

## Effet de la nature de l'aliment concentré sur les performances zootechniques de vaches laitières recevant une ration complète

O Colin-Schoellen, S Jurjanz, JN Gardeur, F Laurent

INRA-ENSAIA, laboratoire de sciences animales, 2, av de la Forêt-de-Haye,  
BP 172, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France

(Reçu le 29 juin 1994; accepté le 20 janvier 1995)

**Résumé** — L'influence de la nature de l'aliment concentré (blé ou pulpes de betteraves + corn gluten feed) sur la production et la composition du lait, les profils d'acides gras volatils ruminiaux et quelques paramètres sanguins a été étudiée dans un essai en inversion avec 36 vaches laitières. Les vaches recevaient une ration complète à base d'ensilage de maïs, les 2 rations étant isoénergétiques et isoazotées. La nature de l'aliment concentré n'a pas d'effet significatif sur l'ingestion de matière sèche et sur la production de lait brut. Le taux butyreux du lait, la quantité de lait 4% et la quantité de matière grasse sont significativement plus élevés pour le concentré paroi (+3,2 g/kg,  $P < 0,01$ ; +1,1 kg,  $P < 0,05$  et +73 g/j,  $P < 0,01$  respectivement); le taux protéique et le gain de poids vif sont significativement plus élevés pour le concentré amidon (+0,7 g/kg,  $P < 0,05$  et +580 g/j,  $P < 0,01$  respectivement). La proportion d'acide acétique dans le rumen est significativement plus faible (-2,7%,  $P < 0,05$ ) et celle d'acide propionique plus élevée (+2,1%,  $P < 0,05$ ) pour le concentré riche en amidon. La nature de l'aliment concentré n'a pas influencé significativement les teneurs en AGNE, en  $\beta$ OH-butyrate et l'urémie. La glycémie est significativement plus élevée pour la ration contenant le concentré riche en amidon (+0,02 g/l,  $P < 0,05$ ).

**ration complète / nature du concentré / composition du lait / acides gras volatils**

**Summary** — Influence of the nature of the concentrate on zootechnical performances of dairy cows receiving a complete diet. The influence of concentrate (wheat or sugar beet pulp + corn gluten feed) on milk yield and composition, rumen volatile fatty acids and some blood parameters was studied with a crossover design using 36 dairy cows (22 primiparous) during 2 experimental periods of 6 weeks each. The cows were fed ad libitum with a complete diet consisting, in large part, of maize silage. The 2 diets had the same energy concentration (1.57 Mcal/kg dry matter [DM]) and crude protein (14.2%). The nature of the supplement had no significant effect on mean daily total DM intake (18.0 kg) and mean daily milk production (22.2 kg/d). The most affected was the fat content of the milk, fat-corrected milk and fat yield which increased with the fibrous concentrate (+3.2 g/kg milk,  $P < 0.05$ , +1.1 kg,  $P < 0.10$  and +73 g/d,  $P < 0.01$ , respectively) (table II); the true protein content of the milk and the body weight were significantly higher with the starchy concentrate (+0.7 g/kg,  $P < 0.05$  and +580

g/d,  $P < 0.01$ , respectively). The proportion of acetic acid in the rumen fluid was significantly lower ( $-3\%$ ,  $P < 0.05$ ) and the proportion of propionic acid higher ( $+2\%$ ,  $P < 0.05$ ) with the starchy concentrate (table III). The nature of the concentrate had neither a significant effect on the non-esterified fatty acids and  $\beta$ OH-butyrate contents, nor on the uremia (table IV and fig 1). The glycemia was significantly increased for the diet with the starchy concentrate ( $+0.02$  g/l,  $P < 0.05$ ) (fig 2).

#### **complete diet / nature of supplement / milk composition / volatile fatty acids**

## **INTRODUCTION**

Les excédents mondiaux de céréales s'accroissant régulièrement, leur utilisation comme complément énergétique des rations destinées aux vaches laitières pourrait augmenter les débouchés. Des essais ont été conduits pour comparer l'utilisation des céréales avec des sous-produits issus de la transformation de matières premières alimentaires, la plupart avec des quantités de concentré faibles (inférieures à 5 kg MS par vache et par jour) dans le cas de rations à base d'ensilage de maïs, ou avec des quantités plus importantes mais avec des rations à base de foin ou d'ensilage d'herbe (revue de Coulon *et al*, 1989). Dans la majorité des cas le fourrage et l'aliment concentré étaient distribués séparément. Les différences d'ingestion des 2 types d'aliment concentré n'étant souvent pas compensées par leur écart de valeur énergétique ou par les variations de fourrage consommé (Lees *et al*, 1990 ; Beauchemin *et al*, 1991 ; Sutton *et al*, 1993), les essais où les apports étaient réellement isoénergétiques (Thomas *et al*, 1986; Laurent et Gardeur, 1989) sont relativement peu nombreux. Seuls Hoden *et al* (1990) et De Visser *et al* (1990) ont travaillé en ration complète à base d'ensilage de maïs ou d'ensilage de maïs et d'ensilage d'herbe.

Par ailleurs, les essais réalisés ont surtout comporté des mesures de l'ingestion des différents aliments et des performances zootechniques des animaux (production et composition du lait). Quelques études y

associaient les profils fermentaires ruminiaux (Sutton *et al*, 1987 ; Beauchemin *et al*, 1991 ; De Visser *et al*, 1992 ; Sutton *et al*, 1993) mais peu ont concerné la mesure de métabolites énergétiques au niveau du sang (Laurent et Gardeur, 1989; Lees *et al*, 1990).

