

Evaluation environnementale de la ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou (49) : viande bovine et cultures en agriculture biologique.

Environmental impact of a beef and crop organic farming system on the experimental farm of Thorigné d'Anjou, Maine et Loire, France.

CHAMBAUT H. (1), COUTARD J.P. (2), FORTIN J. (2)

(1) Institut de l'Élevage, 9 rue André Brouard, CS 70510, 49105 ANGERS,

(2) Chambre d'Agriculture - Ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou - la garenne de la cheminée - 49220 Thorigné d'Anjou

INTRODUCTION

Alors que la préservation des ressources en eau dans les territoires conduit à limiter l'utilisation d'intrants par unité de surface, les problématiques globales, telles le réchauffement climatique, incitent à optimiser l'efficacité de transformation et à maintenir un certain niveau de productivité. L'agriculture biologique qui fournit des aliments produits sans pesticides ni engrais de synthèse est aussi concernée par ces différents enjeux environnementaux. La ferme expérimentale de Thorigné d'Anjou (49), produisant de la viande bovine en agriculture biologique sur 121 ha SAU, y travaille via le couplage cultures-élevage. Le système naisseur engraisseur de bœufs limousins est conduit en double période de vêlages (68 VA), le chargement animal (1.12 UGB/ha) est adapté au potentiel modeste des sols (RU 50 mm).

1. MATERIEL ET METHODES

Une évaluation des principaux impacts environnementaux (i.e. acidification, eutrophisation, réchauffement climatique) a été menée sur 5 ans (tab 1), en suivant une démarche de type « analyse de cycle de vie ». Les flux de minéraux (N, P) et de carbone (C) sont calculés grâce aux enregistrements des performances: pesées des animaux, des rations hivernales, des refus, tenus du planning de pâturage, du cahier de fertilisation, analyses des produits récoltés et composition des associations. Des prélèvements de sols effectués durant la saison de drainage (plus de 400 sur 12 parcelles représentatives), permettent une estimation de l'azote lessivé à partir de l'évolution des reliquats d'azote minéral et de la climatologie (Lixim, B. Mary et al 1999). Des facteurs d'émission (GES'TIM 2010) appliqués aux flux ainsi calculés, donnent les niveaux de pertes vers l'air (NH₃, NO, N₂O, CO₂, CH₄).

2. RESULTATS

2.1. INDICATEURS DE PRATIQUES

La recherche d'autonomie alimentaire, couplée à la productivité du troupeau, permet à la ferme d'être peu dépendante des intrants. Le bilan des minéraux, hors fixation symbiotique, est proche de l'équilibre et la consommation énergétique faible (tab. 1, énergie directe et indirecte). En comparaison aux fermes viande conventionnelles, de SAU et productivité voisines de celle de TA (Cedabio, 2013), le kilo de viande issu de la ferme expérimentale est **30% moins consommateur** d'énergie. De plus, les 143 m² de panneaux photovoltaïques posés sur la stabulation produisent plus d'électricité que la ferme n'en consomme pour son activité agricole (17 900 kWh vendu vs 12 000 kWh consommé).

2.1. RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Les émissions brutes de gaz à effet de serre sont de **11,4 kg eq CO₂/Kg** de viande vive produite à TA. Ceci est inférieur de 20% à la moyenne des 486 fermes viande du réseau d'élevage Inosys France¹, et de **25% inférieur** aux systèmes naisseurs engraisseurs de bœufs (AB et conventionnels). Un focus sur le pool d'exploitations en agriculture biologique des Pays de la Loire (16 fermes) montre que **l'avantage est conservé sur les différents impacts environnementaux** en termes d'émissions (Fig.1). Le stockage de carbone dans les

sols est néanmoins modéré du fait de la faible place occupée par la prairie permanente à TA.

