

Influence de l'apport de blé ou de pommes de terre dans une ration complète pour vaches laitières : interaction avec la nature du fourrage

O Colin-Schoellen *, S Jurjanz, F Laurent

Laboratoire de sciences animales, Inra-Ensaia, 2, avenue de la Forêt-de-Haye,
BP 172, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France

(Reçu le 12 mars 1996 ; accepté le 15 novembre 1996)

Summary — Influence of the supply of wheat or potatoes as a complement in a total mixed ration for dairy cows: interaction with the forage nature. The effect of starch source used as an energy concentrate (wheat or potato pelling residues) was studied in interaction with forage nature (maize silage or grass silage) in a latin square design with 24 dairy cows. The diets, consisting of maize silage + straw or grass silage, formaldehyde-treated soyabean meal, formaldehyde-treated rapeseed and soyabean meal and wheat or potato pelling residues, had, for the same forage, similar energy and crude protein concentrations. The dry matter intake was significantly ($P < 0.01$) higher with the potatoes (+ 1.3 kg DM /cow /day) and with the maize silage (+ 2.1 kg DM /cow /day). The milk yield was not significantly affected by the treatments. With the maize silage diets, the fat content of the milk, the fat corrected milk and the fat yield were significantly higher with the potatoes (respectively + 2.6 g/kg, + 1.7 kg/day and + 103 g/day compared with wheat, $P < 0.05$) when the nature of the energy concentrate had no significant effect with the grass silage diets. The true protein content, the protein yield and the gain in body weight were significantly lower with the grass silage diets (respectively - 0.9 g/kg, - 43 g/day and - 327 g/day compared with grass silage, $P < 0.01$). The non protein nitrogen and urea contents of the milk and the uremia were significantly higher with the maize silage diets (respectively + 24, + 42 and + 55 mg/L compared with grass silage, $P < 0.01$) and with the wheat (respectively + 6, + 24 and + 20 mg/L compared with the potatoes, $P < 0.05$).

total mixed ration / starch source / forage nature / milk composition

Résumé — L'influence de la source d'amidon utilisée comme complément énergétique d'une ration complète (blé ou résidus de découpe de pommes de terre) a été étudiée en interaction avec la nature du fourrage (ensilage d'herbe ou ensilage de maïs) dans un essai en carré latin avec 24 vaches laitières. L'ingestion de matière sèche est significativement plus élevée avec le complément pommes de terre et avec l'ensilage de maïs. La production de lait brut n'est pas significativement influencée par les traitements. Pour les rations à base d'ensilage de maïs, le taux butyreux du lait, la quantité de lait à 4 % et la quantité de matière grasse sont significativement plus élevés avec le complément pommes de terre, alors que la nature du complément énergétique n'a pas d'influence significative pour les rations à base

* Correspondance et tirés à part.

d'ensilage d'herbe. La teneur en protéines du lait, la quantité de matière protéique et le gain de poids vif sont significativement plus faibles pour les rations à base d'ensilage d'herbe. Les teneurs en azote non protéique et en urée du lait ainsi que l'urémie sont significativement plus élevées pour les rations à base d'ensilage de maïs et pour les rations comprenant du blé.

ration complète / nature d'amidon / nature du fourrage / composition du lait

INTRODUCTION

Les dernières revues bibliographiques sur l'utilisation de l'amidon par les ruminants (Nocek et Tamminga, 1991 ; Harmon, 1992 ; Sauvart et al, 1994) ont nettement montré les différences concernant les sites et les taux de dégradation entre diverses sources de glucides non membranaires utilisées en alimentation. Cependant, ces revues étaient plus centrées sur les aspects digestifs que sur les performances zootechniques qui y sont liées. Par ailleurs, les essais réalisés sur ce thème ont surtout concerné la comparaison de différentes céréales ou de différents traitements entraînant des variations de digestibilité de l'amidon. En Europe, la mise en place de la nouvelle politique agricole commune a entraîné une baisse des prix des céréales plus ou moins importante suivant les années et a accru ainsi leur compétitivité dans l'alimentation des ruminants. D'autre part, parmi les sous-produits utilisés en alimentation animale, les résidus issus de la découpe des pommes de terre représentent un complément intéressant, compte tenu de leur teneur en énergie élevée. Cet essai a donc été réalisé pour étudier l'influence de deux natures d'amidon utilisées comme complément énergétique (blé ou pommes de terre) distribuées en rations complètes à des vaches laitières. Dans un essai préalablement réalisé à la ferme expérimentale de l'Ensaia pour une ration complète à base d'ensilage de maïs, des valeurs inférieures du taux butyreux ont été enregistrées pour un complément blé comparativement à un complément pommes de terre. La production laitière et le taux protéique n'étaient pas significativement influencés par la nature du complément (Jurjanž et al,

