

Série Émissions animales

Émissions de méthane des vaches laitières: influence des graines oléagineuses dans la ration

Andreas Münger, Lukas Eggerschwiler, Paolo Silacci et Frigga Dohme-Meier

Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

Renseignements: Andreas Münger, e-mail: andreas.muenger@agroscope.admin.ch



Un ajout à la ration de graines de lin ou de colza a permis de réduire la production journalière de méthane de 7% chez les vaches laitières. (Photos: Gabriela Brändle et Carole Parodi, Agroscope)

Introduction

La fermentation microbienne des aliments dans le rumen produit du méthane, qui est un gaz à effet de serre important. Afin de réduire durablement les émissions de méthane, différentes stratégies sont à l'étude. Entre autres, des mesures portant sur l'alimentation peuvent influencer la production de méthane dans le rumen (Beauchemin *et al.* 2008). L'une des possibilités est l'incorporation à la ration de composants alimentaires oléagineux (Beauchemin *et al.* 2009). Les graisses riches en acides gras insaturés en particulier peuvent avoir diffé-

rents effets sur la fermentation dans le rumen et réduire ainsi la formation de méthane. Les acides gras insaturés peuvent avoir un effet inhibiteur ou toxique sur les bactéries et protozoaires dégradant les constituants pariétaux, qui fournissent proportionnellement le plus de substrat pour les microorganismes méthanogènes. On leur attribue également un effet négatif sur les microorganismes méthanogènes eux-mêmes (Patra 2013). La matière grasse en soi ne sert pas de substrat à la fermentation ruminale; cependant, les acides gras insaturés sont biohy-

drogénés, un processus dans lequel de l'hydrogène est utilisé et n'est donc plus disponible pour la formation de méthane. Une influence indirecte résulte également du fait que l'affouragement de quantités élevées de graisse peut entraîner une diminution de l'ingestion (Jenkins 1993) et ainsi moins de substrat est à disposition pour la formation potentielle de méthane. Toutefois, cela n'est pas souhaitable, pas plus que l'altération possible de la digestibilité des nutriments, en particulier de la fraction fibreuse. Les effets des graisses utilisées dépendent de leur composition en acides gras, de leur préparation et de leurs interactions avec les autres composants de la ration. Dans la présente étude, la distribution de deux graines oléagineuses traitées différemment (graines de lin extrudées et graines de colza moulues) a été étudiée quant à son influence sur l'ingestion, la performance laitière, la fermentation ruminale et les émissions de méthane de vaches laitières sur une période de douze semaines et comparée à une variante de contrôle (graisse ruminostable).

Matériel et méthodes

Le groupe d'essai comprenait 33 vaches laitières des races Holstein/Red Holstein à différentes lactations, dont 15 primipares et à divers stades de lactation. Au cours des semaines précédant l'essai, les vaches ont été divisées en trois groupes homogènes en fonction du nombre de lactations, du stade de lactation, du poids et de la performance laitière. L'alimentation consistait en une ration totale mélangée (RTM) avec les composants alimentaires suivants (en % par rapport à la matière sèche [MS]): ensilage de maïs 30 %, ensilage d'herbe 17 %, foin 29 %, concentré protéique 8 % et mélange minéral 2 % ainsi que composants d'essai 14 % avec les variantes graines de lin extrudées (L), graines de colza moulues (R) et graisse ruminostable (Alikon®, variante de contrôle, K). Les composants d'essai comprenaient chacun 60 % de lipides et 40 % de sous-produits de meunerie ou de son de blé. Les rations ont été calculées pour une production laitière moyenne d'environ 35 kg et ont été présentées *ad libitum*. Elles étaient isoénergétiques, isonitrogéniques et isolipidiques. Les teneurs en matière azotée (MA) étaient de 151 (K), de 159 (L) et de 156 (R) g/kg de MS, les teneurs en NDF de 378 (K), de 370 (L) et de 374 (R) g/kg de MS et les teneurs en matière grasse de 60 (K), de 61 (L) et de 62 (R) g/kg de MS. L'essai a duré 15 semaines. Pendant les trois premières semaines, toutes les vaches ont reçu la ration de la variante de contrôle et, à partir de la quatrième semaine, l'alimentation des variantes d'essai respectives.

