

LIN ET RÉDUCTION DES GAZ À EFFET DE SERRE CHEZ LES BOVINS LAITIERS

#13

DURÉE DU PROJET : 04-2019 / 01-2022

RAPPORT FINAL

Réalisé par :

Laurie Duchesne
Hugues Groleau, agr. M. Env.



Août 2021

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

TITRE DU PROJET : LIN ET RÉDUCTION DES GAZ À EFFET DE SERRE CHEZ LES BOVINS LAITIERS

NUMÉRO DU PROJET : #13

RÉSUMÉ DU PROJET

La production laitière au Bas-St-Laurent représentait 38 524 vaches en 2010 (MAPAQ, 2010, Portrait). Il est estimé que ce cheptel générerait près de 1760 tonnes équivalent de CO₂ annuellement. Or, il est bien connu que l'ajout de lin dans la ration alimentaire des ruminants limite l'activité biologique des microorganismes du rumen qui produisent le CH₄. Une étude de Martin et al., (2008) présente des diminutions de CH₄ de 12,38 et 64 % suite à des ajouts de lin, au niveau de 5 % de la matière sèche (MS) de la ration, sous forme de grain entier, de lin extrudé ou d'huile de lin.

L'objectif principal du projet consistait à conscientiser les producteurs laitiers du Bas-St-Laurent à l'impact des gaz à effet de serre (GES) produits par les bovins laitiers et leur apporter une solution simple et accessible qui consiste à ajouter du lin dans la ration alimentaire afin de diminuer le CH₄ produit par les micro-organismes du rumen.

La journée d'information prévue afin de solliciter la participation des producteurs n'a pas pu avoir lieu, vu le contexte de la pandémie. Toutefois des efforts appréciables ont été déployés par téléphone et par différents médias afin de recruter 10 entreprises participantes. Ceux-ci se voyaient offrir un plan d'accompagnement personnalisé en vue d'introduire le lin dans l'ensemble de l'entreprise laitière allant du "de la production du lin au champ jusqu'à la production du lait". Une fois le lin introduit dans l'alimentation, un suivi serait fait pendant 12 mois pour observer les données recueillies dans le cadre du contrôle laitier déjà en place sur les fermes. Nous pourrions ainsi comparer les tendances des résultats avec ceux de la littérature sur le sujet. Finalement, les résultats et conclusions auraient été diffusés à grande échelle afin de rejoindre le plus de producteurs possibles.

Malgré les efforts déployés, il semble que plusieurs facteurs aient considérablement ralenti l'avancement du projet. Les problématiques ont toutefois été répertoriées et des pistes de solution pour la suite du projet ont été envisagées.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Conscientiser les producteurs laitiers du Bas-St-Laurent à l'impact des GES produits par les bovins laitiers et leur apporter une solution simple et accessible.

Promouvoir les effets bénéfiques et la gestion équilibrée de l'ajout du lin dans la ration alimentaire des bovins laitiers sur : la santé, la reproduction, la composition du lait ainsi que la réduction des GES. :

- Production et diffusion d'une brochure promotionnelle sur les bénéfices du lin dans la ration et sur les avantages de participer au projet. Ceci a été fait via différents évènements en personne et via plusieurs médias sociaux.

Arrimer les différents acteurs du milieu afin d'être le mieux outillés possible pour le bon déroulement du projet. :

- Rencontres et collaborations avec Lactanet afin de définir les paramètres à analyser issus du contrôle laitier qui seront comptabilisés afin d'analyser les effets de l'ajout du lin dans la ration.
- Discussions et collaborations avec les vendeurs et conseillers en alimentation afin de documenter les producteurs participants sur la disponibilité et le prix du lin par vache participante au projet. Par la suite, selon le nombre de vaches participantes, les conseillers en alimentation doivent produire une nouvelle ration alimentaire, incluant le lin, adaptée à la réalité du producteur.

Solliciter les entreprises à participer activement à l'introduction du lin de l'alimentation de leur troupeau de bovins laitiers pour présenter les nombreux bienfaits du lin en production laitière, allant du champ jusqu'au lait. :

- Sollicitation par téléphone, par courriel et par média sociaux des membres du club en premier lieu, puis de tous les producteurs de la région.

Échanger avec les producteurs présentant toujours un intérêt pour le projet et ceux ayant déjà débuté le projet afin de les accompagner dans l'évolution de celui-ci.

Analyser les données de contrôles laitiers des entreprises incluant le lin à la ration de son troupeau de bovins laitiers afin de conclure sur l'impact du lin en lien avec la reproduction et la qualité du lait.

Bien que l'objectif premier soit d'introduire le lin dans l'alimentation des vaches laitières, il apparaît évident que les producteurs agricoles en général tireront des bénéfices supplémentaires à utiliser le lin globalement dans leur entreprise. Que ce soit pour la réduction des GES, la rotation des cultures, la production de grains à haute valeur monétaire, la production de paille, etc. La culture du lin est méconnue et mérite qu'on y porte une attention particulière de par ses nombreux avantages agronomiques et économiques. Par la même occasion, les avantages supplémentaires à utiliser le lin ont été mis de l'avant auprès des producteurs. En effet, le lin peut apporter des effets économiques et agronomiques intéressants pour une entreprise agricole.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

1. Établir une relation avec un minimum de 10 producteurs souhaitant participer au projet.
Établir l'intérêt de chacun, connaître son désir à intégrer le lin dans la ration des vaches et à participer au projet.

Plusieurs efforts ont été déployés afin de solliciter la participation des producteurs agricoles de la région. Le tableau en annexe montre tous les producteurs qui ont été appelés personnellement ainsi que la raison de leur refus de participation. Pour la plupart, le contexte de la pandémie ainsi que l'insécurité financière liée à cette dernière expliquait leur refus. Le besoin pour ces derniers de se procurer le lin à leur frais ainsi que les complications liées à l'intégration du lin moulu ou rond dans la ration étaient les principales raisons de leur refus. De plus, les conseillers en alimentation des producteurs démontrant un certain intérêt pour le projet faisaient valoir à leurs clients que le lin donné sous sa forme ronde était peu digestible. Suite à cette problématique, nous avons pris contact avec La COOP Purdel afin de vérifier la possibilité de vendre le lin moulu. Toutefois, ces derniers ont fait valoir que le lin avait tendance à s'oxyder sous sa forme moulue et qu'il était impossible pour eux de le vendre sous cette forme. Il est aussi difficile pour les producteurs de le moulin eux-mêmes puisque ces derniers n'ont pas l'équipement adapté pour le faire.

Lors de la première semaine de juillet, une deuxième vague d'appels et de courriels a été faite afin de rejoindre les entreprises potentiellement intéressées. De plus, une annonce a été mise sur l'*Extranet* des Producteurs de Lait du Québec ainsi que sur leur Facebook. Au total, seulement deux entreprises souhaitaient toujours faire partie du projet. Pour fin d'anonymat, nous avons nommé les ferme A, B. Avec eux, nous avons amorcé le processus de suivi et, par la suite, nous avons pris contact avec leur conseiller en alimentation. Ces derniers ont fait les démarches nécessaires afin de mettre sur pieds un programme alimentaire incorporant le lin à leur ration. Une deuxième vague de courriel a aussi été fait à ce moment, afin de rejoindre les entreprises non-membres et celles que nous n'avons pas été en mesure de rejoindre.

Nous avons aussi pris contact avec des producteurs intégrant déjà le lin afin de les inclure dans le projet à titre de référence pour les nouveaux producteurs participants. Ces derniers pourront contribuer en fournissant leurs données, soit leur programme alimentaire ainsi que leurs performances laitières comptabilisées par Lactanet.

Les deux fermes ciblées étaient la Ferme C, qui utilise le lin depuis plusieurs années déjà et la Ferme D, qui incorporait le lin à sa production laitière depuis 2014.

2. Élaborer un questionnaire d'entrevue pour présenter le projet et qualifier l'entreprise.

Vers le milieu du mois de juin 2020, nous avons mis sur pied un questionnaire nous permettant de cumuler les informations nécessaires auprès des entreprises souhaitant prendre part au projet. Ce dernier se trouve en annexe.

3. Établir, avec l'aide de Lactanet, quels seront les paramètres évalués (composantes, reproduction, etc.).

Avec des conseillers de chez Lactanet, une méthode permettant d'obtenir les paramètres souhaités a été convenue. Premièrement, à l'aide du contrôle laitier, une grande majorité des paramètres au niveau de la reproduction et de la santé pourront être obtenus. Quant aux émissions de GES, il est plus difficile de les quantifier. Pour l'instant, une estimation théorique selon les composantes du lait est prévue. En effet, différentes équations mettant en lumière une relation entre la matière grasse du lait et la production de méthane permettraient d'évaluer ce paramètre. Certains articles scientifiques expliquant la relation permettant une estimation des émissions de GES ont été ajoutés au dossier.

4. Déterminer quelle sera la façon dont le lin sera introduit dans la ration des vaches. Confirmer le taux d'incorporation optimal en lin dans la ration.

Avant de prendre contact avec les producteurs intéressés, une visite a été faite chez un producteur de la région qui intègre le lin qu'il produit lui-même à l'alimentation de ses vaches laitières. Comme ce dernier sert la graine de lin ronde, il a évoqué le fait que quelques grains se retrouvent au niveau des déjections. De plus, après avoir fait une recherche dans la littérature à ce sujet et consulter un professeur d'alimentation animale de l'Université Laval, il semblerait que les bienfaits du lin soient directement liés à la façon dont la graine est servie. Le lin extrudé ou roulé augmenterait grandement la digestibilité et donc les bienfaits qui y sont liés comparativement à la graine ronde. Toutefois, plusieurs producteurs ne sont pas en mesure de faire cette opération à la ferme.

Nous avons aussi pris contact avec les fournisseurs de lin de la région. Ces derniers ont été en mesure de transmettre des informations quant à la disponibilité du lin et le coût de celui-ci. Étant donné que le lin se conserve très mal une fois moulu, le lin est vendu sous forme de graines rondes en poche de 25 kg au coût d'environ 30 \$.

Les conseillers en alimentation animale ont eux aussi été contactés afin de voir quelle quantité de lin pouvait être intégrée à la ration en général. Selon ces derniers, une quantité d'environ 500 grammes est introduite dans les rations. En effet, il semble que la matière grasse du lait tend à baisser avec des quantités supérieures. Ceux-ci ont aussi fait valoir que la forme à privilégier est le lin roulé ou moulu mécaniquement. Toutefois, il faut le servir immédiatement suite à la modification mécanique pour éviter l'oxydation rapide, ce qui peut compliquer les manipulations à la ferme.

5. Déterminer les coûts d'implantation/production de la culture.

De façon générale, selon le guide agronomique des grandes cultures produit par l'OMAFRA, le taux de semis recommandé pour la culture du lin se trouve entre 35 et 50 kg/ha. Ce même ouvrage stipule qu'un taux de semis dépassant les 50 kg/ha mis de concert avec des doses d'azote importantes peuvent accentuer les incidences de verse et ainsi compliquer les processus de récolte.