1996). Les pommes de terre et le blé se différenciant par leur vitesse de dégradation de l'amidon, l'hypothèse selon laquelle l'amplitude de la réponse du taux butyreux varie avec la part d'amidon total dans la ration peut être émise. Afin de faire varier la quantité d'amidon ingérée par les animaux, deux natures de fourrage (ensilage de maïs ou ensilage d'herbe) ont donc été utilisées. Pour limiter les effets d'autres facteurs, les rations ont été constituées pour présenter des teneurs proches en énergie et en azote par kg de MS pour le même fourrage de base.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un schéma expérimental en carré latin 4 × 4. Deux natures de ration de base, ensilage de maïs ou ensilage d'herbe, et deux natures d'amidon pour le complément énergétique, blé ou pommes de terre, ont été testées. L'essai a comporté une préexpérience de 2 sem permettant l'allotement des animaux et quatre périodes expérimentales de 4 sem chacune. Chaque période expérimentale était constituée de 10 j de transition alimentaire, 10 j d'adaptation à la nouvelle ration et 1 semaine de mesure.

Vingt-quatre vaches laitières de race Prim' Holstein, dont huit primipares, ont été regroupées en six quadruplets à partir de leur parité (primipares-multipares), de leur stade de lactation au moment de la mise en essai et de la quantité de matière grasse produite au cours des 2 semaines préexpé-

riméntales. La succession des traitements pour chaque quadruplet a été déterminée par tirage aléatoire. Les vaches sont introduites dans l'essai à la même date. La production laitière moyenne, le taux butyreux et le taux protéique moyen pour les 2 semaines préexpérimentales ainsi que le stade de lactation et le poids vif des animaux en début d'essai sont respectivement de 31,7 (\pm 6,9) kg/jour, 40,6 (\pm 5,5) g/kg de lait, 32,4 (\pm 3,2) g/kg de lait, 71 (\pm 34) jours et 663 (\pm 88) kg.

Les vaches ont été conduites en stabulation libre à logettes et ont eu accès individuellement à l'alimentation par des portillons électroniques. Elles ont reçu une fois par jour une ration complète distribuée à volonté et composée, pour les fourrages, d'ensilage

de maïs plus de la paille broyée pour les rations « maïs » (M) et d'ensilage d'herbe pour les rations « herbe » (H), pour les aliments concentrés de tourteau de soja, d'un mélange de tourteaux tannés de colza et de soja (50 : 50) et de blé pour les rations « blé » (B) ou de pommes de terre pour les rations « pommes de terre » (PT) ainsi que de minéraux. La composition des quatre rations est présentée au tableau I. Afin d'assurer des teneurs en énergie par kilo de matière sèche proches pour les quatre rations, la part de fourrage a été réduite pour les rations composées d'ensilage d'herbe au profit du blé ou des pommes de terre. En période préexpérimentale, tous les animaux ont reçu la ration complète du traitement MB.

Tableau I. Composition et valeur nutritive des rations complètes.

Ration	<i>Herbe</i>		<i>Maïs</i>	
	<i>Pomme de terre</i>	<i>Blé</i>	<i>Pomme de terre</i>	<i>Blé</i>
Composition (%)				
Ensilage de maïs			59,2	58,5
Paille			6,3	6,5
Ensilage d'herbe	54,7	53,2		
Pommes de terre	28		16,4	
Blé		33,1		18,7
Tourteau soja	2,8		14,4	12,1
Tourteau colza + soja tannés	13,6	13	2,1	2,8
Minéraux	0,9	0,7	1,6	1,5
Composition chimique (%)				
MS	32,3	41,1	41,3	48,9
MAT	16,6	17,2	14,6	15
Cellulose brute	18,9	18,2	12,7	12,5
ADF	24,5	22,6	17,6	16,8
NDF	42,4	39,4	34,8	33,4
Amidon	18,4	24	32,6	35,1
Cendres	7,6	7	4,2	3,9
Valeur nutritive estimée ^a (/kilo MS)				
UFL	0,89	0,87	0,91	0,9
PDIN	113	118	98	103
PDIE	118	117	104	105
PDIA	60	60	48	50

^a Estimée à partir des analyses sur fourrages et concentrés et corrigée d'après Vermorel et al (1987).

Mesures et analyses

Les quantités distribuées et les refus ont été mesurés individuellement 5 j par semaine. Les teneurs en matière sèche ont été déterminées 5 j par semaine sur un échantillon représentatif pour chacune des quatre rations distribuées et les refus correspondants. Des prélèvements des différents aliments et des quatre rations complètes ont été effectués pour chaque période expérimentale ; les teneurs en MS, MAT, CB, ADF, NDF, amidon et cendres ont été déterminées et les valeurs UFL et PDI calculées (Jurjanz et al, 1996).

