

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 *

F. Laurent et J.N. Gardeur

ENSAIA INRA zootechnie, 2, avenue de la forêt de Haye, BP 172 54505, Vandoeuvre-lès-Nancy Cédex, France

(reçu le 30 mai 1989, accepté le 20 septembre 1989)

Résumé — Deux natures d'aliment concentré (amidon ou paroi) et 2 niveaux d'apport (recommandations : R ou R+3 UFL) ont été comparés dans un essai réalisé en carrés latins avec 32 vaches laitières. La ration de base était constituée d'ensilage de maïs (30% de MS, 38% de grains), rééquilibré par 0,5 kg de tourteau tanné de soja et de colza et 12 g d'urée par kg de MS. La complémentation de la ration de base a été réalisée avec des distributeurs automatiques d'aliments concentrés, les apports étant isoénergétiques et isoazotés pour un niveau d'apport donné. Les animaux étaient en contrôle individuel d'ingestion et de production.

La consommation totale, la production de lait et le taux butyreux n'ont pas différé significativement selon la nature de l'aliment concentré. La substitution fourrage-concentré a été faible : respectivement 0,33 et 0,48 avec l'aliment amidon et l'aliment paroi. Le taux protéique est légèrement supérieur avec l'aliment amidon (+ 0,3 g/L, $P < 0,01$).

Le niveau énergétique élevé a augmenté l'ingestion totale de matière sèche des animaux, sans effet significatif sur la production et la composition du lait.

Les variations de poids et les paramètres sanguins des vaches ne diffèrent pas significativement selon le niveau ou la nature de l'aliment concentré. L'aliment amidon abaisse le pH des fèces et augmente leur teneur en MS alors que le niveau d'apport est sans effet.

ensilage de maïs — aliments concentrés — vaches laitières

Summary — The effect on the performance of dairy cows of the type and level of concentrate supplementation given with maize silage. Thirty-two cows, in a latin square design, were used to compare 2 types of concentrates, either starchy (74% wheat) or fibrous (60% beet pulps) at 2 levels (requirements or requirements + 3 UFL). The cows were offered maize silage ad libitum (30% dry matter, 38% grains) with urea (12 g/kg DM) and 0.5 kg of protected soybean and rapeseed meal through individual electronic gates for 4 periods of 30 days. Concentrates were offered automatically, the supplies being isoenergetic and isonitrogenous for a determined level.

Total dry matter intake, milk yield and fat concentration were unaffected by the type of concentrate. Protein content of milk was higher (+ 0.3 g/kg) with starchy concentrates. The substitution rate was low (0.33 and 0.48 for starchy and fibrous concentrates). For the 2 types of concentrates, total dry matter intake increased but the milk yield and composition did not vary with increasing level of concentrate.

Neither live weight changes nor NEFA and β HB contents were affected by concentrate composition and level. Faecal pH decreased and faecal dry matter increased with the starchy diet, but were unaffected by the level of concentrate feeding.

maize silage — concentrates — dairy cows

* Convention Université de Nancy I — ITEB et Convention ENSAIA — ITEB.

INTRODUCTION

Répondre à l'amélioration continue du potentiel de production des vaches laitières et donc à la nécessaire augmentation des apports alimentaires, conduit à accroître progressivement l'utilisation d'aliments concentrés. A mesure qu'augmente la part de l'aliment concentré inclus dans les rations, le choix de sa nature est de plus en plus important. En dehors des enjeux économiques et des critères pratiques, la définition du type d'aliment concentré à utiliser repose sur des paramètres zootechniques.

Sont à considérer en particulier les conséquences de l'emploi du type d'aliment concentré sur les niveaux d'ingestion et les taux de substitution, sur la digestion et le métabolisme (orientations fermentaires dans le rumen, phénomènes d'associativité) et sur les performances zootechniques des animaux.