Dernièrement, le CRAAQ a revu son budget dynamique portant sur la culture du lin oléagineux. Ce dernier prend maintenant en considération le taux de semis suggéré de 50 kg/ha et un rendement moyen au champ d'environ 1,8 t/ha. Ce rendement correspond à ce qu'on pourrait s'attendre normalement au Bas-St-Laurent. Cela concorde même avec des résultats publiés dans un rapport émis par le Réseau des Grandes Cultures du Québec. En effet, pour les années 2018 et 2019, la région de Normandin, a obtenu un rendement moyen de 1840 kg/ha. Ainsi, selon les données du budget, avec un taux de semis de 50 kg/ha, le CRAAQ estime des charges d'environ 412\$/ha pour une implantation et une production du lin sous régie conventionnelle. Il faut noter que les charges peuvent varier en fonction des opérations culturales effectuées à la ferme. De plus, avec un rendement estimé à 1,8t/ha et un prix de vente de 500\$/t, des produits de 934\$/ha (comprenant Agri-Investissement et Agri-Québec) sont prévus. Ces produits sont sujets à changements dépendant du prix de vente. En effet, au mois de janvier dernier, en raison des récoltes médiocres, le prix de vente était estimé à 14\$/bu, soit environ 550\$/t. Finalement, il est possible d'envisager une marge de 522\$/ha pour la culture du lin.

5.1 Scénarios possibles

Intégration de 500 g par vache par jour (Option La COOP Purdel):

$$\begin{aligned} 500 \times \text{vache} \times 360 &= 182,5 \text{ kg/vache/an} \\ \frac{30\$}{25\text{kg}} &= \frac{1,2\$}{\text{kg}} \times 1000 = 1200\$/t \\ 182,5 \text{ kg/vache/an} \times \frac{1200\$}{1000 \text{ kg}} &= 219\$/\text{vache/an} \end{aligned}$$

Intégration de 700 g par vache par jour (Option La COOP Purdel):

$$\begin{aligned} 700 \times \text{vache} \times 360 &= 255,5 \text{ kg/vache/an} \\ 255,5 \text{ kg/vache/an} \times \frac{1200\$}{1000 \text{ kg}} &= 306\$/\text{vache/an} \end{aligned}$$

Ces charges sont sujettes à changement dépendamment du fournisseur et des formats disponibles. Il serait probablement plus avantageux de recevoir le lin dans des sacs de 500 kg ou de l'acheter directement de producteurs de la région.

Dans la région de La Mitis, des rendements en paille variant de 0,4 à 4,2t/ha ont été observés (Guide lin, Écosphère). Cela représente une moyenne d'environ 2,25t/ha. Avec la nouvelle usine de défibrage établie à Mont-Joli, la paille produite pourrait éventuellement être vendue et ainsi transformée localement. Dépendamment du prix de vente, il pourrait être profitable aux producteurs de faire cette transaction. Toutefois, il est important de mentionner que la paille de lin présente des qualités intéressantes en tant que litière.

6. Analyser les données pertinentes reliées à l'ajout de lin des contrôles laitiers de la Ferme D, pour les mois avec lin en comparaison avec les mois sans lin.

À l'automne 2020, les producteurs des deux fermes qui étaient toujours intéressés toujours un intérêt pour le projet ont été à nouveau contactés. En conclusion, la Ferme A. et la ferme B, tous deux ayant accepté d'embarquer dans le projet initialement, ont pris la décision de se retirer des démarches. Les conséquences indirectes de la pandémie, dont des problèmes familiaux, les ont poussés à renoncer au projet.

En mars 2021, le projet a dû être réorienté, puisqu'aucune entreprise n'était prête à amorcer l'ajout de lin au sein de leur production laitière. Les participants restants au projet étaient les fermes utilisant déjà le lin pour l'alimentation des leurs vaches laitières, la Ferme D et la Ferme C. Cependant, après de nombreux échanges avec le producteur de la Ferme C, nous ne sommes finalement pas parvenus à obtenir ses données de contrôle laitier.

Suite à cet inconvénient, nous nous sommes tournés vers la Ferme D afin d'obtenir les données de leurs contrôles laitiers. Le producteur de la ferme nous a alors annoncé qu'il avait cessé d'incorporer le lin en janvier 2021, également en raison du contexte de la pandémie et de raison personnelles. Afin de pouvoir tout de même tirer quelques conclusions au sujet des bienfaits de l'intégration du lin à la ration des vaches laitières, nous lui avons demandé s'il était possible d'avoir accès aux contrôles laitiers des années 2018 à 2021. En comparant certains paramètres des contrôles laitiers réalisés par Lactanet, reliés à la qualité du lait et à la reproduction, des mois avant janvier 2021 et après janvier 2021, il serait possible d'analyser si le lin apporte réellement des bienfaits favorables aux producteurs. En nous fournissant ces données, la Ferme D nous donnait accès au programme alimentaire de ses vaches laitières de même que leurs performances laitières.

Ainsi, nous avons décidé d'analyser les données de pourcentages de gras et de protéine dans le lait, toutes deux relatives à la qualité du lait, et le nombre de saillis et le nombre de jours ouverts, en lien avec la reproduction. Ces paramètres ont été jugés comme étant les plus pertinents quant aux avantages de l'ajout de lin en production laitière.

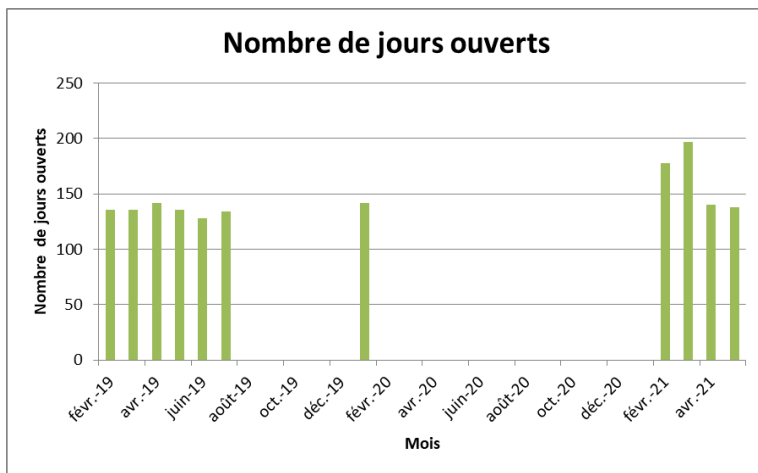
MISE EN CONTEXTE DE L'ANALYSE DES DONNÉES

Cette analyse demeure sommaire car elle ne tient pas compte d'autres facteurs ayant pu influencer ces paramètres tels : la qualité des fourrages (3 années de sécheresse au BSL), les quantités de concentrés apporté à la ration en compensation de la qualité des fourrages, les modifications apportées aux bâtiments et aux conditions d'élevage effectués à la Ferme D au cours des dernières années. Les conclusions tirées des variations sur les paramètres retenus sont donc générales et ne peuvent être le résultat unique de l'ajout du lin à la ration. Nous nous sommes tout de même permis d'en interpréter des tendances potentielles.

En ayant accès aux contrôles laitiers de 2018, 2019, 2020 et 2021, il était possible d'observer l'évolution des paramètres choisis, de l'introduction du lin dans la ration des vaches, en 2018, jusqu'à maintenant, en absence de lin. Puisque les données à partir du mois de mars de l'année 2020 jusqu'à 2021 ne sont pas statistiquement représentatifs comparé aux résultats habituels, ils ont été exclus de l'analyse. De cette façon, les données des mois février, mars, avril, mai, juin et juillet de l'année 2019 et du mois de janvier de l'année 2020 ont été comparés à ceux des mois de février, mars, avril et mai de l'année 2021. Certains mois étaient manquants des contrôles laitiers, ce qui explique certains écarts anormaux entre les mois. Pour chaque paramètre choisi, un graphique montrant l'évolution des données en fonction des mois sélectionnés a été fait.

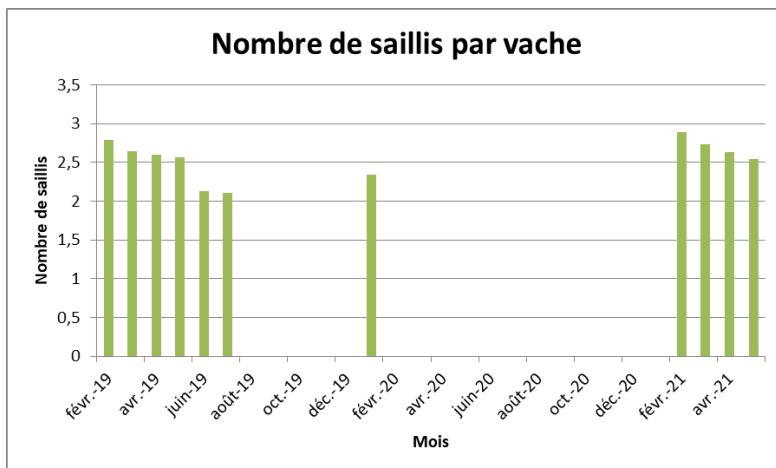
REPRODUCTION

NOMBRE DE JOURS OUVERTS



D'abord, pour le nombre de jours ouverts, c'est-à-dire la période entre un vêlage et une première tentative de saillis, le graphique montre que ce nombre de jours a augmenté de 2019 à 2021. Cette observation signifie qu'une fois le lin retiré de leur alimentation, les vaches mettraient généralement plus de temps à être fécondées. Il pourrait ainsi s'agir d'une conséquence favorable du lin sur l'efficacité de la reproduction des vaches laitières.

NOMBRE DE SAILLIS PAR VACHE

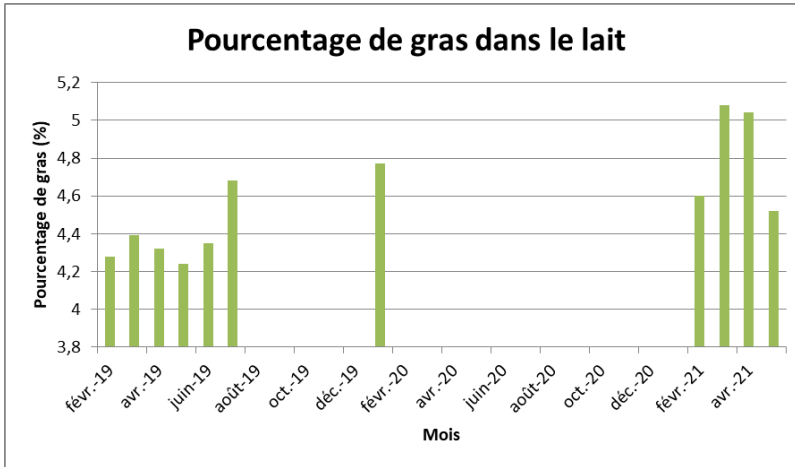


Août 2021

Le nombre de saillis par vache se traduit par le nombre de tentatives de fécondations de la vache avant qu'elle tombe en gestation. Le graphique présente une constance de ce nombre au fil des mois, allant de 2019 à 2021. Donc, dans ce cas-ci, l'ajout de lin n'aurait pas d'impact concret sur le nombre de saillis par vache.

