

Utilisation de luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières

La luzerne déshydratée est un fourrage caractérisé par une bonne valeur azotée, à la fois comme source de protéines alimentaires disponibles au niveau intestinal (PDIA) du fait d'une faible dégradabilité des protéines dans le rumen (INRA 1988) et comme source d'azote dégradable au niveau du rumen pour satisfaire les besoins azotés des microbes. C'est aussi une excellente source de calcium, de phosphore (Plancquaert 1976) et de carotène. Cependant, la faible valeur énergétique des luzernes déshydratées destinées préférentiellement au marché des ruminants (celles dosant de 14 à 16% de MAT et environ 0,7 UFL/kg MS) a constitué un handicap certain pour leur utilisation chez les vaches laitières ces dernières années, alors que l'accroissement des niveaux de production individuels nécessitait au contraire des rations à plus fortes concentrations énergétiques.

Des travaux récents (Demarquilly 1993) montrent que la valeur énergétique de la luzerne déshydratée s'accroît linéairement avec la teneur en MAT (0,03 UFL/kg MS pour un point de MAT) pour une gamme très large de teneur en MAT (16 à 25%). Ainsi, l'apparition sur le marché de luzernes à plus de 19% de MAT permet de repenser son utilisation en substitution d'une partie de l'ensilage de maïs des rations pour en corriger les déséquilibres nutritionnels (faible teneur en protéines totales et dégradables et en calcium) tout en assurant un niveau d'apport énergétique élevé et une nutrition azotée de qualité. Ces luzernes plus énergétiques peuvent être obtenues par des récoltes moins âgées et aussi, à l'avenir, par la sélection de variétés plus feuillues et plus pauvres en cellulose (Emile *et al* 1993).

Par ailleurs, avec la mise en place des quotas sur la base de la matière grasse, l'objectif est maintenant de produire un lait moins riche en matière grasse. Or l'ensilage de maïs plante entière est un aliment favorable à la synthèse des matières grasses du lait, du fait des orientations fermentaires du rumen (production d'acide butyrique) et de la richesse en lipides des grains. Il conduit ainsi à des taux butyreux (TB) du lait de 2 à 4 points plus élevés que ceux obtenus avec des rations à base de foin ou d'ensilage d'herbe (Hoden *et al* 1985, Le Doré *et al* 1986). Dans nos conditions, la luzerne pourrait être un complément intéressant en diluant cet effet du maïs et pourrait même avoir un effet spécifique. Ainsi, Journet et Hoden (1968 et 1973) et Hoden et Journet (1971) ont montré que des régimes constitués de 60 à 75% de luzerne déshydratée condensée conduisaient à diminuer le TB de 1,5 à 3 g/kg par rapport à des régimes témoins à base de foin et d'ensilage d'herbe.

Enfin, l'utilisation de luzerne déshydratée non broyée et pressée en balle pourrait être une source d'éléments fibreux permettant de maintenir une activité microbienne normale dans le rumen en régulant le pH grâce à une rumination et une salivation accrue pour des

Résumé

Les effets de la luzerne déshydratée de qualité en substitution partielle de l'ensilage de maïs ont été étudiés chez des vaches après le pic de lactation (35 kg de lait à la mise en lot) en comparant à un témoin sans luzerne trois régimes (essai 1) correspondant à l'apport de 2,5 (2,5L) ou de 5,0 kg (5,0L) de luzerne brins longs ou de 5 kg d'une même luzerne (19 % MAT, 0,74 UFL/kg MS) en pellets et préalablement broyée (forme condensée : 5,0C). Les traitements témoin et 2,5L ont été repris dans un second essai avec une luzerne plus riche en énergie (23,8 % MAT, 0,88 UFL/kg MS). L'ensilage de maïs était distribué à volonté et les régimes étaient iso-énergétiques et iso-azotés (PDI).

Le traitement 2,5L a permis d'augmenter la production de lait, légèrement dans le premier essai (+0,6 kg/j), plus nettement dans le second (+1,0 kg/j), de faire baisser le taux butyreux (-1,5 et -1,8 g/kg pour les essais 1 et 2) sans affecter le taux protéique. Les quantités ingérées totales ont été plus élevées (+0,7 kg et +0,9 kg pour les essais 1 et 2) ce qui a permis d'accroître les apports énergétiques malgré une valeur énergétique un peu plus faible de la luzerne comparée à l'ensilage (0,95 UFL/kg MS). Le régime 5,0L a entraîné une diminution sensible du taux protéique (-0,6 g/kg) par rapport au témoin sans modifier l'ingestion ou la production. A même niveau d'apport, la forme de présentation n'a pas eu d'effet sur la production mais les quantités ingérées ont été plus élevées avec la luzerne condensée.

L'utilisation de quantités modérées de luzerne déshydratée de très bonne qualité permet de moduler la composition du lait dans le sens souhaité pour produire plus de protéines sans augmenter la quantité de matières grasses.

rations riches en céréales et/ou en ensilage de maïs trop finement haché. Toutefois, il s'agit de trouver un optimum d'apport car la recherche d'un taux de fibrosité important peut aller à l'encontre de la valeur énergétique de la luzerne mais aussi des objectifs actuels de maîtrise de la composition du lait puisque le taux butyreux s'accroît avec la fibrosité des rations (Sauvant *et al* 1990).