Les comparaisons entre aliments concentrés riches en amidon, surtout à base de céréales (profil fermentaire favorable à l'acide propionique) et les aliments concentrés riches en parois facilement dégradables constitués de pulpes de betteraves ou d'agrumes, de coques de soja, de sons (profil fermentaire favorable à l'acide acétique) ont fait l'objet d'essais réalisés en Grande Bretagne (Mayne et Gordon, 1984; Thomas *et al.*, 1984, Sutton *et al.*, 1987) ou aux Pays Bas (De Visser, 1982; Steg *et al.*, 1985; Meijs, 1986). Les résultats de certains de ces essais, montrant d'une part que la substitution est inférieure et d'autre part que la production laitière et le taux butyreux sont plus élevés avec les aliments concentrés «parois», sont à la base de l'accroissement de l'utilisation des aliments concentrés riches en parois digestibles. Toutefois la variabilité

des conditions expérimentales est très importante et les différences enregistrées non systématiques (revue de Coulon *et al.*, 1989). De plus ces résultats concernent surtout des rations à base de foin ou d'herbe paturée ou ensilée, souvent distribuées en quantité limitée et avec des proportions d'aliment concentré égales ou supérieures à 60% de la ration. Les données publiées concernant les rations constituées d'ensilage de maïs avec des taux d'aliment concentré couramment utilisés dans les conditions françaises, de l'ordre de 30%, sont extrêmement rares (revue de Coulon *et al.*, 1989).

Cet essai a été réalisé pour comparer les effets sur l'ingestion, la production et la composition du lait et les variations de poids, de 2 natures d'aliment concentré, amidon ou paroi, offert à des vaches laitières recevant une ration à base d'ensilage de maïs complétée à 2 niveaux de couverture des besoins. Cet essai a également pour objet de caractériser les variations de pH et de teneur en matière sèche des fécès en fonction de la nature du régime alimentaire et leur signification quant à d'éventuels troubles digestifs liés à des apports élevés en amidon.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Animaux

Trente deux vaches laitières de type Pie Noir, dont 8 primipares, maintenues en stabulation libre à logettes, mises en lot à un stade moyen de lactation de 74 ± 17 jours et à une production laitière de $26,4 \pm 4,6$ kg.

Schéma expérimental

Quatre traitements en factoriel 2 x 2, effet NATURE : traitement A = amidon, ou traitement P = paroi; effet NIVEAU : traitement R = recommandations INRA (1988), ou traitement H = recommandations INRA (1988) + 3 UFL, sont appliqués selon un dispositif en carrés latins, afin de disposer d'un maximum d'individus par traitement.

Les 4 périodes élémentaires de mesure ont eu une durée unitaire de 4 semaines et ont été séparées l'une de l'autre par une période de transition de 7 jours. L'allotement a été réalisé en quadruplets (BLOC 1 à 8) sur les critères suivants, dans l'ordre hiérarchique : numéro de lactation, production laitière, taux butyreux, taux protéique, poids vif.

La succession des traitements (Tableau I) a été imposée pour chacun des lots de façon à limiter les effets des transitions qui ont été effectuées, soit à niveau constant pour un changement de nature, soit à nature constante pour un changement de niveau. De ce fait, le regroupement des périodes élémentaires 1-2 (GPER 1) et 3-4 (GPER 2) représente la succession des modalités du traitement NIVEAU.

Régime alimentaire

La ration de base a été composée d'un mélange d'ensilage de maïs (Tableau II), d'urée (12 g/kg

MS) et de minéraux (150 g). Tous les animaux ont reçu en outre 0,5 kg de tourteau tanné (90% soja, 10% colza) afin de rééquilibrer la teneur azotée de la ration de base. Sa distribution a été effectuée 1 fois par jour de façon à obtenir au moins 10% de refus, le matin, en bac individuel dont l'accès était commandé par des portillons automatiques.

La complémentation individuelle a été précalculée à partir de la production à la mise en lots (au litre près) en admettant une persistance par quinzaine de (0,950) pour les multipares et de 0,975 pour les primipares. Le rythme de distribution de l'aliment concentré a été de 1 kg d'aliment amidon pour 2,8 kg de lait et de 1 kg d'aliment paroi pour 2,3 kg de lait afin d'obtenir des apports isoénergétiques. Les seuils respectifs de complémentation pour les lots R et H ont été de 14 kg et 7 kg de lait pour les multipares et de 9 kg et 2 kg pour les primipares. En cas de production laitière insuffisante, la quantité minimale d'aliment concentré distribué a été respectivement de 2 kg et 4,5 kg respectivement pour les lots R et H. La distribution de l'aliment concentré a été réalisé à l'aide d'un distributeur automatique, par repas de 1,2 kg maximum et un intervalle minimal entre deux repas de 30 min.

