

Intérêt de l'introduction de luzerne déshydratée en substitution de l'ensilage de maïs dans les rations des vaches laitières

JL Peyraud, L Delaby, B Marquis

INRA, station de recherches sur la vache laitière, 35590 Saint-Gilles, France

(Reçu le 16 mars 1993; accepté le 7 juin 1993)

Résumé — Les effets de la luzerne déshydratée de qualité (0,75 UFL/kg MS) en substitution de l'ensilage de maïs ont été étudiés en comparant à un témoin sans luzerne 3 régimes expérimentaux correspondant à l'apport de 2,5 (2.5L) ou de 5,0 kg MS (5.0L) de luzerne brins longs ou de 5,0 kg MS de luzerne broyée et agglomérée (5.0B). Les régimes, isoazotés, couvraient 105% des besoins PDI. L'essai a été conduit en carré latin 4 x 4 avec 16 vaches laitières après le pic de lactation. La production de lait a été peu modifiée par l'introduction de luzerne (30,4, 31,0, 30,3, 30,7 kg pour le témoin, 2.5L, 5.0L et 5.0B). Le taux butyreux a diminué de 1,5 point pour les 3 régimes expérimentaux, le taux protéique n'a pas été affecté avec le traitement 2.5L mais a diminué de 0,6 point avec les régimes 5.0L et 5.0B. L'apport de 2,5 kg de luzerne a eu un effet stimulant sur l'ingestion (21,6 vs 20,9 kg MS/j pour le témoin), a permis d'améliorer légèrement le bilan UFL et d'économiser 600 g de tourteau tanné. Cet effet a disparu avec la dose de 5 kg (20,9 kg MS). L'ingestion a été élevée avec le régime 5.0B (21,9 kg MS), mais le bilan UFL calculé est apparu plus faible, ce qui est en accord avec l'accroissement de la teneur en acides gras longs du lait. La luzerne permet de réduire le TB sans affecter le TP, et d'améliorer les performances des animaux, à condition de ne pas dépasser la dose de 2,5 kg/j.

luzerne déshydratée / forme physique / vache laitière / production de lait / ingestion

Summary — **Effect of dehydrated lucerne in maize silage diets for dairy cows.** *The effects on milk production of the quantity and physical form of added high quality (0.75 UFL, 190 g CP/kg DM) dehydrated lucerne in a maize silage-based diet were assessed. Sixteen high-producing Holstein cows were used in a 4 x 4 latin square design to evaluate 4 diets. The control diet (C) consisted of 80% maize silage, 8% energetic concentrate, 10% protected soybean meal, 2% urea and mineral mix (table II). The experimental diets contained either 2.5 or 5.0 kg dehydrated lucerne in a chopped form (mean particle size = 8.25 mm) (diets 2.5L and 5.0L) or 5.0 kg of pelleted dehydrated lucerne (mean particle size = 0.68 mm) (diet 5.0B). The proportion of soybean meal was reduced when lucerne was given in order to obtain iso-nitrogenous diets. The 4 diets covered 105% of the protein requirements and starch content was quite similar between the diets (270 g/kg DM). The experiment was carried out in mid-lactation (60 d post partum). The cows were fed individually and ad libitum (at least 10% refusals) and the ingredients were totally mixed. Milk production was unaffected by dehydrated lucerne (30.4, 31.0, 30.3 and 30.7 kg/d for C, 2.5L, 5.0L and 5.0B, respectively, table III).*

Added dehydrated lucerne decreased milk fat content by 1.5 g/kg milk ($P < 0.05$) whatever the quantity and the physical form of lucerne. Milk fatty-acid composition was not affected by treatments although long-chain fatty-acids concentrations (18 carbon) were slightly increased ($P < 0.05$) when chopped lucerne was given (28.5 versus 25.7% of total fatty acids, $P < 0.05$). Milk protein content was not significantly affected by the 2.5L treatment but was lowered when 5.0 kg dehydrated lucerne was offered (-0.6 g/kg milk, $P < 0.05$). DM intake was increased when cows were fed the 2.5L diet (21.6 versus 20.9 kg/d for the control, $P < 0.01$) but was not modified in the 5.0L diet (table V). This result might be explained by a favourable effect of lucerne on diet appetibility without adverse effect on rumen fill when the lower quantity was offered. The DM intake was high in the 5.0B diet (21.9 kg/d) and this observed value was in good agreement with the value predicted by the French Fill Unit System when pelleted lucerne was assumed to be a concentrate. The blood glucose level was improved and the betahydroxybutyrate level was lowered when cows consumed the chopped lucerne (table VII). In contrast, ground lucerne led to lower glucose and higher betahydroxybutyrate levels ($P < 0.05$) than the control treatment. It was concluded that mixing 2.5 kg dehydrated lucerne into a maize silage-based diet causes a decrease in milk-fat content without adverse effect on milk protein and that the higher DM intake compensates for the lower energetic value of lucerne compared with maize silage. Nonetheless, the energetic value remains a limiting factor to adding more lucerne as a substitute of maize silage and soybean meal. The results showed some evidence to prove a specific effect of lucerne physical form on milk-fat depression and on animal performance.

dehydrated lucerne / forage physical form / dairy cow / milk production / intake

INTRODUCTION

L'ensilage de maïs offre des avantages certains pour l'alimentation des vaches laitières à haut potentiel, notamment en raison de sa valeur énergétique et de son ingestibilité très élevées (INRA, 1988). Cependant, il est pauvre en azote dégradable et en certains acides aminés, notamment la lysine et la méthionine (Rulquin, 1992), ainsi qu'en calcium et phosphore. De plus, l'apport de fibres longues pourrait être insuffisant pour les ensilages trop finement hachés. Cet apport est pourtant nécessaire car, en stimulant la rumination et la sécrétion de salive, il permet de maintenir le pH ruminal. Enfin, les taux butyreux obtenus avec des rations à base d'ensilage de maïs sont de 2 à 4 points plus élevés que pour les rations à base de foin ou d'ensilage d'herbe (Hoden *et al*, 1985 ; Le Doré *et al*, 1986), ce qui est un inconvénient dans le contexte actuel de quotas sur les matières grasses. Il peut donc être intéressant d'associer au maïs un fourrage de bonne qualité qui permette