L'objectif des travaux conduits à l'INRA de Rennes entre 1991 et 1993 a été de définir les modalités d'apport de la luzerne déshydratée (dose, forme de présentation) comme fourrage complémentaire de l'ensilage de maïs et de quantifier les effets de son utilisation sur la composition du lait et l'ingestion. Dans un premier essai (Peyraud *et al* 1994) utilisant des luzernes à 19% de MAT, nous avons comparé 3 niveaux d'apport (0, 2,5 et 5 kg MS) de luzerne pressée en balle (Rumiluz, France Luzerne) afin de définir un optimum quantitatif éventuel sur les paramètres précédents et, à même niveau (5 kg), nous avons comparé la forme condensée à la forme longue. Dans un second essai, nous avons essayé d'extérioriser sur des périodes expérimentales plus longues les effets de l'introduction de 2,5 kg MS d'une luzerne de très bonne qualité à plus de 22% de MAT.

Ce texte reprend en partie les résultats originaux publiés par ailleurs par Peyraud *et al* (1994).

1 / Conditions expérimentales

Dans le premier essai, quatre traitements ont été comparés selon un schéma en carré latin 4*4 équilibré pour les effets rémanents et avec des périodes de 4 semaines. Les 4 traitements étaient :

- Témoin : régime à base d'ensilage de maïs sans luzerne.

- 2,5L : distribution de 2,5 kg de MS de luzerne déshydratée en brins longs à 19% de MAT.

- 5,0L : distribution de 5 kg de MS de luzerne déshydratée en brins longs, identique à la précédente.

- 5,0C : distribution de 5 kg de MS de luzerne déshydratée condensée, broyée sur grille de 4 mm et de même composition biochimique que la luzerne en brins longs.

Dans le second essai, les traitements Témoin et 2,5L ont été repris selon un schéma en inversion mais avec une luzerne plus riche en MAT (23,8%) et des périodes expérimentales de 8 semaines.

Les essais ont été conduits après le pic de lactation. Le premier essai a été réalisé avec un effectif de 16 vaches laitières dont 4 primipares conduites en stabulation libre sur lisier et avec un contrôle individuel de l'alimentation. Le second essai a été conduit avec un effectif de 24 vaches dont la moitié de primipares en stabulation libre sur paille avec contrôle de l'alimentation en lot. La mise en lot (3 semaines de préexpérience) a été basée sur

la parité (1 primipare par lot dans l'essai 1, 6 dans l'essai 2), le stade de lactation (60 + 10j pour les 2 essais), la production laitière (36,6 + 4,7 kg et 34,4 + 7,0 kg), le taux protéique (28,6 + 2,5 g/kg et 28,1 + 2,0), le taux butyreux (39,0 + 3,9 et 37,4 + 5,7 g/kg), le poids vif (607 + 53 kg et 597 + 56 kg respectivement pour les essais 1 et 2 et les quantités ingérées de ration de base (15,3 + 2,2 kg) pour l'essai 1.

Principes du rationnement et alimentation

Les principes de rationnement ont été identiques dans les 2 essais. L'ensilage de maïs a été distribué à volonté (au moins 2 kg MS de refus/vache) afin d'extérioriser un effet positif éventuel de l'apport de luzerne sur les quantités ingérées. L'objectif a été de réaliser des apports iso-énergétiques et azotés entre les traitements selon les recommandations INRA (1988). 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 aliments énergétiques ont été choisis de manière à ce que les rations apportent les mêmes quantités d'amidon (environ 270 g/kg MS).

La composition chimique des aliments est rapportée au tableau 1. Les 2 luzernes utilisées dans l'essai 1 avaient une composition chimique quasi identique avec une taille moyenne des particules de 8,3 mm pour la luzerne brins longs et de 0,7 mm pour la luzerne condensée. La luzerne brins longs était caractérisée par la présence d'une population de particules de grande taille (42 % de la matière sèche retenus sur un tamis de maille de 10 mm) et d'une population d'égale importance de particules passant à travers un tamis de taille de maille de 2 mm pouvant résulter de la grande friabilité du produit. Du tourteau de soja-colza tanné et de l'urée ont permis d'ajuster les teneurs en PDIE et PDIN des régimes. Les besoins en minéraux et vitamines étaient couverts par un complément minéral du commerce (P/Ca/Mg = 7/22/4). Un apport de 50 à 100 g/v/j de phosphate monosodique a été nécessaire pour rééquilibrer l'excès de calcium des rations comportant de la luzerne.

Pour le calcul des apports de concentré, nous avons admis a priori un taux de substitution de 0,85 entre la luzerne et l'ensilage de maïs (A. Hoden, non publié) sans distinction entre les 2 modes de présentation et des teneurs en MAT. Les quantités de concentré ont été prédéterminées pour chaque vache dans l'essai 1 et en moyenne pour le lot dans l'essai 2 en supposant 1) que l'ingestion de l'ensilage de maïs ne variait pas au cours des essais, 2) une persistance mensuelle de la production laitière de 0,92 chez les multipares et 0,94 chez les primipares et 3) un besoin énergétique supplémentaire lié à la croissance évalué à l'équivalent de 3 kg de lait pour les primipares. Les quantités d'ensilage ingérées attendues ont été calculées à partir des mesures sur la période de référence. Les quantités de concentré ont été ajustées toutes les 4 semaines c'est-à-dire en début de chaque

Tableau 1. Composition chimique et valeur nutritive des aliments.

Aliment (g/kg MS)	MAT	CB	Amidon	DT6 (1)	UFL (2)	PDIE (2)	PDIN (2)
Essai 1							
Ensilage de maïs (3)	81	191	320	0,71	0,94	67	50
Luzerne brins longs (3)	193	260	30	0,67	0,75	94	120
Luzerne condensée (3)	188	280	30	0,68	0,73	91	117
Conc. énergétique 1 (4)	127	84	310	0,71	1,05	98	84
Conc. énergétique 2 (5)	119	29	480	0,68	1,15	83	106
Tourteaux tannés	480	83	30	0,34	1,14	355	384
Essai 2							
Ensilage de maïs (3)	76	191	340	0,72	0,95	71	46
Luzerne brins longs (3)	238	208		0,64	0,88	116	149
Conc. énergétique 1 (4)	124	84	350	0,72	1,02	96	82
Conc. énergétique 2 (5)	119	30	566	0,73	1,14	102	81
Tourteaux tannés	458	90	37	0,34	1,15	341	366

(1) Dégradabilité théorique des matières azotées.

