

Digestibilité *in vivo* du lupin bleu (*L. angustifolius*), source protéique alternative au soja

Myriam Rothacher et Yves Arrigo

Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Myriam Rothacher, e-mail: myriam.rothacher@agroscope.admin.ch



Les graines de lupin bleu concassées pourraient être une source protéique alternative au tourteau d'extraction de soja. (Photo: Myriam Rothacher)

Introduction

Environ 80 % de la production mondiale de soja est issue d'organismes génétiquement modifiés, OGM (LID 2018). Or, en Suisse, un moratoire contre les OGM court jusqu'en 2021. D'autre part, le soja parcourt souvent de grandes distances avant d'arriver dans la crèche des animaux de rente, car la culture de soja indigène est compliquée, entre autres à cause des besoins élevés en eau au mois de juillet en période de floraison. Pour ces raisons, des alternatives pour couvrir les besoins en protéines des ruminants sont recherchées.

Les graines de lupin doux (variétés à faible teneur en alcaloïdes), riches en matière azotée et cultivables dans les conditions cadres de la Suisse (en zones favorables au maïs), seraient une alternative envisageable au soja.

AGRIDEA, la centrale de vulgarisation agricole suisse, a d'ailleurs édité en 2008 déjà une fiche technique détaillée pour informer sur la culture de cette plante protéagineuse. Cette fiche a été actualisée en 2019. Peguiron (2015) rapporte un essai concluant d'affouragement à des vaches laitières d'un concentré protéique avec 40 % de lupin. Néanmoins, l'auteur annonce qu'«il serait utopique de vouloir remplacer la totalité du soja actuellement importé par du lupin indigène». Dans les années 80 déjà, le lupin a été testé à plusieurs reprises dans l'affouragement de chèvres laitières (Broqua 2002) avec des résultats relevant une substitution possible. Apparemment, l'utilisation du lupin dans l'engraisement bovin n'a encore fait l'objet d'aucun essai détaillé. Seul un essai réalisé en 1989 (Schwarz et Kirchgessner), portant sur la substitution du soja par différentes légumineuses (féverole, pois et lupin) avait donné des résultats similaires entre les différents traitements.

Pour remédier à ce manque d'informations, Agroscope Posieux mène actuellement un projet sur la recherche de sources protéiques alternatives au soja dans l'alimentation des taureaux à l'engrais avec deux traitements comprenant du lupin bleu (taux d'incorporation de 28 % et 20 %). Il a donc fallu préciser les valeurs nutritives du lupin utilisé dans les rations des taureaux à l'engrais. Intégré à ce projet de recherche, l'essai conduit sur des béliers et présenté ci-après a eu pour but de déterminer *in vivo* la digestibilité de la matière organique (dMO), de la matière azotée (dMA) et de la cellulose brute (dCB) des graines de lupin.

Matériel et méthode

Animaux

La détermination de la digestibilité apparente a été réalisée avec quatre béliers adultes castrés de race tête brune (type Oxford) par traitement. Ils ont été répartis dans quatre traitements en fonction de leur âge ($3,8 \pm 2,0$ ans) et de leur poids ($80,4 \pm 10,2$ kg) de façon à avoir des groupes les plus homogènes possible et ainsi

d'éviter tous biais. Les animaux ont été habitués progressivement aux graines de lupin lors de la première des trois semaines de la phase d'adaptation en groupe. Pour la période de bilan, les animaux équipés d'un harnais pour la récolte des fèces ont été placés en stalles individuelles contiguës. La période de bilan a alors eu lieu sur deux semaines de suite à raison de quatre jours par semaine. Les rations ont été calculées en fonction du poids vif (PV) des animaux avec une réserve de 10 % (0,38 MJ d'énergie métabolisable/kg PV^{0,75} × 1,1).