Résumé

L'ajout à la ration des vaches laitières de composants alimentaires oléagineux peut influencer la fermentation ruminale et donc la formation de méthane dans le rumen. Dans une étude menée avec 33 vaches laitières des races Holstein/Red Holstein, des chercheurs et chercheuses ont étudié durant douze semaines l'influence de deux types de graines oléagineuses (graines de lin extrudées et graines de colza moulues) ajoutées à la ration sur l'ingestion alimentaire, la performance laitière, la fermentation ruminale et les émissions de méthane des vaches laitières, en comparaison à une variante de contrôle (graisse ruminostable). L'ingestion et la production laitière de chaque animal ont été enregistrées quotidiennement. De plus, les composants du lait provenant de la traite du soir et du matin de chaque vache ont été analysés chaque semaine. Des valeurs hebdomadaires individuelles de rejets de méthane ont été recueillies à l'aide de deux stations GreenFeed. Au cours des semaines 6, 9, 12 et 15, du jus de panse a été prélevé chez 18 vaches (six par variante d'essai) au moyen d'une sonde œsophagienne et les acides gras volatils, l'ammoniac et des micro-organismes sélectionnés y ont été analysés. Les vaches consommant des graines de lin extrudées avaient une ingestion alimentaire réduite et la teneur en matière grasse de leur lait était plus faible, mais elles produisaient davantage de lait par jour. Les deux types de graines oléagineuses ont entraîné une réduction de 7 % de la production quotidienne de méthane, qui s'est accompagnée d'une réduction de l'abondance relative des microorganismes méthanogènes dans le rumen. L'intensité de production de méthane (g par kg de lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie) était réduite non significativement de 15 à 17 % avec les deux graines oléagineuses. Ces résultats permettent de conclure qu'une certaine réduction des émissions de méthane peut être obtenue par l'ajout à la ration de graines oléagineuses, mais que celle-ci varie fortement en fonction de la base de calcul utilisée.

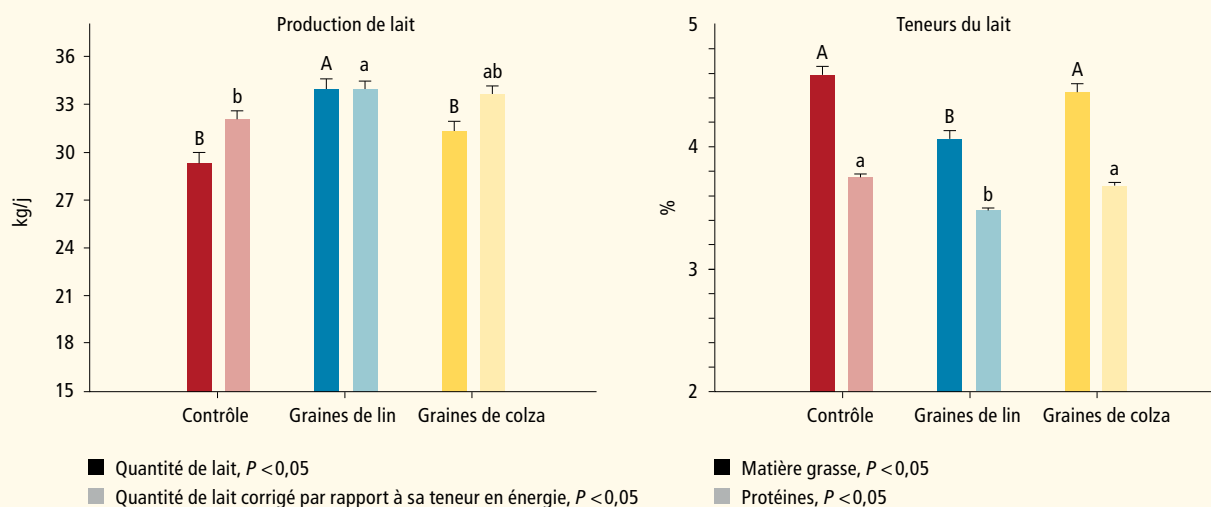


Figure 1 | Influence de la distribution de graines oléagineuses sur la quantité de lait et les composants du lait (A^B, ab, les colonnes à l'intérieur d'une caractéristique avec des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$)).