La production laitière individuelle a été mesurée à chaque traite. Le taux butyreux (TB), le taux protéique (TP) et la teneur en lactose (analyse par infrarouge, analyseur IRMA) ainsi que le dénombrement cellulaire (comptage des noyaux, appareil Fosomatic) ont été déterminés individuellement sur deux traites consécutives chaque semaine pendant la période préexpérimentale et les 3 premières semaines de chaque période expérimentale. Pendant la dernière semaine de chaque période expérimentale, la composition du lait a été déterminée deux fois sur quatre traites consécutives : pour ces laits, la nature des matières azotées (azote total, azote non protéique et azote soluble à pH 4,6 ; Rowland, 1938) et la teneur en urée (méthode adaptée d'après Siest, 1968) ont également été déterminées. Les teneurs en azote protéique et en azote caséique du lait ont été calculées à partir de ces mesures.

Les poids vifs des animaux en essai ont été obtenus par pesée sur 2 journées consécutives environ 6 h après l'accès à l'alimentation, à la fin de la période préexpérimentale et lors de la dernière semaine de chaque période expérimentale.

Les taux de couverture des besoins énergétiques et azotés des animaux ont été calculés à partir des apports UFL et PDI des

rations et des besoins pour l'entretien et la production laitière (Inra, 1988).

Des prélèvements sanguins individuels sur héparine ont été réalisés par ponction dans la veine caudale, le matin juste après la distribution de la ration, sur 2 journées consécutives en dernière semaine de chaque période expérimentale. Les échantillons de sang ont immédiatement été centrifugés et les plasmas congelés. Après décongélation ont été déterminées la glycémie (dosage enzymatique, Merck) et l'urémie (dosage enzymatique colorimétrique, Biotrol).

Analyses statistiques

Les données ont été traitées selon un modèle général d'analyse de variance (procédure GLM du logiciel Sas, SAS Institute, Inc, 1987) qui prend en compte les effets de la ration, de la période, du quadruplet, de la vache hiérarchisée par le quadruplet et de l'interaction ration*quadruplet. L'analyse a porté sur les moyennes individuelles de la dernière semaine de chaque période expérimentale (semaine de mesures) pour les différentes variables mesurées. Quarante-deux données ont fait l'objet du traitement statistique, les données d'une vache en période 1, éliminées suite à une mammite, étant considérées comme données manquantes. Les effets de la nature du complément énergétique, de la nature du fourrage et de l'interaction ont été testés par la méthode des contrastes (Dagnelie, 1973). Les moyennes présentées dans les tableaux sont ajustées des effets des facteurs du modèle.

RÉSULTATS

Composition et valeur nutritive des rations

Compte tenu de la richesse en fibres de l'ensilage d'herbe, les rations à base d'ensilage d'herbe présentent des teneurs en CB,

ADF et NDF nettement supérieures aux rations à base d'ensilage de maïs (tableau I). Conformément à l'objectif de l'essai, les rations à base d'ensilage d'herbe présentent des teneurs en amidon plus faibles que les rations à base d'ensilage de maïs. La relative pauvreté des pommes de terre en amidon (62 % de la MS) et leur incorporation dans les rations à des taux plus faibles que l'incorporation de blé expliquent les teneurs en amidon plus faibles pour les rations contenant des pommes de terre par rapport aux rations contenant du blé (tableau I). La plus forte teneur en MAT de l'ensilage d'herbe que celle escomptée a entraîné des teneurs en MAT plus élevées pour les rations à base d'ensilage d'herbe, ce qui est également retrouvé au niveau des teneurs en PDI.

Ingestion

L'ingestion totale de matière sèche est significativement plus élevée pour les rations contenant des pommes de terre par rapport au blé (+1,3 kg MS/vache/jour, $p < 0,01$) et pour les rations à base d'ensilage de maïs par rapport à l'ensilage d'herbe (+ 2,1 kg MS/vache/jour, $p < 0,01$) (tableau II). Par suite, les quantités d'énergie ingérées sont significativement plus élevées pour les rations contenant des pommes de terre et les rations à base d'ensilage de maïs (respectivement + 1,4 et + 2,4 UFL/vache/jour, $p < 0,01$). En revanche, les teneurs en PDI étant plus faibles pour les rations à base d'ensilage de maïs et les teneurs en PDIN plus faibles pour les rations supplémentées en pommes de terre, les quantités de PDIN ingérées ne sont pas significativement influencées. Les quantités de PDIE ingérées sont significativement plus faibles pour les rations contenant du blé (- 126 g/vache/jour par rapport aux pommes de terre, $p < 0,01$). L'interaction nature du complément énergétique \times nature de la ration de base n'est pas significative.