Cet essai a été réalisé pour étudier, dans les conditions d'utilisation d'une ration complète à base d'ensilage de maïs complétée avec des aliments concentrés (33 à 40% de la matière sèche de la ration), les effets de 2 types d'aliments concentrés, l'un riche en amidon, l'autre en pailles facilement dégradables, sur la production et la composition du lait de vaches en lactation, les orientations fermentaires et des métabolites énergétiques sanguins.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Schéma expérimental**

La comparaison entre 2 traitements portant sur la nature de l'aliment concentré, l'un riche en amidon et l'autre riche en pailles facilement dégradables, a été réalisée selon un schéma expérimental en inversion. Les animaux ont reçu alternativement chacun des traitements au cours de 2 périodes expérimentales.

L'essai a comporté :

- une préexpérience de 2 sem permettant l'allocation des animaux ;
- deux périodes expérimentales de 6 sem dont 1 sem de transition alimentaire et 1 sem d'adaptation au début de chaque période.

## Animaux

Trente-six vaches laitières de race Prim'Holstein, dont 22 primipares, ont été regroupées en 18 blocs à partir de leur parité (primipares–multipares), de leur stade de lactation, de leur production laitière et du taux protéique (TP) des 2 sem préexpérimentales. La répartition des 2 individus d'un même bloc dans chacun des 2 lots expérimentaux (définis par la succession des traitements) a été réalisée par tirage aléatoire.

Tous les animaux introduits en essai à la même date sont au moins en 4<sup>e</sup> semaine de lactation au début de la première période expérimentale. La production laitière moyenne et le TP moyen pour les 2 sem préexpérimentales ainsi que le stade de lactation et le poids vif en début d'essai pour les lots 1 et 2 sont respectivement de 26,5 ( $\pm 6,8$ ) et 27,0 ( $\pm 6,9$ ) kg de lait/j, 30,9 ( $\pm 2,7$ ) et 30,9 ( $\pm 2,6$ ) g/kg de lait, 81 ( $\pm 32$ ) et 88 ( $\pm 31$ ) j ainsi que 572 ( $\pm 82$ ) et 573 ( $\pm 76$ ) kg.

## Alimentation et traitements

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 1 fois par jour une ration complète distribuée à volonté et composée d'ensilage de maïs, de paille broyée, d'un aliment concentré riche en azote et, pour le traitement amidon, de blé (18,6% de la MS) et, pour le traitement paroi, de pulpes de betteraves (19,0% de la MS) et de corn gluten feed (7,3% de la MS) (tableau I).

Afin d'obtenir la même valeur UFL pour les 2 rations, la part d'ensilage de maïs a été réduite pour la ration comportant l'aliment concentré à base de parois au profit des aliments concentrés (37,2% de la MS pour la ration «paroi», 30,4% de la MS pour la ration «amidon»). Les 2 rations ont présenté des teneurs en PDIN et PDIE équivalentes. Les principales différences de composition chimique des 2 rations portent sur les teneurs en cellulose brute, ADF et NDF, plus fortes pour la ration «paroi» (+2,9; +4,3 et +2,6 points respectivement) et la teneur en amidon (-11,5 points pour la ration «paroi») (tableau I).

Pendant les 3 dernières semaines de chaque période expérimentale, l'accès à l'auge, bloqué de 22 h jusqu'à la traite du lendemain matin (5 h) était libre pour le reste de la journée.

## Mesures et analyses

Les quantités distribuées et les refus (en matière sèche) ont été mesurés individuellement 5 j par semaine. Une analyse chimique (MS, MAT, CB, ADF, NDF, cendres) a été effectuée chaque mois sur l'ensilage de maïs, les aliments concentrés ont été analysés à chaque livraison. Des prélèvements des 2 rations complètes ont été effectués chaque semaine et les teneurs en MS, MAT, CB, ADF, NDF, amidon, glucides solubles et cendres ont été déterminées sur un échantillon moyen reconstitué pour chaque période.

La production laitière individuelle a été mesurée à chaque traite. Le taux butyreux (TB), le taux protéique (TP), la teneur en lactose (analyse par infrarouge, analyseur IRMA) et le dénombrement cellulaire (comptage des noyaux, appareil Fosomatic) ont été mesurés individuellement sur 2

**Tableau I.** Composition et valeur nutritive des rations complètes.

	Ration amidon	Ration paroi
Composition (% MS)		
Ensilage de maïs	60,5	53,5
Paille	9,1	9,3
Blé	18,6	
Pulpes de betteraves		19,0
Corn gluten feed		7,3
Correcteur azoté 40% MAT	2,7	
Soja 43% MAT	9,1	10,9
Composition chimique (%)		
MS	46,2	46,3
MAT	14,3	14,2
Cellulose brute	14,6	17,5
ADF	19,0	23,3
NDF	39,7	42,3
Amidon	35,1	23,6
Glucides solubles	2,2	2,7
Cendres	5,1	6,8
Valeur nutritive estimée <sup>a</sup> (/kg MS)		
UFL	0,93	0,92
PDIN	93	93
PDIE	98	98

<sup>a</sup> Estimée à partir des analyses sur fourrage et concentrés.

traites consécutives chaque semaine et sur 4 traites consécutives lors des 2 dernières semaines de chacune des 2 périodes expérimentales.

Sur les laits individuels prélevés sur 4 traites consécutives lors des 2 dernières semaines de chacune des 2 périodes expérimentales, a également été déterminée la nature des matières azotées sur un échantillon individuel pondéré reconstitué pour chaque jour de prélèvement : teneur en azote total (N total), teneur en azote non protéique (ANP) après précipitation des protéines à l'acide trichloroacétique (12% de la solution finale) et teneur en azote soluble (Nsol) après précipitation des caséines à l'acide acétique (1N) par ajustement du pH à 4,6 par la méthode de Rowland (1938) (Kjeldahl par dosage automatique sur Vapodest 6, Gerhardt).

Les poids vifs des animaux en essai ont été obtenus par pesée sur 2 journées consécutives lors de la première et de la dernière semaine de chacune des périodes expérimentales, environ 4 h après l'accès à l'alimentation. Les gains de poids vif pour chaque période ont été corrigés des variations d'ingestion (Chilliard *et al*, 1987).