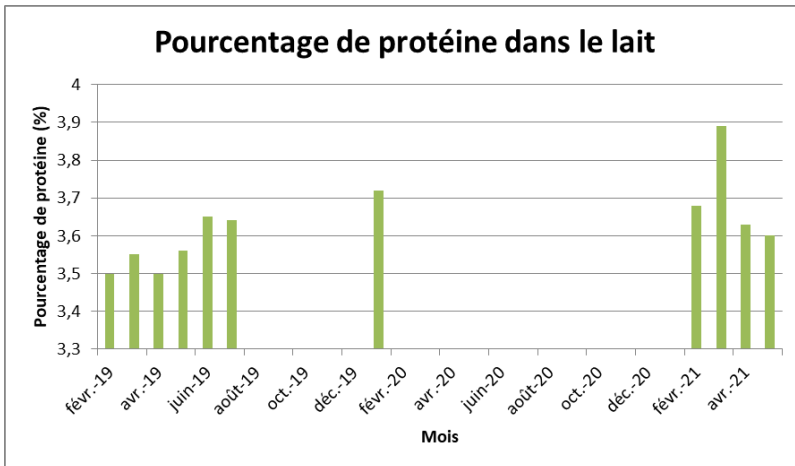
COMPOSITION DU LAIT

POURCENTAGE DE GRAS



Le graphique de pourcentage de gras dans le lait met en évidence qu'en général, le taux de gras augmenterait suite à l'arrêt d'ajout de lin. Ce constat laisse croire que le lin ne favoriserait pas une augmentation du pourcentage de gras dans le lait. Au contraire, il ferait diminuer ce paramètre.

POURCENTAGE DE PROTÉINE



Ce graphique montre que le pourcentage de protéine dans le lait augmente également lorsque les mois avancent. Il semblerait donc que le lin n'a pas d'impact sur le pourcentage de protéine dans le lait, il ferait même diminuer ce taux.

CONCLUSION

En conclusion, pour le cas particulier de la Ferme D, l'incorporation du lin à la ration des bovins laitiers a eu des bienfaits au niveau du nombre de jours ouverts, en diminuant cette période. Cette réduction du nombre de jours permettrait aux vaches laitières d'être en gestation plus rapidement en accélérant le processus de reproduction. Ainsi, la vache ayant consommé du lin serait au final plus rentable pour le producteur laitier. Le lin n'affecterait toutefois pas le nombre de saillis par vache, puisque ce paramètre demeure relativement constant au fil des mois. Pour ce qui est des pourcentages de gras et de protéine dans le lait produit, ceux-ci diminueraient une fois le lin retiré de l'alimentation des vaches laitières. Il s'agit donc un effet défavorable dans le cas de cette production laitière.

En raison des difficultés rencontrées au cours du projet, l'analyse a été effectuée pour une seule entreprise, un échantillon est très peu représentatif. Il est donc impossible de conclure de manière exhaustive sur l'impact du lin sur les émissions de gaz à effet de serre chez les producteurs laitiers de la région, tel que le mandat initial le demandait.

Outre la difficulté à recruter des participants pour le projet dû au contexte de la pandémie, d'autres problématiques ont également nuit à son bon déroulement. Entre autres, la période de sécheresse qui dure depuis maintenant plus de trois ans au Bas-Saint-Laurent a fait en sorte que les producteurs laitiers de la région étaient moins réceptifs à l'introduction du lin à leur production fourragère déjà grandement affectée. Se lancer dans un tel projet représentait pour eux un effort supplémentaire que plusieurs ne pouvaient accepter. De plus, le fait que la graine de lin aurait plus d'impact sur les bovins laitiers lorsqu'elle est roulée a découragé les entreprises à joindre le projet. En effet, cette contrainte force les producteurs à rouler le lin eux-mêmes avec une rouleuse.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

L'objectif initial du projet était d'introduire le lin dans la ration des bovins laitiers pour des entreprises de la région du Bas-Saint-Laurent et d'ensuite, observer les effets positifs de cet ajout sur différents aspects. Cet objectif n'a malheureusement été réalisé qu'en partie. Par conséquent, il est difficile de voir quelles sont ou auraient été les retombées du projet dont l'industrie agricole pourrait bénéficier. Selon les résultats obtenus, le lin aurait possiblement un effet favorable à la reproduction des vaches laitières, plus particulièrement au niveau du nombre de jours ouverts. ***Donc, il serait intéressant de pousser les recherches sur les effets bénéfiques du lin sur la reproduction, cette fois pour un échantillon d'entreprises participantes plus représentatif.***

Bien qu'il y ait peu d'études menées sur l'impact de l'ajout de lin à l'alimentation des vaches laitières sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les quelques résultats amenés semblent encourageants. Entre autres, une recherche de Martin *et al.* 2008 montre que le lin diminuerait jusqu'à 64% les émissions de méthane (CH₄). Toutefois, dans le cadre de ce projet, les effets du lin sur les GES n'ont pas pu être démontrés.

Même si les résultats du projet ne permettent pas de valider que le lin apporte de réels bénéfices pour les productions laitières, il existe plusieurs façons d'en tirer avantage. Que ce soit pour la réduction des GES, la rotation des cultures, la production de grains à haute valeur monétaire, la production de paille, etc. La culture du lin est méconnue et mérite qu'on y porte une attention particulière de par ses nombreux avantages agronomiques et économiques. Ces avantages complémentaires à utiliser le lin ont d'ailleurs été soulignés par certains producteurs.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Hugues Groleau, agr. M. Env.
Écosphère
418-725-7500
info@ecosphere.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 2 du programme Prime-Vert – Approche régionale et interrégionale avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

ANNEXE(S)

- Promotion ayant été faite pour le projet.
- Questionnaire pour les producteurs participants
- Article Martin et al. 2008
- Liste d'entreprises qui ont été rencontrées et/ou contactées pour leur présenter le projet. À l'intérieur de celle-ci, vous trouverez les entreprises qui ont de l'intérêt pour le projet, les entreprises hésitantes et les entreprises qui ne démontraient pas d'intérêt pour le moment.
- Brochure de promotion ayant été faite et distribuée durant les mois d'août et septembre 2020.



PROJET LIN-LAIT

Participer à un projet afin de développer une agriculture durable tout en améliorant vos performances reproductives vous intéresse ?

Écosphère est présentement à **la recherche d'entreprises intéressées** à participer à un projet spécial en partenariat avec le MAPAQ et Lactanet.

Le projet vise une réduction des émissions de méthane chez les vaches laitières via **l'intégration de lin dans la ration alimentaire.**

Critères d'admissibilité :

- Nécessite d'alimenter **une partie** du troupeau laitier avec du lin
- Être membre Lactanet

Effets bénéfiques du lin selon la littérature :

- Réduction des émissions de méthane
- Augmentation du taux de conception
- Diminution mortalité embryonnaire
- Diminution de certaines maladies (mammites, métrites,...)
- Valorisation de la ration

Contactez-nous !



418-725-7500



info@ecosphere.qc.ca



@Écosphère

Ce projet est financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, dans le cadre du Programme Prime-Vert



Avis aux conseillers en productions végétales

Lin et réduction des gaz à effet de serre chez les bovins laitiers

Au fil des ans, Écosphère s'est bâti une expertise quant à la production du lin oléagineux.

- Vous avez des clients qui produisent du lin ?
- Désirez-vous parfaire vos connaissances en rouissage de la paille de lin ?
- Vos clients seraient intéressés à valoriser leur paille via le projet pilote d'usine de défibrage de lin de la Mitis ?
- Vos clients aimeraient ajouter du lin dans la ration alimentaire d'une partie de leur troupeau ?

Nos experts sont donc à votre disposition pour tout renseignement ou support pour la période du rouissage du lin.

N'hésitez-pas à prendre contact avec nous !



418-725-7500



info@ecosphere.qc.ca



@Écosphère

Ce projet est financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, dans le cadre du Programme Prime-Vert

Projet Lin et Réduction des GES chez les bovins laitiers

Nom de l'entreprise : _____ Adresse : _____
Personne(s) responsable(s) : _____ Téléphone : _____
_____ Courriel : _____

Nombre de vaches en lactation
Nombre de groupes
Type de stabulation
Méthode d'alimentation (RTM, RPM, etc.)
<ul style="list-style-type: none">• Permettrait-elle l'ajout de lin empoché?
Méthode de traite
Fournisseur d'intrants
Responsable des programmes alimentaires
Êtes-vous inscrits au contrôle laitier? Régulier, supervisé?
Aimeriez-vous cultiver le lin? Quelle superficie?
Combien de vaches seriez-vous prêts à introduire au projet?
Quel serait votre budget pour le remplacement et l'intégration du lin?
Quelles sont vos attentes par rapport au projet sur votre entreprise?

Commentaires :

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

The Premier Journal and Leading Source of New Knowledge and Perspective in Animal Science

Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil

C. Martin, J. Rouel, J. P. Jouany, M. Doreau and Y. Chilliard

J ANIM SCI 2008, 86:2642-2650.

doi: 10.2527/jas.2007-0774 originally published online May 9, 2008

The online version of this article, along with updated information and services, is located on the World Wide Web at:

<http://www.journalofanimalscience.org/content/86/10/2642>



American Society of Animal Science

www.asas.org

Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil¹

C. Martin,² J. Rouel, J. P. Jouany, M. Doreau, and Y. Chilliard

Institut National de la Recherche Agronomique, UR1213 Herbivores, F63122 Saint-Genès Champanelle, France

ABSTRACT: This experiment studied the effect of 3 forms of presentation of linseed fatty acids (FA) on methane output using the sulfur hexafluoride tracer technique, total tract digestibility, and performance of dairy cows. Eight multiparous lactating Holstein cows (initial milk yield 23.4 ± 2.2 kg/d) were assigned to 4 dietary treatments in a replicated 4×4 Latin square design: a control diet (C) consisting of corn silage (59%), grass hay (6%), and concentrate (35%) and the same diet with crude linseed (CLS), extruded linseed (ELS), or linseed oil (LSO) at the same FA level (5.7% of dietary DM). Each experimental period lasted 4 wk. All the forms of linseed FA significantly decreased daily CH₄ emissions ($P < 0.001$) but to different extents (−12% with CLS, −38% with ELS, −64% with LSO) compared with C. The same ranking among diets was observed for CH₄ output expressed as a percentage of energy intake ($P < 0.001$) or in grams per kilogram of OM intake ($P < 0.001$). Methane production per unit of digested NDF was similar for C, CLS, and ELS but was less for LSO (138 vs. 68 g/kg of digested NDF, respectively; $P < 0.001$). Measured as grams per kilogram of milk or fat-

corrected milk yield, methane emission was similar for C and CLS and was less for ELS and LSO ($P < 0.001$), LSO being less than ELS ($P < 0.01$). Total tract NDF digestibility was significantly less ($P < 0.001$) for the 3 supplemented diets than for C (−6.8% on average; $P < 0.001$). Starch digestibility was similar for all diets (mean 93.5%). Compared with C, DMI was not modified with CLS ($P > 0.05$) but was decreased with ELS and LSO (−3.1 and −5.1 kg/d, respectively; $P < 0.001$). Milk yield and milk fat content were similar for LSO and ELS but less than for C and CLS (19.9 vs. 22.3 kg/d and 33.8 vs. 43.2 g/kg, on average, respectively; $P < 0.01$ and $P < 0.001$). Linseed FA offer a promising dietary means to depress ruminal methanogenesis. The form of presentation of linseed FA greatly influences methane output from dairy cows. The negative effects of linseed on milk production will need to be overcome if it is to be considered as a methane mitigation agent. Optimal conditions for the utilization of linseed FA in ruminant diets need to be determined before recommending its use for the dairy industry.