de corriger les déséquilibres nutritionnels tout en assurant un niveau d'apports énergétiques élevé et une nutrition azotée de qualité pour maintenir le taux protéique du lait. La lucerne déshydratée pourrait constituer cet aliment complémentaire de l'ensilage de maïs (Journet, 1992). Sa valeur azotée est élevée du fait d'une dégradation faible des protéines dans le rumen (INRA, 1988) consécutivement au séchage à haute température pendant un temps très court. Par ailleurs, elle constitue une source d'azote dégradable pour les microorganismes et est une excellente source de calcium, de phosphore (Plancquaert, 1976) et de carotène. De plus, l'apport de lucerne déshydratée semble permettre de moduler le taux butyreux. Les travaux de Journet et Hoden (1968, 1973) et Hoden et Journet (1971) ont en effet montré que les rations de vaches laitières pouvaient être constituées de 60 à 75% de pellets de lucerne et que les animaux produisaient alors un lait plus pauvre en matières grasses de 1,5 à 3 g/kg par rapport à des régimes témoins à base de foin et d'ensi-

lage d'herbe. La faible valeur énergétique de la luzerne a cependant été un handicap majeur à son utilisation dans les rations de vaches laitières à haut niveau. Des travaux récents (Demarquilly, 1993) montrent que sa valeur énergétique s'accroît linéairement avec la teneur en MAT (0,03 UFL/kg MS pour un point de MAT) jusqu'à des valeurs de 25% de MAT. Ainsi, l'apparition sur le marché de luzernes déshydratées plus riches en MAT (plus de 19-20%) que celles actuellement commercialisées (16-18%, Mauries, 1991) permet de repenser son utilisation dans les régimes destinés aux vaches laitières en substitution du maïs ensilage, et cela d'autant plus que, contrairement à celle du maïs, la culture de luzerne est pérenne et ne nécessite pas de fertilisation azotée.

Par ailleurs, l'utilisation de luzerne déshydratée non broyée et pressée en balle pourrait constituer une source de fibres longues intéressante pour réguler le pH ruminal et la digestion de rations riches en céréales et en ensilage trop finement haché. Cependant, cette forme de présentation peut aller à l'encontre des objectifs actuels de maîtrise des taux butyreux, puisque le taux butyreux diminue avec les rations moins fibreuses (Sauvant *et al*, 1990).

L'objectif de cet essai a donc été de définir les modalités d'apport de la luzerne (dose, forme de présentation) comme fourrage complémentaire de l'ensilage de maïs dans les rations des vaches laitières, et de quantifier ces effets sur la composition du lait produit. Par rapport à un régime témoin composé d'ensilage de maïs distribué à volonté, nous avons utilisé 2 niveaux d'apport de luzerne pressée en balle (luzerne brins longs : Rumiluz, France Luzerne) (2,5 et 5 kg MS) afin de définir un optimum éventuel. Un quatrième traitement dans lequel 5 kg de la luzerne brins longs ont été remplacés par une luzerne de même qualité mais broyée et agglomérée a été mis en

place de manière à pouvoir dissocier un effet de la granulométrie. Cet essai s'est déroulé à l'INRA de Rennes durant l'hiver 1991-1992 avec des vaches après le pic de lactation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Traitements, schéma expérimental et animaux

Quatre traitements ont été comparés selon un schéma en carré latin 4 x 4 avec des périodes de 4 sem. Les 4 traitements étaient :

- témoin : régime à base d'ensilage de maïs *ad libitum* sans luzerne ;
- 2.5L : introduction de 2,5 kg de MS de luzerne déshydratée en brins longs ;
- 5.0L : introduction de 5 kg de MS de luzerne déshydratée en brins longs ;
- 5.0B : remplacement dans 5.0L de la luzerne brins longs par une luzerne de même composition biochimique, mais broyée à la grille de 4 mm.

L'essai a été conduit sur un effectif de 16 vaches laitières (dont 4 primipares) qui ont été réparties en 4 lots homogènes sur la base de leurs caractéristiques enregistrées durant une période préexpérimentale correspondant aux 2 sem précédant le début de l'essai. La mise en lot a été basée sur la parité (1 primipare par lot), le stade de lactation (63 ± 10 j), la production laitière ($36,6 \pm 4,7$ kg), la composition du lait ($39,0 \pm 3,9$ g/kg de taux butyreux et $28,6 \pm 2,5$ g/kg de taux protéique), les quantités ingérées de ration de base ($15,3 \pm 2,2$ kg) et le poids vif (607 ± 53 kg).

La répartition des traitements suivant les lots et les périodes a été équilibrée pour les effets rémanents.

Principes de rationnement

Les animaux ont été alimentés individuellement. L'ensilage de maïs a été distribué à volonté afin d'extérioriser un effet éventuel positif de l'apport de luzerne sur les quantités ingérées. L'objectif

a été de réaliser des apports énergétiques et azotés identiques pour tous les traitements. Ces apports ont été fixés globalement au niveau des besoins pour l'énergie et à 105% des besoins pour les PDIE, afin de limiter tout risque de déficit. Les apports PDIN ont été laissés au niveau des recommandations, compte tenu des possibilités de recyclage. Les concentrés énergétiques ont été choisis de manière à ce que les rations apportent les mêmes quantités d'amidon et de cellulose brute.