Des prélèvements sanguins sur héparine ont été réalisés par ponction dans la veine jugulaire sur un total de 12 animaux par période (3 blocs de multipares et 3 blocs de primipares) 0, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h et 6 h après avoir permis l'accès des animaux à l'alimentation, juste après la traite du matin, en dernière semaine de chaque période expérimentale. Les échantillons de sang ont immédiatement été centrifugés et les plasmas congelés. Après décongélation, ont été mesurées sur les plasmas les teneurs en urée (dosage enzymatique colorimétrique, Biotrol), glucose (dosage enzymatique, Merck), acides gras non estérifiés (AGNE, dosage enzymatique colorimétrique, Unipath) et  $\beta$ -hydroxybutyrate ( $\beta$ OH-butyrate, dosage enzymatique : test Combina-tion, Boehringer Mannheim).

Des prélèvements de jus de rumen ont été réalisés à l'aide d'une sonde transcutanée abdominale rigide placée au moyen d'un trocard (Rousseau *et al*, 1989) en dernière semaine de chacune des périodes expérimentales pour 24 vaches. Les prélèvements ont été effectués 0, 2 et 6 h après l'accès à l'auge (sur 4 blocs différents pour chacun des temps : 2 blocs de primipares et 2 blocs de multipares). Chaque vache a été prélevée au même temps pour les 2 périodes. Une mesure immédiate du pH a été réalisée puis les échantillons, après ajout d'un conservateur composé par une solution à 1% (v/v) de chlorure

mercurique et à 5% (v/v) d'acide orthophosphorique, ont été congelés. Après décongélation et centrifugation, les proportions des différents acides gras volatils ont été déterminées sur le surnageant par chromatographie en phase gazeuse (Delsi DN 250, Debroas et Blanchart, 1993).

### **Analyses statistiques**

Les données ont été traitées selon un modèle général d'analyse de la variance (procédure GLM du logiciel Statistical Analysis System, SAS Institute, INC, 1987) qui prend en compte les effets de la nature de la ration, de la période, de la parité (primipares vs multipares), de la vache hiérarchisée par la parité et de l'interaction nature de la ration x parité. L'analyse a porté sur les moyennes individuelles des 4 dernières semaines expérimentales de chaque période pour la production et la composition du lait, l'ingestion de la ration, les quantités d'énergie et d'azote ingérées et les taux de couverture des besoins énergétiques et azotés et des 2 dernières semaines pour le fractionnement azoté.

Pour les paramètres sanguins, les données ont été traitées selon un modèle en mesures répétées qui associe, aux effets cités ci-dessus, l'effet de la durée entre le prélèvement et l'accès à l'auge (effet répété) et l'interaction de la durée avec chacun des facteurs du modèle.

Pour les proportions d'acides gras volatils le modèle prend en compte les effets de la nature de la ration, de la période, de la parité, de la durée entre le prélèvement et l'accès à l'auge, de la vache hiérarchisée par la parité, la durée et le bloc, du bloc hiérarchisé par la parité et la durée et des interactions nature x parité et nature x durée.

Les moyennes présentées dans les tableaux de résultats sont ajustées des effets des facteurs du modèle.

## **RÉSULTATS**

### **Ingestion**

L'ingestion totale de matière sèche (18,0 kg), d'énergie (16,6 UFL) et d'azote (1670 g de

PDIN et 1759 g de PDIE par vache et par jour) ne varie pas significativement avec la nature de l'aliment concentré (tableau II).

### **Production et composition du lait**

La production de lait brut (22,2 kg/vache/jour) n'est pas significativement influencée par la nature de l'aliment concentré. En revanche, la quantité de lait à 4% est significativement plus élevée pour la ration avec l'aliment concentré riche en paroi (+1,1 kg,  $P < 0,05$ ) (tableau II).

Le taux butyreux est significativement plus élevé pour la ration contenant l'aliment concentré riche en paroi (+3,2 g/kg,  $P < 0,01$ ) et le taux protéique significativement plus élevé pour la ration contenant l'aliment concentré riche en amidon (+0,7 g/kg,  $P < 0,05$ ). La teneur en lactose ne varie pas avec la nature de l'aliment concentré.

Les animaux recevant l'aliment concentré riche en paroi produisent significativement plus de matières grasses (+73 g/jour,  $P < 0,01$ ). Aucune différence significative

n'est enregistrée pour la quantité de matière protéique (tableau II).

### **Nature des matières azotées du lait**

Les vaches recevant l'aliment concentré riche en amidon produisent un lait dont les teneurs en azote total, azote protéique et azote caséique sont significativement plus élevées (+0,15, +0,13 et +0,11 g/l respectivement,  $P \leq 0,01$ ). La proportion de caséines dans les protéines totales n'est pas modifiée par la nature de l'aliment concentré (tableau III).

La teneur en ANP du lait est significativement plus élevée pour la ration contenant le blé (+17 mg/l,  $P < 0,01$ ), sa proportion dans l'azote total étant également supérieure (+0,2%,  $P < 0,01$ ) (tableau III).

### **Gain de poids**

Le gain de poids vif corrigé des variations d'ingestion est significativement supérieur pour les vaches recevant l'aliment concen-

**Tableau II.** Effet de la nature de l'aliment concentré sur les quantités ingérées, la production et la composition du lait.

