

JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE – BOVINS LAITIERS ET PLANTES FOURRAGÈRES

Tour d'horizon de l'usage du lin en production laitière : Méta-analyse

MAXIME LEDUC^{1,2}, MARIE-PIERRE LÉTOURNEAU-MONTMINY¹, RACHEL GERVAIS¹,
P. YVAN CHOUINARD^{1,2}

¹ Département des sciences animales, Université Laval, 2425 rue de l'Agriculture, Québec, Québec, Canada

² Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Québec, Québec, Canada
maxime.leduc.1@ulaval.ca

Mots-clés : Lin, Bovin laitier, Méta-analyse, Acide α -linoléinique

Introduction

Bien que le Canada soit le leader mondial de la production de lin avec 872 500 tonnes/année (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2014), son utilisation est peu répandue dans les entreprises laitières au Québec. Pourtant, le lin est une source importante d'acide α -linoléinique, un acide gras de la famille des oméga-3, avec une concentration d'environ 55 % des lipides totaux (INRA-AFZ, 2002). Il a été démontré que la consommation d'acide α -linoléinique par les bovins laitiers réduisait la production de méthane (Chilliard et al., 2009) et avait des effets bénéfiques sur les performances reproductives (Santos et al., 2008) et le système immunitaire (Caroprese et al., 2009). D'autres travaux ont montré que la consommation de produits alimentaires provenant d'animaux recevant de la graine de lin comme source d'acides gras oméga-3, y compris le lait, était associée à des effets positifs sur le profil lipidique sanguin chez des sujets humains (Weill et al., 2002, Malpuech-Brugère et al., 2010). Depuis le début des années 2000, de nombreuses recherches scientifiques ont été complétées afin d'évaluer la valeur nutritive de l'huile ou de la graine de lin chez la vache laitière. En revanche, peu d'études comparant entre elles les différentes formes d'apports ont été publiées. La présente méta-analyse a donc été conduite afin de comparer les effets de différentes catégories de supplémentation en huile ou en graines de lin sur la production laitière, sur la teneur des constituants majeurs et le profil en acides gras du lait, ainsi que sur l'efficacité de transfert de l'acide α -linoléinique de la ration au lait chez la vache.

Méthodologie

La base de données utilisée pour cette méta-analyse était composée de 87 articles scientifiques répondant aux critères suivants : 1) revus par les pairs, 2) comportant au moins un traitement d'apports alimentaires en huile, en graines ou en fractions de graines de lin, 3) présentant des essais conduits sur des bovins laitiers et 4) rapportant la production laitière, ainsi que le taux de matières grasses et la concentration en acide α -linoléinique du lait. Il a été possible de dénombrer 161 traitements contenant du lin sous différentes formes. En plus des données de performance et du profil en acides gras du lait recueillies pour l'analyse, la production laitière corrigée pour l'énergie (Madsen et al., 2008), la production laitière corrigée pour le revenu, l'efficacité alimentaire et l'efficacité de transfert de l'acide α -linoléinique de la ration au lait ont été calculées. La production corrigée pour le revenu a été calculée en fonction des variations de composition du lait selon les prix en vigueur au Québec par rapport à un lait de référence contenant 3,6 kg gras/hL (à une valeur de 9,75 \$/kg), 3,2 kg protéine/hL (à une valeur de 8,38 \$/kg), et 5,7 kg lactose et autres solides/hL (à une valeur de 1,67 \$/kg) pour un revenu de 71,42 \$/hL. Selon ce système de paiement, une pénalité monétaire était appliquée aux traitements dont le rapport solides non gras/gras du lait était supérieur à 2,35, de manière à ne pas rémunérer les solides non gras produits au-delà de ce ratio. Les traitements ont été classifiés selon les formes suivantes : graines de lin entières 1) intactes ; 2) extrudées ; ou 3) traitées mécaniquement (moulues ou roulées) ; 4) huile de lin ; 5) huile ou graines de lin protégées (traitements chimiques dans le but de réduire la biohydrogénation des acides gras polyinsaturés) ; et 6) coques de lin non-délipidées. Une analyse non paramétrique utilisant un test de Wilcoxon a été utilisée pour comparer entre elles les six formes de supplémentation.