La composition chimique et la valeur nutritive des aliments sont reportées dans le tableau I. La luzerne brins longs et la luzerne broyée avaient une composition chimique quasi identique (19% MAT, 27% CB). Le concentré énergétique distribué avec les régimes contenant de la luzerne (concentré 2) était constitué essentiellement par des céréales (92% de céréales, soit 48% d'amidon), celui du régime témoin (concentré 1) comportait 45% de céréales, 20% de son et 25% de pulpes de betteraves et ne dosait que 31% d'amidon. Pour le calcul des apports de concentré, nous avons admis que la valeur énergétique des luzernes était identique et que les quantités ingérées de maïs diminuaient de 0,85 kg pour un kg de luzerne introduite dans la ration sans distinction entre les 2 modes de présentation. Les quantités de concentré ont été prédéterminées pour chaque vache, en supposant 1) une persistance mensuelle de 0,92 chez les multipares et 0,94 chez les primipares ; 2) un besoin supplémentaire lié à la croissance évalué à l'équivalent de 3 kg de lait pour les pri-

mipares ; et 3) une majoration de 1 kg des quantités d'ensilage ingérées pendant la période de référence, car les vaches n'avaient pas encore atteint leur pic d'ingestion. Les quantités de concentré ont été ajustées une fois au début de chaque période expérimentale et maintenues constantes intrapériode. Du tourteau de soja colza tanné et de l'urée ont permis d'ajuster la teneur en PDIE et PDIN des régimes. Les apports de minéraux et vitamines ont été assurés par la distribution de CMV 7/22/4. La distribution de 100 g de phosphate monosodique a été nécessaire pour rééquilibrer l'excès de calcium des 3 rations comportant de la luzerne. Les quantités moyennes d'aliments offerts sont présentées dans le tableau II.

La ration a été distribuée dans l'auge de chaque animal à 9 h et à 16 h 30 et mélangée à la fourche dans l'auge.

Mesures, échantillonnages et analyses

Les quantités ingérées ont été mesurées individuellement. Les quantités offertes de chaque aliment ont été pesées à chaque distribution. Les refus ont été enlevés des auges chaque matin à 7 h et pesés du lundi au vendredi. On a supposé que leur composition était identique à celle de l'offert. La teneur en MS de l'ensilage a été déterminée 5 fois par semaine, celle des autres aliments 1 fois par semaine. Un échantillon moyen de chaque aliment, constitué par une

Tableau I. Composition chimique et valeur nutritive des aliments.

| Aliment (g/kg MS) | MAT | CB | Amidon | DT | UFL _a | PDIE _a | PDIN _a |
|----------------------|-----|-----|--------|------|------------------|-------------------|-------------------|
| Ensilage de maïs | 81 | 191 | 320 | 0,71 | 0,94 | 67 | 50 |
| Luzerne brins longs | 193 | 260 | 30 | 0,67 | 0,75 | 94 | 120 |
| Luzerne broyée | 188 | 280 | 30 | 0,68 | 0,73 | 91 | 117 |
| Conc énergétique 1* | 127 | 84 | 310 | 0,71 | 1,05 | 98 | 84 |
| Conc énergétique 2** | 119 | 29 | 480 | 0,68 | 1,15 | 83 | 106 |
| Tourteaux tannés | 480 | 83 | 30 | 0,34 | 1,14 | 355 | 384 |

Composition en % brut. * blé 15%, maïs 15%, orge 15%, son fin 20%, pulpes betteraves 25%, graisse 1%, mélasse 5%, minéraux 4%; ** blé 34%, maïs 35%, orge 23%, graisse 1%, mélasse 3%, minéraux 4%. ^a Selon les équations INRA (1987) et Giger-Reverdin *et al* (1990).

prise en même temps que la détermination de la MS, a été réalisé pour l'ensemble de l'essai, afin de déterminer la composition biochimique (MO, MAT, CB, NDF, ADF, MG) et les caractéristiques fermentaires de l'ensilage. La dégradabilité théorique des aliments a été mesurée selon la méthode définie par Michalet-Doreau *et al* (1987).

La mesure de la taille des particules a été réalisée pour chaque silo utilisé (2 silos) et pour les 2 luzernes. Deux prises de 500 g (luzerne brins longs) et de 2 kg pour l'ensilage ont été tamisées sur le tamiseur de l'ITCF (tamis de 20 et 10 mm). Deux sous-échantillons de 100 g des particules passées à travers le tamis le plus fin ont ensuite été tamisées à sec sur une tamisette fritsch pendant 5 min (tamis 4, 2, 1, 0,63, 0,25 et 0,10 mm). Pour la luzerne broyée, seule la tamisette a été utilisée mais le tamisage a été réalisé en voie humide après avoir dissocié 500 g de pellets par trempage pendant une nuit dans une solution de teepol à 5%. La totalité du contenu des tamis a été séchée en étuve.

Le lait a été mesuré à chaque traite (de 6 h 30 à 8 h et de 16 h 30 à 18 h) par un compteur électronique. La teneur en protéines et en matières grasses a été déterminée (infralyseur) chaque semaine sur 6 échantillons individuels correspondant aux traites du mardi, mercredi et jeudi. La teneur en N total et en N caséinique a été mesurée sur des échantillons individuels en

quatrième semaine de chaque période lors de la traite du mercredi matin. À cette même traite un échantillon moyen par traitement (regroupement des 4 vaches) a également été réalisé pour déterminer la composition en acides gras du lait par chromatographie capillaire. Les animaux ont été pesés une fois par semaine avant l'accès à l'auge et après la traite du matin.

Un prélèvement de sang caudal (20 ml) a été effectué le jeudi de la quatrième semaine avant l'accès à l'auge. Le sang a été centrifugé (15 min à 3 000 t/min). Les acides gras non estérifiés (AGNE) ont été déterminés sur le plasma non déféqué. Le glucose, le bêtahydroxybutyrate et l'urée ont été déterminés sur le plasma déprotéinisé à l'acide perchlorique (5 ml plasma + 10 ml HClO₄). Les analyses ont été effectuées sur un appareil automatique ISAMAT (ISA biologie).

Les résultats zootechniques des 2 dernières sem de chaque période ont été retenus. Ils ont été traités par analyse de variance selon la procédure GLM (Statistical Analysis System, 1987) en prenant en compte l'effet des traitements, des périodes et des vaches et après avoir vérifié l'absence d'effet rémanent des traitements. La forme de la courbe de réponse (linéaire ou quadratique) à l'apport des doses croissantes de luzerne brins longs a ensuite été analysée par la méthode des polynômes orthogonaux (Gill, 1987).