Production et composition du lait

La production de lait brut (27,1 kg/vache/jour) n'est pas significativement influencée par le traitement. La quantité de lait à 4 % n'est influencée significativement ni par la nature du complément énergétique ni par la nature de la ration de base ; en revanche, l'interaction entre nature du complément énergétique et nature du fourrage est significative : la distribution de pommes de terre à la place du blé augmente la production de lait à 4 % dans les rations avec ensilage de maïs (+ 1,7 kg/jour, $p < 0,01$) mais ne la modifie pas significativement dans les rations avec ensilage d'herbe (tableau II).

De même, pour les rations à base d'ensilage de maïs, le taux butyreux du lait est significativement plus élevé pour la ration contenant des pommes de terre par rapport à la ration contenant du blé (+ 2,6 g/kilo, $p < 0,01$). Pour les rations à base d'ensilage d'herbe, le taux butyreux n'est pas significativement influencé par la nature du complément énergétique. Le taux protéique du lait est significativement plus élevé pour les rations à base d'ensilage de maïs (+ 0,9 g/kilo par rapport à l'ensilage d'herbe, $p < 0,01$) et tend à être plus élevé pour les rations supplémentées en blé (+ 0,4 g/kg par rapport aux pommes de terre, $p < 0,10$), l'interaction n'est pas significative (tableau II). Ni la teneur en lactose ni le dénombrement cellulaire des laits ne sont modifiés par les traitements.

La quantité de matière grasse est significativement influencée par la nature du complément énergétique (en moyenne + 33 g/vache/j pour les pommes de terre, $p < 0,05$), l'interaction avec la nature de la ration de base étant également significative : la quantité de matière grasse augmente significativement avec la distribution de pommes de terre dans les rations avec ensilage de maïs (+ 103 g/vache/jour, $p < 0,01$) mais diminue dans les rations avec ensilage d'herbe (- 36 g/vache/jour, NS). La quantité

Tableau II. Effet de la nature du complément énergétique sur les quantités ingérées, la production et la composition du lait. Interaction avec la nature du fourrage.

	Seuil de signification								
	HPT	HB	MPT	MB	ETr	Effet traitement	Effet nature du complément énergétique	Effet nature du fourrage	Effet interaction
Matière sèche ingérée (kg/jour)	19,9 bc	19,1 c	22,5 a	20,7 b	1,7	<0,01	<0,01	<0,01	NS
UFL ingérées (/jour)	17,7 c	16,6 d	20,5 a	18,7 b	1,5	<0,01	<0,01	<0,01	NS
PDIN ingérées (g/jour)	2 235 ab	2 264 a	2 233 ab	2 135 b	188	NS	NS	0,1	NS
PDIE ingérées (g/jour)	2 328 a	2 244 ab	2 346 a	2 177 b	185	<0,01	<0,01	NS	NS
Lait brut (kg/jour)	26,7 b	27,0 ab	27,8 a	27,0 ab	1,9	NS	NS	NS	NS
Lait 4 % (kg/jour)	26,3 b	26,9 b	27,8 a	26,1 b	1,7	<0,01	0,1	NS	<0,01
Taux butyreux (g/kilo)	40,3 a	41,4 a	41,4 a	38,8 b	2,4	<0,01	NS	NS	<0,01
Taux protéique (g/kilo)	32,5 b	33,3 a	33,8 a	33,8 a	1,1	<0,01	<0,10	<0,01	NS
Teneur en lactose (g/kilo)	49,9	49,8	49,7	49,6	0,6	NS	NS	NS	NS
Matière grasse (g/jour)	1 047 bc	1 083 ab	1 124 a	1 021 c	78	<0,01	<0,05	NS	<0,01
Matière protéique (g/jour)	846 c	874 bc	914 a	893 ab	63	<0,01	NS	<0,01	<0,10
Cellules ($\cdot 10^3$ /mL)	142	204	211	140	204	NS	NS	NS	NS

HPT : herbe-pommes de terre, HB : herbe-blé, MPT : maïs-pommes de terre, MB : maïs-blé, a, b, c, d : lettres différentes pour une même ligne pour des valeurs significativement différentes au seuil de 5 %.

de matière protéique est significativement ($p < 0,01$) plus élevée pour les vaches recevant les rations à base d'ensilage de maïs : 903 contre 860 g/jour pour les rations à base d'ensilage d'herbe (tableau II).

Nature des matières azotées du lait

Les teneurs en azote total, azote protéique et azote caséique des laits sont significativement ($p < 0,01$) plus élevées pour les rations à base d'ensilage de maïs par rapport aux rations à base d'ensilage d'herbe (respectivement 5,69, 5,38 et 4,45 g/L contre 5,53, 5,24 et 4,35 g/L). Elles ne varient pas significativement sous l'effet de la nature du complément énergétique. Les teneurs en azote soluble, azote non protéique et urée sont significativement ($p < 0,01$) plus élevées pour les rations à base d'ensilage de maïs (respectivement 1 230, 299 et 380 mg/L contre 1 160, 275 et 338 mg/L) et pour les rations contenant du blé (respectivement 1 222, 295 et 371 mg/L contre 1 170, 279 et 347 mg/L). La proportion de caséines dans les protéines totales n'est pas significativement influencée par le traitement.