Composition des rations

Selon le Catalogue des matières premières pour animaux (Agroscope et HAFL 2016), les graines de lupins peuvent être affouragées aux ruminants à l'engrais ainsi qu'aux vaches laitières à hauteur maximale de 20 % de la ration. Afin d'avoir une valeur extrême, une variante avec 30 % de lupin a été menée. Pour déterminer la digestibilité par différence (Rymer 2000), les taux d'incorporation dans les rations étaient de 0, 10, 20 et 30 % de graines de lupin bleu (base matière sèche, MS). Du foin de type équilibré a servi de base à la ration. Le traitement 0 % a permis de déterminer la digestibilité du foin, qui a ensuite été déduite des valeurs obtenues par les rations mélangées (pour le calcul, voir encadré). Les animaux ont reçu en plus du sel (NaCl) et des minéraux pour couvrir leurs besoins d'entretien. Les graines de lupin ont été concassées avec un taux d'éclatement de 95,8 ± 0,9 % (moyenne ± écart-type, n=5) afin de rendre les nutriments plus disponibles.

Équations de prédiction

Les digestibilités ont été calculées avec la méthode par différence, c'est-à-dire en soustrayant les digestibilités du foin des digestibilités des rations selon l'équation suivante (exemple pour la dMO):

$$dMO_{\text{graines de lupin à } x\%} = \frac{(MO_{\text{métabolisable à } x\%} - MOD_{\text{foin}})}{(MO_{\text{ingérée à } x\%} - MO_{\text{foin}})}$$

$$MO_{\text{métabolisable}} = MO_{\text{ingérée}} - MO_{\text{fèces}}; MO_{\text{ingérée}} = MO_{\text{distribuée}} - MO_{\text{restes}}$$

MO matière organique; dMO digestibilité MO; MOD MO digestible.

Le traitement à 10 % de graines de lupin n'a pas été validé car les données étaient en partie inexploitables (certaines digestibilités individuelles supérieures à 100 %). Ce cas de figure est parfois observé lors de l'utilisation de la méthode de détermination par différence sans avoir pour l'instant une explication concrète. La digestibilité apparente des graines de lupin seules a alors été déterminée en faisant la moyenne des digestibilités obtenues aux taux d'incorporation 20 et 30 %.

Résumé

Les graines de lupin, riches en matière azotée et cultivables dans les conditions cadres de la Suisse, pourraient être une alternative au soja pour couvrir les besoins en protéines des ruminants. Le but de cet essai était de déterminer la digestibilité *in vivo* de la matière organique (dMO), de la matière azotée (dMA) et de la cellulose brute (dCB) des graines de lupin pour en préciser la valeur nutritive. Pour cela, seize bœufs adultes castrés ont été utilisés. Ils ont été répartis dans quatre traitements constitués de foin et de graines de lupin concassées avec un taux d'incorporation de respectivement 0, 10, 20 et 30 %. La dMO du lupin se chiffrait à 90,8 %, la dMA à 89,5 % et dCB à 87,7 %. Alors que les dMO et dCB étaient similaires aux valeurs actuelles de la Feedbase, la dMA était de 4,5 points % plus élevée. Ceci a conduit à une augmentation des énergies nettes pour la production de 0,2 MJ par kg de matière sèche.

Résultats et discussion

Animaux

Tous les animaux ont consommé la totalité de leur ration quotidienne, sauf un animal du traitement à 30 % de graines de lupin qui a dû être exclu de l'essai en raison de coliques. L'affouragement de maximum 30 % de graines de lupin sur cinq semaines n'a donc majoritairement pas posé de problème. Cet essai n'apporte pas d'information sur une utilisation à plus long terme.

La variation du poids moyen dans un même traitement entre le début de la première période de bilan et la fin de l'essai s'est chiffrée entre +0,65 et +1,83 kg. Les animaux qui ont reçu du lupin ont pris plus de poids que ceux du groupe n'ayant reçu que du foin seul; leurs rations étaient également plus riches en matière azotée (MA) (tabl. 2).

Composition chimique des graines de lupin bleu concassées

Les teneurs en différents nutriments, minéraux et acides aminés des graines de lupin bleu sont présentées dans le tableau 1. Comparées aux teneurs annoncées dans Feedbase (Agroscope 2019), les données étaient similaires sauf pour la MA et pour les constituants pariétaux qui ont présenté des variations de -12,9 % pour la

Tableau 1 | Composition chimique des graines de lupin de l'essai en comparaison avec d'autres échantillonnages et avec du soja (g/kg MS ou précisé).