	Concentré amidon	Concentré paroi	Seuil de signification	ETr
Matière sèche ingérée (kg/j)	17,8	18,1	NS	1,3
UFL ingérées	16,6	16,6	NS	1,2
PDIN ingérées (g)	1656	1683	NS	120
PDIE ingérées (g)	1745	1773	NS	127
Lait brut (kg/j)	22,3	22,1	NS	1,8
Lait 4% (kg/j)	20,1	21,2	< 0,05	2,2
Taux butyreux (g/kg)	33,8	37,0	< 0,01	3,5
Taux protéique (g/kg)	33,2	32,5	< 0,05	1,2
Teneur en lactose (g/kg)	47,4	47,5	NS	1,3
Matière grasse (g/j)	742	815	< 0,01	97
Matière protéique (g/j)	736	718	NS	64

**Tableau III.** Effet de la nature de l'aliment concentré sur la nature des matières azotées du lait.

	Concentré amidon	Concentré paroi	Seuil de signification	ETr
N total (g/l)	5,61	5,46	< 0,01	0,21
N protéique (g/l)	5,31	5,18	0,01	0,20
N caséique (g/l)	4,43	4,32	0,01	0,17
Caséines/protéines (%)	83,4	83,3	NS	1,05
ANP (mg/l) <sup>a</sup>	300	283	< 0,01	14
ANP/Ntotal (%)	5,4	5,2	0,01	0,26

<sup>a</sup> ANP : azote non protéique.

tré «amidon» par rapport à l'aliment concentré «paroi» (+656 vs +76 g/j,  $P < 0,01$ ) (tableau IV). L'écart entre les 2 traitements est plus important pour les vaches multipares (+628 et -158 g/j respectivement pour les concentrés «amidon» et «paroi»,  $P < 0,01$ ) que pour les primipares (respectivement +683 et +311 g/j,  $P < 0,01$ ).

#### Taux de couverture des besoins

Les taux de couverture des besoins prennent en compte, d'une part, les besoins pour l'entretien, la production de lait et sa composition (INRA, 1988) et, d'autre part, les apports énergétiques et azotés. Les taux de couverture des besoins énergétiques sont largement excédentaires et ne varient pas significativement avec le régime. Les taux de couverture des besoins azotés sont également supérieurs à 100% et significativement plus élevés pour le régime «paroi» (+4%) (tableau IV).

#### pH et acides gras volatils ruminiaux

La nature de l'aliment concentré n'influence pas significativement le pH ruminal (tableau

V). Celui-ci diminue au cours du temps après l'accès à l'auge (-0,58 point entre 0 et 6 h,  $P < 0,01$ ).

Le jus de rumen des animaux recevant l'aliment concentré riche en amidon présente, par rapport au total des acides gras volatils mesurés, une proportion d'acide acétique ( $C_2$ ) significativement plus faible (-2,7% pour l'ensemble des prélèvements,  $P < 0,05$ ) et une proportion d'acide propionique ( $C_3$ ) significativement plus élevée (+2,1% pour l'ensemble des prélèvements,  $P < 0,05$ ) (tableau V). Ces effets sont particulièrement marqués pour les animaux multipares : la proportion d'acide acétique est plus faible de 4,2% et la proportion d'acide propionique plus élevée de 3,8% pour la ration «amidon» par rapport à la ration «paroi», l'interaction nature de l'aliment concentré x parité étant significative au seuil de 10% pour l'acide propionique.

Le modèle global d'analyse de la variance de la proportion d'acide butyrique ( $C_4$ ) n'est pas significatif au seuil de 10%.

#### Paramètres sanguins

La nature de l'aliment concentré n'influence pas significativement la teneur en acides

**Tableau IV.** Effet de la nature de l'aliment concentré sur le gain de poids vif corrigé des variations d'ingestion et le taux de couverture des besoins énergétiques et azotés.

	Concentré amidon	Concentré paroi	Seuil de signification	ETr
GMQ (g/j)	656	76	< 0,01	509
Taux de couverture des besoins :				
UFL	121	118	NS	9
PDIN	109	113	< 0,05	7
PDIE	115	119	< 0,05	7

gras non estérifiés (AGNE) du plasma sanguin. En revanche, cette dernière diminue significativement ( $P < 0,01$ ) avec l'intervalle entre l'accès à l'auge et le prélèvement sanguin (tableau VI). L'interaction nature de l'aliment concentré x parité est significative ( $P < 0,10$ ) : les primipares présentent une teneur en AGNE plus élevée pour le régime «amidon» (+66  $\mu\text{mol/l}$ ) alors que pour les multipares la teneur en AGNE est plus élevée pour le régime «paroi» (+32  $\mu\text{mol/l}$ ).

Pour l'ensemble des prélèvements, la teneur du plasma sanguin en  $\beta\text{OH}$ -butyrate n'est pas significativement influencée par la nature de l'aliment concentré. Cependant, à partir de 4 h après l'accès à l'auge, la teneur en  $\beta\text{OH}$ -butyrate est plus élevée pour le régime «amidon» (+179  $\mu\text{mol/l}$ ,  $P < 0,05$  à 4 h et +161  $\mu\text{mol/l}$ ,  $P < 0,10$  à 6 h) (fig 1). Durant les 2 premières h après l'accès à l'auge la teneur en  $\beta\text{OH}$ -butyrate augmente fortement ( $P < 0,01$ ).

**Tableau V.** Effet de la nature de l'aliment concentré sur le pH et les profils en acides gras volatils du rumen.

	Nature du concentré	Durée début du repas – prélèvement (h)			Effet nature du concentré	Effet temps	ETr
		0	2	6			
pH	Amidon	6,93	6,44	6,32	NS	< 0,01	0,28
	Paroi	6,98	6,29	6,44			
C <sub>2</sub> (%)	Amidon	51,8	48,8	48,1 A	< 0,05	0,01	3,3
	Paroi	54,7	51,0	51,0 B			
C <sub>3</sub> (%)	Amidon	28,6	29,0	29,5	< 0,05	NS	3,3
	Paroi	26,8	27,1	26,7			
C <sub>4</sub> (%)	Amidon	19,6	22,2	22,5	–	–	3,2
	Paroi	18,5	21,9	22,3			

C<sub>2</sub> : acide acétique, C<sub>3</sub> : acide propionique, C<sub>4</sub> : acide butyrique ; A, B : lettres différentes dans une même colonne et pour une variable, pour des valeurs significativement différentes au seuil de 10%.