Tableau II. Quantités moyennes d'aliments offertes selon le traitement (ration offerte en mélange complet).

| Traitement | Témoin | 2.5L | 5.0L | 5.0B |
|------------------------------|--------|---------------|------|------|
| Ensilage de maïs (kg MS) | | ← à volonté → | | |
| Luzerne brins longs (kg MS) | 0 | 2,5 | 5,0 | 0 |
| Luzerne broyée (kg MS) | 0 | 0 | 0 | 5,0 |
| Conc énergétique 1 (kg brut) | 2,25 | 0 | 0 | 0 |
| Conc énergétique 2 (kg brut) | 0 | 2,61 | 3,01 | 3,01 |
| Tourteaux tannés (kg brut) | 2,29 | 1,71 | 1,20 | 1,20 |
| Urée (g brut) | 100 | 100 | 50 | 50 |
| CMV (g brut) | 300 | 200 | 100 | 100 |
| Phosphore (g brut) | 0 | 100 | 100 | 100 |

RÉSULTATS

Granulométrie des aliments

La taille moyenne des particules a été beaucoup plus élevée pour la luzerne brins longs (8,25 mm) que pour la luzerne broyée (0,68 mm), celle du maïs étant intermédiaire (3,61 mm). La luzerne brins longs a été caractérisée par la présence de 2 populations bien distinctes et de fréquence voisine (42% de la masse totale chacune) : une population de particules > 10 mm et une population de particules passant à travers le tamis de 2 mm, ce qui peut s'expliquer par la grande friabilité du produit. En revanche, la quasi-totalité des particules de luzerne broyée (91%) passait à travers le tamis de 2 mm. L'ensilage de maïs utilisé était haché assez finement puisque seulement 11% de sa MS a été retenue sur le tamis de 10 mm et seulement 3% sur le tamis de 20 mm.

Performances zootechniques (tableau III)

Aucun effet rémanent n'a été mis en évidence sur l'ensemble des paramètres analysés. La production de lait brut n'a pas été significativement différente entre les traitements et a été en moyenne de 30,6 kg. Elle a cependant montré une tendance à une évolution quadratique ($P < 0,05$) avec la dose de luzerne brins longs. Selon cette loi de réponse, la dose optimale d'incorporation serait de 2,2 kg de MS, la production atteignant alors 31,0 kg/j. La production a diminué de 33,9 à 27,2 kg/j entre la première et la quatrième période, soit une persistance mensuelle de 0,92.

L'incorporation de luzerne a entraîné une diminution du taux butyreux de 1,5 points ($P < 0,05$) en moyenne, sans qu'il puisse être mis en évidence un effet significatif de la dose ou du mode de présentation. La production de matières grasses a diminué de manière linéaire ($P < 0,05$)

Tableau III. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les performances zootechniques.

| Traitement | Témoin | 2.5L | 5.0L | 5.0B | ETR | Linéaire | Quadratic |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------|----------|-----------|
| Lait (kg) | 30,4 | 31,0 | 30,3 | 30,7 | 1,14 | NS | 0,05 |
| Lait 4% (kg) | 30,6 | 30,6 | 29,9 | 30,4 | 1,25 | 0,10 | NS |
| TB (‰) | 41,0 ^a | 39,6 ^b | 39,5 ^b | 39,7 ^b | 1,55 | 0,01 | NS |
| TP (‰) | 30,7 ^a | 30,5 ^{ab} | 30,1 ^b | 30,1 ^b | 0,67 | 0,02 | NS |
| M grasses (g) | 1 232 | 1 211 | 1 187 | 1 206 | 61,6 | 0,05 | NS |
| M protéiques (g) | 925 | 940 | 907 | 917 | 38,7 | NS | 0,05 |
| MAT du lait (‰) | 32,8 | 32,6 | 32,1 | 31,9 | 1,11 | 0,08 | NS |
| Caséine (‰) | 25,5 | 25,2 | 24,9 | 24,7 | 0,93 | 0,05 | NS |
| Caséine (% MAT) | 77,9 | 77,3 | 77,5 | 77,6 | 0,74 | NS | 0,10 |
| Poids vif (kg) | 617 | 616 | 609 | 613 | 10,2 | 0,05 | NS |

Les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5%.

avec les doses croissantes de luzerne brins longs mais les différences sont restées modestes (diminution de 45 g entre le témoin et le régime 5.0L). La composition en acides gras du lait (tableau IV) a été légèrement modifiée selon les traitements. Le fait le plus marquant est l'accroissement de la proportion d'acides gras à longue chaîne (C18) et en particulier de l'acide oléique (C18:1) avec la luzerne broyée. En revanche, la proportion des C16 a été plus faible ($P < 0,05$) pour les 2 régimes contenant 5 kg de luzerne, en particulier lorsque la luzerne était broyée.

Le taux protéique a diminué linéairement ($P < 0,05$) avec la dose de luzerne brins longs. La baisse n'a toutefois pas été significative pour le traitement 2.5L mais a été supérieure à 0,5 point lors de l'introduction de 5 kg de luzerne. À même dose, le mode de présentation de la luzerne n'a pas eu d'effet. Finalement, le rapport TP/TB n'a pas évolué entre les traitements. La production de matières protéiques a peu varié. Elle a cependant eu tendance à être plus élevée ($P < 0,07$) avec le traitement 2.5L qu'avec les traitements 5.0L mais n'a, dans les 2 cas, pas été significativement différente du témoin. Les teneurs en azote total et en azote caséinique du lait ont suivi la même évolution que le TP et le rapport

N caséinique/N total n'a pas varié selon les traitements.

Aucun effet de la luzerne n'a pu être mis en évidence sur la production de lait à 4%, de matières grasses, ni sur le poids vif qui a été de 614 kg en moyenne. Sur l'ensemble de l'essai, la reprise de poids des animaux a été de 140 g/j.

Quantités ingérées, apports et bilans nutritifs (tableaux V et VI)

Les quantités ingérées de luzerne ont été respectivement de 2,25, 4,44 et 4,79 kg MS/j pour les traitements 2.5L, 5.0L et 5.0B, ce qui représentait respectivement 10, 21 et 22% du régime. L'incorporation de luzerne a entraîné globalement un accroissement des quantités totales de MS ingérées, mais les variations ont été fonction de la dose et du mode de présentation. Avec la luzerne brins longs, les quantités totales ingérées ont été les plus élevées avec le traitement 2.5L (+0,7 kg MS/j par rapport au témoin, $P < 0,01$) puis elles ont diminué pour atteindre une valeur proche du témoin pour le traitement 5.0L.