Matière première forme source	Lupin (n=2) concassé essai <i>in vivo</i>	Lupin NA Feedbase	Lupin (n=6)* concassé essai engraissement	Tourteau soja extraction Feedbase
Matière sèche (%)	87,7	87,0	91,0	88,0
Matière azotée	304 Sx 3,57	349	336 Sx 10,9	515
Cellulose brute	197 Sx 3,70	172	157 Sx 11,2	66,2
Cendres	29,4 Sx 0,37	42,0	30,5 Sx 0,50	71,8
Lignocellulose, ADF	247 Sx 7,79	202	202 Sx 19,0	109
Parois, NDF	333 Sx 17,7	278	296 Sx 25,0	136
Graisse	63,0	59,3	69,4	29,3
Calcium	2,84	2,40	2,46	3,05
Phosphore	2,87	5,37	3,28	7,52
Magnésium	1,81	2,09	2,19	3,67
Potassium	7,47	11,1	8,75	23,9
Énergie brute (MJ)	19,9	20,6	19,7	20,1
Alanine	10,2	11,6	11,2	22,0
Arginine	31,0	36,6	35,3	39,3
Asparatine	29,6	33,3	33,1	60,3
Cystine	4,53	4,62	4,50	7,86
Acide glutamique	59,4	70,0	67,5	91,8
Glycine	13,1	14,3	14,5	21,7
Histidine	9,04	9,02	9,80	13,5
Isoleucine	12,4	14,1	13,9	22,7
Leucine	20,6	23,4	23,2	39,8
Lysine	14,5	16,1	16,4	32,3
Méthionine	2,13	2,22	2,20	6,70
Phénylalanine	12,0	13,3	13,1	26,3
Proline	12,1	13,9	13,7	25,8
Sérine	13,7	15,7	15,6	25,2
Thréonine	10,7	11,3	12,0	20,2
Tryptophane	2,73	2,98	NA	6,99
Tyrosine	11,0	13,0	12,9	18,7
Valine	13,1	13,5	14,2	23,9
Acides gras saturés	11,83	13,2	NA	5,13
Acides gras mono-insaturés	22,3	18,3	NA	5,20
Acides gras poly-insaturés	30,1	27,0	NA	17,7

Feedbase: Base suisse de données des aliments pour animaux: <https://www.feedbase.ch>, *acides aminés: n=2, MS matière sèche, NA non disponible, Sx écart type standard.

MA, +14,5 % pour la cellulose brute (CB), +22,3 % pour la lignocellulose (ADF) et +19,8 % pour les parois (NDF). Les analyses du même lupin, mais avec un échantillonnage plus conséquent (n=6) car collectionné sur une plus longue période (dans le cadre de l'essai d'engraissement, tabl. 1) ont montré une même tendance que les valeurs de la Feedbase (Agroscope 2019) avec des variations de l'ordre de moins de 10 %. Ainsi, les échantillons de l'essai de digestibilité (n=2) apportent un résultat en dessous de la moyenne pour la MA et en dessus pour les constituants pariétaux.

Étant donné que le lupin devrait remplacer le soja, les teneurs du tourteau de soja ont été ajoutées pour comparaison.

Teneurs des rations

Toutes les rations expérimentales contenant du lupin étaient équilibrées en énergie brute (EB) et en constituants pariétaux (CB, ADF et NDF) selon le tableau 2. L'équilibre entre les traitements pour la MA ne pouvait pas être atteint vu que le foin en contenait déjà plus que nécessaire pour la couverture des besoins en protéine

Tableau 2 | Teneurs des rations.

	100 % foin	90 % foin, 10 % lupin	80 % foin, 20 % lupin	70 % foin, 30 % lupin
MO (g/kg MS)	897	904	912	919
MA (g/kg MS)	157	172	187	202
CB (g/kg MS)	225	222	219	217
ADF (g/kg MS)	266	264	262	261
NDF (g/kg MS)	458	446	433	420
EB (MJ/kg MS)	18,8	18,9	19,0	19,1

MO: matière organique, MA: matière azotée, CB: cellulose brute, ADF: lignocellulose, NDF: paille, EB: énergie brute, MS: matière sèche.

Tableau 3 | Coefficients de digestibilité du foin (base des rations), des rations et du lupin (aliment testé).

