

Utilisation du lupin et du pois dans l'alimentation des vaches laitières hautes productrices

E. Froidmont, N. Bartiaux-Thill

Le regain d'intérêt observé ces dernières années pour le lupin reflète sans doute le souhait de certains éleveurs d'améliorer l'autonomie protéique de leur exploitation. Mais dans quelle mesure peut-il se substituer au tourteau de soja pour les systèmes laitiers intensifs ? Modifie-t-il la qualité du lait ?

RESUME

Dans cette expérimentation, on a substitué 75% du tourteau de soja (20% MS) d'une ration témoin de vaches laitières produisant environ 8 000 l/an par des graines de lupin, de pois ou un mélange 50/50 de lupin et de pois. Le lupin grossièrement moulu peut remplacer partiellement le tourteau de soja sans occasionner de baisse de production laitière alors que le pois est probablement trop pauvre en protéines. Le taux butyreux du lait est supérieur avec le régime Lupin ; la teneur en urée du lait est corrélée à l'ingestion de protéines. Pour une production laitière similaire, l'efficacité des protéines ingérées est supérieure avec le régime Lupin à celle du régime témoin. Avec le régime Lupin, le lait est plus riche en acides gras à longues chaînes et présente un indice de tartinabilité du beurre supérieur.

MOTS CLES

Autonomie, complémentation, lupin, pois fourrager, production laitière, qualité du lait.

KEY-WORDS

Dairying, feed supplementation, field pea, lupin, milk quality, self-sufficiency.

AUTEURS

Centre de Recherches agronomiques, Département 'Productions et Nutrition animales', Rue de Liroux 8, 5030 Gembloux, Belgique ; froidmont@cra.wallonie.be

L'interdiction de valoriser les farines animales dans l'alimentation du bétail a révélé l'immense déficit (> 75% en 2000) en protéines végétales de l'Union Européenne. Cette situation, peu tolérable en termes de traçabilité des productions agricoles, de certification de leur qualité ou de dépendance économique envers les marchés américains, nécessite d'urgence la relance d'un plan d'autonomie en protéines végétales. L'objectif de l'essai est d'étudier la valorisation du pois protéagineux (23% de Matières Azotées Totales, MAT) et celle du lupin, plus riche en protéines (36% MAT), par la vache laitière haute productrice.

On note ces dernières années un regain d'intérêt pour le lupin, dont la production dans l'Union Européenne a augmenté de 58% entre 1999 et 2001 (145 000 t), sans conteste en rapport avec le résultat des progrès génétiques considérables réalisés pour cette culture, mais qui reflète aussi le souhait de certains éleveurs de produire eux-mêmes la majeure partie des protéines offertes à leur bétail. Par ailleurs, le pois reste le protéagineux le plus cultivé même si sa production est en recul de 28% (3 075 000 tonnes en 2001) par rapport à 1999 (UNIP, 2002).

1. Matériel et méthodes

* Dispositif expérimental

Quatre vaches Holstein (57 ± 15 j de lactation en début d'essai), issues d'un troupeau produisant en moyenne 8 000 litres de lait par vache et par an, ont reçu 4 régimes selon un dispositif expérimental en carré latin 4×4 (tableau 1). Le tourteau de soja incorporé dans la ration témoin a été remplacé, sur la base de la matière sèche, par du pois (*Pisum sativum*), du lupin (*L. albus*, var. Arès) et un mélange 50/50 de ces légumineuses. Le taux de substitution du tourteau de soja par les protéagineux était de 70% étant donné que les concentrés incorporés dans tous les régimes contenaient également du tourteau de soja. Les graines de pois et de lupin étaient moulues au tamis de 9,5 mm avant distribution. Cette mouture est grossière comparativement à des grilles classiques de 3 à 6 mm. Les rations complètes étaient distribuées en deux repas identiques, juste après les traites effectuées à 6 h 30 et 16 h 30. Les refus étaient pesés quotidiennement et un échantillon était séché à l'étuve (60°C). Chaque période a duré 14 j et se composait de 7 j d'adaptation au changement de régime et de 7 j de prélèvement de lait. Les échantillons de lait (100 ml), collectés lors de la traite du soir, étaient placés au réfrigérateur et mélangés en proportion 50/50 avec les échantillons similaires de la traite du matin. De ce mélange, 6 ml ont été congelés en vue du dosage de l'urée alors que le reste était placé en présence de bichromate de potassium (0,2 g/200 ml) pour déterminer ultérieurement les taux butyreux et protéique. Les animaux ont été pesés les trois premiers et les trois derniers jours de chaque période.