Tableau 1 : Ferme expérimentale Thorigné d'Anjou 2008-12

Système d'exploitation		Résultats environnementaux	
UGB/ha SFP	1,12	Eutrop. Eq PO ₄ /ha	16,6
KG VV/UGB/an	311	Acid. Eq SO ₂ /ha	20,7
% Prairie Perm. /SAU	32	GES brut Eq CO ₂ /kgVV	11,4
Bilan N (kg/ha SAU)	41	Stockage C /GES brut	47%
Bilan P (kg/ha SAU)	- 3	Energie (GJ/kg VV)	1,6

3. DISCUSSION - CONCLUSION

Les résultats de la ferme montrent qu'il est possible de produire de la viande finie en agriculture biologique avec de très faibles impacts environnementaux. Elle renseigne les agriculteurs sur les moyens d'y parvenir (outil de démonstration). La productivité de viande par UGB, de 20% supérieure à celle des fermes AB (Cedabio 2013) est le fruit d'optimisations zootechniques (génétique IVMAT 10% sup., IVV 368 jours, 1er vêlage à 30,4 mois, finition des carcasses, Fortin 2015) et agronomiques (Coutard et al, 2012, 2014). Ceci demande une **maitrise technique et un investissement sur le long terme**. En absence d'intrants, des rotations de longue durée incluant des prairies et des légumineuses sont la clé de voute du raisonnement agronomique en AB. Dans le cas de la ferme de TA, un chargement modéré au pâturage, la présence de légumineuses prairiales et la productivité des prairies sont autant d'éléments favorables au stockage de carbone dans les sols (Soussana et al, 2009) ; ceci n'est pas intégré dans la méthodologie de calculs actuellement et devrait être développé à l'avenir.

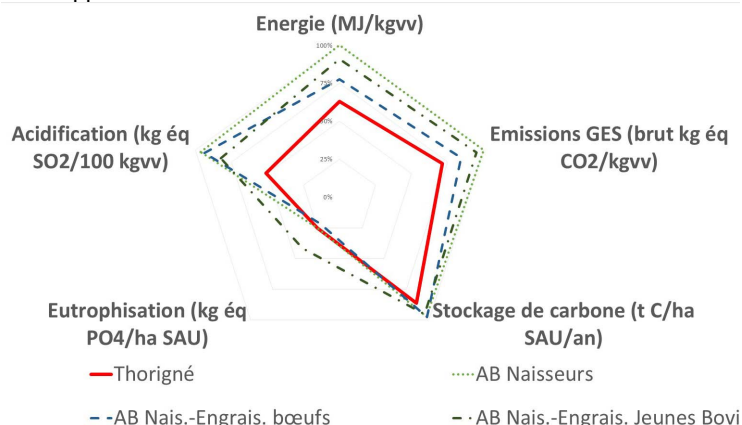


Figure 1 : Impacts environnementaux des fermes AB

Cedabio, 2013, Coll. l'essentiel Idele, 6.

Complémentarité cultures-élevage, les atouts de la Ferme expé. de Thorigné d'Anjou, 2016, Coll. l'essentiel. Idele, 9.

Coutard JP, Fortin J., 2014, Renc. Rech. Ruminants, 21, 93-96.

Coutard JP, Pierre P., 2012, Renc. Rech Ruminants, 19, 258-260.

(¹) Elevage et chang. climat. 2015. Coll. l'essentiel, Idele, 21p.

Fortin J., communication orale SPACE 2015, 11 diapositives.

GES'TIM, guide méthodologique, 2010, Idele, 157p.

Mary B., Beaudoin N., Justes E., Machel J.M., 1999, Eur. J. Soil Sci. 50, 549-566.

JF. Soussana, T. Tallec, V. Blanfort, 2010, Animal, 4:3, pp 334-350.

Quelle(s) méthode(s) de prédiction du méthane entérique pour inciter les éleveurs laitiers à réduire leurs émissions de GES ?

How to predict enteric methane production in dairy cows to encourage farmers to reduce their greenhouse gas footprint?