Key words: dairy cow, digestion, fatty acid, linseed, linseed oil, methane

©2008 American Society of Animal Science. All rights reserved.

J. Anim. Sci. 2008. 86:2642–2650
doi:10.2527/jas.2007-0774

INTRODUCTION

A major concern of citizens in many countries today is the increased production of greenhouse gases and their effect on climate change. Methane is the second most problematic greenhouse gas after CO₂. Ruminant livestock are responsible for about 15 to 20% of the total anthropogenic emission of CH₄ (Moss et al., 2000). Methane emissions from ruminants also represent a

loss of productive energy for the animal. Thus, the development of feeding strategies to mitigate these methane emissions may bring not only environmental benefits for the planet but also nutritional benefits for the animal. Dietary fatty acids (FA), and more particularly PUFA, are among the most promising dietary alternatives able to depress ruminal methanogenesis (Martin et al., 2006). It has been shown that FA from linseed can decrease methane production in vitro (Broudiscou and Lassalas, 1991) as well as in vivo in sheep at maintenance (Czerkawski et al., 1966b) and in growing lambs (Machmüller et al., 2000). However, to our knowledge, this effect has never been confirmed in dairy cows.

Linseed is not frequently used in ruminant feeding, especially because several experiments in which more than 5% linseed oil was supplied to sheep at maintenance have shown a strong negative effect on ruminal digestion (Ikwuegbu and Sutton, 1982). However, re-

¹This experiment was funded in part by the Danone group (Paris, France). We thank the skilled Institut National de la Recherche Agronomique personnel, especially D. Roux, F. Anglard, and C. Mathevon for animal care, feeding, and sampling; Y. Rochette and P. Capitan for laboratory analyses; and B. Michalet-Doreau for supporting the initial project.

²Corresponding author: cecile.martin@clermont.inra.fr

Received December 4, 2007.

Accepted April 26, 2008.

cent data have demonstrated that adding 3% linseed oil to dairy cow diets does not depress ruminal digestion (Ueda et al., 2003). Until now, no experiment has been conducted with dairy cows fed diets containing linseeds at levels above 3%. It is thus unclear whether the lack of negative effect of linseeds on digestion in dairy cows is due to the low level of supplementation. There is increasing interest in feeding linseed to dairy cows because of its FA profile; linolenic acid contributes dietary n-3 FA and promotes increased CLA content of milk from ruminants (Chilliard et al., 2007). Linseed oil was used in our study to examine the effects of linseed FA, but in practical feeding conditions, crude or extruded linseed would likely to be used, because it is more readily available, easy to use, and less costly. Until now, no direct comparison of these 3 physical forms of linseed FA has been made using dairy cows.

The objectives of this trial were 1) to evaluate, *in vivo*, the effect of lipid supply from linseed on the emission of CH₄ and 2) to assess the consequences of a relatively high level of linseed supplementation on digestive efficiency and performance of dairy cows. Three diets containing crude linseed, extruded linseeds, and linseed oil plus linseed meal were compared with a control diet. Methane production, diet digestibility, and performance of dairy cows were determined, and the relationship between CH₄ production and dietary characteristics and milk yield was evaluated.

MATERIALS AND METHODS

All experimental procedures were conducted in accordance with French guidelines for the use of experimental animals and animal welfare (Anonymous, 1988).

Animals, Experimental Design, and Diets

Eight lactating multiparous Holstein cows (213 ± 40 d in milk) with an average milk yield of 23.4 ± 2.2 kg/d and an average BW of 672 ± 54 kg at the beginning of the experiment were used. Animals were blocked according to their physiological stage (4 nonpregnant cows and 4 pregnant cows) and assigned to 4 dietary treatments in a replicated 4 × 4 Latin square design. Each experimental period lasted 4 wk.

The treatments were 1) control diet (C), 2) diet C with crude linseed (CLS), 3) diet C with extruded linseed (ELS), and 4) diet C with linseed oil (LSO). The control diet consisted of 58.7% corn silage, 6.4% grass hay, and 34.9% concentrates, on a DM basis. Linseed oil (Vandeputte Savonnerie et Huilerie, Mouscron, Belgium) was added to achieve a theoretical oil level of 5% of dietary DM and replaced part of the concentrate portion of the basal diet to obtain isoenergetic diets on an NE₁ basis (target value of 7.1 MJ/kg of DM). In the CLS and ELS diets, proportions of crude and extruded linseed were calculated so that the mean oil content of these diets was similar to that of the LSO diet. A level of 5% added lipids was considered desirable to test the

effects of lipids on rumen methanogenesis and to evaluate differences due to the form of linseed FA. Crude linseed was given as unprocessed whole seeds. Extruded linseed (INZO, Château-Thierry, France) consisted of an extruded mixture of 70% linseed and 30% wheat. After a short cooking period (5 min, 110°C, 304 kPa), extrusion was performed using a 1-screw extruder with an output temperature of 130°C. Incorporation of the 3 forms of linseed oil in the diets was achieved during a 3-d transition period. In addition, 200 g/d of a commercial mineral-vitamin premix (Galaphos Midi Duo GR, CCPA, Aurillac, France) was added to all diets. Ingredients and chemical composition of the experimental diets as consumed are given in Table 1. Diets were formulated to meet the requirements for maintenance and milk production of the cow (INRA, 1989). These requirements were calculated at the beginning of the experiment from milk yield at that time and were readjusted each experimental period assuming a monthly decrease in milk production of 10%. Diets were also formulated to contain the same quantity of limiting intestinal digestible protein (PDI system, INRA, 1989) supplied by all feedstuffs containing linseed (linseed meal, crude and extruded linseeds).

Forages (hay and corn silage) were offered once daily at 0900 h with *ad libitum* access for corn silage (10% refusals). Concentrates were allocated separately from forages in 2 equal portions at 0900 and 1600 h using a bucket to ensure complete consumption of the linseed. The forage:concentrate ratio was maintained as close as possible to the targeted ratio by adjusting the amounts of forages and concentrates offered daily based on the composition of the refusals of the previous day. Crude and extruded linseed were mixed manually with the other concentrate ingredients immediately before feeding. Linseed oil was administered twice daily by drenching with the aid of a syringe. This way of distributing the oil was chosen, because in a preexperimental period, mixing oil with the concentrate obstructed the capillary tube used for gas collection using the tracer technique.

Cows were kept in individual stalls in a well-ventilated shed to avoid accumulation of gases eructed by animals in ambient air and had free access to water throughout the experiment. They were milked twice daily at 0630 and 1630 h.

Measurements and Analyses

Intake and Milk Yield. Feed intake and orts were measured and recorded on 5 consecutive days each week throughout the experiment to calculate DMI. Dry matter content in feeds was measured at 60°C for 72 h every day for corn silage and once per week for other feeds. Dry feed samples were pooled at the end of each experimental period for corn silage and the end of the experiment for the other feeds. These samples were ground (0.8-mm screen) and analyzed for OM, N, NDF, ADF, starch, ether extract, total FA, and GE.

Table 1. Ingredient and chemical composition of the experimental diets as consumed

Item	Diet ¹				
	C	CLS	ELS	LSO	SEM
Ingredient, % of DM					
Corn silage	58.7	59.6	54.1	51.3	1.09
Grass hay	6.4	6.7	7.8	8.9	0.23
Concentrates	34.9	33.8	38.2	39.8	0.94
Concentrate mixture ²	11.5	1.9	8.8	4.2	0.44
Extruded wheat	5.2	5.5	0.0	6.9	0.19
Soybean meal	7.6	8.3	8.1	8.6	0.29
Linseed meal	10.6	5.7	0.0	14.3	0.39
Crude linseed	0.0	12.4	0.0	0.0	0.19
Extruded linseed + wheat	0.0	0.0	21.2	0.0	0.37
Linseed oil	0.0	0.0	0.0	5.8	0.16
Mineral-vitamin mix ³	1.0	1.0	1.2	1.4	0.02
Chemical composition					
OM, % of DM	95.3	95.5	95.3	89.9	0.15
CP, % of DM	14.5	14.9	14.6	14.6	0.19
NDF, % of DM	32.9	32.0	30.8	31.4	0.16
ADF, % of DM	17.5	16.9	16.7	16.6	0.10
Starch, % of DM	26.5	24.8	21.2	23.2	0.30
Ether extract, % of DM	2.6	6.8	7.0	8.4	0.16
GE, MJ/kg of DM	17.4	18.4	18.0	18.8	0.04
Fatty acid profile, % of total fatty acids					
14:0	0.39	0.20	0.16	0.15	0.003
16:0	15.15	9.74	8.61	8.17	0.065
18:0	2.49	2.83	2.88	2.49	0.073
18:1 <i>cis</i> -9	19.85	16.43	15.45	15.09	0.040
18:1 <i>trans</i> -11	0.91	0.67	0.64	0.70	0.066
18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	41.34	27.70	24.21	21.32	0.193
20:0	0.38	0.24	0.10	0.11	0.002
18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	16.20	40.34	46.40	49.15	0.297
22:0	0.28	0.18	0.14	0.08	0.002
24:0	0.31	0.18	0.15	0.71	0.006
Others	2.52	1.39	1.18	1.09	0.023

¹C = control; CLS = diet C including crude linseed; ELS = diet C including extruded linseed; LSO = diet C including linseed oil.

²Composition (g/kg): dehydrated beet pulp, 300; wheat, 200; barley, 200; rapeseed meal, 150; soybean meal, 70; beet molasses, 50; limestone, 10; dicalcium phosphate, 10; magnesium oxide, 5; sodium chloride, 5.

³Composition (g/kg): Ca, 200; P, 45; Mg, 45; Na, 50; Cu, 1.3; Zn, 6.0; Mn, 3.5; I, 0.08; Co, 0.032; Se, 0.020; vitamin A, 600,000 IU; vitamin D₃, 120,000 IU; vitamin E, 1,300 IU.