Tableau 1 : Composition des 4 régimes comparés (kg MS/j).

Table 1 : Composition of the 4 diets under comparison (kg DM/day).

Régime	T. soja	Lupin	Pois	Lupin/Pois
Ensilage de maïs	11,50	11,50	11,50	11,50
Préfané (68% MS, 13% MAT)	2,50	2,50	2,50	2,50
Concentré 1¹ (20% MAT)	4,04	4,04	4,04	4,04
Concentré 2² (40% MAT)	1,01	1,01	1,01	1,01
Tourteau de soja (44% MAT)	3,18	-	-	-
Lupin moulu	-	3,18	-	1,59
Pois moulu	-	-	3,18	1,59
Luzerne	0,40	0,40	0,40	0,40
CMV 19/5³	0,20	0,20	0,20	0,20

¹ Noix Eco 20, Huys, Brugge, Belgique ; 17% de tourteau de soja

² Lactopro 40, Quartes, Deinze, Belgique ; 70% de tourteau de soja

³ Combi maïs, SCAR, Herve, Belgique

* Analyses de laboratoire

Après mouture des échantillons à 1 mm, les teneurs en matière sèche (MS), matière organique (MO : MS diminuée des cendres), cellulose (AOAC, 1990) et en protéines (méthode de Dumas, AFNOR V18-120, 1997) ont été déterminées quotidiennement sur l'ensilage de maïs, le préfané et les refus. Pour les autres ingrédients des rations, ces analyses ont été réalisées sur un échantillon moyen collecté à chaque période. Les valeurs nutritionnelles des fourrages, des concentrés et des refus ont par ailleurs été estimées par spectrométrie dans le proche infra-rouge.

La teneur en urée du lait a été mesurée par pH-métrie différentielle (pH-mètre EFA-Hamilton, Bonaduz, Suisse) après addition d'uréase. Les taux butyreux et protéique du lait ont été respectivement dosés par la méthode gravimétrique de Röse-Gottlieb (FIL 1C, 1987) et par la méthode de Kjeldhal (FIL 20A, 1986). Le profil en acides gras du lait a été déterminé après extraction de la matière grasse (FIL 172, 1995) et préparation d'esters méthyliques d'acides gras (FIL 182, 1999) selon les recommandations de la norme FIL 184 (1999) et celles de Collomb et Bühler (2000).

* Analyses statistiques

L'influence du régime sur la quantité et la qualité du lait (taux butyreux, taux protéique, teneur en urée et profil en acides gras) ainsi que sur l'efficacité azotée de la ration a été analysée statistiquement selon un modèle linéaire généralisé à l'aide du logiciel Minitab (2000, version 13). Quatre facteurs de variation ont été pris en considération : le régime, l'animal, la période et le jour. En ce qui concerne le poids des animaux, le moment dans la période a également été considéré, tout comme l'interaction Régime \times Moment de la période, afin d'estimer la fluctuation de poids des animaux au cours des périodes pour chaque régime. Les moyennes des moindres carrés ont été comparées par le test de Tukey.

2. Résultats et discussion

Comparativement au régime Tourteau de soja, le régime Pois a été moins bien ingéré (tableau 2). Les régimes contenant du lupin étaient en revanche aussi bien appréciés que le régime T. soja. L'ingestion de matières azotées totales différait fortement entre les régimes suite à l'apport variable de protéines par chaque légumineuse. De même, la plus grande teneur en fibres du lupin se marque au niveau de l'ingestion de cellulose. Enfin, les différences observées dans l'ingestion quotidienne de VEM, DVE et OEB reflètent la valeur alimentaire des légumineuses et la moindre ingestion du régime Pois.