**Tableau VI.** Effet de la nature de l'aliment concentré sur les paramètres sanguins.

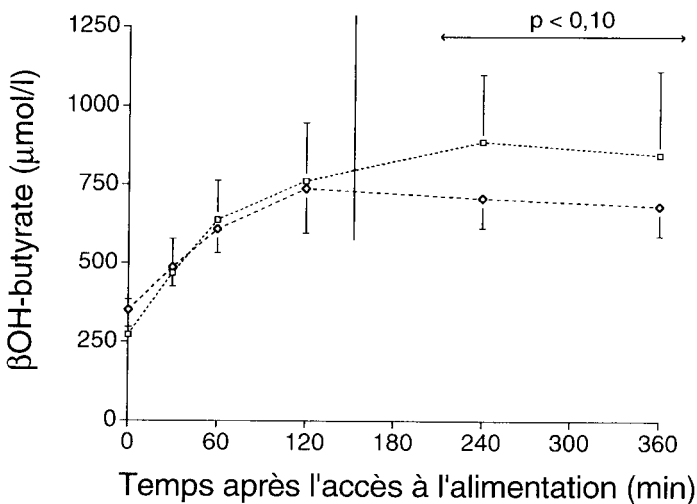
	Nature du concentré	Durée début du repas – prélèvement (h)						Effet nature du concentré	Effet temps	ETr
		0	30	60	120	240	360			
Acides gras non estérifiés ( $\mu$ mol/l)	Amidon	322	170	133	100	82	90	NS	< 0,01	140
	Paroi	292	146	109	83	77	89			
Urémie (g/l)	Amidon	0,39B	0,41	0,42	0,43	0,40	0,36a	NS	< 0,01	0,09
	Paroi	0,36A	0,39	0,40	0,43	0,43	0,41b			

a, b : lettres différentes dans une même colonne et pour une variable, pour des valeurs significativement différentes au seuil de 5%. A, B : lettres différentes dans une même colonne et pour une variable, pour des valeurs significativement différentes au seuil de 10%.

La teneur en glucose du sang est significativement plus élevée pour la ration contenant l'aliment concentré riche en amidon (+0,02 g/l,  $P < 0,01$ ). Cette différence est plus marquée pour les prélèvements effectués à jeun (+0,04 g/l,  $P < 0,05$ ). La glycémie décroît significativement ( $P < 0,01$ ) au cours du temps après l'accès à l'auge (fig 2).

Pour l'ensemble des prélèvements, l'urémie n'est pas significativement influencée

par la nature de l'aliment concentré. En revanche, elle augmente après le début du premier repas pour atteindre un maximum 2 h après l'accès à l'auge ( $P < 0,01$ ). L'interaction entre la nature de l'aliment concentré et l'intervalle de temps séparant prélèvement sanguin et accès à l'auge est également significative ( $P < 0,01$ ) : avant le repas la teneur en urée est plus faible pour l'aliment concentré riche en paroi (-0,03 g/l,  $P < 0,10$ ) alors que 6 h après



**Fig 1.** Influence de la nature du concentré sur la teneur en  $\beta$ OH-butyrate du sang ; ---□--- concentré riche en amidon ; ---◇--- concentré riche en paroi ; moyenne des 2 périodes : 12 animaux par point. I Écart type de la moyenne.



l'accès au repas elle est plus élevée (+0,05 g/l,  $P < 0,05$ ) (tableau VI).

## DISCUSSION

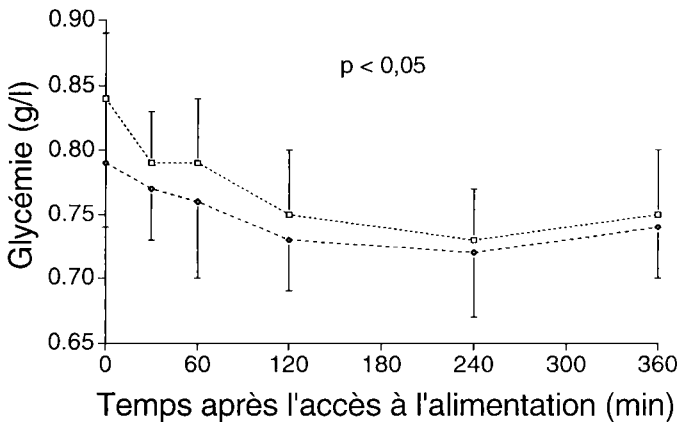
### Ingestion

Malgré les proportions de concentré et les teneurs en fibres et en amidon différentes pour les 2 rations, l'ingestion totale de matière sèche n'a pas varié significativement avec la nature de l'aliment concentré. Ce résultat est en accord avec ceux de Hoden *et al* (1990) et De Visser *et al* (1990) pour des rations complètes à base d'ensilage de maïs et d'ensilage d'herbe. Les 2 rations (paroi ou amidon) présentant des teneurs en énergie et en azote identiques, les apports énergétiques et azotés sont donc similaires pour les 2 traitements. Pour des rations où l'ensilage de maïs et les concentrés étaient apportés séparément, Laurent et Gardeur (1989) n'ont également pas noté de variation de l'ingestion. Coulon *et al* (1989) dans une synthèse de 45 essais montrent que, pour des proportions d'aliments concentrés inférieures à 40% de la MS, les quantités de fourrage consommées ne varient pas de manière importante

selon la nature de l'aliment concentré. Pour des rations où le fourrage était de l'herbe fraîche, de l'ensilage d'herbe ou du foin (Mayne et Gordon, 1984 ; Thomas *et al*, 1986 ; Sutton *et al*, 1987 ; Beauchemin *et al*, 1991 ; Spörndly, 1991 ; Sutton *et al*, 1993), les différences observées sont variables mais de faible amplitude, la distribution séparée des fourrages et des concentrés pouvant expliquer une partie de ces différences.