Fresh samples of each feed (1 kg for corn silage, 100 to 200 g for other feeds) were also taken at wk 4 and stored (-25°C for corn silage and 4°C for other feeds) before being pooled at the end of the experiment. These samples were freeze-dried, ground (0.8-mm screen), and analyzed for FA content.

Organic matter content of feeds was determined by ashing at 550°C for 6 h (AOAC, 1990). Nitrogen was analyzed by the Kjeldahl procedure (AOAC, 1990). The NDF and ADF contents were determined by sequential procedures (Van Soest et al., 1991) after pretreatment with amylase and were expressed inclusive of residual ash. Starch was analyzed using a polarimetric method (AFNOR, 1985). The GE content of feeds was determined using an adiabatic bomb calorimeter (Gallenkamp Autobomb; Loughborough, Leics, UK). Determination of ether extract was performed according to AOAC (1990). Fatty acids from linseed oil were directly methylated with 2 mL of 0.5 M NaOCH₃ in methanol at room temperature for 20 min, followed by

1 mL of 5% HCl in methanol at room temperature for 20 min. Fatty acids in feedstuffs were extracted using a 2:1 chloroform-methanol mixture. Fatty acid methyl esters were recovered in 1 mL of hexane. Tricosanoate (Sigma, Saint-Quentin-Fallavier, France) was added as internal standard. Methyl esters were injected into a Trace-GC 2000 Series gas chromatograph equipped with a flame ionization detector (ThermoFinnigan, Les Ulis, France). Methyl esters were separated using a fused silica capillary column (100 m × 0.25 mm i.d.; CP-Sil 88, Chrompack, Middelburg, the Netherlands). Conditions for chromatography analysis were as described in Loor et al. (2005).

Milk yield was determined on the same 5 consecutive days as for intake from wk 1 to 4. On wk 4, milk samples were taken at each milking on d 2 and 4. One 50-mL aliquot of milk containing potassium bichromate (Merck, Fontenay-Sous-Bois, France) was stored at 4°C until analyzed for fat, protein, and lactose by infrared analysis with a 3-channel spectrophotometer

(AOAC, 1997). Milk energy was calculated from its fat, protein, and lactose content (Tyrrell and Reid, 1965).

Diet Digestibility. Total tract digestibility was determined from total collection of feces for 5 d in wk 4. Feces were removed once daily for weighing and mixing before sampling a 1% aliquot. After DM determination (60°C for 72 h), dry fecal samples were pooled across days for each cow and each period and then ground (0.8-mm screen) and analyzed for OM, starch, NDF, and ADF as described previously.

Methane Emissions. Methane production was determined during the same 5 d as for digestibility in wk 4, using the SF₆ tracer technique (Johnson et al., 1994) as described by Pinares-Patiño et al. (2003). Brass permeation tubes (12.5 mm × 40 mm i.d.) weighing about 32 g were used. These were loaded with about 600 mg of SF₆ at liquid N₂ temperature (−196°C) and calibrated by regular weighing (twice a week) for an 8-wk period while immersed in a water bath at 39°C. Permeation rate of SF₆ from the tubes was 1.523 ± 0.351 mg/d. A calibrated permeation tube was dosed orally into the rumen of each cow 2 wk before sampling gas in period 1. Representative breath samples from each animal were sampled in preevacuated (91.2 kPa) yoke-shaped polyvinyl chloride collection devices (~2.5 L) by means of capillary and Teflon tubing fitted to a halter. The collection devices were changed every 24 h before the morning feeding. The devices containing the samples were immediately transported to the laboratory and overpressured with N₂ gas to about 142.0 kPa before SF₆ and CH₄ analyses. Background concentrations of these gases were also measured in ambient air samples collected every day in the shed during the same 5-d breath sampling period. Daily CH₄ production from each animal was calculated according to Johnson et al. (1994), using the known permeation rate of SF₆ and the concentrations (above the background) of SF₆ and CH₄ in the breath samples:

$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = \text{SF}_6 \text{ permeation rate (g/d)} \times [\text{CH}_4]/[\text{SF}_6].$$

Concentrations of SF₆ and CH₄ in breath and ambient air samples were determined by gas chromatography. A gas chromatograph (CP-9003, Varian-Chrompack, Les Ulis, France) fitted with an electron capture detector (Autosystem XL, Perkin Elmer Instruments, Courtaboeuf, France) or with a flame ionization detector was used to determine the concentrations of SF₆ and CH₄, respectively. The samples were run on chromatographs equipped either with a Molecular Sieve 0.5-nm column (3 m × 3.2 mm i.d.; Interchim, Montluçon, France) maintained at 50°C for the SF₆ or with a Porapak N 80–100 mesh column (3 m × 3.2 mm i.d.; Alltech France SARL, Templemars, France) maintained at 40°C for the CH₄. The flow rate of the carrier gas was 30 mL/min of N₂ for the SF₆ and 40 mL/min of He for the CH₄. Chromatographic analyses were performed after calibration with standard gases (Air Liquide, Mitry-Mory, France) for SF₆ (55 and 195 µg/g) and CH₄ (100 µg/g).

Statistical Analyses. Data on CH₄ production, diet digestibility, DMI, and milk production were averaged over the first 5 d of wk 4 before statistical analysis. All data from the experiment were analyzed as a 4 × 4 Latin square using the MIXED procedure (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The statistical model included cow, period, treatment, and residual error. Fixed effects included period and treatment. Cow was the random effect. Overall differences between treatment means were considered to be significant when $P < 0.05$.

RESULTS

Feed Intake and Milk Production

Feed intake variables are presented in Table 2. Compared with diet C, diet CLS had no effect on total DMI ($P > 0.05$), but diets ELS and LSO decreased total DMI (−3.1 and −5.1 kg/d, respectively; $P < 0.001$), mainly through a decrease in corn silage intake (−2.7 and −4.0 kg/d, respectively; $P < 0.001$). The negative effect on DMI was greater for LSO than for ELS ($P < 0.01$). As a consequence, GE intake was significantly less for LSO than for ELS diet ($P < 0.01$) and less for ELS than for CLS and C diets ($P < 0.001$).

Milk yield and 4% fat-corrected milk (FCM) yield were similar for the LSO and ELS diets, but these were less than the C and CLS diets (Table 2). Compared with diet C, milk fat content tended ($P = 0.09$) to be greater for CLS (+4.3 g/kg) but was less ($P < 0.001$) for ELS (−5.8 g/kg) and LSO (−8.8 g/kg). Protein and lactose contents did not vary among diets. Milk energy output was 72.6 MJ/d on average for diets C and CLS but was less for diets ELS and LSO (−15.3 MJ/d on average; $P < 0.001$).

Diet Digestibility

Dry matter and OM digestibilities were significantly less ($P < 0.01$) for the 3 supplemented diets than for the C diet (−4.0 and −4.2 percentage units on average, respectively, Table 3). This difference was due to a decrease in NDF digestibility ($P < 0.05$), because starch digestibility was similar for all diets (93.5% on average). The decrease in NDF digestibility was numerically greater for the ELS diet (−9.4 percentage units) than for the CLS or LSO diets (−5.5 percentage units on average), but differences among the 3 supplemented diets were not significant ($P > 0.1$). Digestibility of ADF was also less for CLS and ELS than for C and LSO diets ($P < 0.01$).

Methane Output

Daily methane emissions differed ($P < 0.001$) among all the diets (Table 4). The ranking of diets for daily methane production was C > CLS > ELS > LSO. The same ranking was observed for CH₄ output reported as grams per kilogram of OM intake or as a percentage of GE intake ($P < 0.001$). Methane output in grams

Table 2. Intake and milk yield and composition for lactating dairy cows fed diets supplemented with linseed

Item	Diet ¹				SEM	P <
	C	CLS	ELS	LSO		
DMI, kg/d						
Total	19.8 ^a	19.5 ^a	16.7 ^b	14.7 ^c	0.30	0.001
Silage	11.7 ^a	11.7 ^a	9.0 ^b	7.7 ^c	0.29	0.001
Concentrate	6.8 ^a	6.6 ^a	6.4 ^a	5.8 ^b	0.15	0.001
OM intake, kg/d	18.9 ^a	18.7 ^a	15.9 ^b	14.2 ^c	0.28	0.001
GE intake, MJ/d	344.2 ^a	358.1 ^a	299.9 ^b	275.8 ^c	5.32	0.001
Milk yield, kg/d	23.0 ^a	21.5 ^a	20.8 ^{ab}	18.9 ^b	0.71	0.01
4% fat-corrected milk, kg/d	23.4 ^a	23.1 ^a	18.9 ^b	16.9 ^b	0.77	0.001
Milk composition, g/kg						
Fat	41.1 ^a	45.4 ^a	35.3 ^b	32.3 ^b	1.71	0.001
Protein	34.0	34.6	33.3	34.7	0.67	NS ²
Lactose	48.3	48.2	48.0	48.6	0.25	NS
Milk energy output, MJ/d	73.4 ^a	71.7 ^a	60.0 ^b	54.6 ^b	2.31	0.001

^{a-c}Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

¹C = control; CLS = diet C including crude linseed; ELS = diet C including extruded linseed; LSO = diet C including linseed oil.

²NS = not significant ($P > 0.05$).

per kilogram of NDF intake as well as in grams per kilogram of digested OM was greatest for C and CLS, intermediate for ELS, and lowest for LSO ($P < 0.001$). Methane production per kilogram of digested NDF was similar ($P > 0.05$) for C, CLS, and ELS diets (138 g/kg of digested NDF on average), but much less for the LSO diet (68 g/kg of digested NDF). Methane production per kilogram of milk or FCM produced was similar for C and CLS diets but less for ELS and LSO diets, with the ELS diet ranked greater than the LSO diet ($P < 0.001$). Energy lost as methane when expressed as a percentage of milk energy output was similar for C, CLS, and ELS diets (28.7% of milk energy on average) but was less for the LSO diet (15.3% of milk energy; $P < 0.001$).

DISCUSSION

Feed Intake and Milk Yield

The lack of effect of CLS on DMI is in agreement with previous findings (Ward et al., 2002; Gonthier et al., 2005). A decrease in DMI with ELS or LSO was not observed in earlier studies (Gonthier et al., 2005;

Loor et al., 2005; Bu et al., 2007), except by Offer et al. (2001), who used a diet based on corn silage, as in the present study. The decline in DMI that occurred when LSO was fed cannot be fully explained by disturbances in rumen function, because digestibility was not different among the 3 supplemented diets. It is possible that the FA intake had a direct inhibitory effect on voluntary intake via inhibition of ruminoreticular motility (Chilliard, 1993).