Les quantités ingérées de maïs ont diminué de manière quadratique ($P < 0,01$) avec l'apport de luzerne. Par rapport au té-

Tableau IV. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur la composition en acides gras du lait.

| Traitement | Témoin | 2.5L | 5.0L | 5.0B | ETR |
|---------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| C4-C12 | 15,20 | 15,40 | 15,18 | 14,16 | 0,47 |
| Somme des C14 | 14,83 | 14,22 | 14,94 | 14,25 | 0,38 |
| Somme des C16 | 41,16 ^{ab} | 41,86 ^a | 40,78 ^b | 39,71 ^c | 0,42 |
| C15 et C17 | 3,10 | 3,37 | 3,15 | 3,37 | 0,21 |
| Somme des C18 | 25,70 ^a | 25,15 ^a | 25,95 ^a | 28,50 ^b | 0,75 |
| C18-1/C18 | 1,63 | 1,72 | 1,51 | 2,00 | 0,25 |

Les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5%.

Tableau V. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les quantités ingérées (kg MS).

| Traitement | Témoin | 2.5L | 5.0L | 5.0B | ETR | Linéaire | Quadratic |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|----------|-----------|
| Ration totale | 20,9 ^a | 21,6 ^b | 21,0 ^a | 21,9 ^b | 0,81 | NS | 0,02 |
| Ens de maïs | 16,8 ^a | 15,7 ^b | 13,3 ^c | 13,6 ^c | 0,74 | 0,01 | 0,01 |
| Luzerne déshydratée | 0,00 | 2,25 | 4,44 | 4,79 | | | |
| Ration complémentaire : | 4,12 ^a | 3,69 ^b | 3,28 ^c | 3,44 ^c | 0,39 | 0,01 | NS |
| dont : | | | | | | | |
| Conc énergétique | 1,72 | 1,89 | 2,04 | 2,22 | | | |
| T tannés | 2,05 | 1,47 | 1,05 | 1,02 | | | |
| Urée | 0,09 | 0,09 | 0,04 | 0,04 | | | |
| Minéraux | 0,26 | 0,24 | 0,15 | 0,15 | | | |

Les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5%

moins, la baisse est restée modérée pour le traitement 2.5L (-0,9 kg) mais s'est fortement accrue avec le traitement 5.0L (-3,5 kg). Les quantités de concentré ingérées, et en particulier celles de tourteaux, ont diminué linéairement avec l'apport de luzerne.

Les quantités ingérées totales ont été plus élevées de 0,9 kg avec la luzerne broyée, comparativement à la luzerne brins longs distribuée en même quantité, mais les quantités d'ensilage de maïs n'ont pas varié de manière significative entre ces 2 traitements.

Tableau VI. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les apports et bilans nutritifs.

| Traitement | Témoin | 2.5L | 5.0L | 5.0B | ETR |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|
| Apports | | | | | |
| UFL (/j) ¹ | 19,2 ^{ab} | 19,6 ^b | 18,8 ^{ac} | 18,7 ^c | 0,76 |
| MAT (g/j) | 2 844 | 2 917 | 2 835 | 2 916 | 127,7 |
| PDIN (g/j) | 1 917 | 1 922 | 1 851 | 1 901 | 89,6 |
| PDIE (g/j) | 2 013 ^a | 1 976 ^{ab} | 1 891 ^c | 1 943 ^b | 87,2 |
| Bilans | | | | | |
| UFL (/j) ¹ | +0,61 ^{ab} | +1,05 ^a | +0,60 ^{ab} | +0,24 ^b | 0,68 |
| PDIN (g/j) | +43 | +53 | +19 | +43 | 80,8 |
| PDIE (g/j) | +139 ^a | +107 ^{ab} | +60 ^b | +86 ^b | 74,1 |

¹ Corrigés des interactions digestives (INRA, 1987). Les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5%.

La teneur en PDIE des régimes effectivement ingérés a été légèrement plus élevée pour le témoin (96 g/kg MS) que pour les 3 régimes expérimentaux (90 g/kg MS). La valeur UFL des régimes a été peu affectée par l'introduction de luzerne brins long (0,91 UFL pour le témoin et 2.5L, 0,89 UFL/kg MS pour 5.0L) et a été un peu plus faible pour le régime 5.0B (0,85 UFL/kg MS).

Le bilan énergétique a toujours été positif mais les variations de poids vif, difficiles à estimer sur des périodes de 4 sem, n'ont pas été intégrées dans le calcul. Le bilan énergétique a été peu affecté par l'introduction de luzerne brins longs, même s'il a eu tendance à être légèrement plus élevé avec le traitement 2.5L (+1,05 UFL/j, $P < 0,07$) que le témoin et le traitement 5.0L (+0,60 UFL/kg MS). En revanche, il a été plus faible avec la luzerne broyée, la différence étant de 0,8 UFL/j ($P < 0,01$) entre les traitements 2.5L et 5.0B. Le bilan PDIE a toujours été positif (+98 g/j en moyenne) et a diminué linéairement ($P < 0,03$) avec l'introduction de doses croissantes de luzerne. Le mode de présentation de la luzerne n'a en revanche pas eu d'effet notable sur ce bilan.

