéaires. Elle n'a pas affecté l'amplitude de variation de l'acidité totale.

Les rations riches en amidon ont conduit à des pH en moyenne plus élevés et des concentrations moyennes en AGV plus faibles, les effets étant surtout sensibles pour les niveaux élevés de MO_{deg} . Ces rations ont conduit à des amplitudes du pH plus élevées que les rations riches en GNA alors que l'amplitude de concentration en AGV n'a pas été affectée par la nature des glucides. Les rations riches en amidon ont réduit le rapport acétate/propionate.

2.4. MASTICATION ET ACTIVITE CELLULOLYTIQUE

L'accroissement de MO_{deg} n'a pas affecté la durée journalière de mastication mais a augmenté la durée unitaire de mastication. Il a réduit la dégradation des coques de soja dans les 2 essais, l'effet étant plus net avec les rations riches en amidon qu'avec les rations GNA dans l'essai 2 (interaction $P < 0,05$). La diminution de F:C a réduit linéairement et de manière importante les durées journalières et unitaires de mastication mais n'a pas affecté les taux de dégradation des coques de soja. La nature des glucides n'a affecté ni les durées de mastication ni la dégradation des coques de soja.

Tableau 2 Effets du ratio F:C et de la teneur en MO_{deg} des rations sur les performances zootechniques, les fermentations ruminales, la DUM et l'activité cellulolytique (essai 1) (ns : $P > 0,10$; * : $P < 0,10$; ** : $P < 0,05$; *** : $P < 0,001$)

	Traitements						SEM	F:C		MO_{deg}	Inter
	B-50	B-35	B-20	H-50	H-35	H-20		L	Q		
MS ingérée (kg/j)	22,5	24,0	23,9	20,1	22,1	22,0	0,81	***	**	***	ns
Taux butyreux (g/kg)	29,0	29,4	24,6	25,8	25,9	22,9	2,43	**	ns	**	ns
pH moyen	6,33	6,16	6,04	6,13	6,08	5,81	0,069	***	ns	**	ns
Amplitude pH	0,75	0,84	1,10	1,16	1,40	1,43	0,125	**	ns	***	ns
AGV moyen (mM/L)	96	100	105	103	100	112	3,4	**	ns	*	ns
Amplitude AGV (mM/L)	34	38	34	50	64	63	6,8	ns	ns	***	ns
Acétate / propionate	3,1	3,0	2,5	2,1	1,8	1,5	0,18	**	ns	***	ns
DUM (min/kg MS ingérée)	34,4	25,6	18,4	35,9	30,6	20,5	2,09	***	ns	**	ns
Dégradation MS coques de soja (%)	63	64	64	55	58	55	2,8	ns	ns	***	ns

Tableau 3 Effets de la teneur en MO_{deg} et en amidon des rations sur les performances zootechniques, les fermentations ruminales, la DUM et l'activité cellulolytique (essai 2) (ns : $P > 0,10$; * : $P < 0,10$; ** : $P < 0,05$; *** : $P < 0,001$)

	Traitements						SEM	MO_{deg}		Nature	Inter
	B-BA	M-BA	H-BA	B-HA	M-HA	H-HA		L	Q		
MS ingérée (kg/j)	24,0	22,4	22,0	23,4	21,6	20,6	0,99	***	ns	**	ns
Taux butyreux (g/kg)	34,4	31,5	30,9	29,0	25,7	26,3	2,65	ns	ns	**	ns
pH moyen	6,25	6,00	6,01	6,16	6,32	6,22	0,053	*	ns	**	**
Amplitude pH	0,77	0,83	1,06	0,94	1,00	1,18	0,096	**	ns	**	ns
AGV moyen (mM/L)	99	111	109	101	94	97	4,1	ns	ns	**	*
Amplitude AGV (mM/L)	35	39	58	34	47	53	6,7	**	ns	ns	ns
Acétate / propionate	3,0	2,5	2,4	2,4	2,0	1,7	0,18	***	ns	***	ns
DUM (min/kg MS ingérée)	31,4	34,8	35,1	32,4	35,0	35,4	1,83	**	ns	ns	ns
Dégradation MS coques de soja (%)	58	55	57	62	58	50	2,8	**	ns	ns	**

3. DISCUSSION

3.1. DESCRIPTION DES RATIONS EXPERIMENTALES

Les rations ont été établies pour placer les animaux dans des situations à risque. Elles étaient toutes très en-deçà des seuils minimaux de 35% de NDF et de 25% de NDF_f recommandés pour limiter les risques de déviations fermentaires (Sauvant *et al.*, 1999). L'acidose subclinique a été notoire dans les 2 essais puisque le pH ruminal moyen était en moyenne de 6,09 et 6,16 pour les essais 1 et 2, respectivement, et les rapports acétate/propionate très souvent inférieurs à 2,5, alors que Sauvant *et al.* (1999) considèrent que le pH moyen doit rester supérieur à 6,2 et que le rapport acétate/propionate devrait être supérieur à 3 pour un fonctionnement optimal du rumen. Les chutes de TB comprises entre 5 et 10 g/kg entre les valeurs moyennes des traitements et les périodes pré-expérimentales confirment aussi l'apparition d'acidose subclinique.