Dietary lipids generally increase milk yield as reviewed by Chilliard and Ferlay (2004). This increase has been reported specifically for linseed oil more (Bu et al., 2007) or less intensely (Loor et al., 2005), whereas a decrease in milk yield has been observed with extruded linseeds (Gonthier et al., 2005; Akraim et al., 2007). The decrease in milk and FCM yield and fat content observed in our study with both ELS and LSO diets was probably caused by the lesser DMI and the lesser digestibility of fiber due to the high level of oil intake (5% of DMI). In addition, a lesser mammary lipogenesis may have occurred as a result of adding polyunsaturated oil to a starch-rich diet (Chilliard et al., 2007). The lack of negative effect of feeding CLS on DMI, milk

Table 3. Total tract digestibility of DM, OM, fiber, and starch in lactating dairy cows fed diets supplemented with linseed

Item	Diet ¹				SEM	P <
	C	CLS	ELS	LSO		
DM, %	66.5 ^a	62.2 ^b	63.5 ^b	61.7 ^b	0.78	0.01
OM, %	70.0 ^a	65.2 ^b	66.7 ^b	65.4 ^b	0.78	0.01
NDF, %	47.5 ^a	41.9 ^b	38.1 ^b	42.2 ^b	1.74	0.05
ADF, %	44.7 ^a	36.8 ^b	34.1 ^b	44.0 ^a	2.22	0.01
Starch, %	93.4	93.0	93.0	94.7	0.54	NS ²

^{a,b}Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

¹C = control; CLS = diet C including crude linseed; ELS = diet C including extruded linseed; LSO = diet C including linseed oil.

²NS = not significant ($P > 0.05$).

Table 4. Methane emissions in lactating dairy cows fed diets supplemented with linseed

Item	Diet ¹				SEM	P <
	C	CLS	ELS	LSO		
CH ₄ , g/d	418.1 ^a	369.4 ^b	258.1 ^c	149.2 ^d	13.64	0.001
CH ₄ , % GE intake	6.7 ^a	5.7 ^b	4.8 ^c	3.0 ^d	0.21	0.001
CH ₄ , g/kg of OM intake	22.0 ^a	19.8 ^b	16.3 ^c	10.5 ^d	0.72	0.001
CH ₄ , g/kg of NDF intake	63.8 ^a	59.3 ^a	50.7 ^b	27.5 ^c	2.19	0.001
CH ₄ , g/kg of digested OM	31.4 ^a	30.2 ^a	24.5 ^b	16.2 ^c	1.08	0.001
CH ₄ , g/kg of digested NDF	136.2 ^a	141.0 ^a	135.9 ^a	68.1 ^b	6.42	0.001
CH ₄ , g/kg of milk	17.4 ^a	17.9 ^a	12.2 ^b	8.1 ^c	0.94	0.001
CH ₄ , g/kg of 4% fat-corrected milk	19.3 ^a	16.4 ^{ab}	14.8 ^b	9.3 ^c	1.27	0.001
CH ₄ , % milk energy output	33.8 ^a	29.0 ^a	25.7 ^a	15.7 ^b	2.30	0.001

^{a-d}Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

¹C = control; CLS = diet C including crude linseed; ELS = diet C including extruded linseed; LSO = diet C including linseed oil.

yield, and fat content, and 4% FCM, is likely due to the fact that CLS did not release FA in the rumen fluid as rapidly as ELS and LSO did, and thus rumen function was not disturbed.

Diet Digestibility

In this experiment, supplying 5.7% lipids from linseed significantly reduced OM and fiber digestibility of a corn silage-concentrate diet fed to dairy cows. This negative effect has been shown in sheep at maintenance receiving a supplement of 5% (Cottyn et al., 1971) or 7% (Ikwuegbu and Sutton, 1982; Sutton et al., 1983) linseed oil in hay-concentrate diets. By contrast, other experiments in dairy cows [3% linseed oil with either a hay-based diet (Ueda et al., 2003) or a corn silage-based diet (A. Ferlay, INRA, Saint Genès Champanelle, France, and Y. Chilliard, unpublished data)] or dry cows [2.5% of FA from linseed or linseed oil, Doreau et al., in press], in lambs (6.7% linseed, i.e., 2.5% FA; Machmüller et al., 2000), or in sheep (10.5% linseed, i.e., 4.8% FA given 12 times/d; Wachira et al., 2000) did not show any decrease in cell wall digestibility due to lipids from linseed. Furthermore, Gonther et al. (2004) showed an increase in total digestibility of OM and fiber with a supplement of 3.5 to 4% FA from extruded linseed added to a grass and corn silage-based diet. From these experiments combined, it can be concluded that the amount of added lipids and their form of presentation (oil vs. seed) are major determining factors for the negative effect of linseed FA on digestibility. Providing linseed twice daily in the present study may have contributed to a high decrease in digestibility, because the effects on digestibility have been less in a study where cows were fed 3 times daily a diet with 3% linseed oil (Ueda et al., 2003). In addition, we speculate that the negative effect of lipids on digestion is more pronounced with corn silage diets than with hay diets, based on results from our study and the study by Ben Salem et al. (1993) in which cows were fed a diet containing 7% rapeseed oil.

In ruminants, about 90% of total digestible fiber is digested in the rumen, although a possible decrease

in ruminal fiber digestion can be partially compensated for by digestion in the large intestine. Thus, the 7-percentage unit decrease in NDF digestibility in the digestive tract observed in the present trial probably resulted from an even larger decrease in ruminal digestion (Ikwuegbu and Sutton, 1982; Sutton et al., 1983). Starch digestion was not altered by the 3 linseed FA supplements. This is consistent with previous data on different sources of lipids, in particular with linseed oil in cows (Ueda et al., 2003) and sheep (Ikwuegbu and Sutton, 1982) and linseed in lambs (Machmüller et al., 2000).

The absence of any differences in digestibility between CLS, ELS, and LSO diets was unexpected. It is generally thought that the inclusion of oil in seeds gives a partial protection against microbial attack or limits the effects of oil on ruminal microbes or both. For linseed, the present results suggest that linseed hulls did not prevent FA release in the rumen. Very few experiments have compared the effect of different forms of oleaginous seeds on digestion in ruminants. Gonther et al. (2004), comparing crude and extruded linseed, found no evidence for any difference between forms, in agreement with the present experiment. A similar absence of difference between crude and extruded oleaginous seeds has been shown by others (Ferlay et al., 1992; Petit et al., 1997) with soybean or rapeseed. Only a few comparisons between seeds and oils have been published. Pallister and Smithard (1987) reported a trend toward a lesser ruminal OM digestibility with extruded rapeseed than with crude rapeseed or rapeseed oil, as observed in our study for fiber digestibility with ELS compared with CLS and LSO ($P = 0.11$). Had we used more animals in our study, we might have detected the small differences among linseed treatments. According to the literature and the present data, the form of lipid supplementation does not seem to significantly modify diet digestibility, but more research is needed to conclude on this point.

Methane Emissions

Methane emissions obtained for the control diet (418 g/d and 17.4 g/kg of milk) are in agreement with those

reported in the literature (392 to 464 g/d and 14.3 to 19.6 g/kg of milk) with the tracer method (Lovett et al., 2005) and in respiratory chambers (Kinsman et al., 1995; Vermorel, 1995; Sauer et al., 1998) for dairy cows at a similar level of milk production (20 to 30 kg of milk/d). In our experiment, cows lost 6.7% of GE intake as eructed methane with the control diet, which was similar to values (6.2 to 6.7%) reported by Vermorel (1995) for dairy cows of similar breed and physiological and nutritional conditions and for small dairy ruminants such as ewes and goats (6.2 to 6.3%).

Supply of lipids from linseed significantly decreased the amount of CH₄ emitted by dairy cows, with a marked effect of the different forms of linseed FA (-12% with CLS, -38% with ELS, -64% with LSO compared with the C diet). Thus, inhibition of the ruminant methanogenesis may increase with the theoretical availability or release pattern of linseed FA (LSO > ELS > CLS) in the rumen, whereas no such difference was observed for digestibility. The decrease in methane emission with linseed oil in dairy cows confirms *in vitro* data (Broudiscou and Lassalas, 1991). A depressive effect of linseed FA on *in vivo* CH₄ emissions, quantified in respiratory chambers, has been shown in growing lambs supplemented with 6.7% of crushed whole linseed (i.e., 2.5% of oil; Machmüller et al., 2000) or in sheep at maintenance receiving 5% of linseed oil in intraruminal continuous infusion (Czerkawski et al., 1966a). In this last trial, the decrease in methane (-38%) was less than in the present study (-64%) with a similar level of linseed oil supplementation. However, the distribution pattern of oil differed between these 2 studies (continuous vs. twice daily). The negative effect of linseed oil FA on methanogenesis has been shown to be smaller when the same quantity of FA is distributed continuously compared with once (Czerkawski et al., 1966b).

The reduction in methanogenesis with added linseed FA cannot be explained by the reduction in intake. When methane emission is expressed per kilogram of OM or NDF intake, the same ranking between diets occurred in terms of their reduction in methane (LSO > ELS > CLS > C). However, when methane production was expressed per kilogram of digested NDF, it was similar for C, CLS, and ELS diets but was less for the LSO diet. Thus, the reduced fiber digestibility explained the decrease in methane production that occurred when diets were supplemented with CLS and ELS. The PUFA in free oil probably interact more rapidly with microorganisms in the rumen than FA in seeds. This is evidenced by a more pronounced shift of the VFA pattern toward propionate for oils than for seeds (Jouany et al., 2000). This effect may be emphasized by the mode of dispensing of the oil used in this study (twice daily by oral dosing) for the LSO diet. Thus, a shift in fiber digestion from the rumen to the large intestine may have occurred for the LSO diet, and, as a consequence, less methane was produced per unit of digested NDF. The omission of the hindgut methane by the SF₆ technique probably resulted in an underestimation of methane

production for the LSO diet compared with the other diets. We can assume that differences among diets in fiber digested in the rumen are greater than differences in the total tract. This has been shown by Sutton et al. (1983), who observed a larger decrease in OM digestion in the rumen (-19 points) than in the total tract (-3 points) in sheep supplemented with 7% linseed oil. Thus, had fiber digestion in the rumen been measured, it may have explained the differences in methanogenesis between the 3 diets containing FA from linseed.

Polyunsaturated FA decrease methane through a toxic effect on microorganisms involved in fiber digestion and hydrogen production such as protozoa (Doreau and Ferlay, 1995) and cellulolytic bacteria (Nagaraja et al., 1997). This effect, observed with all long-chain FA, is probably through an action on the cell membrane particularly of gram-positive bacteria. It has been shown *in vitro* that linolenic acid is particularly toxic for the 3 cellulolytic bacterial species (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, and *Ruminococcus flavefaciens*), because it disrupts cell integrity (Maia et al., 2006). In addition, a direct toxic effect of PUFA on methanogens that use hydrogen for methane production may have occurred, as shown *in vitro* with linseed oil hydrolysate (Prins et al., 1972). In this case, free hydrogen may accumulate in the gas mixture, resulting in growth inhibition of cellulolytic bacteria (Wolin et al., 1997), and fiber digestibility may be impaired as observed in the present experiment.

The effects of FA from linseed on methanogenesis were observed in our study for cows fed the different diets for 4 wk, but these results need to be confirmed in a longer-term study. An adaptation of the rumen microflora to oil supplementation over the long term may be possible, and the long-term persistence of methane-suppressing feed manipulations has been recognized as an important issue (Woodward et al., 2006; Grainger et al., 2008).