### Production et composition du lait

Comme le rapportent la plupart des auteurs (parmi les plus récents, Hoden *et al*, 1990 ; De Visser *et al*, 1990 ; Beauchemin *et al*, 1991 ; Spörndly, 1991 ; Peyraud *et al*, 1994), la nature de l'aliment concentré n'influence pas significativement la production de lait brut. Pour des quantités de concentré variant de 6 à 12 kg de MS par jour, Thomas *et al* (1986) observent une augmentation de la production laitière pour l'aliment concentré à base de pulpes alors que Sutton *et al* (1987 et 1993), pour des taux d'incorporation du concentré de plus de 65%, notent une production laitière supérieure pour l'aliment concentré riche en amidon. Rühle *et al* (1992) observent, avec un ali-



**Fig 2.** Influence de la nature du concentré sur la glycémie. ---□--- concentré riche en amidon ; ---○--- concentré riche en paroi; moyenne des 2 périodes : 12 animaux par point. I Écart type de la moyenne.

ment concentré à base de blé, une augmentation de la production laitière quand le fourrage est distribué à volonté et une diminution lorsque ce dernier est distribué en quantité restreinte.

Le taux protéique est plus élevé pour la ration « amidon ». La proportion d'acide propionique intraruminal et la glycémie plus élevées pour la ration « amidon » pourraient expliquer cette augmentation, l'acide propionique étant pour partie un précurseur de la néoglucogénèse hépatique et donc de la fourniture d'énergie nécessaire à la synthèse des protéines du lait. Pourtant Hurlaud *et al* (1992), dans des essais d'infusion d'AGV ou de glucose, estiment que l'augmentation du TP dépend plus du niveau d'apport énergétique que de la nature de l'énergie. Plusieurs auteurs ont également observé une augmentation de la teneur en protéines, pas toujours significative, avec un aliment concentré riche en « amidon » par rapport à un aliment concentré riche en « parois », notamment pour des rations à base d'ensilage de maïs et/ou d'ensilage d'herbe (Thomas *et al*, 1986 ; Coulon *et al*, 1989 ; Laurent et Gardeur, 1989 ; Hoden *et al*, 1990 ; De Visser *et al*, 1990 ; Rühle *et al*, 1992 ; Peyraud *et al*, 1994). Pour des rations où le fourrage était du foin, la nature de l'aliment concentré ne semble pas ou peu influencer le TP du lait (Dulphy *et al*, 1987 ; Sutton *et al*, 1987, 1993 ; Beauchemin *et al*, 1991). Les variations du TP du lait dans notre essai sont retrouvées au niveau des teneurs en azote protéique et caséique, sans que la proportion de caséines dans les protéines ne soit modifiée. La teneur en azote non protéique des laits est significativement plus élevée pour la ration contenant le blé. Pourtant les rations présentaient des apports au kg de MS isoazotés et les quantités ingérées ainsi que les niveaux de production laitière sont proches. La teneur en urée du plasma sanguin n'a d'ailleurs pas varié significativement selon la nature de l'aliment concentré.

Compte tenu de la part relativement réduite d'aliment concentré dans la ration (au plus 37% de la MS) et de sa distribution en mélange aux autres constituants de la ration, la diminution du taux butyreux pour le régime amidon (-3,2 g/kg) paraît importante. En effet, pour des rations à base d'ensilage de maïs ou d'ensilage d'herbe, le taux butyreux n'est que rarement influencé par la nature de l'aliment concentré. Seuls De Visser *et al* (1990) avec une ration mixte à base d'ensilage de maïs et d'ensilage d'herbe et Peyraud *et al* (1994) avec une ration à base d'ensilage de maïs observent une diminution significative du taux butyreux du lait (respectivement -2,4 et -1,9 g/kg) avec l'apport d'aliments concentrés riches en amidon. Pour des rations à base de foin, Dulphy *et al* (1987) enregistrent des résultats variables en fonction de la quantité d'aliment concentré apporté. Pour des proportions de concentré d'au moins 60% dans des rations à base de foin, Sutton *et al* (1987, 1993), Lees *et al* (1990) et Beauchemin *et al* (1991) notent une diminution du TB marquée. La compilation effectuée par Coulon *et al* (1989) montre un écart moyen de TB faible (+0,6 g/kg en moyenne pour l'aliment concentré de type paroi) mais plus important pour les rations à base de foin (+3 g/kg en faveur de l'aliment concentré de type paroi). Cependant, pour des régimes excédentaires en énergie et entraînant un TB réduit, un apport d'amidon rapidement dégradé entraîne une chute importante du TB du lait, suite à une entrée plus brutale de nutriments, accompagnée par une fermentation propionique plus marquée (Sauvant *et al*, 1994). Du fait de la diminution importante du TB pour l'aliment concentré de type amidon dans notre essai, les quantités de lait 4% et de matière grasse sont significativement plus faibles pour la ration contenant le blé. Coulon *et al* (1989) ont également observé une tendance moyenne de même sens, l'écart de production de lait à 4% de matière grasse étant d'autant plus important que le pourcentage de concen-

tré dans la ration est plus élevé. Les différences de teneur en MG du lait observées entre les 2 types d'aliments concentrés sont en accord avec les profils des acides gras volatils ruminiaux enregistrés. En effet, les animaux recevant l'aliment concentré riche en paroi présentent une proportion d'acide acétique, précurseur pour partie de la synthèse des acides gras à faible nombre de C, significativement plus élevée. De plus, il ne semble pas y avoir eu mobilisation des réserves corporelles, au moins chez les primipares, puisque la teneur en AGNE du plasma n'est pas modifiée par la nature de la ration. On peut donc supposer que la quantité d'acides gras longs du lait n'a pas ou peu varié. Par ailleurs, Hurtaud *et al* (1992) observent une diminution assez marquée du taux butyreux suite à une infusion d'acide propionique, résultat en accord avec la tendance enregistrée dans cet essai.