BESNIER E. (1), ROUILLE B. (2), GAILLARD A. (3), JACQUEROUD MP. (2), CHESNEAU G. (1), DOLLE JB. (2)

(1) VALOREX, La messayais, 35210 Combourtillé, France

(2) IDELE, Monvoisin, BP85225, 35652 Le Rheu Cedex

(3) BLEU-BLANC-CŒUR, La messayais, 35210 Combourtillé, France

INTRODUCTION

La réduction des émissions de méthane, issues des fermentations entériques (CH₄) des ruminants, apparaît comme un des principaux leviers d'atténuation des émissions de GES des élevages laitiers. Pour inciter les éleveurs à limiter l'impact carbone, au-delà de les conseiller sur des solutions nutritionnelles efficaces, il est nécessaire de leur apporter une méthode d'évaluation des émissions de méthane qui soit fiable et accessible.

A partir des méthodes de mesure de référence (chambres respiratoires, gaz traceur SF₆), de nombreux modèles de prédiction du CH₄ ont été développés, le plus souvent à partir de données de ration et d'ingestion. Ils sont caractérisés par une prédiction *a priori* (Ellis *et al.*, 2007), et plus récemment à partir de données de production et de composition du lait, alors considérés comme une prédiction *a posteriori* (Van Lingen *et al.*, 2014).

L'objet de cette étude vise à comparer ces deux approches en s'appuyant sur deux modèles reconnus et actuellement relayés dans les élevages et la filière laitière, en évaluant leur périmètre d'utilisation, leur fiabilité et leur accessibilité en élevage.

1. MATERIEL ET METHODES

Deux modèles de prédiction ont été retenus de par leurs reconnaissances scientifiques et institutionnelles :

1) Le modèle de prédiction « Ration » de Sauvant *et al.*, 2011 : Equation de prédiction des émissions de méthane entérique : CH₄(g/kg Matière Organique Digestible (MOD)) = 45,42 - 6,66 Matière Sèche Ingérée exprimée en % Poids Vif (MSI%PV) + 0,75 MSI%PV² + 19,65 Proportion de Concentré (PCO) - 35 PCO² - 2,69 MSI%PV * PCO

Equation de conversion de l'émission de méthane entérique exprimée en g/kg MOD en g/litre de lait

$$\text{CH}_4(\text{g/L lait}) = (((\text{CH}_4(\text{g/kg MOD}) - 4,68) / 1,32) \text{MSI}) / \text{PL}$$

2) Le modèle de prédiction « Lait » de Weill *et al.*, 2008 (méthodologie Bleu-Blanc-Cœur reconnue par le Ministère du Développement Durable en 2011 et par la Convention Cadre des Nations Unies sur le changement climatique en 2012) : CH₄(g/L lait) = (Acides Gras ≤ C16 : 0) * 11,368 * (PL)^{-0,4274}

Une base de données répertoriant tous les articles scientifiques disposant de l'ensemble des variables des deux modèles étudiés a été constituée. Elle se compose de 108 traitements issus de 30 publications scientifiques. Les données de rations, d'ingestion, de poids vif, de production laitière, de composition en acides gras du lait et de méthane évalué par méthodes de référence (chambre respiratoire, SF₆) ont été recueillies. Un tri pour ne retenir que les rations pratiquées sur le terrain nous a finalement permis d'étudier 74 traitements. L'unité fonctionnelle étudiée est le g de méthane par litre de lait.

2. RESULTATS

2.1. PERFORMANCES DES MODELES EN FONCTION DES RATIONS

Dans le périmètre de l'ensemble des rations étudiées, les modèles Ration et Lait obtiennent des prédictions

satisfaisantes avec respectivement des r² de 0,51 et 0,56 et des erreurs de prédictions faibles et équivalentes.

Dans le périmètre des rations avec ajout de lipides de type oméga 3, la prédiction de méthane par le modèle Ration ne permet pas de mettre en évidence un quelconque effet (r²=0,10). La baisse de CH₄ par l'apport de lin dans la ration n'est pas prédite par ce modèle (Fig.1). Le modèle Lait permet de la prédire correctement (r²=0,51). Ce dernier modèle s'applique indépendamment de la ration.