This study demonstrates that a 5.7% supply of lipids from linseed significantly decreases the quantity of CH₄ emitted daily by dairy cows, with a marked effect of the physical form of linseed FA. Inhibition of rumen methanogenesis appears to increase with the theoretical availability of linseed FA in the rumen. The use of linseeds in dairy cow diets may result in positive environmental effects. However, their use as a mitigating agent requires sustained long-term effect on methane without causing negative effects on animal performance. Effect of the different forms of linseeds or oil on milk quality in terms of FA profiles (increase in n-3 FA, CLA, *trans* FA, etc.) also needs to be assessed. Optimal conditions for the utilization of linseed FA in ruminant nutrition thus remains to be determined before recommending their use in commercial dairy production. Further work should consider lesser levels of linseed supply, the form of adding the linseed lipids to the diet (distribution pattern, variations in processing techniques), and the interaction with the nature of the basal diet (pasture, grass silage, hay, or corn silage).

LITERATURE CITED

- AFNOR. 1985. Aliments des animaux. Méthodes d'analyses françaises et communautaires. Dosage de l'amidon. Pages 123–125 in Méthode polarimétrique. 2nd ed. Assoc. Fr. Normalisation, Paris, France.
- Akram, F., M. C. Nicot, P. Juaneda, and F. Enjalbert. 2007. Conjugated linolenic acid (CLnA), conjugated linoleic acid (CLA) and other biohydrogenation intermediates in plasma and milk fat of cows fed raw or extruded linseed. *Animal* 1:835–843.
- Anonymous. 1988. Arrêté no. 87–848 du 19 avril 1988 fixant les conditions d'attribution de l'autorisation d'expérimenter. *J. Off. Répub. Fr.* 27 avril 1988. Statutory order No. 87–848:5707-5611. http://c-a.ifrance.com/vivisection/arrete_du_19_avril_1988.html Accessed Jul. 31, 2008.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 14th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Gaithersburg, MD.
- Ben Salem, H., R. Krzeminski, A. Ferlay, and M. Doreau. 1993. Effect of lipid supply in *in vivo* digestion in cows: Comparison of hay and corn-silages diets. *Can. J. Anim. Sci.* 73:544–557.
- Broudicou, L., and B. Lassalas. 1991. Linseed oil supplementation of the diet of sheep: Effect on the *in vitro* fermentation of amino acids and proteins by rumen microorganisms. *Anim. Feed Sci. Technol.* 33:161–171.
- Bu, D. P., J. Q. Wang, T. R. Dhiman, and S. J. Liu. 2007. Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:998–1007.
- Chilliard, Y. 1993. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. *J. Dairy Sci.* 76:3897–3931.
- Chilliard, Y., and A. Ferlay. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.* 44:467–492.
- Chilliard, Y., F. Glasser, A. Ferlay, L. Bernard, J. Rouel, and M. Doreau. 2007. Diet, rumen biohydrogenation, cow and goat milk fat nutritional quality: A review. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109:828–855.
- Cottyn, B., F. X. Buysse, and Ch. V. Boucqué. 1971. The effect of linseed oil fatty acids on digestibility and rumen function. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd.* 27:252–259.
- Czerkawski, J. W., K. L. Blaxter, and F. W. Wainman. 1966a. The metabolism of oleic, linoleic and linolenic acids by sheep with reference to their effects on methane production. *Br. J. Nutr.* 20:349–362.
- Czerkawski, J. W., K. L. Blaxter, and F. W. Wainman. 1966b. The effect of linseed oil and of linseed oil fatty acids incorporated in the diet on the metabolism of sheep. *Br. J. Nutr.* 20:485–494.
- Doreau, M., E. Aurousseau, and C. Martin. Effects of linseed fed as rolled seeds, extruded seeds or oil on organic matter and crude protein digestion in cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* In press.
- Doreau, M., and A. Ferlay. 1995. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: A review. *Livest. Prod. Sci.* 43:97–110.
- Ferlay, A., F. Legay, D. Bauchart, C. Poncet, and M. Doreau. 1992. Effect of a supply of raw or extruded rapeseeds on digestion in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 70:915–923.
- Gonthier, C., A. F. Mustafa, R. Berthiaume, H. V. Petit, R. Martineau, and D. R. Ouellet. 2004. Effects of feeding micronized and extruded flaxseed on ruminal fermentation and nutrient utilization by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:1854–1863.
- Gonthier, C., A. F. Mustafa, D. R. Ouellet, P. Y. Chouinard, R. Berthiaume, and H. V. Petit. 2005. Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 88:748–756.
- Grainger, C., T. Clarke, K. A. Beauchemin, S. M. McGinn, and R. J. Eckard. 2008. Supplementation with cottonseed reduces methane emissions and can profitably increase milk production of dairy cows offered a forage and grain cereal diet. *Aust. J. Exp. Agric.* 48:73–76.
- Ikwuegbu, O. A., and J. D. Sutton. 1982. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 48:365–375.
- INRA. 1989. Ruminant Nutrition. Recommended Allowances and Feed Tables. R. Jarrige, ed. INRA, Paris, France.
- Johnson, K. A., M. Huyler, H. Westberg, B. Lamb, and P. Zimmerman. 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environ. Sci. Technol.* 28:359–362.
- Jouany, J. P., B. Michalet-Doreau, and M. Doreau. 2000. Manipulation of the rumen ecosystem to support high-performance beef cattle. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 13:96–114.
- Kinsman, R., D. Sauer, H. A. Jackson, and M. S. Wolynetz. 1995. Methane and carbon dioxide emissions from dairy cows in full lactation monitored over a six-month period. *J. Dairy Sci.* 78:2760–2766.
- Loor, J. J., A. Ferlay, A. Ollier, M. Doreau, and Y. Chilliard. 2005. Relationship among *trans* and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *J. Dairy Sci.* 88:726–740.
- Lovett, D. K., L. J. Stack, S. Lovell, J. Callan, B. Flynn, M. Hawkins, and F. P. O'Mara. 2005. Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. *J. Dairy Sci.* 88:2836–2842.
- Machmüller, A., D. A. Ossowski, and M. Kreuzer. 2000. Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85:41–60.
- Maia, M. R. G., L. C. Chaudhary, L. Figueres, and R. J. Wallace. 2006. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. *Antonie Van Leeuwenhoek* 91:303–314.
- Martin, C., D. P. Morgavi, M. Doreau, and J. P. Jouany. 2006. Comment réduire la production de méthane chez les ruminants? *Fourrages* 187:283–300.
- Moss, A. R., J. P. Jouany, and J. Newbold. 2000. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 49:231–253.
- Nagaraja, T. G., C. J. Newbold, C. J. Van Nevel, and D. I. Demeyer. 1997. Manipulation of rumen fermentation. Pages 523–632 in *The Rumen Microbial Ecosystem*. P. N. Hobson and C. S. Stewart, ed. Blackie Acad. Prof. Press, London, UK.
- Offer, N. W., M. Marsden, and R. H. Phipps. 2001. Effect of oil supplementation of a diet containing a high concentration of starch on levels of *trans* fatty acids and conjugated linoleic acids in bovine milk. *Anim. Sci.* 73:533–540.
- Pallister, S. M., and R. R. Smithard. 1987. The digestion, by sheep, of diets containing different physical forms of rapeseed. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 109:459–465.
- Petit, H. V., R. Rioux, P. S. D'Oliveira, and I. N. Do Prado. 1997. Performance of growing lambs fed grass silage with raw or extruded soybean or canola seeds. *Can. J. Anim. Sci.* 77:455–463.
- Pinares-Patiño, C. S., R. Baumont, and C. Martin. 2003. Methane emissions by Charolais cows grazing a monospecific pasture of timothy at four stages of maturity. *Can. J. Anim. Sci.* 83:769–777.
- Prins, R. A., C. J. Van Nevel, and D. I. Demeyer. 1972. Pure culture studies of inhibitors for methanogenic bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek* 38:281–287.
- Sauer, F. D., V. Fellner, R. Kinsman, J. K. G. Kramer, H. A. Jackson, A. J. Lee, and S. Chen. 1998. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. *J. Anim. Sci.* 76:906–914.
- Sutton, J. D., R. Knight, B. McAllan, and R. H. Smith. 1983. Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diets supplemented with free and protected oils. *Br. J. Nutr.* 49:419–432.
- Tyrrell, H. T., and J. T. Reid. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.* 48:1215–1223.

- Ueda, K., A. Ferlay, J. Chabrot, J. J. Loor, Y. Chilliard, and M. Doreau. 2003. Effect of linseed oil supplementation on ruminal digestion in dairy cows fed diets with different forage:concentrate ratios. *J. Dairy Sci.* 86:3999–4007.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3538–3597.
- Vermorel, M. 1995. Productions gazeuses et thermiques résultant des fermentations digestives. Pages 649–670 in *Nutrition des Ruminants Domestiques, Ingestion et Digestion*. R. Jarrige, Y. Ruckbush, C. Demarquilly, M. H. Farce, and M. Journet, ed. INRA, Paris, France.
- Wachira, A. M., L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, K. Hallett, M. Enser, and J. D. Wood. 2000. Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *J. Agric. Sci.* 135:419–428.
- Ward, A. T., K. M. Wittenberg, and R. Przybylski. 2002. Bovine milk fatty acid profiles produced by feeding diets containing solin, flax and canola. *J. Dairy Sci.* 85:1191–1196.
- Wolin, M. J., T. L. Miller, and C. S. Stewart. 1997. Microbe-microbe interactions. Pages 467–491 in *The Rumen Microbial Ecosystem*. P. N. Hobson and C. S. Stewart, ed. Blackie Acad. Prof. Press, London, UK.
- Woodward, S. L., G. C. Waghorn, and N. A. Thomson. 2006. Supplementing dairy cows with oils to improve performances and reduce methane – Does it work? *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 66:176–181.