### **Gain de poids vif et taux de couverture des besoins**

Le gain de poids vif corrigé des variations d'ingestion est plus important pour les animaux recevant la ration « amidon ». Parmi les auteurs ayant enregistré les variations de poids vif des animaux, seuls Dulphy *et al* (1987) et Lees *et al* (1990) rapportent une augmentation du gain de poids vif avec un apport d'aliment concentré à base de céréales. Pour Sauvant *et al* (1994), un engraissement plus important des animaux avec un apport d'amidon dégradé rapidement (blé) par rapport à un amidon dégradé plus lentement pourrait être observé. Les gains de poids vif observés peuvent paraître importants, notamment pour les animaux recevant la ration « amidon ». Il faut cependant préciser que les vaches étaient en moyenne en 5<sup>e</sup> mois de lactation, c'est-à-dire en phase de reconstitution des réserves corporelles, et que les gains moyens quotidiens ont été calculés sur des intervalles

courts (5 sem). L'écart de gain de poids entre les 2 traitements plus faible pour les primipares par rapport aux multipares pourrait s'expliquer par les besoins de croissance des premières.

Les taux de couverture des besoins énergétiques et azotés sont largement supérieurs à 100%. Les différences entre les 2 régimes sont peu marquées, notamment pour le bilan énergétique. Le gain de poids vif plus important pour les animaux recevant l'aliment concentré « amidon » n'est donc pas lié à un apport énergétique plus important mais sans doute à une utilisation différente des nutriments.

### **pH et acides gras volatils ruminiaux**

Les valeurs relatives des proportions des différents AGV sont à considérer avec intérêt : une augmentation de la proportion d'acide propionique et une diminution de l'acide acétique est observée pour la ration « amidon » par rapport à la ration « paroi », en parallèle à l'augmentation de la teneur en amidon. Sutton *et al* (1987, 1993), Lees *et al* (1990), De Visser *et al* (1990) et Beauchemin *et al* (1991) observent également une augmentation de la proportion d'acide propionique et une diminution de l'acide acétique, non toujours significatives, et pour certains essais de l'acide butyrique dans les rations avec un aliment concentré à base d'amidon comparativement à un aliment concentré riche en paroi, variations d'autant plus importantes que le pourcentage de concentré dans la ration est élevé (Sutton *et al*, 1987). En moyenne pour les 3 temps de prélèvement, le rapport  $(C2 + C4) / C3$  est de 2,47 pour la ration amidon et 2,74 pour la ration paroi. Sauvant *et al* (1994) soulignent la diminution plus marquée de ce rapport avec des amidons dégradés rapidement (notamment de blé) par rapport à des amidons dégradés lentement, notamment lorsque la valeur de ce rapport est

inférieure à 3. Michalet-Doreau et Sauvart (1989) estiment que la diminution de la proportion d'acide acétique, accompagnée d'une augmentation de la proportion d'acide propionique, dans les rations riches en céréales est directement liée à la chute du pH ruminal. Dans cette étude nous n'avons pas observé de variation du pH ruminal avec la nature du concentré. Une interprétation complète de ces résultats nécessiterait la connaissance des quantités et des flux d'AGV au niveau du rumen.

Comparées aux valeurs de la littérature (Sutton *et al*, 1987, 1993 ; Lees *et al*, 1990 ; Beauchemin *et al*, 1991 ; De Visser *et al*, 1992), les proportions d'acides gras volatils dans cet essai sont anormalement faibles pour l'acide acétique et, en corollaire, élevées pour l'acide propionique et l'acide butyrique. Dans les conditions de notre essai, la teneur en amidon est relativement élevée, même pour la ration «paroi» (24%). Ceci pourrait expliquer une part des écarts observés pour l'acide acétique et l'acide propionique mais les pH ruminiaux, qui sont relativement élevés, concordent mal avec les profils d'AGV déterminés. Compte tenu de la méthodologie employée, le lieu des prélèvements de jus de rumen s'est situé normalement à la limite du sac dorsal et du sac ventral. Il est possible que la composition du jus de rumen prélevé ainsi corresponde peu à celle des prélèvements opérés par sonde œsophagienne ou par canule du rumen. La méthodologie utilisée pour le traitement et la conservation des échantillons, équivalente à celle décrite par Jouany (1982), n'est sans doute pas à l'origine des écarts entre les valeurs d'AGV dans cet essai et celles des auteurs cités ci-dessus. Les paramètres (température du four, type de colonne) de la technique de chromatographie sont sensiblement ceux utilisés par Jouany (1982) et Beauchemin *et al* (1991). Cependant, dans cet essai, les facteurs de réponse des AGV, utilisés pour la correction des aires de chaque pic, sont différents

de ceux mesurés habituellement dans notre laboratoire. Une part importante des écarts observés peut en découler car l'utilisation des valeurs habituelles pour ces corrections conduit à des proportions des différents AGV proches des valeurs de la littérature.

### **Paramètres sanguins**

Les plus fortes valeurs de glycémie observées dans le cas du régime amidon pourraient être expliquées par une plus grande disponibilité de l'acide propionique.

La teneur en AGNE plus élevée pour les vaches multipares recevant l'aliment concentré riche en «paroi» (différence non significative) peut traduire le gain moyen quotidien plus faible pour ce régime par rapport au régime «amidon» (-570 g/j en moyenne pour les 6 multipares ayant fait l'objet de prélèvements sanguins). En revanche, la valeur d'AGNE plus élevée pour les vaches primipares dans le cas du régime amidon reste inexpliquée compte tenu de leur prise de poids plus importante.

Par ailleurs, la teneur en  $\beta$ OH-butyrate du plasma est significativement plus élevée pour le régime amidon à partir de 4 h après l'accès des animaux à l'alimentation. Les proportions de  $C_4$  ruminal n'étant pas significativement différentes entre traitements et la mobilisation des réserves corporelles étant faible, ces valeurs plus élevées de  $\beta$ OH-butyrate pourraient provenir d'un prélèvement par la mamelle moindres pour la synthèse des matières grasses du lait dans le cas du régime amidon.