Gain de poids

Le gain de poids vif n'est pas influencé par la nature du complément énergétique. En revanche, il est significativement plus élevé ($p < 0,01$) pour les vaches recevant les rations à base d'ensilage de maïs : celles-ci présentent un gain moyen quotidien de 271 g/jour alors que les vaches recevant la ration à base d'ensilage d'herbe perdent en moyenne 56 g/jour (tableau III).

Taux de couverture des besoins

Le taux de couverture des besoins énergétiques est positif pour les animaux recevant

les rations à base d'ensilage de maïs (113 %) et significativement supérieur à celui des animaux recevant les rations à base d'ensilage d'herbe (100 %). La nature du complément énergétique influence significativement le taux de couverture des besoins énergétiques : 110 % pour les rations PT contre 104 % pour les rations B (tableau III).

Les taux de couverture des besoins azotés sont largement positifs et significativement plus élevés pour les rations à base d'ensilage d'herbe : + 7 points par rapport aux rations à base d'ensilage de maïs ($p < 0,01$). Le taux de couverture des besoins en PDIE est également significativement plus élevé pour les rations contenant des pommes de terre (+ 7 points par rapport au blé, $p < 0,01$).

Paramètres sanguins

L'urémie est significativement plus élevée pour les rations à base d'ensilage de maïs et contenant du blé (respectivement + 55 mg/L par rapport aux rations contenant de l'ensilage d'herbe, $p < 0,01$ et + 20 mg/L par rapport aux rations contenant des pommes de terre, $p < 0,05$). La glycémie n'est pas significativement influencée par le traitement (tableau III).

DISCUSSION

Influence de la nature de l'amidon du concentré

Peu d'auteurs ont étudié l'influence de la nature de l'amidon en comparant la pomme de terre à d'autres sources d'amidon. Les études sur l'influence de la nature de l'amidon chez la vache laitière ont surtout été réalisées en comparant différentes céréales (avoine, maïs, millet, orge, sorgho...). Jentsch et al (1992), Beyer et al (1993) et Alert et Poppe (1994) ont comparé la digestibilité de l'amidon de blé, d'orge, de maïs

Tableau III. Effet de la nature du complément énergétique sur le gain de poids, les taux de couverture des besoins énergétiques et azotés et les paramètres sanguins. Interaction avec la nature du fourrage.

	HPT	HB	MPT	MB	ETr	Seuil de signification			
						Effet traitement	Effet nature du complément énergétique	Effet nature du fourrage	Effet interaction
GMQ (g/jour)	- 30 b	- 82 b	+ 326 a	+ 216 ab	559	< 0,05	NS	< 0,01	NS
Taux de couverture des besoins (%):									
UFL	104 b	97 c	116 a	111 a	9	< 0,01	< 0,01	< 0,01	NS
PDIN	127 a	126 a	120 b	117 b	10	< 0,01	0,39	< 0,01	NS
PDIE	133 a	126 bc	126 b	119 c	11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	NS
Urémie (g/litre)	0,30 c	0,34 b	0,37 a	0,38 a	0,05	< 0,01	< 0,05	< 0,01	NS
Glycémie (g/litre)	0,66	0,66	0,67	0,65	0,05	NS	NS	NS	NS

HPT : herbe-pommes de terre, HB : herbe-blé, MPT : maïs-pommes de terre, MB : maïs-blé, a, b, c : lettres différentes pour une même ligne pour des valeurs significativement différentes au seuil de 5 %.

et de pomme de terre chez des bœufs ; Sauvante et al (1994) leur dégradation in sacco. La synthèse de ces travaux montre que la digestibilité ruminale de l'amidon de pomme de terre est plus faible que celle des céréales comme le blé et l'orge.

Nous observons dans cet essai une augmentation de la quantité de matière sèche ingérée avec les rations PT. Ces résultats correspondent à ceux de Casper et Schingoethe (1989), Mc Carthy et al (1989), Casper et al (1990) et Khorasani et al (1994), qui observent une augmentation des quantités ingérées avec des amidons lentement dégradables alors que d'autres (De Peters et Taylor, 1985 ; De Visser et al, 1990 ; Grings et al, 1992 ; Jurjanz et al, 1996) n'observent pas d'influence significative de la nature du complément énergétique. Compte tenu de ces différences d'ingestion, les quantités d'amidon ingéré sont similaires pour les rations à base d'ensilage de maïs (respectivement 7,2 et 7,3 kg/j pour les rations MB et MPT) alors qu'elles sont plus faibles pour la ration HPT par rapport à la ration HB (respectivement 3,7 et 4,6 kg/j).