L'ingestion de chaque vache a été enregistrée quotidiennement à l'aide de mangeoires-balance automatiques. Des échantillons ont été prélevés chaque semaine dans les trois rations d'essai et analysés. La production laitière de chaque vache a été enregistrée à chaque traite. De plus, des échantillons hebdomadaires de lait provenant de la traite du soir et du matin ont été prélevés pour chaque vache et les composants du lait analysés. Des valeurs hebdomadaires individuelles de rejet de méthane ont été recueillies à l'aide de deux stations GreenFeed (Münger *et al.* 2018); ces unités mesurent les gaz respiratoires lors des visites des vaches à une station d'alimenta-

tion et déterminent une valeur d'émission quotidienne (sur la base des mesures intégrées sur une semaine). Dans l'essai, les stations ont été visitées en moyenne 4,2 fois par jour ($s = 1,8$). Au cours de l'essai (semaines 6, 9, 12 et 15), des échantillons de jus de panse ont été prélevés chez 18 vaches (six par variante d'essai) à l'aide d'une sonde œsophagienne. Les acides gras volatils, l'ammoniac et des micro-organismes sélectionnés ont été analysés dans les échantillons de jus de panse, comme le décrivent en détail Grosse Brinkhaus *et al.* (2016).

Résultats et discussion

Les vaches ont produit davantage de lait ($P < 0,05$) dans la variante graines de lin que dans les variantes de contrôle et avec graines de colza (fig. 1). Bien que les teneurs du lait en matière grasse et en protéines aient été plus faibles chez les vaches de la variante graines de lin ($P < 0,05$; fig. 1), la quantité quotidienne de lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie (ECM) produite dans cette variante (33,9 kg) était supérieure ($P < 0,05$) à celle de la variante de contrôle (32,0 kg), tandis que la variante graines de colza (33,6 kg) se trouvait entre les deux. Les teneurs en urée du lait (K, 249; L, 237; R, 253 mg/l) ne différaient pas ($P > 0,05$) entre les variantes d'essai. Dans leur étude, Beauchemin *et al.* (2009) n'ont observé aucune influence significative des graines de lin et des graines de colza moulues ni sur le rendement laitier des vaches ni sur les composants du lait. En revanche, Martin *et al.* (2008) ont constaté une diminution significative de la teneur en matière grasse du lait lorsque des graines de lin extrudées étaient distribuées, com-

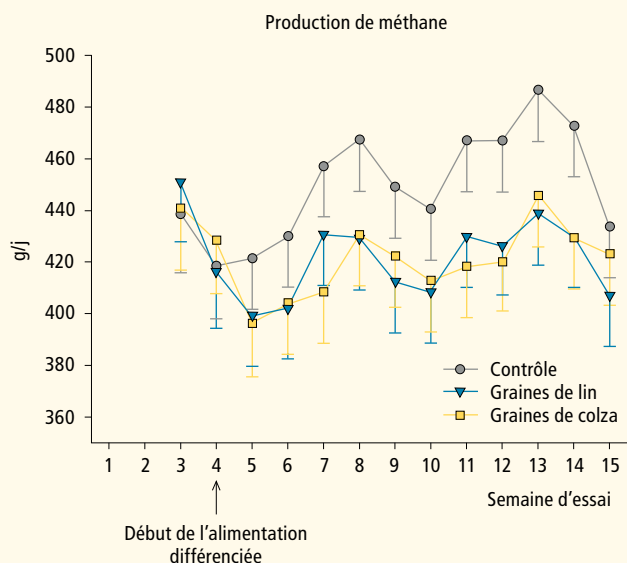


Figure 2 | Courbe des émissions de méthane des vaches nourries avec des graines oléagineuses.

Tableau 1 | Influence de différentes graines oléagineuses sur l'ingestion alimentaire, les émissions de méthane et la fermentation dans le rumen des vaches laitières¹.