(2) Selon les équations INRA (1987) et Giger-Reverdin et al (1990).

(3) Granulométrie moyenne des aliments :

- Ensilage de maïs : 3,6 mm (dont 3 % de la MS retenus sur un tamis de maille 20 mm)

- Luzerne brins longs : 8,3 mm (dont 42 % de la MS retenue sur un tamis de maille 10 mm et 42 % de la MS passant à travers un tamis de maille de 2 mm)

- Luzerne condensée : 0,7 mm (dont 91 % de la MS passant à travers un tamis de maille de 2 mm)

(4) : en % brut, Blé 15, Maïs 15, Orge 15, Son fin 20, Pulpes Betteraves 25, Graisse 1, Mélasse 5, Minéraux 4

(5) : en % brut, Blé 34, Maïs 35, Orge 23, Graisse 1, Mélasse 3, Minéraux 4

Tableau 2. Quantités moyennes d'aliments offertes selon le traitement (ration offerte en mélange complet).

Traitement	Essai 1				Essai 2	
	Témoin	2,5 L	5,0 L	5,0 C	Témoin	2,5 L
Ensilage de maïs	←----- A volonté -----→				←-- A volonté --→	
Luzerne brins longs (kg MS)	0	2,5	5,0	-	0	2,5
Luzerne condensée (kg MS)	-	-	-	5,0	-	-
Conc. énergétique 1 (kg)	2,25	0	0	0	3,8	0
Conc. énergétique 2 (kg)	0	2,61	3,01	3,01	0	4,3
Tourteaux tannés (kg)	2,29	1,71	1,20	1,20	2,3	1,6
Urée (g)	100	100	50	50	100	100
CMV (g)	300	200	100	100	300	300
Phosphore (g)	0	100	100	100	0	50

période dans l'essai 1 et en début et milieu de chaque période pour l'essai 2. Les quantités moyennes d'aliments offerts sont présentées au tableau 2.

Les rations, mélangées dans l'auge ont été distribuées à 9h00 et à 16h30 dans l'essai 1 et en une seule fois par jour à 9h00 dans l'essai 2.

Mesures, échantillonnages et analyses

Les quantités ingérées ont été mesurées 5 jours par semaine, individuellement dans l'essai 1 et en moyenne par lot dans l'essai 2. Le lait a été mesuré à chaque traite par compteur électronique dans le premier essai et sur

bocal dans le second. Les teneurs en protéines et en matières grasses ont été déterminées chaque semaine sur 6 échantillons individuels prélevés aux traites du mardi, mercredi et jeudi. Les teneurs en N total et en N caséinique ont été mesurées sur des échantillons individuels lors de la traite du mercredi matin en quatrième semaine de chaque période dans l'essai 1 et en cinquième et huitième semaine dans l'essai 2. A ces mêmes traites, un échantillon moyen par traitement a également été prélevé pour déterminer la composition en acides gras du lait. Les animaux ont été pesés 1 fois par semaine dans les 2 essais avant la distribution du repas du matin. Un prélève-

Tableau 3. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les performances zootechniques.

Traitement	Essai 1					Essai 2		
	Témoin	2,5 L	5,0 L	5,0 C	ETR	Témoin	2,5 L	ETR
Lait (kg)	30,4	31,0	30,3	30,7	1,14	28,7 a	29,7 b	1,42
Lait 4 % (kg)	30,6	30,6	29,9	30,4	1,25	29,9	30,1	1,39
TB (p. 1000)	41,0 a	39,6 b	39,5 b	39,7 b	1,55	43,0 a	41,2 b	1,16
TP (p. 1000)	30,7 a	30,5 ab	30,1 b	30,1 b	0,67	30,6	30,7	0,66
M. grasses (g)	1232	1211	1187	1206	61,6	1225	1216	59,1
M. protéiques (g)	925	940	907	917	38,7	872 a	906 b	39,9
MAT du lait (p. 1000)	32,8	32,6	32,1	31,9	1,11	32,2	32,3	1,27
Caséine (p. 1000)	25,5	25,2	24,9	24,7	0,93	24,6	24,9	0,94
Caséine (% MAT)	77,9	77,3	77,5	77,6	0,74	76,3	76,9	1,11
Poids vif (kg)	617	616	609	613	10,2	610	609	8,1

Intra-essai, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.

L'apport de 2,5 kg de luzerne riche en MAT a entraîné une diminution du taux butyreux sans affecter le taux protéique.

ment de sang caudal (20 ml) a été effectué avant l'accès à l'auge pour l'analyse du profil métabolique (glucose, acides gras non estérifiés, bêtahydroxybutyrate, urée), le jeudi de la quatrième semaine dans l'essai 1 et en cinquième et huitième semaines dans l'essai 2. L'échantillonnage des aliments, du lait et du sang ainsi que les méthodes d'analyse ont été décrits par Peyraud *et al* (1994).