Paramètres métaboliques (tableau VII)

L'effet de la luzerne sur les paramètres du métabolisme énergétique a été variable selon la forme de présentation. L'introduction de luzerne brins longs a entraîné un accroissement de la glycémie ($P < 0,05$) et une légère diminution de la teneur en béta-hydroxybutyrate (BOH), l'effet n'ayant pas été différent selon la dose. En revanche, à même dose, le broyage de la luzerne a entraîné une nette diminution de la glycémie et un accroissement de la teneur en BOH. La teneur en AGNE a été faible pour des animaux ayant passé le pic de lactation. Elle s'est fortement accrue lorsque 5 kg de luzerne brins longs ont été introduits dans le régime. L'urémie a diminué de manière linéaire ($P < 0,01$) avec l'introduction de doses croissantes de luzerne brins longs, cependant la différence n'a été sensible (-3,8 mg/100 ml, $P < 0,01$) que pour le traitement 5.0L. À même niveau d'apport, la forme broyée a entraîné une diminution supplémentaire de l'urémie (-2,4 mg/100 ml, $P < 0,06$). Les teneurs en BOH (8,8 vs 7,0 mg/100 ml), AGNE (44,5 vs 31,5 mmol/l) et urée (25 vs 20 mg/100 ml) ont été plus élevées au cours de la pre-

Tableau VII. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les paramètres métaboliques sanguins.

| Traitement | Témoin | 2.5L | 5.0L | 5.0B | ETR |
|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------|
| Glucose (mg/100 ml) | 67,0 ^a | 69,6 ^b | 69,9 ^b | 65,3 ^a | 3,84 |
| BOH (mg/100 ml) | 7,65 ^{ab} | 6,80 ^a | 7,08 ^a | 8,17 ^b | 1,58 |
| AGNE (mmol/l) | 27,6 ^a | 28,8 ^a | 49,3 ^b | 33,2 ^a | 15,8 |
| Urée (mg/100 ml) | 24,6 ^a | 22,5 ^{ab} | 20,8 ^b | 18,4 ^c | 3,63 |

Les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5%.

mière période que pendant le reste de l'essai ; en revanche la glycémie a été plus faible (65,7 vs 68,7 mg/100 ml).

DISCUSSION

L'ensilage de maïs utilisé a été d'excellente qualité (0,94 UFL/kg MS) et les quantités ingérées ont été très élevées avec le régime témoin (16,8 kg MS/v/j), ce qui correspond à une valeur d'encombrement calculée de 0,95 UEL seulement (1,03 dans les tables INRA, 1988). Cette valeur peut être reliée à la teneur en grains élevée de l'ensilage (49% de grains), à une teneur en MS élevée (37%), à de bonnes conditions de conservation (acide acétique = 9 g/kg MS, Nsoluble = 48% Ntotal, Dulphy et Demarquilly, 1981) et peut-être aussi à un broyage assez fin. En conséquence, malgré une teneur en MAT assez élevée, la valeur énergétique des luzernes est restée assez sensiblement inférieure à celle du maïs ensilage (0,75 UFL/kg MS). Les apports PDIE ont représenté 105% des besoins en moyenne, ils n'ont donc jamais été limitants. Ce résultat est confirmé par les urémies mesurées à jeun qui sont assez élevées (21,6 mg/100 ml). Malgré les variations d'ingestion de maïs, la teneur en amidon a peu varié selon les régimes. Elle a été de 280 g/kg MS pour les régimes témoin et 2.5L et de 260 g/kg pour les 2 autres régimes.

Effet de la luzerne sur le taux butyreux

La luzerne déshydratée sous forme de brins longs et introduite en quantité modérée a permis de faire baisser légèrement le taux butyreux, mais le rapport TP/TB n'a pas été modifié, notamment du fait d'une baisse du taux protéique avec la dose de

5 kg. Pour les apports de luzerne les plus élevés, la diminution du taux butyreux s'explique par une diminution des quantités de matières grasses produites. Pour le régime 2.5L, il existe un effet de dilution puisque la production de matières grasses n'a pas été affectée comparée au témoin, mais la production de lait a eu tendance à augmenter. Ces résultats sont en accord avec ceux d'un autre essai conduit à Rennes (Hoden et Delaby cités par Journet, 1992) où l'introduction de 2,4 kg de MS de luzerne brins longs à 22% MAT en substitution de l'ensilage de maïs avait conduit à une diminution de 1,2 points du taux butyreux. Un essai conduit à l'ITCF (Rivière, 1991) a également montré une diminution du taux butyreux avec l'incorporation de 6 kg de luzerne enrichie en urée (Boviluz, France Luzerne) en substitution d'une partie du maïs ensilage et du tourteau de soja. Cependant, dans cet essai, une partie de la réponse peut être expliquée par la distribution supplémentaire de 2,8 kg de blé avec le régime expérimental.

Il n'est pas encore possible de conclure à un effet intrinsèque de la luzerne sur le taux butyreux. Dans cet essai, il est probable qu'elle ait eu, au moins en partie, un effet de dilution de l'ensilage de maïs. En effet, compte tenu des différences de teneurs en matières grasses de la luzerne (25 g/kg MS) et du maïs (60 g/kg MS), l'ingestion de matières grasses a diminué avec les régimes expérimentaux, même si cette diminution n'a pas été suffisante pour modifier la composition en acides gras longs du lait pour le régime 2.5L (Vérité, 1975). De même, la diminution du taux butyreux, mise en évidence par Hoden et Journet (1971) lorsque des quantités importantes (plus de 10 kg MS/v/j) de luzerne déshydratée en pellets étaient utilisées en remplacement d'ensilage d'herbe et de foin, peut être reliée à la taille moyenne des particules qui était très faible (0,3 à 0,5 mm) pour les régimes de luzerne en

pellets. Il faut enfin signaler que les effets de la luzerne sur le taux butyreux peuvent être très variables selon la nature du témoin. Ainsi, de nombreux travaux américains mettent en évidence un accroissement du taux butyreux lorsque la luzerne remplace un concentré de maïs grain et de soja (Baldwin *et al*, 1983 ; Kirkpatrick *et al*, 1984 ; Price *et al*, 1988). Ces résultats peuvent s'expliquer pour certains essais (Price *et al*, 1988) par un phénomène de concentration, la production de lait diminuant avec la réduction des apports d'énergie, et/ou être reliés aux taux butyreux déjà très faibles observés avec les régimes témoins (32 à 34 g/kg). En effet, l'ingestion de quantités importantes de maïs grain conduit à des flux de glucose intestinal importants (Peyraud et Widyobroto, non publié), qui peuvent avoir un effet négatif sur le taux butyreux (Hurtaud *et al*, 1993).