Tableau 2 : Influence de la source de protéines sur l'ingestion quotidienne des vaches selon le régime.

Table 2 : Influence of the source of protein on the daily voluntary intake according to each diet.

Régime	T. de soja	Lupin	Pois	Lupin/ Pois	ESM ⁴	P
Matière sèche (kg/j)	22,12 ^a	21,94 ^{ab}	21,38 ^b	22,12 ^a	0,08	0,005
Matière organique (kg/j)	20,32 ^a	20,18 ^{ab}	19,72 ^b	20,45 ^a	0,08	0,009
MAT (kg/j)	4,03 ^a	3,73 ^b	3,29 ^c	3,48 ^d	0,01	0,001
Cellulose brute (kg/j)	3,64 ^a	3,81 ^b	3,64 ^a	3,75 ^{ab}	0,05	0,001
VEM ¹ (VEM/j)	21 149 ^a	21 319 ^a	20 347 ^b	21 365 ^a	79,67	0,001
DVE ² (g/j)	2 248 ^a	1 910 ^b	1 809 ^c	1 891 ^b	6,37	0,001
OEB ³ (g/j)	301 ^a	291 ^a	90 ^b	153 ^c	24,69	0,001

^{a,b,c,d} : Les valeurs d'une même ligne ne présentant pas un indice similaire différent ($P < 0,05$)

^{1 2 3} : Selon les normes hollandaises (VAN ES et VAN DER HONING, 1977 ; TAMMINGA *et al.*, 1994)

¹ : Energie nette, ² : Protéines digestibles dans l'intestin,

³ : Equilibre entre l'azote dégradable et l'énergie fermentescible dans le rumen

⁴ : Erreur Standard de la moyenne

En accord avec May *et al.* (1993), le régime Lupin a permis une production laitière similaire à celle obtenue avec le régime T. soja (tableau 3). Selon Singh *et al.* (1995), la mouture grossière du lupin, obtenue dans cet essai, est préférable à une mouture fine. Elle permet de limiter la dégradabilité de ses protéines dans le rumen et évite ainsi une baisse de production. La faible teneur en protéines du pois est probablement responsable de la baisse de production avec ce régime. Selon Khorasani *et al.* (2001), la production laitière ne varie pas lorsque du tourteau de soja est remplacé par du pois dans des régimes isoprotéiques. La dégradabilité élevée des protéines du pois dans le rumen pourrait également être incriminée dans la baisse des performances zootechniques des vaches laitières recevant cette légumineuse. Les protéines du lupin sont toutefois autant dégradées que celles du pois (Jarrige, 1989), sans que cela n'affecte la production laitière. Selon Aufrère *et al.* (2001) cependant, la dégradation ruminale des protéines du pois forme plus de composés de type N-NH₃ et acides aminés que pour le lupin, avec lequel il persiste une part importante de protéines solubles susceptible d'être digérée dans l'intestin grêle. La différence de comportement entre ces deux types de protéines, provenant essentiellement de la structure chimique des globulines, implique que le lupin, par rapport au pois, apporte plus de protéines d'origine alimentaire et maintient ainsi un meilleur niveau de production malgré une dégradabilité considérée comme équivalente. Le régime Lupin/Pois a, en toute logique, permis l'obtention d'un niveau de production intermédiaire entre les régimes Lupin et Pois.

Tableau 3 : Influence de la source de protéines sur les paramètres de la production laitière, sur l'efficacité des protéines et la prise de poids des vaches.

Table 3 : Influence of the source of protein on the parameters of milk production, on protein efficiency, and on liveweight increase by cows.