	Variantes d'essai			
	Contrôle	Graines de lin	Graines de colza	SEM
Ingestion de MS et de nutriments, kg/jour				
MS	21,3 ^b	19,6 ^c	21,9 ^a	0,19
Matière azotée	3,20 ^b	3,12 ^b	3,43 ^a	0,03
Matière grasse	1,28 ^b	1,20 ^c	1,35 ^a	0,01
Parois	8,03 ^a	7,25 ^b	8,22 ^a	0,07
Production de méthane, g/kg, par rapport à l'				
– ingestion de MS	21,4 ^a	21,6 ^a	19,2 ^b	0,26
– ingestion de parois	56,6 ^a	58,4 ^a	51,4 ^b	0,70
– ECM ¹	15,0	12,6	12,8	1,16
Caractéristiques de la fermentation dans le rumen				
Acides gras volatils, mmol/l	92,5	93,3	89,8	2,33
Acétate, molaire %	64,9 ^a	62,9 ^b	64,4 ^{ab}	0,48
Propionate, molaire %	19,6	20,3	19,8	0,41
Butyrate, molaire %	12,2 ^b	13,2 ^a	12,4 ^{ab}	0,28
Acétate : Propionate	3,35	3,14	3,29	0,09
Ammoniac, mmol/l	4,36 ^b	5,93 ^a	4,31 ^b	0,39
Bactéries et microorganismes méthanogènes sélectionnés (en % de l'ensemble de l'ADN des bactéries)				
<i>Prevotella</i> spp.	67,3 ^b	84,7 ^a	71,0 ^b	3,82
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	2,17 ^b	2,89 ^a	2,45 ^{ab}	0,15
<i>Ruminococcus albus</i>	0,11	0,14	0,13	0,01
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	6,78	7,14	6,91	0,37
Microorganismes méthanogènes, total	10,74 ^a	6,82 ^b	7,72 ^b	0,56

¹ECM, lait corrigé par rapport à sa teneur en énergie; NDF, parois; SEM, écart standard de la valeur moyenne; MS, matière sèche.

^{ab}Les valeurs avec des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

paré à des graines de lin non traitées ou à une variante de contrôle sans graines de lin. Dans cette même étude (Martin *et al.* 2008), outre une teneur en matière grasse du lait plus faible, une diminution de l'ingestion de MS avec les graines de lin extrudées a été observée, ce qui correspond aux résultats de la présente étude (tabl. 1). Par conséquent, les vaches de la variante graines de lin ont absorbé moins de nutriments ($P < 0,05$) que celles des autres variantes d'essai. La teneur du lait en matière grasse plus faible et l'ingestion plus basse dans la variante graines de lin indiquent une influence négative possible sur la digestion des constituants pariétaux (Jenkins 1993; Martin *et al.* 2008). Cette hypothèse est étayée en outre par la quantité inférieure ($P < 0,05$) d'acétate dans le jus de panse, comparée à la variante de contrôle (tabl. 1). Une dégradation réduite des constituants pariétaux dans le rumen se traduit avant tout par une diminution de la production d'acétate et est plus susceptible d'être observée dans une alimentation contenant des graisses riches en acides gras insaturés (Palmquist et Jenkins 1980). En réduisant la production

d'acétate, il est possible de réduire la teneur en matière grasse du lait, l'acétate servant de substrat principal à la synthèse *de novo* des acides gras à chaîne courte et à chaîne moyenne dans la mamelle. Dans leur étude de synthèse, Grainger et Beauchemin (2011) indiquent que l'ingestion de graines oléagineuses peut être préjudiciable à la digestion si elle entraîne une teneur en matière grasse supérieure à 60–70 g par kg de MS. Dans la présente étude, la teneur en matière grasse s'élevait à 61 (L) et à 62 g/kg (R) dans les variantes graines oléagineuses. Outre l'influence sur la proportion d'acétate, l'alimentation de la variante graines de lin a également entraîné une augmentation ($P < 0,05$) de la proportion de butyrate (non significative par rapport à la variante graines de colza) et de la teneur en ammoniac dans le jus de panse par rapport aux deux autres variantes. Beauchemin *et al.* (2009) n'ont observé aucune influence ni des graines de lin ni de celles de colza sur la proportion d'acétate, mais une réduction de la proportion de butyrate. Il est intéressant de noter que ($P < 0,05$) la distribution de graines de lin extrudées a fait augmenter