La luzerne broyée n'a pas entraîné de diminution supplémentaire du taux butyreux par rapport à la forme longue introduite en même quantité, sans doute parce que la granulométrie de la ration n'a pas été affectée de manière assez sensible. En admettant que la granulométrie des concentrés est peu différente de celle de la luzerne déshydratée, la taille moyenne des particules serait de 2,5 mm pour le régime 5.0B (vs 4,1 mm pour 5.0L) et pratiquement 50% des particules seraient retenues sur le tamis de 2 mm (60% pour 5.0L). Ces valeurs restent plus élevées que celles de l'essai de Grant et Colenbrander (1990) conduit avec des régimes à base de foin de luzerne et dans lequel le taux butyreux diminue de façon sensible lorsque la taille moyenne des particules est de 2 mm et que seulement 30% des particules sont retenues sur un tamis de 2,3 mm. De même, Journet et Hoden (1973) ont montré que le taux butyreux n'était pas affecté avec une ration à base de luzerne broyée dont la granulométrie était de 0,8 mm, et que seu-

lement 21% des particules étaient retenues par un tamis de 1,25 mm. Les chutes de taux butyreux avec les rations broyées ne s'observent en fait que pour les broyages les plus fins (Shaver *et al*, 1986 ; Woodford *et al*, 1986) et sont alors associées à une diminution importante du rapport acétique/propionique dans le rumen.

Effet de la luzerne sur le taux protéique

L'introduction de 5 kg de luzerne a entraîné une diminution de 0,6 point du taux protéique, quelle que soit la forme de présentation. Ce résultat peut être relié à la légère diminution des apports énergétiques. En effet, les apports azotés ont été excédentaires avec tous les régimes. Hoden et Delaby (cités par Journet, 1992) avaient également observé une diminution de 0,5 point du taux protéique avec l'incorporation de luzerne en substitution d'une partie de l'ensilage de maïs. Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'utiliser des luzernes dont la valeur énergétique soit élevée, la luzerne utilisée dans cet essai (19% MAT) ayant une valeur énergétique un peu limitante. Ainsi, Hoden et Journet (1971) ont montré qu'une luzerne à près de 21% de MAT permettait d'accroître la production de lait (+1,9 kg en moyenne), le taux protéique (+2 g/l) et le GMQ (+136 g/j), comparée à une luzerne à 16% MAT.

Effet de la luzerne sur les quantités ingérées

L'ingestion de maïs n'a que peu diminué (-0,9 kg/j) avec la distribution de 2,5 kg de luzerne brins longs, si bien que les quantités ingérées ont été accrues avec le traitement 2.5L, comparé au témoin. Ce résultat peut être expliqué par un effet positif de

l'introduction d'une quantité modérée de luzerne sur l'appétibilité de la ration sans que, en contrepartie, les phénomènes d'encombrement du rumen n'aient été un facteur limitant de l'ingestion. La vitesse de dégradation de la luzerne est plus élevée dans les heures qui suivent la distribution du repas que celle du maïs, comme le confirment nos mesures effectuées *in sacco* : 93% de la MS dégradable en 48 h disparaît après 8 h d'incubation, contre seulement 70 à 80% pour le maïs. De plus, le temps de séjour des particules de luzerne dans le rumen est légèrement plus faible que celui des particules de maïs (respectivement 34,8 et 36,8 h ; Peyraud et Widyobroto, non publié), essentiellement parce que le temps de comminution des particules ingérées est plus faible pour la luzerne. Avec la dose de 2,5 kg, l'accroissement de l'ingestion a permis une légère amélioration du bilan énergétique des animaux, malgré l'écart de valeur énergétique entre la luzerne et l'ensilage de maïs. Par ailleurs, il est également important de mentionner que la luzerne a aussi permis de réduire l'apport de tourteau de 600 g/j par rapport au témoin, sans altérer le bilan PDI des animaux comme en témoigne l'absence de variation de l'urémie.

L'effet stimulant sur l'ingestion a disparu avec la dose de 5 kg de luzerne en brins longs. Il a alors sans doute été compensé par les phénomènes d'encombrement du rumen. La valeur d'encombrement de la luzerne, calculée avec le régime 5.0L, serait de 0,85 UEL. Cette valeur reste plus faible que celle d'un bon foin de luzerne (0,95 UEL selon INRA, 1988), sans doute du fait de la présence dans la luzerne brins longs d'une proportion importante de fines et aussi du fait que la luzerne ne représentait pas une proportion très importante des fourrages ingérés.

Les quantités d'ensilage ingérées avec le régime luzerne broyée sont en bon accord avec celles prédites à partir de la ca-

pacité d'ingestion et des besoins énergétiques des animaux (13,6 kg mesuré ; 13,9 kg prédit) lorsque la luzerne est considérée comme un concentré (INRA, 1988). C'est pourquoi nous l'avons considéré comme tel dans le calcul des apports et des bilans UFL (tableau VII), la valeur énergétique du régime a donc été diminuée des interactions digestives supplémentaires liées à l'accroissement de la proportion de concentré (INRA, 1987). La valeur énergétique n'a en outre pas été majorée de 10% comme le propose Vermorel *et al* (1974) pour tenir compte des résultats observés en chambre respiratoire. Dans ces conditions, la valeur énergétique calculée de la ration 5.0B (0,85 UFL/kg MS) est plus faible que celle de la ration 5.0L (0,88 UFL/kg MS). En fait, nos données ne permettent pas d'infirmer ou de confirmer de manière définitive la validité de cette majoration de 10%. La diminution de la glycémie, l'accroissement de la concentration sanguine en BOH et l'accroissement de la teneur en acide oléique du lait, qui est un indicateur de la mobilisation adipeuse, laissent effectivement supposer un bilan énergétique moins favorable avec le régime 5.0B. Cependant, toutes ces différences restent très modestes, sans doute parce que la dose d'incorporation de 5 kg est trop faible pour mettre en évidence un effet zootechnique sensible, d'autant plus que les variations de poids vif n'ont pu être mesurées.

CONCLUSION

Cette expérimentation montre qu'il est possible d'utiliser des quantités modérées de luzerne déshydratée en remplacement de l'ensilage de maïs dans les rations pour VHP.

L'introduction de 2,5 kg de luzerne déshydratée en brins longs permet de mo-

difier de manière intéressante la composition du lait par une légère diminution du taux butyreux, sans affecter le taux protéique.