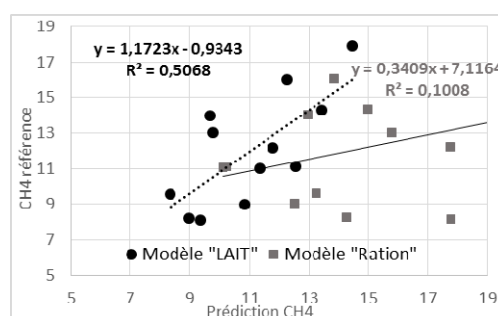


Figure 1 : Evaluation des Modèles de prédiction du CH₄ par la « Ration » et par le « Lait » sur les rations vaches laitières avec ajout de lipides de type oméga 3

2.2. ACCESSIBILITE DES MODELES EN ELEVAGE

La mise en œuvre du modèle Ration en élevage requière la remontée de plusieurs critères de rationnement (PCO, PL), l'estimation de plusieurs critères (PV, MSI), et est applicable à tous les ruminants laitiers et viandes. Ces critères permettent par ailleurs d'évaluer les émissions de CH₄ des déjections au travers de la matière organique non digérée dans le rumen.

Quant au modèle Lait, il nécessite la remontée de la PL et d'une analyse d'acide gras du lait. Grâce aux calibrations des analyses d'acides gras par infrarouge et aux échantillons de lait dont disposent les laboratoires interprofessionnels, l'accès en est facilité.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans le cadre d'une évaluation globale des émissions de GES en élevage de ruminants, le modèle par la Ration de Sauvant *et al.* (2011), est pertinent pour étudier toutes les catégories animales et toutes les rations, en dehors des rations avec ajout de lipide de lin ; il est donc plus générique. Dans le cadre d'une démarche d'incitation à la réduction du CH₄ entérique des vaches laitières, telle celle proposée par l'ajout de lin dans le cadre de la démarche Bleu Blanc Cœur, le modèle par le Lait de Weill *et al.* (2008) est judicieux. Ces deux modèles semblent complémentaires pour d'une part inciter les éleveurs à la réduction du CH₄ entérique avec des moyens de mesure répétés et fiables, et d'autre part réaliser des bilans annuels d'émissions de GES en élevage.

Sauvant, D., Giger-Reverdin, S., Serment, A., Broudiscou, L., 2011. INRA Productions Animales, 24 (5), 433-446

Weill P., Kerhoas N., Chesneau G., Schmitt B., Legrand P., Renaud J.P., 2008. Nutrition Clinique et Métabolisme, 21, S54-S152

Ellis, J.L., Kebreab, E., Odongo, N.E., McBride, B.W., Okine, E.K., France, J., 2007. J.Dairy Sci. 90:3456-3467

Van Lingen, HJ, Crompton, LA, Hendriks, WH, Reynolds, CK, Dijkstra, J., 2014. J Dairy Sci., 97 (11), 7115-32

Etude d'une nouvelle méthode de mesure des concentrations en ammoniac dans les bâtiments d'élevage bovin

Studying a new method for the measurement of ammonia concentration in dairy cattle buildings

EDOUARD N. (1), LECORGNE M. (1), LORINQUER E. (2)

(1) PEGASE, Agrocampus Ouest, INRA, 35590 Saint-Gilles, France

(2) Institut de l'élevage, Service Bâtiments Environnement, Monvoisin BP 85225, 35650 Le Rheu, France

