



**HAL**  
open science

## Is a usual ration compatible with low levels of enteric methane emissions from dairy cows during the first 6 months of lactation?

J. Jurquet, T. Dechaux, Yvonne Rochette, M. Gele, Gillier M., M. Prezelin, Anne Ferlay, Cécile Martin

### ► To cite this version:

J. Jurquet, T. Dechaux, Yvonne Rochette, M. Gele, Gillier M., et al.. Is a usual ration compatible with low levels of enteric methane emissions from dairy cows during the first 6 months of lactation?. 25. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants (3R 2020), Institut de l'Élevage; inrae, Dec 2020, Paris, France. pp.110-114. hal-03930804

**HAL Id: hal-03930804**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03930804>**

Submitted on 9 Jan 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Une ration de terrain est-elle compatible avec de faibles niveaux d'émissions de méthane entérique des vaches laitières au cours des 6 premiers mois de lactation ?

JURQUET J. (1), DECHAUX T. (2), ROCHETTE Y. (4), GELE M. (1), GILLIER M. (3), PREZELIN M. (3), ROINE D. (3), FERLAY A. (4), MARTIN C. (4)

(1) Institut de l'Élevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex, France

(2) Institut de l'Élevage, Maison Nationale des Éleveurs, 149 Rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12, France

(3) Ferme expérimentale des Trinottières, 49140 Montreuil sur Loir, France

(4) Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

### RESUME

L'essai réalisé à la ferme expérimentale des Trinottières avait pour objectif de quantifier, au cours des 6 premiers mois de lactation, l'effet de 3 régimes contrastés sur les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) entérique des vaches laitières (VL) et leurs performances zootechniques. Quarante-cinq VL Holstein réparties en 3 lots (blocs complets équilibrés), recevaient la même ration durant les 5 premières semaines de lactation, puis à partir de la 6<sup>ème</sup> semaine, l'une des 3 rations expérimentales : Trino, CH<sub>4</sub><sup>-</sup> et CH<sub>4</sub><sup>+</sup>. La ration Trino (67% d'ensilage de maïs ; EM) est la ration habituellement distribuée de la ferme et s'approche de rations hivernales rencontrées sur le terrain dans l'Ouest de la France (25% d'amidon et 3% de lipides). Les rations CH<sub>4</sub><sup>-</sup> et CH<sub>4</sub><sup>+</sup> étaient volontairement contrastées du point de vue de leurs effets éventuels sur les émissions de CH<sub>4</sub>. La ration CH<sub>4</sub><sup>-</sup> mobilisait des leviers pour limiter les émissions de CH<sub>4</sub> (24% d'amidon et 4,8% de lipides) alors que CH<sub>4</sub><sup>+</sup> était conçue pour les favoriser au moyen d'une teneur en paille plus élevée (42 % de NDF) et très peu d'amidon (1%). Les rations couvraient les besoins des VL et présentaient un rapport PDIE/UFL comparable. Les performances zootechniques ont été mesurées régulièrement sur toute la période de l'essai. Les émissions quotidiennes de CH<sub>4</sub> étaient mesurées avec deux systèmes GreenFeed de la 11<sup>ème</sup> à la 26<sup>ème</sup> semaine de lactation. Les VL du lot Trino et CH<sub>4</sub><sup>-</sup> ont produit en moyenne significativement plus de lait corrigé des taux butyreux et protéiques (LC) que celles du lot CH<sub>4</sub><sup>+</sup> (+6,8 kg/VL/j en moyenne), et ingéré davantage (+6,6 kg MS/VL/j en moyenne). Les émissions quotidiennes de CH<sub>4</sub> (g/j) des 3 régimes (348 ±56g/j/VL en moyenne) ne diffèrent ni en fonction de la ration ni au cours du temps et représentent une perte énergétique faible (en moyenne de 4,5% de l'énergie brute ingérée). Par kg de MSI, les VL des lots Trino et CH<sub>4</sub><sup>-</sup> ont émis en moyenne 24% de CH<sub>4</sub> de moins que celles du lot CH<sub>4</sub><sup>+</sup> (14,0 vs 18,4 g/kg MSI, sans différence significative entre les lots Trino et CH<sub>4</sub><sup>-</sup>). Ramenée au kg de LC, la tendance est la même avec des émissions de CH<sub>4</sub> inférieures de 13% en moyenne pour les VL des lots Trino et CH<sub>4</sub><sup>-</sup> comparées aux VL du lot CH<sub>4</sub><sup>+</sup> (9,8 vs 11,3 g/kg LC). Ces différences de CH<sub>4</sub> (g/kg MSI et g/kg LC) s'accroissent avec le stade de lactation. Cet essai confirme, sur le long terme, qu'une alimentation riche en amidon et en lipides réduit les émissions de CH<sub>4</sub> entérique des VL par kg de lait et par kg MSI. Cependant, une ration à base d'ensilage de maïs pratiquée sur le terrain, telle que la ration Trino, permet d'atteindre les mêmes niveaux d'émissions, sans suppléments ni surcoûts, à condition qu'elle soit bien valorisée.