Résultats

La consommation volontaire de matières sèche (tendance) et la production laitière ont été plus élevées avec la graine de lin entière traitée mécaniquement comparativement à l'huile, alors que des valeurs intermédiaires ont été observées pour les quatre autres catégories (Tableau 1). L'ajout à la ration de graine de lin traitée mécaniquement a permis d'augmenter la production laitière corrigée pour l'énergie comparativement à la graine intacte, à la graine extrudée, aux coques ou à l'huile de lin, alors qu'une production corrigée intermédiaire a été observée avec les produits protégés. La production laitière corrigée pour le revenu, qui tient compte d'une pénalité associée à un faible taux de matières grasses, a été plus élevée lorsque les vaches ont reçu la graine de lin traitée mécaniquement, comparativement à toutes les autres catégories évaluées. Parmi ces dernières, la production corrigée pour le revenu a été supérieure avec le lin extrudé, inférieure avec l'huile et intermédiaire avec la graine intacte, les produits protégés et les coques de lin. En raison de l'effet des traitements sur la prise alimentaire et la production de lait, l'efficacité alimentaire a été améliorée par l'ajout à la ration de graines entières traitées mécaniquement par rapport à toutes les autres formes de lin. Parmi les autres catégories, l'efficacité alimentaire exprimée sur une base de matière sèche ingérée a été plus élevée pour les graines extrudées et l'huile libre, plus faible pour les coques de lin, et intermédiaire avec les graines entières intactes et les produits protégés. La teneur et la production de matières grasses du lait ont été plus élevées avec le lin traité mécaniquement comparativement au lin extrudé. L'ajout d'huile de lin à la ration a encore diminué la teneur et la production de matières grasses par rapport à ces deux traitements. Des valeurs intermédiaires ont été obtenues avec les graines intactes, les produits protégés et les coques de lin.

Des teneurs plus élevées en acide octadécénoïque *trans* ont été observées dans les matières grasses du lait avec l'huile libre et la graine extrudée par rapport à la graine traitée mécaniquement. L'ajout à la ration de graines intactes et de produits protégés a diminué davantage la concentration en acide octadécénoïque *trans* par rapport à ces deux traitements précédents. La concentration moyenne en acide octadécénoïque *trans* observée avec les coques de lin ne différait statistiquement d'aucune des autres catégories. Les teneurs en acides linoléiques conjugués dans les matières grasses du lait ont été plus élevées avec l'huile libre que pour les graines extrudées, alors que des valeurs intermédiaires entre ces deux traitements ont été observées avec les coques de lin et les produits protégés. L'utilisation des graines intactes et traitées mécaniquement a encore diminué la concentration d'acides linoléiques conjugués par rapport à ces quatre catégories. Les produits protégés et les coques de lin ont été les formes de suppléments lipidiques associés aux concentrations les plus élevées d'acide α -linoléique dans les matières grasses du lait. En revanche, la plus faible concentration de cet acide gras du lait a été observée lorsque les vaches ont reçu de l'huile libre. Parmi les trois autres catégories médianes, des teneurs plus faibles en acide α -linoléique ont été obtenues avec des graines intactes comparativement à des graines extrudées, tandis qu'une teneur intermédiaire a été observée avec des graines traitées mécaniquement. Le transfert le plus faible de l'acide α -linoléique de la ration au lait a été observé avec l'utilisation de l'huile libre. Parmi les autres catégories, l'efficacité de transfert de l'acide α -linoléique a été plus faible avec la graine intacte qu'avec la graine traitée mécaniquement. Des efficacités intermédiaires entre ces deux traitements ont été obtenues avec la graine extrudée et les coques de lin. Finalement, l'efficacité moyenne calculée avec le lin protégé n'a pas été statistiquement différente de l'une ou l'autre de ces quatre dernières catégories.