Pendant les périodes de transition, les passages d'un aliment concentré à l'autre ou d'un niveau de complémentation à l'autre se sont faits par substitution et par palier quotidien d'une quantité maximale de 1,2 kg.

Tableau I. Succession des traitements.

	Période	Lot			
		1	2	3	4
GPER 1	I	PH	PR	AH	AR
	II	AH	AR	PH	PR
GPER 2	III	AR	AH	PR	PH
	IV	PR	PH	AR	AH

A = aliment concentré amidon, P = aliment concentré paroi, R = recommandations énergétiques INRA (1988), H = R + 3UFL..

Tableau II. Composition et valeur nutritive des aliments.

	<i>Ensilage de maïs</i>	<i>Tourteau tanné</i>	<i>Aliment concentré amidon paroi</i>	
Pulpes de betterave				60,0
Coques de soja				12,0
Tourteau soja 48				25,0
Urée				0,5
Blé			74,0	
Tourteau tanné			23,0	
Minéraux (15-15)			3,0	2,5
Contenu (%)				
Matière sèche	29,0 à 32,0		87,0	87,0
Grains	38,0			
Eléments > 10 mm	4,7	8,2	6,3	11,1
Mat. azotées	8,8	55,0	22,8	22,3
Cellulose brute	21,6	10,0	3,5	17,9
Mat. grasses			1,7	1,1
Azote soluble			12,4	16,8
Amidon	21,2		51,4	20,3
Lignine			0,7	1,2
UFL/kg MS	0,90	1,17	1,15	1,03
PDIN g/kg MS	53	421	160	149
PDIE g/kg MS	64	382	169	142

Mesures et analyses

Les quantités offertes et refusées de ration de base et d'aliment concentré ont été mesurées individuellement 5 jours consécutifs par semaine. Les teneurs en amidon, en matières azotées totales, en cellulose brute, en azote soluble, en cendres, ont été déterminées 2 fois par période sur la ration de base, et 1 fois par période sur les aliments concentrés.

L'enregistrement de la production laitière a été effectué tous les jours par l'intermédiaire de compteurs à lait. Les teneurs en matières grasses et en matières protéiques (méthode IRMA) ont été déterminées sur 4 traites consécutives par semaine.

Les animaux ont été pesés et une notation de l'état corporel (grille visuelle ITEB) a été réa-

lisée à la mise en lots puis à la fin de chacune des périodes.

Le pH et les teneurs en matière sèche des fèces ont été mesurés 1 fois sur chaque période pour 8 vaches et 1 fois sur les périodes 2 et 4 pour toutes les vaches, à partir de prélèvements effectués au niveau du rectum.

Les concentrations plasmatiques en acides gras non esterifiés (AGNE, dosage enzymatique colorimétrique : Test Wako, Biolyon) et en β hydroxybutyrate (β HB, dosage colorimétrique : Test Combination, Boehringer-Mannheim) considérées comme indicateurs des mobilisations de réserves et du bilan énergétique ont été déterminées sur chaque vache à partir de prises de sang caudales sur héparine, réalisées en fin de période 3 et de période 4, le matin avant le grand repas.

Analyse statistique des données

Les variables analysées correspondent aux moyennes individuelles par période. Elles ont été traitées par analyse de variance (procédure GLM de SAS), selon des modèles hiérarchiques orthogonaux équilibrés (Tableau III).

La succession des traitements étant imposée dans le plan expérimental, l'effet NIVEAU et les interactions NIVEAU*NATURE et NIVEAU*BLOC ont été estimés à partir d'un test d'hypothèse utilisant l'interaction BLOC*GPER comme terme d'erreur.

RÉSULTATS

Effet NATURE

Du fait des contraintes du rythme de distribution des aliments concentrés, les vaches ont ingéré 0,7 kg d'aliment amidon de moins que d'aliment paroi. La proportion de refus d'aliments concentrés a été sensiblement moins importante avec l'aliment amidon (7%) qu'avec l'aliment paroi (20%).

L'écart de consommation d'aliment concentré étant partiellement compensé par la variation d'ingestion d'ensilage de maïs ($\pm 0,4$ kg de matière sèche pour le lot amidon, $P < 0,01$), les quantités totales ingérées n'ont pas différé ($- 0,3$ kg pour le lot amidon, NS), et les apports ont été iso-énergétiques à 0,1 UFL près (Tableau IV).