	100 % foin	90 % foin 10 % lupin	80 % foin 20 % lupin	70 % foin 30 % lupin	Lupin seul
dMO (%)	81,1	81,8	83,2	84,3	90,8
dMA (%)	70,8	72,8	76,7	79,8	89,5
dCB (%)	88,3	87,3	88,1	88,3	87,7
dADF (%)	85,1	85,7	85,7	86,7	89,3
dNDF (%)	84,6	84,7	85,5	86,3	90,7
dEB (%)	77,5	78,5	79,6	81,4	88,7

dMO: digestibilité matière organique, dMA: dig. matière azotée, dCB: dig. cellulose brute, dADF: dig. lignocellulose, dNDF: dig. Paille, dEB: dig. énergie brute.

des animaux. Il y a alors une augmentation d'environ 10 % de MA pour chaque augmentation de 10 % de graines de lupin.

Coefficients de digestibilités

Le tableau 3 indique les coefficients de digestibilité des graines de lupin seules, extrapolés des digestibilités *in vivo* à 20 et 30 %. Les digestibilités du foin qui ont été déduites des rations ainsi que les digestibilités des rations sont ici présentées à titre indicatif. En comparaison, Feedbase (Agroscope 2019) annonce une dMO de 89 %, dMA de 85 % et dCB de 88 %.

Arrigo (2018), dans son essai sur les digestibilités de fourrages en rations mélangées (deux fourrages) a mis en évidence que les dMO de mélanges par additivité des dMO *in vivo* sont généralement sous-estimées d'environ 1,1 point pourcent et que les dMO avec un taux d'incorporation de 80 % sont meilleures qu'en ration pure (100 %). Dans cet essai, avec si peu de données, il n'est pas possible de déterminer les interactions foin-lupin. Cet aspect a donc été laissé de côté.

Valeurs nutritives

Les valeurs nutritives des graines de lupin sont présentées dans le tableau 4. Les calculs se basent sur les régressions du programme de calcul (Agroscope 2014) avec

pour la dMO, la dMA et la dCB celles obtenues *in vivo* lors de cet essai et, en comparaison, celles de la Feedbase (Agroscope 2019). De plus, une comparaison se basant sur les teneurs des graines de lupin données par la Feedbase (Agroscope 2019) permet d'estimer plus précisément les valeurs nutritives, vu que les teneurs provenant des échantillons de l'essai diffèrent de la Feedbase.

Les digestibilités obtenues *in vivo* permettent de préciser l'énergie nette pour la production laitière et pour la production de viande en ajustant ces valeurs de 0,2 MJ/kg MS par rapport aux résultats obtenus avec les digestibilités proposées jusque-là dans la Feedbase (Agroscope 2019).

Poncet *et al.* (2003) annoncent, pour des teneurs en MA de 385 g/kg MS, en NDF de 213 et matière grasse (MG) de 95 (donc environ +10 % de MA, -25 % de NDF et +55 % MG par rapport aux teneurs de la Feedbase) des UFL à 1,33 MJ/kg MS (correspond à 8,9 NEL), PDIE de 120 g (correspond à PAIE) et PDIN de 240 g (correspond aux PAIN). Ces valeurs nutritives sont comparables aux valeurs de l'essai de digestibilité présentées ici.

Comparaison directe entre graine de lupin et tourteau d'extraction de soja

Étant donné que le but serait de remplacer le soja par du lupin, une comparaison directe est pertinente. Le

Tableau 4 | Valeurs nutritives des graines de lupin.

	Graines de lupin avec digestibilités et teneurs de l'essai <i>in vivo</i>	Graines de lupin avec digestibilités <i>in vivo</i> et teneurs Feedbase	Graines de lupin avec digestibilités et teneurs Feedbase
NEL (MJ/kg MS)	8,8	8,7	8,5
NEV (MJ/kg MS)	9,6	9,4	9,2
PAIE (g/kg MS)	125	133	132
PAIN (g/kg MS)	198	227	227
EM (MJ/kg MS)	14,3	14,2	13,9

Feedbase: Base suisse de données des aliments pour animaux: <https://www.feedbase.ch>, NEL: énergie nette pour la production laitière, NEV: énergie nette pour la production de viande, PAIE: protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible, PAIN: PAI synthétisées à partir de la matière azotée dégradée, EM: énergie métabolisable, MS: matière sèche.