Régimes	T. soja	Lupin	Pois	Lupin/Pois	ESM	P
Paramètres de production						
- Production (l/j)	33,5 ^a	33,5 ^a	30,6 ^b	32,2 ^c	0,14	0,001
- Production standard ¹ (l/j)	28,9 ^a	29,7 ^a	25,9 ^b	27,2 ^c	0,17	0,001
- Taux butyreux (%)	3,00 ^a	3,23 ^b	2,85 ^a	2,80 ^a	0,04	0,002
- Taux protéique (%)	3,07	3,04	3,03	3,09	0,01	0,275
- Matières grasses (g/j)	991 ^{ab}	1 064 ^b	867 ^c	902 ^{ac}	12,87	0,001
- Protéines (g/j)	1 020 ^a	1 008 ^a	921 ^b	988 ^a	4,45	0,001
- Urée (mg/l)	394 ^a	355 ^b	281 ^c	317 ^d	3,41	0,001
Efficacité des protéines (% ingéré)	25,39 ^a	27,02 ^b	27,98 ^{bc}	28,45 ^c	0,14	0,001
Prise de poids (kg/période)	5,32	6,40	7,83	5,35	1,20	0,904

^{a,b,c,d} : Les valeurs d'une même ligne ne présentant pas un indice similaire différent ($P < 0,05$)
¹ : Production lait standard (en litres) = $[0,337 + (0,116 \times \% \text{ MG}) + (0,06 \times \% \text{ Prot})] \times \text{Production (litres)}$

Contrairement à Singh *et al.* (1995) et May *et al.* (1993), le taux protéique du lait n'est pas influencé par le type de ration. Le taux butyreux est par ailleurs supérieur avec le régime Lupin, ce qui confirme la tendance observée par Brunschwig et Lamy (2001). Ceci pourrait provenir de sa plus grande richesse en matières grasses et en fibres, ces dernières induisant une libération plus importante d'acétate dans le rumen, reconnu comme précurseur des matières grasses du lait. Les variations des quantités de matières grasses et de protéines sécrétées quotidiennement dans le lait proviennent de l'effet simultané des régimes sur la production laitière et la composition du lait. Le régime Lupin a permis une sécrétion de matières grasses et de protéines similaire au régime T. soja et supérieure à celle observée pour le régime Pois. Enfin, la teneur moyenne en urée du lait est hautement corrélée ($r^2 = 0,993$) à l'ingestion de protéines brutes.

Alors qu'ils sont les moins efficaces en termes de production laitière, les régimes contenant du pois se caractérisent par une meilleure efficacité des protéines alimentaires. Ceci traduit, en termes biologiques, la loi des rendements décroissants. En effet, pour des protéines présentant une valeur biologique similaire, plus la quantité fournie à l'animal est élevée, plus l'utilisation de ces protéines est faible et, consécutivement, plus la proportion de protéines sécrétées dans le lait diminue. Le régime Lupin est toutefois un bon compromis entre

les contraintes de production laitière et de valorisation alimentaire. La nature des régimes n'a pas d'influence sur la prise de poids des animaux en cours d'essai.

Les profils en acides gras du lait diffèrent peu entre les régimes (tableau 4) ; seul le régime Lupin permet la production d'un lait plus riche en acide stéarique (C18:0), présentant un indice de tartinabilité (C18:1c/C16:0) supérieur, et plus pauvre en acide palmitique (C16:0) que le régime Pois. La teneur en acides linoléiques conjugués du lait, représentée en majeure partie, selon Sehat *et al.* (1998), par l'acide ruménique (C18:2 c9t11), n'est pas modifiée de manière significative par la source de protéines.

Tableau 4 : Influence de la source de protéines sur le profil en acides gras du lait (% acides gras totaux).

Table 4 : Influence of the source of protein on the fatty acid profile of the milk (% total fatty acids).