Les taux de substitution fourrage-concentré ont été respectivement égaux à 0,33 et 0,48 pour les lots amidon et paroi.

Au cours des 16 semaines d'expérimentation, 23 cas de chutes d'ingestion (réduction de l'ingestion d'au moins 20% sur une durée supérieure à 24 h) ont été enregistrés. Ils ont concerné 17 vaches différentes (53% des effectifs en essai), dont 2 ont eu

des chutes d'ingestion à 3 reprises et 2 à 2 reprises (sur des périodes différentes). La fréquence de ces chutes d'ingestion a été moins importante avec l'aliment amidon (40%) qu'avec l'aliment paroi (60%). Dans tous les cas ces perturbations ont été passagères (inférieures à 48 h) et ont eu peu de répercussions sur la production laitière.

La nature de l'aliment concentré n'a eu d'effet significatif ni sur le niveau de production, ni sur le taux butyreux, ni sur les quantités produites de matières grasses et de matières protéiques (Tableau V). Le taux protéique a été significativement plus élevé ($+ 0,3$ g/kg, $P < 0,01$) avec l'aliment amidon.

Les teneurs plasmatiques en AGNE et en β HB et le poids vif vide des animaux (Tableau VI), n'ont pas significativement différé en fonction de la nature de l'aliment concentré. L'amélioration de l'état corporel a été faible dans tous les cas : respectivement 0,11 et 0,13 point pour la comparaison amidon-paroi.

Comparé à l'aliment paroi, l'aliment amidon a abaissé le pH des fèces de 0,1 unité et a augmenté leur teneur en matière sèche de 0,8 point ($P < 0,01$, Tableau VI).

Effet NIVEAU

L'application des 2 niveaux de complémentation s'est traduite par une différence de consommation d'aliment concentré de 2,3 kg, quelle que soit la nature de la complémentation. La différence théorique d'énergie ingérée, qui était respectivement de 2,4 et 2,7 UFL avec les aliments amidon et paroi, a été inférieure à l'écart de 3 UFL recherché, du fait, pour partie, des refus d'ingestion de l'aliment concentré, respectivement inférieurs à 3% pour le niveau R et compris entre 10 et 20% pour le niveau H.

Tableau III. Modèles d'analyse de variance.

<i>Source de variation</i>	<i>DDL</i>	<i>Remarques</i>
Niveau	1	R ou H (R = recommandations ou H = R + 3 UFL)
Nature	1	A ou P (amidon ou paroi)
GPER	1	1 ou 2 (2*4 semaines, même niveau, nature différente)
PER (GPER)	2	1-4 (4 périodes de 4 semaines. PER hiérarchisé/GPER)
Bloc	7	1-8 (8 quadruplets de vaches)
Vache (bloc)	24	1-32 (32 vaches. Vache hiérarchisée/bloc)
Niveau * Nature	1	
Niveau * Bloc	7	Interactions
Nature * Bloc	7	
GPER * Bloc	7	
Modèle	58	
Erreur	69	Modèle équilibré
Total	127	

Modèle pour les variables AGNE et β HB

Niveau	1	R ou H (R = recommandations ou H = R + 3 UFL)
Nature	1	A ou P (amidon ou paroi)
PER	1	3 ou 4 (2 PER de 4 semaines)
Bloc	7	1-8 (8 quadruplets de vaches)
Niveau * Nature	1	
Niveau * Bloc	7	Interactions
Nature * Bloc	7	
Modèle	25	
Erreur	38	Modèle équilibré
Total	63	

Tableau IV. Effet de la nature et du niveau d'apport en aliment concentré sur l'ingestion.

Variables	n	Nature		Pr < F	Niveau		Pr < F	ETR
		Amidon	Paroi		R	H		
Aliment concentré (kg MS/j)	128	3,9	4,6	P < 0,01	3,1	5,4	P < 0,01	0,52
Ration de Base (kg MS/j)	128	13,9	13,5	P < 0,01	14,2	13,3	P < 0,01	0,75
Total MS ingérée (kg MS/j)	128	17,9	18,2	NS	17,3	18,7	P < 0,01	0,85
UFL ingérées	128	17,2	17,1	NS	16,3	18,0	P < 0,01	0,80
PDIN ingérées (g/j)	128	1553	1591	NS	1420	1725	P < 0,01	82
PDIE ingérées (g/j)	128	1717	1684	NS	1552	1849	P < 0,01	84
Tx substitution	2	0,33	0,48		0,39			
Chutes d'ingestion								
ration de base	2560	8	12		8	12		
aliment concentré	2560	3	0		0	3		
% concentré		24,7	28,0		20,8	30,1		
% cellulose brute		17,3	20,3		19,4	18,3		
% mat. azotées tot.		15,3	15,4		14,8	15,9		
% amidon		28,2	20,4		23,8	24,7		
apport UFL-besoins		+ 1,1	+ 0,2		- 0,2	+ 1,5		
% (apport UFL-associativité)/besoins		103,3	97,7		96,6	104,1		
(PDIN-PDIE)/UFL		9,5	5,4		8,1	6,8		