### **CONCLUSION**

Pour une ration complète à base d'ensilage de maïs et comportant 30 à 37% d'aliments concentrés, la nature du complément énergétique n'influence pas le niveau de pro-

duction laitière. Le taux butyreux des vaches recevant la ration contenant du blé est significativement plus faible par rapport aux vaches recevant la ration riche en fibres alors que le taux protéique et le gain de poids vif sont significativement plus élevés. Les variations observées au niveau du profil des acides gras ruminiaux sont cohérentes avec celles enregistrées pour la composition du lait : proportion d'acide acétique plus élevée et d'acide propionique plus faible pour la ration riche en fibres.

Les quantités importantes de céréales disponibles à un coût relativement faible les rendent intéressantes comme source d'apport énergétique dans l'alimentation des vaches laitières. Compte tenu des modifications de composition du lait entraînées par leur utilisation, celle-ci pourrait permettre de faire varier la composition du lait dans un sens correspondant à la demande des industriels laitiers.

## RÉFÉRENCES

- Beauchemin KA, Farr BI, Rode LM (1991) Enhancement of the effective fiber content of barley-based concentrates fed to dairy-cows. *J Dairy Sci* 74, 3128-3139
- Borrebaek B, Halse K, Tveit B, Dahle HK, Ceh L (1990) Plasma glucose, ketone bodies, insulin, glucagon and enteroglucagon in cows: Diurnal variations related to ketone levels before feeding and to ketogenic effects of feeds. *Acta Vet Scand* 31, 5-15
- Chilliard Y, Remond B, Agabriel J, Robelin J, Vérité R (1987) Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bull Tech Cent Rech Zootech Vet Theix* 70, 117-131
- Coulon JB, Faverdin P, Laurent F, Cotto G (1989) Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. *Prod Anim* 2, 47-53
- Debroas D, Blanchart G (1993) Interactions between proteolytic and cellulolytic rumen bacteria during hydrolysis of plant cell wall. *Reprod Nutr Dev* 33, 283-288
- Dulphy JP, Andrieu JP, Rovel J (1987) Effet de la nature de l'aliment concentré sur les performances de vaches laitières recevant une ration à base de foin. *Bull Tech Cent Rech Zootech Vet Theix* 67, 43-47
- Hoden A, Hurtaud C, Marquis B, Delaby L (1990) Utilisation du blé ou des pulpes de betteraves en rations complètes avec de l'ensilage de maïs chez les vaches laitières. *Prod Anim* 3, 299-304
- Hurtaud C, Rulquin H, Vérité R (1992) Effects on milk yield and composition of infusions of different levels and natures of energy into the digestive tract of dairy cows. *Ann Zootech* 41, 105
- INRA (1988) *Alimentation des bovins, ovins et caprins* (R Jarrige, ed), INRA Publications, Versailles
- Jouany JP (1982) Volatile fatty acid and alcohol determination in digestive contents, silage juices, bacterial cultures and anaerobic fermentor contents. *Sci Aliments* 2, 131-144
- Laurent F, Gardeur JN (1989) Effet de la nature et du niveau d'apport en aliment concentré sur les performances de vaches laitières recevant une ration à base d'ensilage de maïs. *Ann Zootech* 38, 247-258
- Lees JA, Oldham JD, Haresign W, Garnsworthy PC (1990) The effects of patterns of rumen fermentation on the response by dairy cows to protein concentration. *Br J Nutr* 63, 177-186
- Mayne CS, Gordon FJ (1984) The effect of type of concentrate and level of concentrate feeding on milk production. *Anim Prod* 39, 65-76
- Michalet-Doreau B, Sauvart D (1989) Influence de la nature du concentré, céréales ou pulpe de betterave, sur la digestion chez les ruminants. *Prod Anim* 2, 235-244
- Peyraud JL, Journet M, Hurtaud C, Agus A, Delaby L (1994) Influence of the nature of energy source and rate of ruminal degradation of concentrates on milk yield and composition. In : *45th Meeting of European Association for Animal Production*, Edinburgh, 5-8 September 1994, 122
- Rousseau JF, Champy R, Polack B (1989) Intérêt pratique d'une nouvelle méthode de prélèvement de jus de rumen des bovins par voie abdominale. *Bull Soc Vét Prat de France* 73, 511-524
- Rowland SJ (1938) The determination of the nitrogen distribution in milk. *J Dairy Res* 9, 42-46
- Rühle R, Spiekens H, Pottstast V, Pfeffer E (1992) Performance of dairy cows fed concentrates differing in their contents of easily fermentable carbohydrates, with roughage fed either *ad libitum* or at a restricted rate. *Livest Prod Sci* 32, 149-161
- Sauvart D, Chapoutot P, Archimède H (1994) La digestion des amidons par les ruminants et ses conséquences. *Prod Anim* 7, 115-124
- SAS (1987) *SAS/STAT Guide for personal computers, Version 6*. SAS Inst, Inc, Cary, NC
- Spörndly E (1991) Supplementation of dairy cows offered freshly cut herbage *ad libitum* with starchy concentrates based on barley or fibrous concentrates based on unmolassed sugar beet pulp and wheat bran. *Swed J Agric Res* 21, 131-139

- Sutton JD, Bines JA, Morant SV, Napper DJ, Givens DI (1987) A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. *J Agric Sci* 109, 375-386
- Sutton JD, Morant SV, Bines JA, Napper DJ, Givens DI (1993) Effect of altering the starch:fibre ratio in the concentrates on hay intake and milk production by Friesian cows. *J Agric Sci* 120, 379-390
- Thomas C, Aston K, Daley SR, Bass J (1986) Milk production from silage. 4. The effect of the composition of the supplement. *Anim Prod* 42, 315-325
- Visser H de, 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 Sci* 38, 487-498
- Visser H de, Van der Togt PL, Huisert H, Tamminga S (1992) Structural and non-structural carbohydrates in concentrate supplements of silage based dairy cow rations. 2. Rumen degradation, fermentation and kinetics. *Neth J Agric Sci* 40, 431-445