Les données moyennes individuelles de production des 2 dernières semaines de chaque période expérimentale dans l'essai 1 et des 5 dernières dans l'essai 2 ont été retenues et traitées 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. La forme de la courbe de réponse (linéaire ou quadratique) à l'apport de doses croissantes de luzerne brins longs a été analysée, dans le premier essai, par la méthode des polynômes orthogonaux (Gill, 1987). Dans l'essai 1, les données individuelles d'ingestion, d'azote caséinique du lait ainsi que les métabolites sanguins ont été analysées selon le même modèle que le lait. Dans l'essai 2, en l'absence de mesures individuelles, les données d'ingestion et de composition en acides gras du lait n'ont pas pu être analysées ; les concentrations des métabolites sanguins, estimées à 2 reprises au cours de chaque période, ont été analysées en mesures répétées (procédure GLM) en ajoutant au modèle général précédent l'effet semaine de prélèvement et les interactions de premier ordre.

2 / Résultats

2.1 / Production, composition du lait et poids vif (tableau 3)

Dans l'essai 1, la production de lait a eu tendance à évoluer de manière quadratique ($P < 0,06$) avec la dose de luzerne brins longs, la production passant théoriquement par un

maximum (31 kg de lait) pour une dose d'incorporation de luzerne dans la ration de 2,2 kg de MS. Dans l'essai 2, l'incorporation de la luzerne à 23,8 % de MAT a entraîné un accroissement plus net de la production de lait brut (+ 1 kg, $P < 0,05$).

L'incorporation de luzerne brins longs a entraîné une nette diminution du taux butyreux dans les 2 essais, l'effet étant légèrement plus marqué dans le second (-1,8 g/kg, $P < 0,001$) que dans le premier (-1,5 g/kg, $P < 0,01$). L'effet maximal a été obtenu dès la première dose dans l'essai 1. La production de matières grasses a diminué de manière linéaire ($P < 0,05$) avec les doses croissantes de luzerne brins longs dans l'essai 1 mais les différences sont restées faibles (moins de 50 g/j) et elle n'a pas varié entre les 2 traitements dans le second essai.

Le taux protéique a diminué linéairement avec la dose de luzerne dans le premier essai. La baisse n'a toutefois pas été significative pour le traitement 2,5L mais a été supérieure à 0,5 g/kg lors de l'introduction de 5 kg de luzerne. Finalement la production de protéines a peu varié bien qu'elle ait eu tendance à être légèrement plus élevée dans le traitement 2,5L que dans le traitement 5,0L ($P < 0,07$). Dans le second essai, la teneur en protéines du lait n'a pas été affectée ($P > 0,10$) et la production de protéines a été fortement accrue dans le traitement luzerne (+ 34 g/j, $P < 0,01$) comparativement au témoin. Les teneurs en N total et en N caséinique ont évolué selon les traitements comme le taux protéique. En particulier, la teneur en N caséinique a diminué avec les régimes luzerne dans le premier essai mais pas dans le second. Le rapport N total/N caséinique n'a pas varié selon les traitements.

A même dose d'apport (5,0 kg), le mode de présentation de la luzerne n'a pas eu d'effet particulier ni sur la production de lait, ni sur les taux ni sur la production de protéines et de matières grasses ($P > 0,10$).

Tableau 4. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les quantités ingérées (kg MS).

Traitement	Essai 1					Essai 2	
	Témoin	2,5 L	5,0 L	5,0 C	ETR	Témoin	2,5 L
Ration totale	20,9 a	21,6 b	21,0 a	21,9 b	0,81	20,7	21,6
Ens. de maïs	16,8 a	15,7 b	13,3 c	13,6 c	0,74	15,7	14,3
Luz. Déshydratée	0,00	2,25	4,44	4,79		0,0	2,40
Ration complémentaire	4,12 a	3,69 b	3,28 c	3,44 c	0,39	5,03	4,86
dont							
Conc. énergétique	1,72	1,89	2,04	2,22		2,82	3,26
T. tannés	2,05	1,47	1,05	1,02		1,84	1,28
Urée	0,09	0,09	0,04	0,04		0,09	0,09
Minéraux	0,26	0,24	0,15	0,15		0,27	0,23

Pour l'essai 1, les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau 5. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les apports et bilans nutritifs.

Traitement	Essai 1					Essai 2	
	Témoin	2,5 L	5,0 L	5,0 C	ETR	Témoin	2,5 L
Apports							
UFL (fj) (1)	19,2 ab	19,6 b	18,8 ac	18,7 c	0,76	19,1	20,1
MAT (g/j)	2844	2917	2835	2916	127,7	2632	2883
PDIN (g/j)	1917	1922	1851	1901	89,6	1759	1882
PDIE (g/j)	2013 a	1976 ab	1891 c	1943 b	87,2	2006	2061
Bilans							
UFL (fj) (1)	+ 0,61 ab	+ 1,05 a	+ 0,60 ab	+ 0,24 b	0,68	+ 0,94	+ 1,84
PDIN (g/j)	+ 43	+ 53	+ 19	+ 43	80,8	- 4	+ 67
PDIE (g/j)	+ 139 a	+ 107 ab	+ 60 b	+ 86 b	74,1	+ 244	+ 246

(1) Corrigé des interactions digestives (INRA 1987).

Pour l'essai 1, les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Aucun effet significatif de la luzerne n'a pu être mis en évidence sur le poids vif des animaux. En particulier dans le second essai, la reprise de poids des animaux entre les semaines 2 et 8 n'a pas été différente selon les traitements (284 g/j en moyenne).

2.2 / Quantités ingérées et bilans nutritifs (tableaux 4 et 5)

Dans l'essai 1, les quantités ingérées de luzerne ont représenté 10, 21 et 22% de la matière sèche totale ingérée respectivement pour les traitements 2,5L, 5,0L et 5,0C. Dans l'essai 2, cette proportion a été de 11% pour le régime 2,5L. L'introduction de luzerne a toujours permis de limiter les apports d'aliments concentrés, en particulier de tourteaux, et l'économie a été d'autant plus importante que la quantité de luzerne utilisée était plus élevée.