NS = Non significatif, $P < 0,01$.

ETR = Ecart type résiduel.

R = Recommandations énergétiques INRA (1988), H = R + 3UFL.

L'apport supplémentaire d'aliment concentré a diminué l'ingestion de fourrage (- 0,9 kg de MS, $P < 0,01$) d'où un taux de substitution de 0,39 et un écart d'énergie totale ingérée de 1,7 UFL (Tableau IV).

La fréquence des chutes d'ingestion a été moins importante avec l'apport selon les recommandations (40%) qu'avec le niveau énergétique élevé (60%) et elles ont eu peu de répercussions sur la production laitière.

L'apport supplémentaire de 2,3 kg d'aliment concentré n'a pas induit de différences significatives de production de lait à 4% de matières grasses, de taux butyreux et de taux protéique, de quantités de matières grasses et matières protéiques produites (Tableau V), de teneurs plasmatiques en AGNE et en β HB, de pH et de teneur en matière sèche des fèces, de variations de poids des animaux (Tableau VI). L'amélioration de l'état corporel est restée faible : respectivement 0,12 et 0,12 point pour la comparaison R-H.

Tableau V. Effet de la nature et du niveau d'apport en aliment concentré sur la production et la composition du lait.

Variables	n	Nature		Pr < F	Niveau		Pr < F	ETR
		Amidon	Paroi		R	H		
Lait 4 (kg/j)	128	21,9	22,1	NS	21,7	22,4	NS	1,14
Taux butyreux (g/kg)	128	38,1	38,2	NS	38,1	38,1	NS	1,60
Taux protéique (g/kg)	128	30,8	30,5	$P < 0,01$	30,5	30,9	NS	0,57
Matières grasses (g/j)	128	860	868	NS	849	879	NS	0,05
Matières protéiques (g/j)	128	692	693	NS	676	708	NS	0,04

NS = Non significatif, $P < 0,01$.

ETR = Ecart type résiduel.

R = Recommandations énergétiques INRA (1988), H = R + 3UFL.

Interactions

Les différences d'apport en aliments concentrés (effet NIVEAU) ainsi que le niveau de production et le numéro de lactation (effet BLOC) n'ont pas interféré significativement avec l'effet NATURE pour les variables caractérisant l'ingestion, la production et la composition du lait. De même, l'effet NIVEAU n'a pas été significativement dépendant du niveau de production laitière et du numéro de lactation des vaches pour ces mêmes variables. Seule l'interaction BLOC*GPER, pour la variable lait 4% a été significative ($P < 0,01$).

DISCUSSION

Les taux de substitution obtenus avec le régime riche en amidon et avec celui riche en parois (0,33 et 0,48) sont du même ordre de grandeur que la valeur moyenne de 0,44 proposée par Dulphy *et al.* (1987)

quelle que soit la nature (céréales ou pulpes de betteraves) de l'aliment concentré. Coulon *et al.* (1989) estiment qu'une bonne appréciation des taux de substitution nécessite des écarts de consommation en aliment concentré d'au moins 2,5 kg de MS (2,3 kg dans notre cas). En éliminant toutes les données individuelles présentant un écart inférieur à 2 kg de MS entre les 2 niveaux d'apport en aliment concentré, la substitution marginale, alors obtenue avec un différentiel d'ingestion d'aliment concentré de 3 kg de MS, est de 0,19 et 0,34 pour les lots amidon et paroi. Cette substitution plus élevée, obtenue avec l'aliment concentré paroi, a également été mise en évidence par Vérité et Dulphy (1981) et s'explique en partie par la plus forte proportion d'aliment concentré dans la ration de ce lot (Jarrige, 1988). Par contre, Coulon *et al.* (1989) indiquent que les taux de substitution ont plutôt tendance à être légèrement inférieurs pour les régimes paroi mais 2 résultats présentés sur 6 ont une tendance inverse. Pour De Visser et De Groot (1980), des différences de taux d'amidon dans la ration de 10 points

Tableau VI. Effet de la nature et du niveau d'apport en aliment concentré sur le poids des animaux, les métabolites sanguins et les fèces.