Pour la plupart des auteurs, la production laitière n'est pas influencée par la nature du complément énergétique (De Peters et Taylor, 1985 ; Grings et al, 1992 ; Khorasani et al, 1994 ; Jurjanz et al, 1996). En revanche, la production de lait à 4 % est supérieure dans certains essais pour les rations comportant des sources d'amidon lentement dégradables (Casper et Schingoethe, 1989 ; Casper et al, 1990 ; Khorasani et al, 1994 ; Jurjanz et al, 1996). Nos résultats vont dans le même sens, une augmentation du lait à 4 % et du taux butyreux des laits étant observée pour les animaux recevant la ration MPT par rapport à la ration MB alors que cette différence n'existe pas pour les rations à base d'ensilage d'herbe. Le taux butyreux et la quantité de matière grasse plus faibles dans la ration MB apparaissent alors que la proportion d'amidon provenant de l'aliment concentré ne représente que

37 % de l'amidon ingéré. Sauvante et al (1994) estiment que, pour des rations entraînant un fort apport énergétique et un taux butyreux réduit, un apport d'amidon rapide entraînerait une chute plus importante du taux butyreux du lait alors qu'un apport d'amidon lent permettrait de le maintenir. Dans cet essai, même si le taux butyreux moyen des laits est élevé (40,5 g/kg en moyenne), l'hypothèse d'une réduction des précurseurs des matières grasses du lait dans le cas du régime MB peut être émise. En effet, de nombreux auteurs (Casper et Schingoethe, 1989 ; Mc Carthy et al, 1989 ; Casper et al, 1990) observent une augmentation de la proportion de propionate parmi les AGV ruminants et/ou une diminution du rapport (acétate + butyrate)/propionate pour les rations composées d'amidon « rapide » (comparaison orge-maïs). Pour tous ces auteurs, les apports totaux d'amidon étaient importants, compris entre 7,5 et 11 kg/jour. De même, Sauvante et al (1994) observent un rapport (acétate + butyrate)/propionate nettement plus faible avec des aliments à amidon rapide lorsque le régime induit déjà une valeur faible de ce rapport. Ces résultats confirment ceux établis par Jurjanz et al (1996) pour une comparaison blé/pommes de terre avec des rations à base d'ensilage de maïs apportant une quantité élevée d'amidon (7,5 kg/vache/jour). Pour les rations à base d'ensilage d'herbe, l'absence d'effet de la nature du complément énergétique sur les matières grasses du lait est cohérente avec les résultats des autres essais, car avec ces rations les quantités d'amidon ingérées sont nettement plus faibles (3,7 à 4,6 kg/vache/jour). De Visser et al (1990), pour une ingestion d'environ 5 kg d'amidon par jour, n'ont observé de variation significative avec la nature du complément énergétique ni pour le taux butyreux, ni pour la production de lait à 4 %, ni pour les proportions des différents acides gras volatils.

Le taux protéique des laits est plus élevé pour les rations à base d'ensilage d'herbe comprenant du blé alors qu'il n'y a pas

d'effet de la nature du complément énergétique pour les rations à base d'ensilage de maïs. Seuls Rearte et al (1989) observent une variation significative de la teneur en protéines sous l'effet de la dégradabilité de l'amidon, mais en faveur de l'amidon lentement dégradable. Le traitement du sorgho à la vapeur, en favorisant la dégradabilité de sa fraction amylolytique, entraîne en revanche une augmentation de la teneur en protéines des laits (Poore et al, 1993).

Les teneurs en azote non protéique et en urée du lait ainsi que l'urémie sont plus fortes pour les rations comprenant du blé. Pourtant, la quantité de PDIN ingérée est voisine pour toutes les rations mais la quantité d'énergie ingérée, plus élevée pour les rations comprenant les pommes de terre, a pu permettre une meilleure valorisation de l'azote ingéré. De plus, comme le soulignent Jurjanz et al (1996), l'écart PDIE-PDIN ingérées plus élevé pour les rations PT (+ 103 contre + 11 g pour les rations B) peut entraîner un recyclage d'azote plus important dans le cas des rations PT et donc une excrétion d'urée plus faible.

Dans cet essai, le gain de poids vif n'a pas varié significativement avec la nature de l'amidon. Pourtant, Sauvart et al (1994) estiment qu'avec des rations riches en énergie et entraînant un taux butyreux réduit une prise de poids plus importante pourrait être observée pour les régimes riches en amidon rapidement dégradable. De Visser et al (1990) observent d'ailleurs un gain de poids supérieur pour les rations contenant de l'orge en comparaison au maïs, mais Casper et Schingoethe (1989) et Casper et al (1990) enregistrent des résultats inverses. Le schéma expérimental de cet essai induisant des périodes de traitement courtes, il est de toute façon difficile de mettre en évidence des variations significatives du poids vif.