Régimes	T. soja	Lupin	Pois	Lupin/ Pois	ESM	P
Acides gras à courtes chaînes						
C4:0	3,77	4,05	4,28	3,83	0,091	0,286
C6:0	2,88	2,51	2,75	2,76	0,038	0,063
C8:0	1,59	1,29	1,52	1,57	0,033	0,068
Total	8,24	7,85	8,55	8,15	0,104	0,230
Acides gras à chaînes moyennes						
C10:0	3,39	2,55	3,14	3,26	0,105	0,111
C12:0	3,96	2,97	3,65	3,85	0,126	0,109
C14:0	11,68	10,36	12,06	12,23	0,231	0,097
C16:0	31,40 ^{ab}	28,17 ^b	33,88 ^a	32,41 ^{ab}	0,509	0,035
C16:1	1,28	1,23	1,41	1,20	0,034	0,249
Total ¹	54,60^{ab}	47,92^b	57,23^a	55,95^{ab}	0,878	0,036
Acides gras à chaînes longues						
C18:0	9,89 ^{ab}	11,86 ^a	8,09 ^b	9,50 ^b	0,220	0,005
C18:1	22,04	26,32	20,65	20,83	0,715	0,087
C18:2	3,17	3,44	3,46	3,32	0,078	0,561
C18:2 c9t11	0,49	0,52	0,49	0,39	0,017	0,133
C18:3	0,35	0,41	0,35	0,38	0,011	0,275
C20:0	0,13 ^a	0,32 ^b	0,13 ^a	0,22 ^c	0,004	0,001
C22:0	0,04 ^a	0,15 ^b	0,03 ^a	0,11 ^c	0,002	0,001
Total ²	37,16^{ab}	44,25^b	34,20^a	35,88^{ab}	0,960	0,040
Rapports						
$\omega 6/\omega 3$ ³	6,05	5,55	6,40	5,77	0,128	0,206
C18:1c/C16:0	0,65 ^{ab}	0,84 ^b	0,54 ^a	0,57 ^{ab}	0,030	0,042
Acides gras saturés						
	71,13	66,45	71,90	72,03	0,774	0,122
Acides gras monoinsaturés						
	24,97	29,34	23,94	23,97	0,704	0,098
Acides gras polyinsaturés						
	4,01	4,29	4,25	4,10	0,102	0,750

^{a,b,c} : Les valeurs d'une même ligne ne présentant pas un indice similaire différent ($P < 0,05$)
¹ : C10+C12+C13+C14+C15+C16
² : C17+C18+C19+C20+C22
³ : C18:2 c9c12 / C18:3 c9c12c15

Conclusions

Grâce à sa haute valeur nutritionnelle, le lupin moulu grossièrement est apparu comme une matière première de qualité dans l'alimentation de la vache laitière haute productrice, susceptible de remplacer la majeure partie du tourteau de soja sur la base de la matière sèche. Le pois ne contient pas assez de protéines pour assurer à lui seul le maintien du niveau de production. Dans nos conditions expérimentales, le lupin a permis d'accroître la valorisation des protéines alimentaires par rapport au tourteau de soja, ce qui n'est pas négligeable dans le contexte d'une agriculture durable, plus respectueuse de l'environnement. Le profil en acides gras du lait a été peu modifié par la source de légumineuse incorporée dans les régimes.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.

"Fourrages, protéines et environnement : de nouveaux équilibres à construire",
les 27 et 28 mars 2003.

Remerciements

Ces recherches ont été subventionnées par le Ministère de la Région Wallonne, Direction de la Recherche. Les auteurs remercient également la Section "Systèmes agricoles" (CRAGx, Libramont) pour la prédiction des valeurs nutritionnelles des aliments par spectrométrie dans le proche infrarouge ainsi que le Département "Qualité des Productions agricoles" (CRAGx, Gembloux) pour le dosage des constituants du lait.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR V 18-120 (1997) : *Dosage de l'azote, méthode par combustion (DUMAS)*, Association Française de Normalisation, Paris, France.

AOAC (1990) : *Official Methods of Analysis*, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Aufrère J., Graviou D., Melcion J.P., Demarquilly C. (2001) : "Degradation in the rumen of lupin (*Lupinus albus* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) seed proteins. Effect of heat treatment", *Anim. Feed Sci. Techn.*, 92: 216-236.