L'apport de luzerne en quantité modérée stimule par ailleurs l'ingestion totale de la ration, ce qui tend à améliorer la production de lait et le bilan énergétique des animaux.

De plus, la valeur azotée élevée de la luzerne déshydratée permet, lorsqu'elle est utilisée en substitution du maïs, de réduire la complémentation azotée par les tourteaux.

Malgré une teneur en MAT élevée (19% MAT), la valeur énergétique de la luzerne utilisée semble encore être un facteur limitant pour utiliser des proportions plus élevées de luzerne dans les rations à base d'ensilage de maïs, notamment lorsque la luzerne est présentée en agglomérés, à moins de l'associer à des céréales. Ainsi, dans les conditions d'utilisation de cet essai, il ne semble pas souhaitable de dépasser la dose de 2,5 kg/j.

Il apparaît maintenant intéressant de confirmer ces premiers résultats en utilisant des luzernes de très bonne qualité (> 20% MAT) sur des périodes expérimentales plus longues pour quantifier l'effet sur la reprise de poids et la persistance de la production laitière.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le GIE Lait-Viande de Bretagne et France Luzerne pour leur contribution à l'étude.

RÉFÉRENCES

- Baldwin R, Kesler EM, Hargrove GL (1983) Replacing twenty percent of concentrate with ground hay in an alfalfa-based diet for cows in early lactation. *J Dairy Sci* 66, 1069-1075
- Demarquilly C (1993) Valeur énergétique des luzernes déshydratées. *INRA Prod Anim* 6 (2), 137-138
- Dulphy JP, Demarquilly C (1981) Problèmes particuliers aux ensilages. In : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. INRA Publications, Versailles
- Giger-Reverdin S, Aufrère J, Sauvant D, Demarquilly C, Vermorel M, Pochet S (1990) Prédiction de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants. *INRA Prod Anim* 3(3), 181-188
- Gill JL (1987) Design and analysis of experiments in the animal and medical science, vol 1, The IOWA State University Press, Ames, Iowa USA
- Grant RJ, Colenbrander VF (1990) Milk fat depression in dairy cows: role of particle size and alfalfa hay. *J Dairy Sci* 73, 1823-1833
- Hoden A, Journet M (1971) Utilisation par les vaches laitières de luzernes déshydratées agglomérées associées ou non à des ensilages de maïs ou d'herbe. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 6, 27-34
- Hoden A, Coulon JB, Dulphy JP (1985) Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 62, 69-79
- Hurtaud C, Vérité R, Rulquin H (1993) Effects on milk and composition of infusions of graded levels of glucose into the duodenum of dairy cows. VIIIes Journées de recherches sur la nutrition et d'alimentation des herbivores, 24-25 mars 1993
- INRA (1987) Alimentation des ruminants : révision des systèmes et des tables de l'INRA. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 70, 222 p
- INRA (1988) *Alimentation des bovins, ovins et caprins* (R Jarrige, ed) INRA, Paris, 476 p
- Journet M (1992) La luzerne dans l'alimentation des ruminants. *Eucarpia Erba Medica*, 10^e Conferanza Internazionale, Lodi, 15-19 juin 1992
- Journet M, Hoden A (1968) Utilisation des fourrages déshydratés par les vaches laitières. *Fourrages* 34, 62-81
- Journet M, Hoden A (1973) Utilisation des luzernes et des Graminées déshydratées comme unique fourrage de la ration des vaches laitières et étude de leur digestion dans le rumen. *Ann Zootech* 22, 37-54

- Kirkpatrick BK, Christensen DA, Cochran MI (1984) Dehydrated alfalfa as a concentrate substitute in rations of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 67, 2315-2320
- Le Dore A, Rémond B, Grappin R, Jeunet R, Journet M (1986) Teneurs du lait de vache en ses principales fractions azotées et en matières grasses : effets de quelques caractéristiques des animaux et de leur alimentation. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 63, 13-20
- Mauries M (1991) Utilisation de la luzerne déshydratée par les vaches laitières : revue bibliographique. *Fourrages* 128, 455-464
- Michalet-Doreau B, Vérité R, Chapoutot P (1987) Méthodologie de mesure de la dégradabilité *in sacco* de l'azote des aliments dans le rumen. *Bull Tech CRZV Theix, INRA* 69, 5-7
- Plancquaert P (1976) La luzerne, culture et utilisation. *Bull ITCF*, septembre 1976
- Price SG, Satter LD, Jorgensen NA (1988) Dehydrated alfalfa in dairy cow diets. *J Dairy Sci* 71, 727-736
- Rivière F (1991) La complémentation des rations à base d'ensilage de maïs pour vaches laitières : intérêt du Boviluz. Compte rendu ITCF-FL, La Jaillière, n° 9006
- Rulquin H (1992) Intérêts et limites d'un apport de méthionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières. *INRA Prod Anim* 5 (1), 29-36
- Sauvant D, Dulphy JP, Michalet-Doreau B (1990) Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants. *INRA Prod Anim* 3 (5), 309-318
- Shaver RD, Nyte AJ, Satter LD, Jorgensen NA (1986) Influence of amount of feed intake and forage physical form on digestion and passage of prebloom alfalfa hay in dairy cows. *J Dairy Sci* 69, 1545-1559
- SAS Institute Inc (1987) *SAS/STAT Guide for Personal Computer*, Version 6 Edition, Cary NC
- Vérité R (1975) Utilisation comparée pour la production de lait de 3 rations à base de betteraves, de pulpes de betteraves ou d'ensilage de maïs : utilisation de l'énergie et aspects digestifs et métaboliques. *Ann Zootech* 24, 373-390
- Vermorel M, Bouvier JC, Demarquilly C (1974) Influence du mode de conditionnement des fourrages déshydratés sur leur valeur énergétique nette pour le mouton en croissance. *In: Energy metabolism of farm animals* (Menke KH, Lantzch HJ, Reichl JR, eds) Proc 6th Symposium Energy metabolism, Hohenheim, BRD, September 1973, 213-216
- Woodford JA, Jorgensen NA, Barrington GP (1986) Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 69, 1035-1047