Les taux de couverture des besoins énergétiques et azotés (notamment en PDIE), plus faibles pour les rations B que pour les rations PT, reflètent les écarts des niveaux

d'ingestion en énergie et en azote car les différences de production de lait à 4 % et de teneur en protéines sont faibles.

Influence de la nature du fourrage

Les vaches recevant de l'ensilage d'herbe ont ingéré des quantités de matière sèche et d'énergie moins importantes que les vaches recevant de l'ensilage de maïs. Ces observations rejoignent celles de Favardin et al (1987), Phipps et al (1992), et Klop et de Visser (1994). Compte tenu des teneurs en PDI plus élevées pour les rations à base d'ensilage d'herbe, les ingestions d'azote sont similaires pour les deux fourrages. La teneur en protéines du lait est plus faible pour les rations à base d'ensilage d'herbe, ce qui est cohérent avec les ingestions d'énergie plus faibles pour ces rations (Colin et al, 1993). Rémond et Journet (1987), Phipps et al (1993) et Klop et de Visser (1994) ont également montré que le taux protéique était plus élevé pour des vaches recevant une ration à base d'ensilage de maïs ou avec une forte proportion d'ensilage de maïs par rapport à l'ensilage d'herbe. Les teneurs en azote non protéique et en urée du lait ainsi que l'urémie plus élevées pour les rations à base d'ensilage de maïs ne peuvent s'expliquer par les différences d'énergie et d'azote ingérées. En revanche, les rations à base d'ensilage de maïs présentent des proportions de PDIA dans les PDI totales plus faibles que les rations à base d'ensilage d'herbe (- 4 %). La part de l'azote fermentescible étant plus élevée pour les rations M, des pertes azotées accrues ont pu se produire lors de la digestion ruminale. Les vaches recevant de l'ensilage d'herbe ont perdu du poids alors que les vaches recevant des rations à base d'ensilage de maïs en ont gagné. Ces résultats sont cohérents avec les taux de couverture des besoins énergétiques calculés, proches de 100 % pour les rations H alors qu'ils sont largement positifs pour les rations M.

CONCLUSION

L'utilisation d'une source d'amidon lentement dégradable dans le rumen (résidus de découpe de pommes de terre) comme complément énergétique permet de maintenir le taux butyreux du lait dans des rations comportant environ 60 % d'ensilage de maïs alors qu'avec une source d'amidon rapidement dégradable (blé) celui-ci chute. Ces résultats ont d'ailleurs été bien établis par d'autres auteurs. En revanche, avec des rations comportant plus de 50 % d'ensilage d'herbe, la nature du complément énergétique n'influe pas sur la teneur en matière grasse des laits. Il semble donc que la quantité d'amidon total apporté dans la ration soit le facteur déterminant quant à l'effet de la nature de l'amidon du complément énergétique. Pour compléter cette étude, il serait intéressant d'étudier l'influence de la quantité d'amidon ingérée par les vaches laitières sur la teneur en matière grasse des laits pour un complément énergétique rapidement dégradable dans le rumen. La teneur en protéines des laits est peu influencée par la nature du complément énergétique. Par suite, le rapport taux protéique/taux butyreux est le plus élevé pour la ration à base d'ensilage de maïs complémentée en blé.

Il pourrait y avoir un effet spécifique des pommes de terre sur l'ingestion de matière sèche. L'utilisation d'ensilage d'herbe à la place d'ensilage de maïs conduit à limiter les quantités ingérées, notamment la quantité d'énergie et par suite la teneur en protéines des laits et le gain de poids vif. Ces résultats correspondent à ceux établis antérieurement. Les variations des teneurs en urée du lait et du sang sous l'effet de la nature du fourrage et de la nature du complément énergétique peuvent s'expliquer par les écarts entre quantités d'énergie et quantités d'azote ingérées ou par la part des protéines fermentescibles dans le rumen.