L'introduction de 2,5 kg de luzerne en brins longs a entraîné un accroissement des quantités ingérées dans les 2 essais (+0,7 kg dans l'essai 1, $P < 0,01$; et +0,9 kg dans l'essai 2). Les quantités ingérées de maïs ont diminué de manière modérée dans les traitements 2,5 L

(-0,9 kg ($P < 0,01$) et -1,4 kg MS/j respectivement pour les essais 1 et 2). Dans l'essai 1, l'effet de la luzerne brins longs a varié en fonction de la dose d'incorporation. Les quantités ingérées totales ont été les plus élevées avec le traitement 2,5L puis elles ont diminué pour atteindre une valeur proche du témoin pour le traitement 5,0L car les quantités ingérées d'ensilage de maïs ont alors fortement diminué (-3,5 kg MS/j).

A même dose d'incorporation, la forme de présentation a eu également un effet significatif sur l'ingestion. Les quantités ingérées totales ont été plus élevées de 0,9 kg avec la luzerne condensée comparativement à la luzerne brins longs mais les quantités d'ensilage de maïs ingérées n'ont pas été différentes entre les 2 régimes 5,0C et 5,0L. Les quantités ingérées du régime 5,0C ont été semblables à celles du régime 2,5L.

Le bilan énergétique a été positif dans les 2 essais et a été assez peu affecté par les traitements. Dans l'essai 1, il a été légèrement amélioré par rapport au témoin avec le traitement 2,5L (+1,1 vs +0,6 UFL/j, $P < 0,07$) mais cet effet a disparu avec le traitement 5,0L. Les données de l'essai 2 mettent également en évi-

Les quantités totales ingérées ont augmenté avec l'apport de 2,5 kg de luzerne, mais n'ont pas été modifiées avec un apport de 5 kg, l'ingestion d'ensilage de maïs diminuant alors de façon importante.

Tableau 6. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur la composition en acides gras du lait.

Traitement	Essai 1					Essai 2	
	Témoïn	2,5 L	5,0 L	5,0 C	ETR	Témoïn	2,5 L
C4 - C12	15,20	15,40	15,18	14,16	0,47	14,73	14,93
Somme des C14	14,83	14,22	14,94	14,25	0,38	14,06	14,03
Somme des C16	41,16 ab	41,86 a	40,78 b	39,71 c	0,42	42,14	42,23
C15 et C17	3,10	3,37	3,15	3,37	0,21	3,20	3,30
Somme des C18	25,70 a	25,15 a	25,95 a	28,50 b	0,75	25,86	25,50
C18:1/C18	1,63	1,72	1,51	2,00	0,25	1,57	1,55

Dans l'essai 1, les moyennes affectées d'aucune lettre commune sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Dans l'essai 2, sont présentées les données obtenues en semaine 8.

Tableau 7. Effet de la quantité et de la forme de présentation de la luzerne déshydratée sur les paramètres métaboliques sanguins.

Traitement	Essai 1					Essai 2		
	Témoïn	2,5 L	5,0 L	5,0 C	ETR	Témoïn	2,5 L	ETR
Glucose (mg/100 ml)	67,0 a	69,6 b	69,9 b	65,3 a	3,84	67,7 (65,4)	67,3 (66,9)	1,95
β -OH (mg/100 ml)	7,65 ab	6,80 a	7,08 a	8,17 b	1,58	8,36	7,75	1,33
AGNE (mmoles/l)	27,6 a	28,8 a	49,3 b	33,2 a	15,8	55,3	48,3	37,9
Urée (mg/100 ml)	24,6 a	22,5 ab	20,8 b	18,4 c	3,63	16,6	18,0	2,69

Intra-essai, les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5 %.

Dans l'essai 2, en l'absence d'interaction semaine x traitement, les données obtenues en semaine 8 sont présentées. Pour le glucose, les valeurs entre parenthèses correspondent à celles de la semaine 5.

dence une amélioration du bilan énergétique avec le traitement 2,5L, l'écart apparaissant plus sensible que dans l'essai 1 (+1,8 vs +0,9 UFL). Le bilan énergétique a été moins favorable avec la luzerne condensée que la luzerne en brins longs, la différence étant significative entre les traitements 5,0C et 2,5L (+0,2 vs +1,1 UFL/j, $P < 0,01$). Le bilan PDIE a toujours été positif. Il a diminué linéairement ($P < 0,03$) avec l'introduction de doses croissantes de luzerne dans l'essai 1 mais il n'a pas été affecté par le mode de présentation de la luzerne. Dans l'essai 2, l'introduction de la luzerne n'a pas eu d'effet notable sur le bilan PDI.

2.3 / Composition en acides gras du lait et bilans métaboliques (tableaux 6 et 7)

La composition en acides gras du lait et le profil métabolique des animaux n'ont pas été sensiblement affectés par l'introduction de la luzerne en brins longs. La teneur en bêtahydroxybutyrate a eu tendance à diminuer avec l'introduction de luzerne brins longs (-0,8 et -0,5 mg/100 ml respectivement dans les essais 1 et 2) mais ces différences n'ont pas été significatives. La glycémie a été légèrement accrue après 4 semaines de traitement dans les 2 essais ($P < 0,05$) mais cet effet s'est atténué jusqu'à s'annuler après 8 semaines (interaction temps * traitement significative ($P < 0,04$) dans l'essai 2). Enfin, la teneur en acides gras non estérifiés n'a jamais été différente entre

les traitements témoins et 2,5L, seule la valeur enregistrée avec le traitement 5,0L a été plus élevée ($P < 0,001$) dans le premier essai. L'urémie a diminué linéairement ($P < 0,01$) avec l'introduction de doses croissantes de luzerne brins longs dans l'essai 1 mais la différence n'a été sensible (-3,8 mg/100 ml, $P < 0,01$) que pour le traitement 5,0L. Dans le second essai, l'urémie n'a pas été affectée par le traitement.