Les effets des facteurs étudiés étant essentiellement additifs et linéaires, nous avons cherché à développer des équations linéaires afin d'étudier le pouvoir prédictif des différents critères caractérisant la ration (Tableau 4).

3.2. CRITERES CARACTERISANT LA RATION ET SES EFFETS SUR LA DIGESTION RUMINALE

Alors que de nombreuses préconisations sont basées sur des critères traduisant les quantités d'amidon dégradées dans le rumen (Sauvant *et al.*, 1999 ; Zebeli *et al.*, 2008), notre étude montre que ce critère n'est pas suffisant et qu'il est préférable d'intégrer l'ensemble des éléments dégradables de la ration. Les écarts types résiduels (ETR) des équations de prédiction ont en effet été plus faibles avec la MO_{deg} qu'avec A_{deg} . L'absence d'interaction de pente entre les 2 essais souligne

la solidité de ce résultat. Le critère MO_{deg} a expliqué dans nos essais 60% de la variance totale du profil en AGV et des amplitudes de variations du pH et de l'acidité. MO_{deg} a en revanche été moins précis pour prédire le pH moyen (40% de variance expliquée). Il faut mentionner que les modalités de mise en œuvre des variations de MO_{deg} étaient différentes entre les essais avec des proportions différentes de matières premières entre les 12 rations, ce qui semble indiquer une bonne généralité du critère. Les critères basés sur les données sachets pour caractériser les concentrés de la ration apparaissent donc comme potentiellement pertinents pour prédire les effets digestifs des concentrés. Ils sont en outre aujourd'hui disponibles dans les tables INRA-AFZ (2004).

La nature de la MO_{deg} doit également être considérée en particulier pour la prédiction du profil fermentaire puisque l'association de MO_{deg} et de A_{deg}/MO_{deg} permet de réduire les ETR des équations de prédiction (Tableau 4). Nos données confirment aussi que NDF_f est un bon prédicteur du pH moyen (Sauvant *et al.*, 1999). Il a été plus précis que MO_{deg} . Son pouvoir prédictif des profils fermentaires a en revanche été beaucoup plus faible que celui de MO_{deg} .

Au final, la teneur en éléments dégradables, leur nature et la teneur en fibre physique interviennent directement dans les régulations du pH et des profils fermentaires ruminants et de manière indépendante et linéaire (au moins dans les gammes des rations utilisées dans les essais). La prise en compte d'un seul de ces critères est donc insuffisante pour pouvoir anticiper les effets digestifs de la ration.

Tableau 4 Ecart-types résiduels des équations de prédiction des paramètres fermentaires (n=72)

	pH moy	Ampli pH	Ampli AGV	C2	C3
A_{deg}	0,201	0,313	18,2	3,46	5,06
NDF_f	0,178	0,317	ns	4,04	5,73
MO_{deg}	0,190	0,261	14,2	3,26	4,25
$+A_{deg}/MO_{deg}$	0,183	0,252	14,4	2,51	3,57
$+A_{deg}/MO_{deg}+NDF_f$	0,152	0,240	14,5	2,26	3,38

3.3. MECANISMES MIS EN OEUVRE

L'augmentation de la teneur en MO_{deg} de la ration a accru linéairement l'amplitude des variations postprandiales du pH et de concentration en AGV dans les 2 essais. Ceci suggère une accélération de la production des AGV juste après le début du repas entraînant finalement une chute de pH d'autant plus marquée que le niveau de MO_{deg} est élevé. L'accroissement postprandial des teneurs en AGV a été aussi marqué pour les rations riches en GNA que les rations riches en amidon. Ce résultat montre que les matières premières riches en pectines sont des aliments acidogènes, confirmant ainsi les données de Malestein *et al.* (1984). L'augmentation de la teneur en MO_{deg} de la ration a également diminué le rapport acétate/propionate dans les 2 essais et cet effet a été indépendant de la nature des glucides. Ce résultat confirme que le profil fermentaire dépendrait au moins en partie de la quantité d'énergie disponible pour les microbes, comme cela avait déjà été suggéré (Sauvant et Van Milgen, 1995).