Variables	n	Nature		Pr < F	Niveau		Pr < F	ETR
		Amidon	Paroi		R	H		
Poids vif vide (kg)	128	529	528	NS	530	526	NS	7,2
GMQ (g/j)	128	196	291	NS	285	202	NS	0,5
AGNE ($\mu\text{mol/l}$)	64	160	160	NS	154	166	NS	49,1
bHB (mg/l)	64	55	57	NS	57	55	NS	14,9
pH fèces	104	7,2	7,3	$P < 0,01$	7,2	7,3	NS	0,24
MS fèces (%)	80	13,6	12,8	$P < 0,01$	12,9	13,5	NS	0,94

NS = Non significatif, $P < 0,01$.

ETR = Ecart type résiduel.

R = Recommandations énergétiques INRA (1988), H = R + 3UFL.

n'engendrent aucune modulation de l'ingestion de fourrage. Il est probable que, dans nos conditions expérimentales (proportions d'aliment concentré dans la ration inférieures à 30%, modalités de distribution fractionnée de l'aliment concentré au cours des 24 h, taux de couverture des besoins proche de 1), la digestion n'ait pas été affectée du fait des teneurs en amidon et du déficit en PDIN du lot A (Tableau IV).

La très forte variabilité individuelle des taux de substitution (écarts types de 0,37 et 0,44 pour les lots A et P) peut également contribuer à expliquer ces résultats.

L'absence de différence de production selon la nature de l'aliment concentré est conforme aux résultats obtenus par Vérité et Dulphy (1981) avec de mêmes pourcentages d'aliments concentrés dans la ration. Dans les essais de De Visser et De Groot (1980), la comparaison de 2 aliments concentrés à teneur différente en amidon (10 et 20%), distribués à raison de 60% de

la ration, n'a pas permis de différencier les 2 natures de complémentation par rapport au lait produit.

En moyenne et quelle que soit la nature de la ration de base, l'écart de production selon la nature du complément distribué reste faible ($\leq 0,6$ kg de lait 4%) pour des proportions d'aliments concentrés inférieures à 50% de la ration (Dulphy *et al.*, 1987; Coulon *et al.*, 1989).

Avec une différence de 6,9 points dans la teneur en amidon entre les 2 natures de régimes, le taux butyreux n'a pas varié, ce qui est conforme aux résultats répertoriés par Coulon *et al.* (1989). D'une manière générale, les accidents au niveau du taux butyreux sont enregistrés pour des teneurs importantes en aliment concentré (Journet et Chilliard, 1985).

L'amélioration du taux protéique, liée à la nature de l'aliment concentré utilisé, ne peut être à priori consécutive à l'écart d'apport énergétique (équivalent à 0,1 UFL

près). Les taux de couverture des besoins énergétiques corrigés des effets d'associativité (Vermorel *et al.*, 1987), qui sont égaux à 103 et 97% pour les lots amidon et paroi (Tableau IV), traduisent pourtant un écart d'énergie disponible pour l'animal en faveur du régime amidon et ils peuvent contribuer à expliquer les 0,3 points gagnés par rapport au régime paroi.

Le partage de l'utilisation de l'énergie entre la production de lait et les variations de poids (énergie du lait/énergie du lait + énergie des variations de poids) est supérieur pour le lot A par rapport au lot P (0,88 contre 0,84, $P < 0,01$); d'après Demigne *et al.* (1988), des régimes riches en amidon permettent l'arrivée de quantités importantes d'amidon dans l'intestin grêle et il existe alors une absorption nette de glucose. Toutefois, pour Coulon *et al.* (1989), la nature amidon ou paroi de l'aliment concentré a peu d'effet sur le partage de l'utilisation de l'énergie (respectivement 0,953 et 0,939).