INTRODUCTION

L'ammoniac (NH_3) est une source majeure de pollution de l'air : il est néfaste pour la santé animale et humaine et participe à l'eutrophisation et à l'acidification des milieux naturels. Or l'élevage bovin émet 50% des émissions ammoniacales de la France (Citepa 2014). Pour proposer des mesures visant à réduire ces émissions il est d'abord important de les quantifier précisément. Les méthodes de quantification sont diverses mais souvent lourdes et coûteuses. L'objectif de ce projet était d'étudier une nouvelle méthode de mesure des concentrations en NH_3 en bâtiment d'élevage bovin par l'utilisation de badges Alpha, reposant sur une méthode de piégeage acide passif. Cette méthode a pour avantage d'être simple d'utilisation (pose de badges en différents points du bâtiment, piégeage passif pendant 24h) et peu coûteuse (10€ par badge pour l'achat, ~30€ pour la préparation et l'analyse). La méthode des badges Alpha a été comparée avec deux techniques largement utilisées : une méthode par barbotage acide actif et une méthode par spectroscopie d'absorption infrarouge, à la fois en conditions contrôlées (salles closes à ventilation mécanique) et dans un bâtiment naturellement ventilé.

1. MATERIEL ET METHODES

En conditions contrôlées, la méthode des badges Alpha a été comparée à la méthode par barbotage acide actif (acide sulfurique à 0.5 mol/L, débit d'air à 150 L/h) et la méthode par spectroscopie (analyseur de gaz INNOVA 1412). Deux salles d'élevage à ventilation contrôlée logeant chacune 3 vaches laitières sur litière paillée ont été utilisées. Dans chacune d'elles, l'air entrant et sortant a été échantillonné au niveau des gaines de soufflage et d'extraction. Les mesures ont été réalisées durant 8 répétitions de 24h dans les deux salles.

En bâtiment, la méthode des badges a été comparée à la méthode par barbotage acide actif seulement. Quatre points d'échantillonnage ont été choisis : 1 à l'extérieur et 3 dans le bâtiment (2 au niveau de l'aire d'alimentation et 1 au-dessus des logettes). Pour les badges uniquement, 3 points de mesure supplémentaires ont été réalisés (1 à l'extérieur de l'autre côté du bâtiment et 2 au-dessus des logettes) afin d'étudier la variabilité spatiale des concentrations. Les mesures ont été réalisées durant 7 répétitions de 24h. Les concentrations en NH_3 ont été obtenues soit directement (analyseur par spectroscopie), soit après extraction des solutions acides. Pour la méthode Alpha, le calcul de la concentration repose sur la moyenne de 3 badges contigus (répétabilité = 0.02 mg/L) et le volume d'air théorique ayant diffusé à travers le badge (Tang et al., 2001). La comparaison des méthodes est basée sur l'analyse des ratios de concentrations en NH_3 (test t, moyenne théorique = 1).

Tableau 1 : Analyse des ratios moyens de concentrations en ammoniac mesurées par différentes méthodes

Conditions	Mesure	Ratio de $[\text{NH}_3]$	N	Moyenne	Ecart type	P
Contrôlées	Entrée air	Badge/barbotage	6	1,50	0,34	< 0,01
		Badge/analyseur	6	1,10	0,17	NS
	Sortie air	Badge/barbotage	12	1,03	0,09	NS
		Badge/analyseur	16	0,99	0,12	NS
Bâtiment	Int et Ext	Badge/barbotage	24	0,87	0,11	< 0,001

2. RESULTATS

2.1. CONDITIONS CONTROLEES

En conditions contrôlées, les concentrations mesurées sur l'extraction d'air ne sont pas significativement différentes quelle que soit la méthode (Tableau 1). En entrée d'air, les concentrations élevées mesurées par les badges ont sans doute été biaisées par des phénomènes de turbulence dans les gaines de soufflage.

2.2. BATIMENT A VENTILATION NATURELLE

En bâtiment, une différence est observée entre les badges Alpha et la méthode par barbotage actif ($P < 0,001$), la concentration en ammoniac étant en moyenne sous-estimée de 13% avec les badges Alpha (Tableau 1). L'analyse spatiale des 5 badges positionnés dans le bâtiment montre une certaine hétérogénéité des concentrations (fréquentation des animaux, présence de déjections...). A l'extérieur, la concentration mesurée dépend du sens du vent.