A même niveau d'apport, les faits les plus marquants avec la luzerne condensée ont été l'accroissement de la proportion d'acides gras à longue chaîne (C18) dans le lait, et en particulier de l'acide oléique (C18:1), la diminution de la glycémie ($P < 0,002$) et l'accroissement de la teneur en bêtahydroxybutyrate ($P < 0,01$) sanguin. L'urémie a été plus faible (-2,4 mg/100 ml ; $P < 0,06$) avec la luzerne condensée qu'avec la forme longue.

3 / Discussion

3.1 / Caractérisation des fourrages et des apports nutritifs totaux

Les ensilages de maïs utilisés ont été d'excellente qualité (0,95 UFL/kg MS en moyenne sur les 2 essais) et les quantités ingérées ont été très élevées avec le régime témoin (16,8 kg et 15,7 kg MS/j respectivement dans les essais 1 et 2). Ces valeurs sont plus élevées que celles attendues et expliquent en grande

partie les bilans énergétiques positifs obtenus dans les 2 essais. Ces résultats peuvent être reliés aux teneurs en grains (50 % en moyenne) et en MS (38,1 %) élevées des ensilages ainsi qu'à de très bonnes conditions de conservation (acide acétique = 8,2 g/kg MS, N soluble = 48 % N total) et sans doute aussi à un hachage assez fin (tableau 1). En conséquence, les valeurs énergétiques des luzernes utilisées, bien qu'élevées (0,74 et 0,88 UFL/kg MS respectivement pour les essais 1 et 2), sont restées sensiblement inférieures à celles de l'ensilage.

Les apports PDIE ont représenté respectivement 105 % et 113 % des besoins dans les essais 1 et 2. Ils n'ont donc jamais été limitants pour la production et il est peu probable que la luzerne ait pu agir par une amélioration sensible de l'état de nutrition azotée de l'animal. Il est important de mentionner que ces résultats ont été obtenus malgré une réduction de l'apport de tourteau tanné de 600 g/j pour les régimes 2,5L et de 1,0 kg/j pour les apports de luzerne plus élevés. De même, les besoins en azote dégradable ont été couverts avec un très léger excédent pour l'essai 1. Dans l'essai 2, le bilan PDIN a été légèrement amélioré pour le traitement luzerne, mais les écarts ont été trop faibles pour induire une réponse zootechnique significative (Vérité et Peyraud 1989).

3.2 / Effet de la qualité et de la dose d'apport de la luzerne en brins longs

a / Effet sur les quantités ingérées et l'apport d'énergie

Par rapport aux régimes témoins, la distribution de 2,5 kg de luzerne déshydratée en brins longs a entraîné un accroissement sensible des quantités ingérées totales car l'ingestion d'ensilage de maïs n'a diminué que de 1,3 kg/j en moyenne dans les 2 essais. Compte tenu des différences de valeur énergétique entre les 2 luzernes et de celles entre la luzerne et l'ensilage de maïs, les variations d'ingestion se sont traduites par une augmentation modeste des quantités d'énergie ingérées dans l'essai 1 (+ 0,4 UFL/j) mais atteignant 1 UFL/j dans l'essai 2. Cet effet stimulant sur l'ingestion peut être expliqué par un effet positif de l'introduction d'une quantité modérée de luzerne sur l'appétibilité de la ration. L'accroissement de l'ingestion pourrait aussi résulter d'une stimulation de l'activité microbienne du rumen (Journet 1993).

L'effet stimulant sur l'ingestion totale a disparu lors de l'apport de 5 kg de luzerne du fait de la réduction importante de l'ingestion d'ensilage (-3,5 kg/j) et, dans une moindre mesure, de celle des apports d'aliments concentrés (tableaux 2 et 4). Il est possible que l'effet stimulant, observé à la dose de 2,5 kg, ait été compensé par des phénomènes d'encombrement du rumen, la luzerne utilisée dans l'essai 1 ayant une digestibilité sensiblement plus faible que celle de l'ensilage (0,64 ; Demarquilly 1993). La valeur d'encombre-

ment de la luzerne à 19% de MAT, calculée avec le régime 5,0L serait de 0,85 UEL, soit une valeur plus faible que celle d'un bon foin de luzerne (0,95 UEL), sans doute du fait que la luzerne ne représentait pas une proportion très importante des fourrages ingérés, et peut-être aussi du fait de la présence, dans la luzerne brins longs, d'une proportion importante de petites particules (42% de la matière sèche passait à travers un tamis de maille de 2 mm).

b / Effets sur la production et la composition du lait

Dans l'essai 1, l'apport de 2,5 kg de luzerne à 19 % de MAT n'a pas eu d'effet très net sur la production de lait et de protéines par rapport au régime témoin et, à la dose de 5 kg, il a entraîné une baisse sensible du taux protéique. En revanche, dans le second essai, l'utilisation de 2,5 kg d'une luzerne à 23,8 % de MAT a permis d'accroître la production de lait (+ 1kg/j) sans nuire au taux protéique. Ces données mettent en évidence l'intérêt d'utiliser des luzernes déshydratées dont la valeur énergétique soit élevée. Les luzernes à 19 % de MAT, même introduites en quantités modérées dans le régime, apparaissent déjà avoir une valeur énergétique un peu limitante pour des vaches laitières à haut niveau de production. Hoden et Journet (1971) avaient déjà montré, avec des régimes contenant plus de 60% de luzerne en pellets, qu'une luzerne à près de 21 % de MAT permettait d'accroître la production de lait (+ 1,9 kg), le taux protéique (+2 g/kg) et le GMQ (+ 136 g/j), comparée à une luzerne à 16% de MAT. Nos données montrent que ces conclusions peuvent être étendues à des taux d'incorporation beaucoup plus faibles et pour des vaches à niveau de production élevé, au moins dans le cas de régimes peu riches en céréales.