Brunschwig P., Lamy J.M. (2001) : "Sources protéiques végétales alternatives au tourteau de soja pour l'alimentation des vaches laitières", *Renc. Rech. Rum.*, 8, 292, Paris, France.

Collomb M., Bühler T. (2000) : "Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait. 1. Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution", *Mitt. Lebensm. Hyg.*, 91, 306-332.

FIL 20A (1986) : *Détermination de la teneur en azote, Partie 1: Méthode Kjeldahl*, Fédération Internationale de la Laiterie, Bruxelles, Belgique.

FIL 1C (1987) : *Détermination de la teneur en matière grasse – Méthode gravimétrique (méthode de référence)*, Fédération Internationale de la Laiterie, Bruxelles, Belgique.

FIL 172 (1995) : *Méthode d'extraction des lipides et des composés liposolubles*, Fédération Internationale de la Laiterie, Bruxelles, Belgique.

FIL 182 (1999) : *Préparation des esters méthyliques d'acides gras*, Fédération Internationale de la Laiterie, Bruxelles, Belgique.

FIL 184 (1999) : *Détermination de la composition des acides gras par chromatographie en phase gazeuse et liquide*, Fédération Internationale de la Laiterie, Bruxelles, Belgique.

Jarrige R. (1989) : *Ruminant Nutrition : Recommended allowances and feed tables*, John Libbey Eurotext, Montrouge, France.

Khorasani G.R., Okine E.K., Corbett R.R., Kennely J.J. (2001) : "Nutritive value of peas for lactating dairy cattle", *Can. J. Anim. Sci.*, 81, 541-551.

May M.G., Otterby D.E., Linn J.G., Hansen W.P., Johnson D.G., Putnam D.H. (1993) : "Lupins (*Lupinus albus*) as a protein supplement for lactating Holstein dairy cows", *J. Dairy Sci.*, 76, 2682-2691.

Minitab (2000) : *Minitab User's Guide* (version 13), State College, PA.

Sehat N., Yurawecz M.P., Roach J.A.G., Mossoba M.M., Kramer J.K.G., Ku Y. (1998) : "Silver-ion high-performance liquid chromatographic separation and identification of conjugated linoleic acid isomers", *Lipids*, 33, 217-221.

Singh C.K., Robinson P.H., McNiven M.A. (1995) : "Evaluation of raw and roasted lupin seeds as protein supplements for lactating dairy cows", *Anim. Feed Sci. Techn.*, 52, 63-76.

Tamminga S, Van Straalen W.M., Subnel A.P.J., Meijer R.G.M., Steg A., Wever C.J.G., Blok M.C. (1994) : "The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB-system", *Livest. Prod. Sci.*, 40, 139-155.

UNIP (2002) : *Statistiques Plantes riches en protéines*, Union interprofessionnelle des plantes riches en protéines, Paris, France.

Van Es A.J.H., Van der Honing Y. (1977) : "Het nieuwe energetische voederwaarderingsysteem voor herkauwers: wijze van afleiding en uiteindelijk voorstel", *Report IVVO*, 92, 1-48.

SUMMARY

Use of lupins and of field peas for the feeding of high-yielding dairy cows

The renewed interest in lupin observed in recent years reflects no doubt the anxiety of certain farmers to improve their self-sufficiency as regards protein. How far however can lupin be substituted for soybean cakes in intensive dairy systems ? Is thereby the milk quality impaired?

In this experiment, in a control diet for dairy cows yielding about 8 000 l milk per year, for 75% of the soybean cakes (20% DM) were substituted lupin seeds, field pea seeds, or a 50-50 mixture of lupins and field peas. Coarsely ground lupin can partly replace soybean cakes without the milk yield's decreasing, whereas field pea probably has too low a protein content. The milk butterfat content is higher with the lupin diet ; the urea content of the milk is correlated with the ingestion of protein. With similar milk yields, the efficiency of ingested protein is greater in the lupin diet than in the control. With the lupin diet, the milk is also richer in long-chain fatty acids and the butter has a greater 'spreadability' index.