3. DISCUSSION

Ces résultats mettent en évidence la cohérence des valeurs fournies par les badges Alpha comparées à des méthodes réputées précises mais nettement plus lourdes à mettre en œuvre. Si le biais est systématique, un facteur de correction pourrait être proposé afin de gagner en précision. A l'étable, quelques points de mesure représentatifs de la variabilité spatiale des concentrations permettraient donc de bien refléter la concentration moyenne en ammoniac du bâtiment. Des points de mesure doivent également être placés à l'extérieur du bâtiment au niveau de chaque entrée d'air possible pour caractériser le gradient de concentration sortie-entrée en fonction du sens du vent.

CONCLUSION

Cette nouvelle technique doit encore être améliorée afin de gagner en précision. Néanmoins le badge Alpha semble être une méthode prometteuse qui permettrait de multiplier les mesures en bâtiment d'élevage grâce à sa simplicité d'utilisation et son faible coût.

Les auteurs remercient l'ADEME et le département INRA PHASE pour le financement de cette étude.

Citepa, 2014. <http://www.citepa.org/fr/>

Tang Y.S. et al, 2001 The Scientific World 1, 513–529

Evaluation de la variation du méthane entérique par le système Greenfeed suite à l'incorporation de lin extrudé Tradi-Lin® dans la ration de taurillons à l'engraissement.

Evaluation of enteric methane mitigation by the Greenfeed system with Tradi-Lin® extruded linseed in the diet of fattening bulls

CHESNEAU G. (1), MAUPETIT D. (2), GUILLON C. (3), GOUMAND E. (3), MAIRESSE G. (1), RENAND G. (4)

(1) VALOREX, La messayais, 35210 Combourtille, France

(2) INRA, Domaine Bourges-La Sapinière, 18390 Osmoy, France

(3) TERRENA, La Noelle, 44 Ancenis, France

(4) INRA, UMR1313 GABI, 78352, Jouy en Josas, France

INTRODUCTION

Le lin extrudé est connu pour réduire les émissions de méthane entérique (CH₄) des ruminants, notamment sur vaches laitières (Martin *et al.*, 2008 et 2016), et ce de manière durable dans le temps (Martin *et al.*, 2010).

En bovin viande, Eugène *et al.* (2011), ont également mis en évidence, tout au long de l'engraissement de taurillons, une baisse durable du CH₄, mais l'effet des lipides du lin était confondu avec un apport combiné d'amidon.

Aussi, toutes ces études ont été réalisées en s'appuyant sur des méthodes de mesure bien référencées (chambres respiratoires, gaz traceur SF₆).

L'objet de cette étude vise à évaluer par le système Greenfeed l'effet isolé du lin extrudé Tradi-Lin® sur les émissions de CH₄ pendant l'engraissement de taurillons.

1. MATERIEL ET METHODES

Quarante-six taurillons charolais répartis équitablement entre deux lots et sur les deux années de répétition ont ingérés de l'aliment et de la paille distribuée à volonté.

L'aliment de l'essai à base de lin extrudé Tradi-Lin® a été formulé en suivant les recommandations de Valorex, sur matrice Terrena, pour être comparé à l'aliment témoin historiquement en place dans la station Inra de Bourges pour l'engraissement des taurillons charolais, et pour répondre au cahier des charges Bleu-Blanc-Cœur.

Compte tenu de l'effet des lipides du lin sur les protozoaires (Doreau *et al.*, 2015), affectant ainsi la concentration en NH₃ dans le rumen (Ivan *et al.*, 2003), un supplément d'azote, notamment sous forme soluble, est préconisé.