L'introduction de luzerne brins longs a permis de faire baisser le taux butyreux du lait de 1,5 et 1,8 g/kg selon les essais. Ces résultats sont en accord avec ceux d'autres essais conduit à l'INRA de Rennes (Hoden et Delaby cités par Journet 1992) où l'introduction de 2,4 kg de luzerne brins longs à 22 % de MAT avait déjà conduit à une diminution de 1,2 g/kg du taux butyreux. Un essai conduit à l'ITCF (Rivière 1991) a également mis en évidence une diminution du taux butyreux avec l'introduction de 6 kg de luzerne enrichie en urée (Boviluz, France Luzerne) en substitution d'une partie de l'ensilage de maïs et du tourteau de soja. Cependant, dans cet essai, une partie de la réponse peut aussi s'expliquer par la distribution supplémentaire de 2,8 kg de blé avec le régime expérimental. En fait, il ne semble pas y avoir d'effet intrinsèque de la luzerne sur le taux butyreux, les effets dépendent de l'aliment qu'elle remplace. Ainsi, au contraire de nos résultats, 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 1983, Kirkpatrick *et al* 1984, Price *et al* 1988). Ces résultats s'expliquent par un phénomène de concentration des matières grasses, la production de lait dimi-

A même quantité apportée, la forme de présentation de la luzerne n'a pas d'effet sur les paramètres de production.

nuant avec la réduction des apports énergétiques souvent associés à l'apport de luzerne (Price *et al* 1988). Ils peuvent aussi être reliés aux taux butyreux très faibles des lots témoins recevant des rations riches en aliments concentrés à base de céréales (32 à 34 g/kg).

Pour les doses d'incorporation de 2,5 kg, la diminution du taux butyreux s'explique essentiellement par un effet de dilution puisque la production de matières grasses n'a pratiquement pas diminué et que la production de lait a augmenté par rapport au régime témoin. Pour des apports de luzerne plus importants (traitement 5,0L de l'essai 1), la diminution du taux s'explique par celle de la production de matières grasses. Il est alors probable que la luzerne puisse agir, au moins en partie, par un effet de dilution de l'ensilage de maïs. En effet, compte tenu des différences de teneur 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. De plus, la faible diminution du bêtahydroxybutyrate sanguin avec les régimes enrichis en luzerne peut indiquer une production d'acide butyrique dans le rumen légèrement plus faible que pour le témoin.

3.3 / Effet du mode de présentation de la luzerne

La luzerne condensée n'a pas entraîné de diminution supplémentaire du taux butyreux par rapport à la forme longue introduite en même quantité. Ainsi, dans les conditions de l'essai, la fibrosité du régime 5,0C n'était sans doute pas un facteur limitant malgré l'emploi d'un ensilage haché assez finement (tableau 1).

En fait, les diminutions du taux butyreux ne s'observent, pour des régimes à base de foin de luzerne ou de luzerne déshydratée, que lorsque la taille moyenne des particules est sensiblement inférieure à 2 mm et que moins de 30% des particules sont retenus sur un tamis à maille de 2 mm (Grant *et al* 1990, Journet et Hoden 1973). Les valeurs calculées pour le régime 5,0C, en admettant la même granulométrie pour les concentrés et la luzerne condensée, sont sensiblement plus élevées que ces seuils (respectivement 2,5 mm de taille moyenne et 50 % de particules retenus sur le tamis de 2 mm). Les valeurs correspondantes pour le régime 5,0L sont respectivement 4,1 mm et 60 %. Ainsi, dans nos conditions expérimentales, il n'a pas été possible de mettre en évidence un avantage décisif à la forme longue et les zones d'intérêt de cette forme de présentation restent à définir en étudiant ses effets dans le cas de régimes ayant des niveaux de concentré élevés et en interaction avec la dynamique de dégradation des glucides et/ou des niveaux de luzerne plus élevés.

La valorisation énergétique du régime contenant de la luzerne en pellets pourrait cependant être légèrement plus faible qu'avec la forme longue. Les quantités d'ensilage ingérées avec le régime luzerne broyée sont en bon accord avec celles prédites à partir de la capacité d'ingestion et les besoins énergétiques des

animaux (13,6 kg mesuré et 13,9 kg prédit) lorsque la luzerne est considérée comme un concentré (INRA 1988). C'est pourquoi nous l'avons considérée comme telle dans le calcul des apports et bilans UFL. La valeur énergétique calculée de la ration a ainsi été diminuée des interactions digestives supplémentaires liées à l'accroissement de la proportion de concentré (INRA 1987) ce qui n'a pas été le cas pour les régimes 2,5L et 5,0L. En outre, la valeur énergétique de la luzerne broyée n'a pas été majorée de 10 % comme le proposent Vermorel *et al* (1974) et Demarquilly *et al* (1993). Dans ces conditions, le bilan énergétique a été légèrement moins positif avec le régime 5,0C malgré des quantités ingérées plus élevées de 900 g comparativement à 5,0L. Ce calcul est par ailleurs cohérent avec les modifications observées au niveau des paramètres métaboliques et de l'accroissement de la teneur du lait en acides gras à longues chaînes, témoins d'une mobilisation des lipides corporels. Nos données ne permettent cependant pas d'informer ou de confirmer de manière définitive la validité de ces calculs, et en particulier la pertinence de la correction de 10 % pour le calcul de la valeur énergétique de la luzerne broyée, sans doute parce que la luzerne n'a représenté que 22 % du régime. Des essais comparant des doses d'incorporation plus importantes de luzerne seraient nécessaires pour lever ces incertitudes.