RÉFÉRENCES

- Alert HJ, Poppe S (1994) Trockensubstanz- und Nährstoffverlust bei Futtermitteln nach Inkubation im Pansen (Nylonbeuteltechnik). *Arch Anim Nutr* 47, 181-186
- Beyer M, Jentsch W, Hoffman L (1993) Einfluss der Stärkeherkünfte Gerste, Mais und Kartoffeln und ihrer Rationsanteile auf die Nährstoffverdaulichkeit und die Energieverwertung bei Wiederkäuern. 3. Mitteilung - Energieverwertung beim Rind. *Arch Anim Nutr* 44, 265-281
- Casper DP, Schingoethe DJ (1989) Lactational response of dairy cows varying in ruminal solubilities of carbohydrate and crude protein. *J Dairy Sci* 72, 928-941
- Casper DP, Schingoethe DJ, Eisenbeisz WA (1990) Response of early lactation dairy cows fed diets varying in source of nonstructural carbohydrates and crude protein. *J Dairy Sci* 73, 1039-1050
- Colin O, Laurent F, Vignon B (1993) Alimentation et maîtrise de la qualité protéique et technologique des laits en élevage. *Ann Zootech* 42, 371-378.
- Dagnelie P (1973) *Théorie et méthodes statistiques. Vol 2. Les presses agronomiques de Gembloux, Belgique*
- De Peters EJ, Taylor SJ (1985) Effect of feeding corn or barley on composition of milk and diet digestibility. *J Dairy Sci* 68, 2027-2032
- De Visser H, Van der Togt PL, Tamminga S (1990) Structural and non-structural carbohydrates in concentrate supplements of silage based dairy cow rations. 1. Feed intake and milk production. *Neth J Agric and Sci* 38, 487-498
- Faverdin P, Hoden A, Coulon JB (1987) Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull. Tech CRZV Theix* 70, 133-153
- Grings EE, Roffler RE, Deitelhoff DP (1992) Evaluation of corn and barley as energy sources for cows in early lactation fed alfalfa based diet. *J Dairy Sci* 75, 193-200
- Harmon DL (1992) Starch utilization in ruminants. In : *53rd Minnesota Nutrition Conference, 22-23 september 1992, Bloomington, Minnesota, USA, 57-66*
- Inra (1988) *Alimentation des bovins, ovins et caprins* (R Jarrige, ed) Inra Publications, Versailles
- Jentsch W, Wittenburg H, Beyer M (1992) Einfluss der Stärkeherkünfte Gerste, Mais, Kartoffeln und ihrer Rationsanteile auf die Nährstoffverdaulichkeit und die Energieverwertung bei Wiederkäuern. 1. Mitteilung - Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffverdaulichkeit bei Rind und Schaf. *Arch Anim Nutr* 42, 301-316
- Jurjanz S, Colin-Schoellen O, Laurent F (1996) Influence de la nature de l'amidon du complément énergétique et d'une supplémentation en méthionine sur les performances zootechniques de vaches laitières. *Ann Zootech* 45, 467-476

- Khorasani GR, De Boer G, Robinson B, Kennelly JJ (1994) Influence of dietary protein and starch on production and metabolic responses of dairy cows. *J Dairy Sci* 77, 813-824
- Klop A, de Visser H (1994) Effect van verschillende verhoudingen grassilage : maissilage in het rantsoen op voeropname, melkproductie, pensfermentatie, penskinetiek en mestverteerbaarheid. *Rapport Instituut voor Veehouderij en Diergezondheid (ID-DLO)*, Lelystad, Netherlands, 270
- Mc Carthy RD, Klusmeyer TH, Vicini JL, Clark JH, Nelson DR (1989) Effect of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J Dairy Sci* 72, 2002-2016
- Nocek JE, Tamminga S (1991) Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J Dairy Sci* 74, 3598-3629
- Phipps RH, Weller RF, Rook AJ (1992) Forage mixtures for dairy cows: the effect on dry matter intake and milk production of incorporating different proportions of maize silage into diets based on grass silages of differing energy value. *J Agric Sci* 118, 379-382
- Phipps RH, Sutton JD, Jones BA, Allen D, Fischer W (1993) The effect of mixed forage diets on food intake and milk production of dairy cows. *Anim Prod* 56, 424
- Poore MH, Moore JA, Swingle RS, Eck JP, Brown WH (1993) Response of lactating holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J Dairy Sci* 76, 2235-2243
- Rearte DH, Benandino JDi, Penalta R (1989) Supplementation of concentrate of different starch and protein degradability in rumen, to dairy cows grazing high quality pasture. *J Dairy Sci* 72 (Suppl 1), 539
- Rémond B, Jourmet M (1987) Effet de l'alimentation et de la saison sur la composition du lait. In : *Le lait, matière première de l'industrie laitière*. Inra Publications, Versailles, 171-186
- Rowland SJ (1938) The determination of the nitrogen distribution in milk. *J Dairy Sci* 9, 42-46
- SAS (1987) *SAS/STAT Guide for personal computers, Version 6.04*. SAS Inst, Inc, Cary, NC
- Sauvant D, Chapoutot P, Archimède H (1994) La digestion des amidons par les ruminants et ses conséquences. *INRA Prod Anim* 7, 115-124
- Siest G (1968) Étude de la réaction urée-diacetylmonoxime. *Ann Biol Clin* 26, 431-448
- Vermorel M, Coulon JB, Jourmet M (1987) Révision du système des unités fourragères (UF). *Bull Tech CRZV Theix* 70, 9-18