Bien qu'apparemment peu important, l'effet nature est significatif sur le pH des fèces. Les régimes amidon et paroi se différencient par la quantité d'amidon ingérée, respectivement près de 5 kg et 3,5 kg. Dans ces conditions, il est possible qu'une partie de cet amidon, en particulier l'amidon de maïs, échappe à la dégradation dans le rumen (Laurent, 1988) pour passer dans l'intestin grêle et éventuellement dans le gros intestin et les fèces. L'excrétion d'amidon dans les fèces permettrait d'expliquer la baisse du pH. Cette corrélation inverse entre pH et teneur en amidon des fèces a été nettement mise en évidence par Muwalla *et al.* (1984). Pourtant il ne semble pas que l'on puisse établir une relation entre le pH, souvent acide (entre 5,5 et 6), induit dans le rumen par les régimes amidon (ensilage de maïs + céréales) et l'acidification relative des fèces, car le pouvoir tampon par saturation

en bicarbonates est très fort au niveau de l'intestin (Owens *et al.*, 1986). C'est alors la fermentation de l'amidon résiduel arrivant dans le gros intestin qui pourrait expliquer cette baisse du pH.

En général, la quantité d'eau excrétée au niveau des fèces augmente avec les quantités ingérées et en particulier avec la quantité de constituants membranaires (Jarrige *et al.*, 1978). Avec le régime paroi, l'ingestion de cellulose brute est effectivement supérieure et la teneur en matière sèche des fèces est significativement plus faible. Cette relation plausible est sans doute très limitée par le fait que, d'une part, la mesure ne concerne que les teneurs en eau et non les quantités et que, d'autre part, bien d'autres phénomènes peuvent intervenir car l'excrétion fécale d'eau ne représente en moyenne que de l'ordre de 40% de l'excrétion totale (Georgievskii, 1982). Ces observations limitent fortement l'intérêt des mesures effectuées sur les fèces.

L'accroissement de la quantité de lait 4 % produit par UFL supplémentaire ingérée, compte non tenu des effets d'interaction définis par Vermorel *et al.* (1987), est de 0,41, valeur correspondante à celles compilées par Favardin *et al.* (1987). Cette réponse marginale est inférieure à la valeur de 0,86 (moyenne de 38 essais) calculée par Remond (1985), qui souligne néanmoins la très forte variabilité des résultats (écart type de 0,63).

L'amélioration du taux protéique pour le traitement H est en relation directe avec le supplément d'apport énergétique. La faible durée des périodes expérimentales (4 semaines) et leur succession rapide expliquent sans doute la faiblesse des écarts enregistrés. En effet, Gordon (1984) a clairement montré que la réponse du taux protéique était souvent amplifiée à la fin des périodes expérimentales. L'écart de 1,7 UFL calculé entre les bilans pour les 2 ni-

veaux d'apports correspond exactement à l'écart calculé pour les apports UFL. La prise de poids et la production laitière n'étant pas différentes selon le niveau d'apport en aliment concentré, le partage de l'utilisation de l'énergie ne varie pas significativement entre les 2 niveaux d'apports énergétiques.

L'absence d'interactions significatives traduit l'indépendance entre le niveau de production des vaches, leur numéro de lactation et leur réponse aux traitements. L'interaction BLOC*GPER pour la variable Lait 4% ($P < 0,01$) rend compte de la diminution de la production en fonction du temps mais également du sens de variation du niveau énergétique (augmentation ou diminution imposée par le schéma expérimental) entraînant des chutes de production laitière respectives de 1,8 ou 10%.

L'absence de tout effet significatif sur les paramètres sanguins (AGNE et β HB) peut résulter des faibles différences de bilan énergétique et de variation de poids, mais aussi de la forte variabilité enregistrée pour ces paramètres.

Pour un stade de lactation compris entre 150 et 200 jours, des teneurs en AGNE voisines de 160 μ m/L paraissent élevées, comparativement aux valeurs publiées par Coulon *et al.* (1984). La situation des prélèvements sanguins, avant le grand repas dans cet essai, après le grand repas dans l'essai de Coulon *et al.* (1984) peut expliquer cette variation.

CONCLUSION

En définitive, il ressort de cet essai que la distribution isoénergétique et isoazotée de 2 aliments concentrés différant par leur nature glucidique a eu très peu de répercus-

sions au niveau des performances zootechniques des vaches laitières, qu'ils soient distribués selon les recommandations ou selon les recommandations + 3 UFL.