Les rations riches en GNA ont conduit à des pH moyens plus faibles que les rations riches en amidon, notamment pour les niveaux les plus élevés de MO_{deg} . Ce résultat est *a priori* surprenant, mais en fait ces rations ont permis de maintenir une activité cellulolytique plus intense en période éloignée des repas permettant ainsi une digestion sans doute plus complète des fractions lentement dégradables. Cet effet des GNA peut sans doute s'expliquer par le fait que les pectines constituent un substrat plus adapté aux bactéries cellulolytiques et qu'elles réduisent l'amplitude de la chute de pH comparativement aux amidons. Les rations riches en GNA ont également accru le rapport acétate/propionate. La nature des glucides fermentés (amidon vs. GNA) a donc des effets spécifiques importants sur le profil fermentaire à même teneur en éléments dégradables de la ration. L'effet des constituants pariétaux comparativement à l'amidon sur le profil fermentaire a déjà été décrit (Michalet-Doreau et Sauvant, 1989). L'originalité de nos résultats est de montrer que cet effet n'est pas lié qu'au rythme de dégradation des matières premières alors que les deux facteurs sont le plus souvent confondus dans la littérature mais qu'il s'explique par un effet intrinsèque du substrat. Les GNA sont plus favorables aux bactéries cellulolytiques, qui sont les principaux producteurs d'acétate (Kaufman *et al.*, 1980).

L'apport de fibre physique contribue à réguler le pH moyen du rumen au cours du cycle alimentaire, sans doute en liaison avec son rôle sur la mastication et les flux de salive (Mertens, 1997). En revanche, les modifications de NDF_f n'ont pas affecté l'amplitude des variations postprandiales de concentration en AGV, ce qui montre que les régulations liées à NDF_f ne correspondent pas à des modulations de la production d'acide contrairement aux effets de MO_{deg} .

3.4. EFFET DES ELEMENTS DEGRADABLES SUR L'INGESTION

L'accroissement de la teneur en MO_{deg} de la ration a réduit l'ingestion de MS et la production de matières grasses. Dans les situations nutritionnelles où nous nous sommes placés, la chute d'ingestion a été rapide. Elle a été de 3 kg de MS/j en moyenne pour un accroissement de 100 g/kg MS de la

MO_{deg} . Cet effet des teneurs en éléments dégradables n'a pas varié entre les 2 essais (interaction de pente, $P > 0,10$) bien que les modalités mises en œuvre aient été différentes, avec une variation de la proportion de concentré dans l'essai 1 et une variation de la composition du concentré dans l'essai 2. Sauvant (1997) avait déjà mis en évidence que la substitution d'amidons lentement dégradables par des amidons rapidement dégradables pouvait réduire l'ingestion. Compte tenu de l'ampleur du phénomène, il apparaît donc important de pouvoir à terme le prendre en compte dans la prévision des taux de substitution dans le système INRA des UE (Unités d'Encombrement) de prévision de l'ingestion. A même teneur en MO_{deg} , la nature de cette MO_{deg} affecte également l'ingestion. Celle-ci a diminué en moyenne de 0,2 kg/j pour un accroissement de 10% du ratio A_{deg}/MO_{deg} , ce qui peut représenter jusqu'à 1 kg MS/j pour les variations de ce ratio qui peuvent être observées en pratique.

CONCLUSION

Ce travail a permis de développer une nouvelle représentation du risque acidogène des rations en considérant les fractions amidons et glucides non amyliques dégradables (incluant donc l'amidon de l'ensilage de maïs) et l'apport de NDF par le fourrage. Les données ont toutefois été obtenues dans le cadre de rations volontairement riches en éléments dégradables et pauvres en fibres de fourrages pour se situer dans des zones permettant d'exacerber les effets. Il reste à préciser les relations dans une gamme plus étendue de rations et avec des pratiques de distribution plus habituelles et à mieux prévoir les caractéristiques de dégradation de l'amidon de l'ensilage de maïs pour prendre en compte les différences de comportement qui peuvent être observées entre ensilages (Peyraud *et al.*, 2007). Il reste aussi à mieux préciser les réponses zootechniques des animaux à moyen et long terme face à ces rations à compositions infra optimales. Des études sont aussi nécessaires pour prédire le pouvoir acidogène des fourrages riches en glucides solubles comme l'herbe verte, mais également celui des fourrages agglomérés, dont la fraction fibreuse a probablement un effet tampon moins important qu'un fourrage non broyé et une dégradabilité plus élevée.

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

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

Kaufman, W., Hagemeister, H., Dirksen, G., 1980. Digestive physiology and metabolism in ruminants, eds Y. Ruckebuck et P. Thivend, 587

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

Malestein, A., Van't Klooster, A.Th., Prins, R.A., Counotte, G.H.M., 1984. Neth. J. Agric. Sci., 32, 9-21

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

Michalet-Doreau B., Sauvant D., 1989. INRA Prod. Anim., 2, 235-244

Peyraud, J.L., Delaby L., Lambertson, Ph., Lassalas, J., 2007. J. Renc. Rech. Rum, 14, 260

Sauvant, D., van Milgen, J., 1995. Proc. 8th International Symposium on Ruminant Physiology, 71-91

Sauvant, D. 1997. INRA Prod. Anim., 10, 287-300

Sauvant, D., Meschy, F., Mertens, D.R., 1999. INRA Prod. Anim., 12, 49-60

Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B.N., Drochner, W., 2008. J. Dairy Sci., 91, 2046-2066.