Conclusion

Dans la présente étude, la comparaison des différentes formes d'huile et de graines de lin a été basée sur l'objectif de maximiser à la fois les performances de production et l'efficacité de transfert de l'acide α -linoléique de la ration aux matières grasses du lait. L'analyse statistique a révélé que parmi les six catégories évaluées, la graine de lin traitée mécaniquement (moulue ou roulée) optimisait d'abord la production laitière et l'efficacité alimentaire chez la vache. Les utilisations de produits protégés et de coques de lin ont quant à elles permis d'obtenir les plus grandes concentrations d'acide α -linoléique dans les matières grasses du lait. Lorsqu'évaluées en fonction du transfert de la ration au lait, les efficacités les plus élevées ont été observées avec ces deux mêmes traitements (protégés et coques), en plus de la graine de lin traitée mécaniquement. Ces résultats font de la graine de lin traitée mécaniquement le traitement le plus approprié, parmi les 6 formes d'huile ou de graine de lin évaluées, pour optimiser les performances de production la protection acides gras oméga-3 afin de maximiser leur disponibilité pour l'animal et leur transfert dans les sécrétions lactées.

Tableau 1 : Moyenne \pm écart standard (nombre d'observations) pour la consommation volontaire de matière sèche (CVMS), la production laitière, la concentration et la production de gras, le profil en acide gras du lait et l'efficacité de transfert des acides gras ingérés dans le lait pour six différentes formes de lin

Item	Forme											
	Graine entière						Huile ou graine					
	Huile		Intacte		Traitée mécaniquement		Extrudée		protégée		Coque	
CVMS (kg/j)	18,9 \pm 4,05 (16)	x	20,1 \pm 2,79 (35)	wx	21,2 \pm 3,17 (27)	w	20,2 \pm 3,28 (38)	wx	20,0 \pm 2,46 (15)	wx	20,4 \pm 1,24 (7)	wx
Production laitière (kg/j)												
Mesurée	27,6 \pm 8,72 (20)	B	29,0 \pm 6,55 (35)	AB	31,7 \pm 7,24 (34)	A	29,8 \pm 7,64 (43)	AB	29,8 \pm 5,08 (16)	AB	27,3 \pm 3,13 (8)	AB
Corrigée pour l'énergie	25,4 \pm 6,61 (20)	B	26,2 \pm 5,82 (34)	B	31,7 \pm 7,00 (33)	A	28,1 \pm 6,63 (39)	B	27,9 \pm 4,02 (16)	AB	25,5 \pm 1,71 (8)	B
Corrigée pour le revenu	23,5 \pm 6,61 (20)	C	26,4 \pm 5,80 (34)	BC	32,4 \pm 6,74 (33)	A	27,6 \pm 6,74 (39)	B	27,8 \pm 5,32 (16)	BC	25,1 \pm 3,25 (8)	BC
Efficacité alimentaire												
Prod. corrigée/CVMS (kg/kg)	1,35 \pm 0,165 (15)	B	1,28 \pm 0,225 (33)	BC	1,55 \pm 0,214 (26)	A	1,35 \pm 0,176 (36)	B	1,39 \pm 0,157 (15)	BC	1,24 \pm 0,053 5 (7)	C
Prod. corrigée/ÉN _i ingéré (kg/Mcal)	0,784 \pm 0,084 (11)	B	0,770 \pm 0,145 (25)	B	0,943 \pm 0,139 (20)	A	0,819 \pm 0,130 (16)	B	0,808 \pm 0,094 0 (6)	B	0,777 \pm 0,037 3 (7)	B
Gras												
Concentration (%)	3,29 \pm 0,467 (20)	C	3,78 \pm 0,566 (34)	AB	3,94 \pm 0,404 (34)	A	3,65 \pm 0,601 (43)	B	3,74 \pm 0,712 (16)	AB	3,64 \pm 0,618 (8)	ABC
Production (kg/j)	0,899 \pm 0,279 (19)	C	1,04 \pm 0,237 (33)	BC	1,28 \pm 0,293 (26)	A	1,06 \pm 0,269 (41)	B	1,09 \pm 0,247 (12)	ABC	0,98 \pm 0,135 (8)	BC
Profil en acides gras du lait (g/100 g acides gras totaux)												
Acide octadécénoïque <i>trans</i> totaux	7,70 \pm 3,15 (18)	A	3,15 \pm 2,24 (33)	C	4,30 \pm 1,89 (32)	B	6,52 \pm 3,58 (40)	A	3,20 \pm 2,51 (11)	C	4,68 \pm 3,37 (8)	ABC
Acides linoléiques conjugués totaux	1,52 \pm 0,745 (18)	A	0,768 \pm 0,351 (24)	C	0,716 \pm 0,207 (32)	C	1,15 \pm 0,624 (42)	B	1,08 \pm 0,418 (12)	AB	1,23 \pm 0,643 (8)	AB
Acide linoléique	1,84 \pm 0,502 (20)	AB	1,92 \pm 0,498 (36)	AB	1,85 \pm 0,469 (33)	B	2,00 \pm 0,792 (39)	AB	3,09 \pm 1,84 (11)	A	1,89 \pm 0,245 (8)	AB
Acide α -linoléique	0,691 \pm 0,250 (20)	D	0,894 \pm 0,287 (36)	C	1,01 \pm 0,300 (34)	BC	1,11 \pm 0,368 (43)	B	1,96 \pm 1,48 (16)	A	1,62 \pm 0,379 (8)	A
Efficacité de transfert (g sécrété dans le lait/100 g ingéré)												
Acide linoléique	6,24 \pm 1,07 (14)	C	8,27 \pm 3,11 (30)	B	12,71 \pm 7,13 (26)	A	9,03 \pm 7,26 (28)	BC	11,13 \pm 2,38 (3)	AB	9,59 \pm 2,78 (7)	AB
Acide α -linoléique	1,96 \pm 1,04 (14)	D	3,63 \pm 3,05 (30)	C	5,80 \pm 2,52 (27)	A	4,17 \pm 2,24 (29)	BC	6,50 \pm 4,74 (5)	ABC	4,79 \pm 1,26 (7)	AB