Il convient toutefois de préciser que ces résultats ont été obtenus avec des apports en aliments concentrés inférieurs à 30%, avec des teneurs en matières azotées proches de 15% et avec des teneurs en cellulose brute comprises entre 17 et 20%.

REMERCIEMENTS

Nous remercions G. Legarff (ITEB) pour ses précieux conseils concernant le traitement statistique des données.

RÉFÉRENCES

- Coulon J.B., Remond B. & Journet M. (1984) Capacité d'ingestion des vaches laitières en début de lactation. 2. Les anomalies de l'ingestion : liaisons avec l'état sanitaire et quelques paramètres du métabolisme énergétique et de la digestion. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA* 55, 43-51
- Coulon J.B., Faverdin P., Laurent F. & Cotto G. (1989) Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.* 2, 47-43
- Demigne C., Yacoub C., Morand C. & Remesy C. (1988) Les orientations du métabolisme intermédiaire. *Reprod. Nutr. Develop.* 28, 1-17
- De Visser H. (1982) Lower starch and sugar content of concentrates for prevention of rumen acidosis and higher energy intake in early lactation. Proc. 12th World Congress on Diseases of Cattle, Utrecht, The Netherlands, 415-420
- De Visser H. & De Groot A.A.M. (1980) The influence of the starch and sugar content of con-

- concentrates on feed intake, rumen fluid, production and composition of milk. Proc. 4th Intern. Conf. on Production Disease in Farm Animals, Munich, F.R.G., 41-43
- Dulphy J.P., Andrieu J.P. & Rouel 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. CRZV Theix, INRA* 67, 43-48
- Faverdin P., Hoden A. & Coulon J.B. (1987) Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA* 70, 133-152
- Gordon F.J. (1984) The effect of level of concentrate supplementation given with grass silage during the winter on the total lactation performance of autumn-calving dairy cows. *J. Agric. Sci. Camb.* 102, 163-179
- Georgievskii V.I. (1982) Water metabolism and the animal's water requirements. In : *Mineral Nutrition of Animals* (Georgievskii V.I., Annenkov B.N., Samoklin V.T., eds). Butterworths London, 79-89
- Jarrige R. (1988) Ingestion et digestion des aliments. In : *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. Ed. INRA Publications, Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles. Ch. 2
- Jarrige R., Morand-Fehr P. & Hoden A. (1978) Consommation d'aliments et d'eau. In : *L'Alimentation des Ruminants*. Ed. INRA Publications, Route de Saint-Cyr, 78000 Versailles, Ch. 6.
- Journet M. & Chilliard Y. (1985) Influence de l'alimentation sur la composition du lait. I. Taux butyreux : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA* 60, 12-23
- Laurent F. (1988) Utilisation du blé et des céréales dans la ration des vaches laitières. *Ann. Zootech.* 37, 117-132
- Mayne C.S. & Gordon J. (1984) The effect of type of concentrate and level of concentrate feeding on milk production. *Anim. Prod.* 39, 65-76
- Meijs J.A.C. (1986) Concentrate supplementation of grazing dairy cows. II. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass For. Sci.* 41, 229-235
- Muwalla M.M., Brown C.W., Daniels L.B. & Brown A.H. (1984) Variation in fecal starch of bulls on performance test and cows on pasture. *Nutr. Rep. Int.* 29, 815-821
- Owens F.N., Zinn R.A. & Kim Y.K. (1986) Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63, 1634-1648
- Remond B. (1985) Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. II. Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA* 62, 53-67
- Steg A., Van Der Honig Y. & De Visser H. (1985) Effects of fibre in compound feeds on the performance of ruminants. In : *Recent Advances in Animal Nutrition*. (Haresign and Cole, eds) Butterworths, London, 113-129
- Sutton J.D., Bines J.A. & Morant S.V. (1987) Comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. *J. Agric. Sci. Camb.* 109, 375-386
- Thomas C., Aston K., Daley S.R. & Hugues P.M. (1984) The effect of composition of concentrate on the voluntary intake of silage and milk output. *Anim. Prod.* 38, 519 (Abstr.)
- Vérité R. & Dulphy J.P. (1981) Effets de la nature de l'aliment concentré sur l'ingestion et les performances des vaches laitières. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA* 45, 15-21
- Vermorel M., Coulon J.B. & Journet M. (1987) Révision du système des unités fourragères. *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA* 70, 9-18