l'abondance relative de *Prevotella spp.* et de *Ruminococcus flavefaciens* (tabl. 1) par rapport à la variante de contrôle. L'acide linoléique en particulier – acide gras prédominant dans les graines de lin – aurait un effet inhibiteur sur les bactéries à Gram positif dégradant les constituants pariétaux, comme *Ruminococcus flavefaciens* et *Ruminococcus albus* (Galbraith *et al.* 1971), ce qui n'a pu être confirmé dans la présente étude. Par contre, l'abondance relative des microorganismes méthanogènes dans les variantes de graines de lin et de graines de colza était réduite par rapport à la variante de contrôle ($P < 0,05$). Ceci concorde avec les études *in vitro* de Demeyer et Henderickx (1967) qui supposent un effet toxique surtout des acides gras insaturés, ce qui a conduit à une diminution de la production de méthane. Sur douze semaines d'essai, la production de méthane a été réduite en moyenne de 7 % dans la variante graines de lin (419 g/j) et la variante graines de colza (420 g/j) par rapport à la variante de contrôle (451 g/j) ($P < 0,05$; fig. 2). Le taux de méthane (g par kg de MS ingérée) ne différait pas entre la variante de contrôle et la variante graines de lin, mais était de 11 % inférieur dans la variante graines de colza ($P < 0,05$; tabl. 1). La production de méthane par kg de constituants pariétaux ingérés était également plus faible ($P < 0,05$) chez les vaches recevant des graines de colza moulues. Bien que l'intensité de production de méthane (g par kg ECM) ne différait

pas statistiquement entre les variantes d'essai, elle était inférieure de 17 % dans la variante graines de lin et de 15 % dans la variante graines de colza par rapport à la variante de contrôle. Beauchemin *et al.* (2009) ont observé des réductions similaires, mais moins prononcées, de l'intensité de production du méthane dans le cas des variantes graines de lin et graines de colza.

Conclusions

La distribution de graines de lin extrudées et de graines de colza moulues a permis de réduire de 7 % la production quotidienne de méthane des vaches laitières. L'intensité de production du méthane a pu être réduite numériquement de 15 à 17 % avec les deux variétés de graines oléagineuses. La présente étude permet de conclure qu'une certaine réduction des émissions de méthane peut être obtenue en distribuant des graines oléagineuses aux vaches laitières, mais que cette réduction varie fortement en fonction de la base de calcul utilisée. A noter également que des quantités relativement élevées de graines oléagineuses ont été utilisées par rapport aux recommandations des fabricants de ces produits. On peut donc se demander si des réductions comparables des émissions de méthane peuvent être obtenues avec des quantités inférieures, comme recommandé entre autres pour des raisons de coûts. ■

Bibliographie

- Beauchemin K. A., Kreuzer M., O'Mara F. & McAllister T. A., 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Austr. J. Exp. Agr.* **48**, 21–27.
- Beauchemin K. A., McGinn S. M., Benchaar C. & Holtshausen L., 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. *J. Dairy Sci.* **92**, 2118–2127.
- Demeyer D. I. & Henderickx H. K., 1967. Effect of C18 unsaturated fatty acids on methane production *in vitro* by mixed rumen bacteria. *Biochim. Biophys. Acta* **137**, 484–497.
- Galbraith H., Miller T. B., Paton A.M. & Thompson J. K., 1971. Antibacterial activity of long chain fatty acids and the reversal with calcium, magnesium, ergocalciferol and cholesterol. *J. Appl. Bacteriol.* **34**, 803–813.
- Grosse Brinkhaus A., Bee G., Silacci P., Kreuzer M. & Dohme-Meier F., 2016. Effect of exchanging *Onobrychis viciifolia* and *Lotus corniculatus* for *Medicago sativa* on ruminal fermentation and nitrogen turnover in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **99**, 4384–4397.
- Grainger C. & Beauchemin K. A., 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Anim. Feed Sci. Technol.* **166-167**, 308–320.
- Jenkins T. C., 1993. Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* **76**, 3851–3863.
- Martin C., Rouel J., Jouany J. P., Doreau M. & Chilliard Y., 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *J. Anim. Sci.* **86**, 2642–2650.
- Münger A., Denninger T., Martin C., Eggerschwiler L. & Dohme-Meier F., 2018. Émissions de méthane de vaches laitières au pâturage: comparaison de deux méthodes de mesure. *Recherche Agronomique Suisse* **9**, 180–185.
- Palmquist D. L. & Jenkins T. C., 1980. Fat in lactation rations – Review. *J. Dairy Sci.* **63**, 1–14.
- Patra K. P., 2013. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis. *Livestock Sci.* **155**, 244–254