Tableau 5 | Teneurs, digestibilités et valeurs nutritives des graines de lupin concassées et, pour comparaison, du tourteau d'extraction de soja.

	MA g*	dMO %	dMA %	dCB %	NEL MJ/kg MS	NEV MJ/kg MS	PAIE g/kg MS	PAIN g/kg MS	EM MJ/kg MS	Lysine g/kg MS	Méthionine g/kg MS	Cystine g/kg MS
Lupin bleu concassé	349	90,8	89,5	87,7	8,7	9,4	133	227	13,9	16,4	2,2	4,5
Tourteau soja non décortiqué*	515	90,0	91,0	80,0	7,9	8,4	261	380	13,0	32,3	6,7	7,9

*Source: <https://www.feedbase.ch> 2019, MA: matière azotée, dMO: digestibilité matière organique, CB: cellulose brute, NEL: énergie nette pour la production laitière, MS: matière sèche, NEV: énergie nette pour la production de viande, PAIE: protéines absorbables dans l'intestin synthétisées à partir de l'énergie disponible, PAIN: PAI synthétisées à partir de la matière azotée dégradée, EM: énergie métabolisable.

tableau 5 donne les principales valeurs en lien avec la couverture des besoins protéiques.

Avec une teneur en MA plus basse et des digestibilités similaires, les NEL, NEV et donc l'énergie métabolisable (EM) du lupin sont plus élevées que pour le soja. Ainsi, pour couvrir les besoins en protéines des animaux de rente, il faut des rations avec une plus grande part de graines de lupin concassées par rapport aux rations complémentées avec du tourteau de soja; cependant, l'apport énergétique par kg de MS des graines de lupin pour la production (de lait ou de viande) est supérieur. Le profil des acides aminés est quelque peu différent. Concernant le soja extrudé partiellement décortiqué (matière grasse entre 1,3 et 2,5 g/kg MS), la cystine se chiffre à 1,56 g pour 100 g de MA contre 1,38 g pour les graines de lupin concassées, la lysine à 6,18 contre 4,98 et la méthionine à 1,41 contre 0,68.

Conclusions

Les variations mises en évidence lors des calculs des valeurs nutritives sont de l'ordre de quelques pourcents, c'est-à-dire 0,2–0,3 MJ/kg MS. Afin d'être le plus précis possible, il est judicieux de calculer les valeurs nutritives

à partir des teneurs de l'aliment simple effectivement à disposition et se baser sur une dMA de 89,5 %, et éventuellement une dMO de 90,8 % ainsi qu'une dCB de 87,7 % – celles obtenues *in vivo* (la dMO et la dCB ne variant que peu). Autrement, les valeurs proposées par la Feedbase (Agroscope 2019) offrent une estimation suffisante.

D'autres analyses de lots de graines de lupin bleu aideraient à améliorer la fiabilité des valeurs pour les teneurs de cette source de protéines prometteuse et complèteraient ainsi la banque de données.

Finalement, la valeur nutritive des graines de lupin est intéressante pour la production. Les résultats du projet d'engraissement offriront des indications significatives. Dans un futur proche, il serait envisageable de miser sur le lupin pour varier les sources des compléments protéiques pour les animaux en production. ■

Riassunto**Digeribilità *in vivo* del lupino blu (*L. angustifolius*) come fonte di proteine alternativa alla soia**

I semi di lupino, ricchi in sostanze azotate e ben coltivabili nelle attuali condizioni svizzere, possono rappresentare una valida alternativa alla soia per coprire i fabbisogni proteici dei ruminanti. Nel presente studio, si sono determinate la digeribilità *in vivo* della sostanza organica (dSO), della proteina grezza (dPG) e della fibra grezza (dFG) dei semi di lupino per stabilirne con maggiore precisione il valore nutrizionale. A questo scopo sono stati usati sedici montoni castrati. Gli animali sono stati distribuiti in quattro diversi gruppi di alimentazione che hanno ricevuto una razione a base di fieno addizionata con semi di lupino schiacciati, con un tasso di incorporazione del 0, 10, 20 e 30 % rispettivamente. La dSO del lupino, si è attestata al 90,8 %, la dPG all'89,5 % e la dFG all'87,7 %. Rispetto ai dati riportati nel Feedbase, la differenza si è attestata a +4,5 punti percentuali per la dPG, mentre per la dSO e la dFG i valori sono risultati simili. I nuovi valori nutritivi ottenuti aumentano le stime di energia netta per la produzione di 0,2 MJ/kg di sostanza secca.