Conclusion

Ces expérimentations montrent que l'introduction de quantités modérées de luzerne déshydratée de très bonne qualité en substitution d'une partie de l'ensilage de maïs dans les rations de vaches laitières permet de modifier de manière intéressante la composition du lait par une légère diminution du taux butyreux (1,5 g/kg) sans affecter le taux protéique. Par suite de l'ingestion accrue de matière sèche et d'énergie, la production laitière augmente (1 kg/j) ce qui permet de produire plus de protéines pour un même quota de matières grasses. Dans nos conditions d'utilisation, la forme longue n'apparaît pas avoir un intérêt décisif. L'introduction de luzerne permet en outre d'économiser des concentrés protéiques.

Cependant, ces résultats ne peuvent être atteints sans accroître de manière appréciable l'apport de céréales qu'avec des luzernes de haute valeur énergétique et azotée, c'est-à-dire dosant plus de 21-22% de MAT, et en limitant leur apport à 3 ou 4 kg/j. Cette dose permet d'avoir la réponse maximale sur le taux butyreux. Au-delà, l'effet bénéfique sur l'ingestion tend à disparaître et les rations risquent d'être très excédentaires en matières azotées et occasionner des rejets azotés importants.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Syndicat National des Déshydrateurs de France ainsi que France Luzerne et le GIE Lait-Viande de Bretagne pour leur contribution à ces études.

Références bibliographiques

- Baldwin R., Kesler E. M., Hargrove G. L., 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.
- Emile J. C., Genier G., Guy P., 1993. Valorisation par des vaches laitières de 2 génotypes de luzerne. *Fourrages*, 134, 255-258.
- 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 J. L., 1987. Design and analysis of experiments in the animal and medical science. Vol 1. The IOWA State University Press, Ames, Iowa USA.
- Grant R. J., Colenbrander V. F., 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. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 6, 27-34.
- Hoden A., Coulon J. B., Dulphy J. P., 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéique. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 62, 69-79.
- INRA 1987. Alimentation des ruminants : révision des systèmes et des tables de l'INRA. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 70, 222 p.
- INRA 1988. Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins (R. Jarrige ed), INRA Paris, 476 p.
- Journet M., 1993. Perspectives de valorisation des grandes légumineuses par les herbivores. Intérêt zootechnique et qualité des produits animaux. *Fourrages*, 134, 229-241.
- Journet M., 1992. La luzerne dans l'alimentation des ruminants. *Eucarpia Erba Medica*, 10^{ème} conferenza 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 B. K., Christensen D. A., Cochran M. I., 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. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 63, 13-20.
- Peyraud J. L., Delaby L., Marquis B., 1994. Intérêt de l'introduction de luzerne déshydratée en substitution de l'ensilage de maïs dans les rations des vaches laitières. *Ann. Zootech.*, 43, 91-104.
- Plancquaert P., 1976. La luzerne, culture et utilisation. *Bull. ITCF*, Septembre 1976.
- Price S. G., Satter L. D., Jorgensen N. A., 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*.
- Sauvant D., Dulphy J. P., Michalet-Doreau B., 1990. Le concept d'indice de fibrosité des aliments des ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 3(5), 309-318.
- SAS Institute, Inc., 1987. SAS/STAT Guide for Personal Computer. Version 6 Edition, Cary N.C.
- Vérité R., Peyraud J.L. 1989. Protein : the PDI system. In «Ruminant Nutrition : Recommended allowances and feed tables», R. JARRIGE Ed, INRA, John Libbey, Londres, Paris, 33-48.
- Vermorel M., Bouvier J. C., 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 K H, Lantzch H J, Reichl J R eds) *Proc. 6th Symposium Energy metabolism*, Hohenheim, BRD, September 1973, 213-216.

Summary

Effects of added high quality dehydrated alfalfa in maize silage diet given to dairy cows.

Effects on milk production of added high quality dehydrated alfalfa in a maize silage diet were assessed by comparing to a control diet 3 experimental diets containing either 2.5 or 5.0 kg (2.5L or 5.0L) of dehydrated alfalfa in a chopped form or 5.0 kg (5.0C) of a pellet form of the same alfalfa (19 % CP, 0.74 UFL). In a second trial, control and 2.5L diets were tested using a higher energy content alfalfa (23.8 % CP, 0.88 UFL). Maize silage was offered on an ad libitum basis and diets had the same net energy and PDI content.

When 2.5L diets were fed, milk production was improved by 0.6 kg/d in trial 1 and by 1.0 kg in trial 2, milk fat content was decreased (-1.5 et -1.8 g/kg respectively in trials 1 and 2), and milk protein content did not change compared to the control diets. Moreover, dry matter intake was

higher on 2.5L diets (+0.7 kg et +0.9 kg respectively in trial 1 et 2) thus energy intake was improved despite the lower energetic value of dehydrated alfalfa compared to maize silage (0.95 UFL/kg DM). When 5.0L diet was fed, milk protein content was lowered (-0.6 g/kg) but milk production and DM intake were unaffected compared to control diet. Compared to the chopped form, grinding did not affect milk production and milk composition but DM intake was higher.

It was concluded that mixing about 3 kg of dehydrated alfalfa in a maize silage based diet allowed to modulate milk composition thus increasing milk protein output without any change in milk fat production.

PEYRAUD J.L., DELABY L., 1994. Utilisation de luzerne déshydratée de haute qualité dans les rations des vaches laitières. INRA Prod. Anim., 7 (2), 125-134.