References

This article cites 38 articles, 2 of which you can access for free at:
<http://www.journalofanimalscience.org/content/86/10/2642#BIBL>

Citations

This article has been cited by 8 HighWire-hosted articles:
<http://www.journalofanimalscience.org/content/86/10/2642#otherarticles>

Listes des entreprises démontrant de l'intérêt pour le Projet Lin-GES

Municipalité	Personne contact	Nom de l'entreprise	Téléphone	Adresse	Adresse courriel	Courriel envoyé?	
Entreprises intéressés / membres du club							
St-Fabien	Frédéric Jean	Ferme Louman 2005 enr.	418-730-2666	6, 3e rang Est	fermelouman@outlook.com	Oui. 2020-05-26	Toujours intéressé par le projet. La fiche du participant est complétée. Sa conseillère en alimentation a été contactée. 2020-07-06 recontacté 5/11/2020, séparation et problèmes familiaux font qu'il ne participera pas au projet
St-Fabien	Éric Jean	La Ferme Rocaline inc.	418-732-8514	346, rang 2 Ouest	agrimaintenance@hotmail.ca	Oui. 2020-05-26	Ne cultive plus vraiment de céréales. Préfère passer son tour. 2020-07-06
Le Bic	Sylvain Bérubé	Ferme Flots-Bleus inc.	418-732-0850	1222, boulevard St-Germain O	sylvain.beru@globetrotter.net	Oui. 2020-05-26	N'est pas vraiment bien installé pour intégrer le lin. Représente beaucoup de travail supplémentaire. Devrait manipuler 3 fois le lin avant de le soigner. Pourrait faire partie du projet en dernier recours (s'il manque de participants). 2020-07-06
Le Bic	Sébastien d'Astous	Ferme Virage inc.	418-750-7745	2107, chemin du 3e-rang-du-Bic	dastous.seb@gmail.com	Oui. 2020-05-26	Préfère passer son tour. Représente un investissement considérable. Un peu froid à l'idée de soigner le lin rond et n'est pas très équipé pour le moudre à la ferme. 2020-06-07
Le Bic	Marc Beaulieu	Ferme Lucien Beaulieu	418-736-4674	1747, chemin du 3e-rang-du-Bic	marcbeau@globetrotter.net	Oui. 2020-05-26 + courriel 2020-07-08	Pas en mesure de le rejoindre. Je le recontacterai plus tard. 2020-07-06
St-Narcisse-de-Rimouski	Julie Duchesne	Ferme HDR Duchesne inc.	418-735-2396	332, route Taché	hrd Duchesne@gmail.com	Oui. 2020-05-26 + courriel 2020-07-08	Enfinement, vont passer leur tour. 2020-07-08
St-Gabriel-de-Rimouski	Sylvain Mailloux	Ferme Yvonique inc.	418-739-3643	111, chemin des 7-lacs Est	yvonique@globetrotter.net	Oui. 2020-05-26	Toujours intéressé par le projet. La fiche du participant est complétée. Sa conseillère en alimentation a été contactée. 2020-07-06 La ration a été ajustée, le producteur trouve trop cher le prix du lin par vache pour le projet n'est plus certain de vouloir participer, 2020-08-18
Les Hauteurs	Judith Perreault	Ferme Chatana inc.	418-750-0576	288, rue Principale	jonathandeschene@hotmail.ca	Oui. 2020-05-26	En a parlé avec son conjoint et ils préfèrent ne pas prendre part au projet. 2020-07-06
Les Hauteurs	Yannick Côté	Ferme Coya inc.	418-730-9402	210, rue Principale	coya@live.ca	Oui. 2020-05-26	Beaucoup de travail à la ferme cette année. Préfère passer son tour. 2020-07-06
St-Luc-de-Matane	Sylvie Lacoste	Ferme Vie-Belle inc.	418-560-2074 (cell)	71, rue Noël	ferme.viebelle@gmail.com	Oui. 2020-05-26	Ne prendra pas part au projet cette année. Plusieurs travaux à la ferme. 2020-07-06
Entreprises pouvant démontrer de l'intérêt / non-membres du club							
St-Fabien	Denis Brillant	Ferme Normand Brillant & Fils inc.	418-869-2731	256, 2e Rang Ouest		Pas de boîte vocale? 2020-05-26	Aucun retour.
St-Moïse	Luc Fraser/Jessica Lepage	Ferme Laifort inc.	418-776-2920 / 418-732-9617	122, route Thibeault	jlepage@jmp-consultants.com	Laissez message. 2020-05-26 + Courriel 2020-07-06 + Appel 2020-07-28	Intéressée à participer au projet. Soigne déjà du lin depuis quelques années. Nous fera parvenir certaines de ces données. 2020/11/05: En séparation. Prêt à nous transmettre ses données mais sans plus.
Sainte-Luce	Jean Côté	Ferme Blanco	418-750-0077			Oui. 2020-06-07	Souhaiter participer au projet. Nous faire parvenir des données.
Saint-Anaclet (Neigette)	Réjean Rodrigue	Ferme Rodrigue	418-732-4525 ou 418-750-4525				Cultivera du lin en 2021. Veut participer mais aimerait que le lin soit payé en partie par le projet.
St-Léandre	René/Benoît Blouin	Ferme Maridel & fils inc.	418-737-4513	2796, 8e Rang		Laissez message. 2020-05-26	Aucun retour.
St-Léandre	Guillaume Lamarre	Ferme Jean-Yves Lamarre inc.	418-737-1347	2862, 6e Rang	glamarre45@gmail.com	Oui. 2020-05-26 + courriel 2020-07-08	Aucun retour.
Saint-Damase	Bruno Robichaud et Edith Deschênes	Ferme Robichaud & Fils (2002) inc.	418-776-5217	7, 8e Rang Ouest		Laissez message	Seulement si le lin est payé.
Baie-des-Sables	Christian Beaulieu et Carole Castonguay*	Ferme du Littoral inc.	418-772-1314	194, route 132	contact@fromageriedulittoral.com	Oui. 2020-05-26 + courriel 2020-07-08	Non merci pour le moment. 2020-07-08
Baie-des-Sables	Antoni Ratté	Ferme Lamitrick inc.	418-772-6793	404, 4e Rang Ouest	antoniratte@hotmail.ca	Oui. 2020-05-26 + courriel 2020-07-08	Seulement si le lin est payé.
Baie-des-Sables	Jacques Bélanger et M-Christine Dupont	Ferme Marie-Jacques Bélanger	418-772-1305	250, Route 132 Est	mariejacques@hotmail.ca	Oui. 2020-05-26 + courriel 2020-07-08	Seulement si le lin est payé.
St-Ulric	Cyrille Bélanger et Caroline	Ferme Belvoie (2015) inc.	418-737-4055	2770, 5e Rang		Laissez message. 2020-05-26	Aucun retour.
St-Ulric	Jonathan Gagné	9150-4050 Qc inc. (Ferme du Village)	418-737-4686	3099, av. du Centenaire	Fille : Katrinagagne10@hotmail.com	Oui. 2020-05-26	Aucun retour.
Entreprises en hésitation							
Le Bic	Jérôme Chénard	Ferme Hâtée	418-725-9989	2129, route 132 Est	hatee@globetrotter.net		Non si c'est du tourteau
St-Fabien	Michel Boucher	Ferme Michel Boucher	418-750-8468	210, 2e rang Est	marie-line.brison@globetrotter.net		Ne fait plus le contrôle laitier. 2020-07-06
St-Anaclet-de-Lessard	Jean-Nil Fournier	Fermer Ronier St-Anaclet	581-624-0289	172, rue Principale	jeannilfournier@gmail.com		Non, si pas intégré dans une moulée complète (été 2019). Ne ne prévoyons pas formuler une moulée complète avec le lin. Risque d'être compliqué et dépendieux. Donc, aucun intérêt pour ce producteur. 2020-07-06
Entreprises ne démontrant pas d'intérêt actuellement							
Rimouski	Charles-Auguste Michaud	Ferme C.A. Michaud	418-723-9372	1324, boulevard St-Germain O			Non, Rénovation de la ferme, le stress aux vaches pourrait être une source d'erreur
Saint-Jean-de-Dieu	Louis-Denis Bastille	9292-6294 Qc inc. (Ferme Louvanssel)	418-714-4437	131, route 293 Sud			
Les Hauteurs	Patrick Claveau	Ferme Belles-Brunes	418-798-4608	269, Principale, C.P. 101			Non, Problème de régie de troupeau
Rimouski	Martin Gagné	Ferme Aganier inc.	418-722-1986	1175, route Bel-Air			Non, N'est pas avec Valacta, mais a déjà essayé le lin et cela fonctionne
Les Hauteurs	Marie-Pier Label	Ferme Roger Label inc.	418-750-2218	172, Principale			
St-Eugène-de-Ladrière	Guillaume D'Astous	Ferme Herval et fils inc.	418-869-3774	15, rue Principale			
St-Eugène-de-Ladrière	François Pigeon	Ferme Pichel inc.	418-732-1231	854, rang 5 Est			Non, rénovation
St-Eugène-de-Ladrière	Yvan Pigeon	9082-7742 Qc inc. (Ferme Janebert 2000)	418-869-3304	897, rang 5 Est			

* Intérêt réitéré à Jonathan Ferté le 12 février 2020

Écosphère, en partenariat avec le MAPAQ et Valacta, participe au projet «Lin et réduction des GES chez les bovins laitiers».

Le projet consiste à:

- Diminuer les GES provenant de la production laitière
- Profiter des bénéfices du lin sur les propriétés reproductives et productives chez la vache laitière
- Améliorer la composition du lait et la production laitière
- Introduire la culture du lin chez le plus de producteurs laitiers dans le Bas-Saint-Laurent pour diversifier les rotations de cultures



Partenaires dans ce projet



C.P. 1392, Rimouski (Qc) G5L 8M3
www.ecosphere.qc.ca

Téléphone : 418-725-7500
Télécopie : 418-725-7588
info@ecosphere.qc.ca

Lin et réduction des GES chez les bovins laitiers



Participer à un projet afin de développer une agriculture durable, et améliorer vos performances vous intéresse ?

Contactez Écosphère !
Marie-Claude Labrie, agr.
Émy Lampron, stagiaire
418-725-7500

Nous aimerions travailler avec vous !

Avantages du lin dans l'alimentation de la vache laitière

- Effets bénéfiques sur la qualité et la survie embryonnaire ainsi qu'une augmentation du taux de conception
- Meilleur ratio oméga 6/ oméga 3
- Amélioration du bilan énergétique chez les vaches en transition
- Diminution de certaines maladies (*métrite, mammite ou lipidose hépatique*)
- Impacts positifs sur la composition du lait et la production laitière
- Diminution des émissions de méthane (CH₄)
- Diminution (10%) de la perte d'énergie nette chez la vache par une meilleure valorisation de la ration



Avantages d'intégrer du lin dans vos rotations

- Diversifier les rotations culturales
- Couper les cycles de maladies

Culture :

- Peu exigeante en éléments fertilisants
- Adaptée aux conditions climatiques du Bas-St-Laurent
- Produit une bonne quantité et qualité de litière
- Ne nécessite pas d'équipements spécialisés



Implication au projet

- Compilation et suivi des résultats par Valacta durant 12 mois
- Nécessite l'introduction du lin dans l'alimentation d'une partie ou de la totalité du troupeau
- Possibilité d'acheter le grain et/ou de le produire

Si vous décidez de produire du lin :

- Suivi agronomique et cahier de régie, mise en place de la culture
- Nécessite la disponibilité d'une petite superficie à déterminer
- Rencontre obligatoire, afin d'évaluer l'application du protocole sur votre entreprise

Une rencontre avec nous ne vous engage à rien !

Conditions à respecter pour participer au projet

- Être client chez Valacta (minimalement au contrôle laitier) ou y adhérer
- Être situé dans la région du Bas-St-Laurent, idéalement dans un rayon se situant entre Trois-Pistoles et Matane...
- Utiliser une méthode d'alimentation permettant un suivi alimentaire individuel