Les moyennes suivies de lettres différentes sur une même ligne diffèrent au seuil : A, B, C, D, $P < 0,05$ et w, x, y, z, $P < 0,10$.

Références

- Caroprese, M., A. Marzano, G. Entrican, S. Wattedegera, M. Albenzio et A. Sevi. 2009. Immune response of cows fed polyunsaturated fatty acids under high ambient temperatures. *J. Dairy Sci.* 92:2796-2803.
- Chilliard, Y., C. Martin, J. Rouel et M. Doreau. 2009. Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane output. *J. Dairy Sci.* 92:5199-5211.
- INRA-AFZ (Institut National de la Recherche Agronomique – Association Française de Zootechnie). 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. D. Sauvant, J.-M. Perez et G. Tran, coord. INRA Editions, Versailles, France.
- Madsen, T.G., M.O. Nielsen, J.B. Andersen et K.L. Ingvarsten. 2008. Continuous lactation in dairy cows: Effect on milk production and mammary nutrient supply and extraction. *J. Dairy Sci.* 91:1791-1801
- Malpuech-Brugère, C., J. Mouriou, C. Boue-Vaysse, N. Combe, J.L. Peyraud, P. LeRuyet, G. Chesneau, B. Morio et J.M. Chardigny. 2010. Differential impact of milk fatty acid profiles on cardiovascular risk biomarkers in healthy men and women. *Eur. J. Clin. Nutr.* 64:752–759.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Crop statistics. [http://www.fao.org/faostat/en/- data/QC](http://www.fao.org/faostat/en/-data/QC). Page consultée le 13 janvier 2017.
- Santos, J.E., T.R. Bilby, W.W. Thatcher, C.R. Staples et F.T. Silvestre. 2008. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 43 (Suppl 2):23-30.
- Weill, P., B. Schmitt, G. Chesneau, N. Daniel, F. Safradou et P. Legrand. 2002. Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Ann. Nutr. Metab.* 46:182-191.