Tableau 1 : Composition des rations

	Aliment témoin Standard	Aliment Essai Tradi-Lin®
Ingrédients (% matière brute)		
Pulpe de Bett.	22,8	35
Luzerne	29,5	15
Céréales- Coproduits	38,8	21,2
Tourteaux	3,3	17,8
Lin Extrudé TradiLin®	0	5,8
Liquide – Sel - CMV	5,6	5,2
Composition nutritionnelle (sur matière sèche)		
UFV (/kg)	0,74	0,86
PDIA (g /kg)	38	51
PDIN (g/kg)	90	100
PDIE (g/kg)	85	107
Protéine brute (%)	13,9	16,0
Mat Grasse (%)	2,5	3,9
NDF (%)	36,6	32,3
Amidon (%)	10,6	10,0

Les aliments « témoin » et « essai » étaient distribués à l'auge et « en appât » dans le Greenfeed. Le flux de méthane entérique émis par les taurillons est la moyenne des flux mesurés lors de chaque visite, avec 94,4 visites de 243 secondes en moyenne par taurillon.

Suite à une période de transition alimentaire de trois semaines et d'adaptation aux Greenfeed de quatre semaines, les performances des animaux ont été mesurées et les

émissions de CH₄ relevés avec le système Greenfeed pendant huit semaines la 1^{ère} année et sept semaines la 2^{ème} année. Les données ont été analysées dans un modèle linéaire comportant l'effet des quatre groupes de contemporains contrôlés (2 années x 2 traitements). L'effet de chacun des traitements a été obtenu en combinant les effets des deux groupes de contemporains concernés.

2. RESULTATS

En suivant les recommandations de formulation, la composition de l'aliment « Essai » se distingue par une plus grande concentration d'énergie et de matières azotées.

Les taurillons des deux lots consomment une quantité semblable d'aliments mais la croissance du lot « essai » est nettement supérieure (1780 vs 1440 g/jour) ; ce qui se traduit par 31% d'amélioration de l'indice de conversion sur la matière sèche, 13% sur l'énergie et 14% sur la protéine.

Tableau 2 : Résultats d'ingestion, de production et d'émissions de méthane entérique des taurillons

	Témoin n=23	Essai n=23	Prob
Age initial (jours)	407	395	<0,01
Poids initial (kg)	493	475	NS
Ingestion (kg)	10,8	10,9	NS
GMQ (g/j)	1336	1780	<0,001
IC	8,6	6,3	<0,001
CH ₄ (g/jour)	155	162	NS
CH ₄ (g/kg ingéré)	14,6	14,8	NS
CH ₄ (g/kg GMQ)	121	92	<0,01

L'apport de lipide de type oméga 3 remplace une part d'énergie sous forme de glucides (= substrat méthanogène). Toutefois, cela entraîne une émission de CH₄ identique entre les lots en g/j ou en g/kg ingéré.

Exprimée en g/kg GMQ, la différence de CH₄ émis est très significative. Elle atteint 92 g/kg de GMQ dans le lot essai contre 121 dans le lot témoin, soit 24% de baisse.

3. DISCUSSION ET CONCLUSION

Par cet essai, nous confirmons l'effet du lin extrudé Tradi-Lin® sur la réduction de CH₄ entérique exprimé en g/kg de GMQ. Une réduction similaire (-24%) par rapport au même aliment témoin avait été obtenue avec une ration associant une forte teneur en amidon avec la même proportion de lin extrudé Tradi-Lin® sur le même type d'animaux à l'engrais (Eugène *et al.*, 2011). Dans la présente étude, les deux aliments contiennent la même proportion d'amidon et l'effet observé sur la réduction de CH₄ entérique exprimé en g/kg de GMQ peut être plus facilement relié à la présence de lin extrudé Tradi-Lin® dans l'aliment. Ces résultats témoignent d'une très bonne efficacité de fonctionnement du rumen.

Etude soutenue par le fond européen CIP Eco-innovation.

Doreau, M. 2015. Oléagineux Corps gras Lipides, 22(6):D611

Eugène, M. 2011. Animal Feed Science and Tech., 166, 330-337

Ivan, M. 2003. Can. J. Anim. Sci. 83:809-817.

Martin, C. 2008. INRA Productions Animales, 24 (5), 433-446

Martin, C. 2010. Nutrition Clinique et Métabolisme, 21, S54-S152

Martin, C. 2016. J.Dairy Sci. 90:3456-3467