Summary***In vivo* digestibility of blue lupin (*L. angustifolius*), an alternative protein source to soy**

Blue lupin can be grown under the conditions prevailing in Switzerland, and its seeds are rich in protein. It could therefore be used as a local alternative to soy imports to meet the protein requirements of ruminants. The aim of this experiment was to determine the *in vivo* digestibility of organic matter (OMd), crude protein (CPd) and crude fibre (CFd) of lupin seeds, in order to estimate their nutritional value. Sixteen wethers were assigned to four dietary treatments consisting of hay and a 0, 10, 20 and 30 % share of crushed lupin seed, respectively. Lupin OMd, CPd, and CFd were 90.8 %, 89.5 % and 87.7 %, respectively. Whereas, OMd and CFd were similar to actual values from Feedbase, CPd was 4.5 percentage points higher. This leads to an increased net energy for production of 0.2 MJ per kg dry matter.

Key words: lupine, protein, digestibility.

Bibliographie

- AGRIDEA, 2019. Lupin de printemps – Variétés. Lu 9.21. Accès: https://www.agridea.ch/fileadmin/AGRIDEA/Theme/Productions_vegetales/Grandes_cultures/Listes_varietales_2020/Lu9.21-22_LR_Lupin.pdf (juillet 2019)
- Agroscope, 2014. Calculer les valeurs nutritives des matières premières. Accès: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/services/soutien/aliments-pour-animaux/programmes-de-calcul.html> (juillet 2019)
- Agroscope et HAFL, 2016. Lupin doux, *Lupinus* spp. (diverses variétés: *L. albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus*, *L. mutabilis*). Catalogue des matières premières pour animaux. Posieux et Zollikofen, 2 p. Accès: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/services/soutien/aliments-pour-animaux/catalogue-matieres-premieres-pour-animaux.html> (juillet 2019)
- Arrigo Y., 2018. Digestibilité de fourrages en rations mélangées. *Recherche Agronomique Suisse* 9 (7–8), 248–255.
- Broqua C., 2002. Utilisation des protéagineux dans l'alimentation des caprins laitiers, Institut de l'élevage, France. Accès: http://www.google.ch/url?sa=t&rc=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewjM6qGD36ngAhVGyaQKHbYYCP8QFjAAegQICRAC&url=http%3A%2F%2Fidele.fr%2F%3Fid%3Dcmis_download%26oid%3Dworkspace%3A%2F%2FspacesStore%2F3849483-8346-4441-a0c9-8ac7f843342a&usq=AOvVaw2NltnOmKY4Dv1b2Mv--JIA (juillet 2019).
- Feedbase, 2019. Agroscope, Base suisse de données des aliments pour animaux. Accès: <https://www.feedbase.ch> (juillet 2019)
- LID (landwirtschaftlicher Informationsdienst), 2018. GVO: Anbaufläche nimmt weiter zu. Accès: <https://www.lid.ch/agronews/detail/news/gvo-anbau-flaeche-nimmt-weiter-zu-1/> (juillet 2019).
- Peguiron D., 2015. Du lupin au menu des vaches laitières. *Prométerre Info* 64.
- Poncet C., Rémond D., Lepage E. & Doreau M., 2003. Comment mieux valoriser les protéagineux et oléagineux en alimentation des ruminants. *Fourrages* 174, 205–229
- Rymer C., 2000: The measurement of forage digestibility *in vivo*. In: Forage evaluation in ruminant nutrition. CAB International Publishing, 113–134. ISBN 0851993443.
- Schwarz F. J. & Kirchgessner M., 1989: Verfütterung von Samen verschiedener Leguminosen (Ackerbohne, Erbse, Lupine) und Rapsextraktionsschrot aus 0- und 00-Sorten in der Bullenmast. *Züchtungskunde* 61 (1), 71–82.