Riassunto**Emissioni di metano da parte delle vacche da latte: influenza dei semi di oleaginose nella razione foraggera**

L'aggiunta alla razione foraggera delle vacche da latte di alimenti ricchi di grassi può influenzare la fermentazione ruminale e, di conseguenza, la produzione di metano nel rumine stesso. In una prova condotta su 33 vacche da latte di razza Holstein / Red Holstein, è stata studiata l'influenza di due tipi di semi di oleaginose (semi di lino estrusi e semi di colza macinati), aggiunti alla razione foraggera delle bovine. Sono stati esaminati i seguenti parametri: ingestione di foraggio, produzione di latte, fermentazione ruminale ed emissioni di metano da parte delle bovine. La prova è durata 12 settimane, durante le quali i risultati sono stati confrontati con una variante di controllo, in cui si è mantenuto stabile il tenore in grassi del rumine. L'ingestione di foraggio e la produzione di latte delle singole bovine sono state registrate quotidianamente, mentre i tenori delle componenti del loro latte, sia quello munto la sera sia quello della mattina, sono stati analizzati a cadenza settimanale. Sempre settimanalmente, grazie a due stazioni «GreenFeed», sono state misurate anche le emissioni di metano. Nel corso delle settimane 6, 9, 12 e 15, è stato prelevato del succo ruminale da 18 vacche (6 per variante sperimentale). Il prelievo è stato eseguito con una sonda esofagea e ha consentito di analizzare gli acidi grassi volatili, l'ammoniaca e i di alcuni microrganismi selezionati. Le vacche foraggiate con semi di lino estrusi hanno evidenziato un'ingestione ridotta e un minore tenore in grassi del latte, a fronte di una maggiore produzione giornaliera di latte. Entrambi i semi di oleaginose hanno fatto calare del 7 % la produzione giornaliera di metano delle lattifere, abbinata a una riduzione della abbondanza relativa dei microrganismi metanogeni del rumine. L'intensità di produzione del metano (g di metano per kg di latte, corretto in funzione del suo tenore energetico) si potrebbe ridurre numericamente del 15 – 17 % distribuendo i due semi di oleaginose. La presente prova consente di concludere che si può raggiungere una certa riduzione delle emissioni di metano con entrambi i semi di oleaginose, ma che la riduzione potrà variare di molto in funzione del valore di riferimento.

Summary**Methane emissions from dairy cows: influence of oilseeds in the feed**

The addition of fatty feed components to a dairy cow ration can influence ruminal fermentation, and hence methane formation in the rumen. In a study with 33 Holstein / Red Holstein dairy cows, the influence of two different types of oilseeds (extruded linseed and ground rapeseed) versus a control (rumen-stable fat) was investigated over a period of 12 weeks in terms of its impact on feed intake, milk yield, ruminal fermentation and methane emission. The feed intake and milk production of the individual animals was recorded daily. In addition, the milk constituents from an evening and morning milking of each animal were analysed on a weekly basis. Individual weekly methane release data were collected at two GreenFeed stations. In weeks 6, 9, 12 and 15 of the trial, ruminal fluid was sampled from 18 cows (six per treatment) using an esophageal probe and analysed for volatile fatty acids, ammonia, and selected microorganisms. Cows that were fed the extruded linseed consumed less feed and their milk had a lower fat content, although they produced more milk per day. Both types of oilseeds led to a 7% reduction in daily methane production in dairy cows, which was accompanied by a reduction in the relative incidence of methanogens in the rumen. Methane intensity (g/kg of energy corrected milk) was numerically reduced by 15 – 17% with both types of oilseeds. We conclude from the present study that a certain reduction in methane emissions can be achieved with oilseeds, but that the amount of reduction varies in terms of intensity according to the calculation basis used.

Key words: methane emission, GreenFeed, dairy cows, linseed, rapeseed.