## Is a usual ration compatible with low levels of enteric methane emissions from dairy cows during the first 6 months of lactation?

JURQUET J. (1), DECHAUX T. (2), GELE M. (1), GILLIER M. (3), PREZELIN M. (3), ROINE D. (3), FERLAY A. (4), MARTIN C. (4)

(1) Institut de l'Élevage, 42 rue Georges Morel, CS 60057, 49071 Beaucouzé cedex, France

### SUMMARY

The goal of this trial conducted at the Trinottières experimental farm was to quantify, during the first 6 months of lactation, the effect of 3 contrasted diets on enteric methane (CH<sub>4</sub>) emissions from dairy cows and their dairy performances. 45 Holstein cows divided into 3 groups (complete balanced blocks) were fed with the same ration during the first 5 lactation weeks, and then from the 6<sup>th</sup> lactation week, they were separated and were fed one of the 3 experimental diets: Trino, CH<sub>4</sub><sup>-</sup> and CH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Trino diet (67% maize silage; MS) is diet usually distributed in the farm and is close to winter diets in Western France. CH<sub>4</sub><sup>-</sup> and CH<sub>4</sub><sup>+</sup> diets were deliberately contrasted in terms of the expected CH<sub>4</sub> emissions. CH<sub>4</sub><sup>-</sup> mobilized levers to reduce CH<sub>4</sub> emissions (24% starch and 4.8% lipids of diet DM) while CH<sub>4</sub><sup>+</sup> was designed to increase them by increasing fiber (42% NDF) and strongly decreasing starch (1%) content in the diet. Diets covered cows energy and protein requirements and had nearby PDIE/UFL ratios. Dairy performances were recorded regularly during the experiment. Daily CH<sub>4</sub> emissions were measured with two GreenFeed systems from the 11<sup>th</sup> to the 26<sup>th</sup> week of lactation. Cows of Trino and CH<sub>4</sub><sup>-</sup> groups produced on average significantly more Fat and energy corrected milk (FPCM) than those of the CH<sub>4</sub><sup>+</sup> one (+ 6.8 kg/d on average) and consumed more (+6, 6 kg DM/ d on average). Daily CH<sub>4</sub> emissions (g/d) induced by the 3 diets (348 ±56 g/d/cow on average) do not differ according to the diets or over time and represent a low energy loss (on average 4.5 % of gross energy intake). Per kg of DMI, cows of the Trino and CH<sub>4</sub><sup>-</sup> groups emitted on average 24% less CH<sub>4</sub> than those of the CH<sub>4</sub><sup>+</sup> one (14.0 vs 18.4 g / kg MSI). Compared to FPCM, the trend is the same with CH<sub>4</sub> emissions lower by on average 13% for the cows of Trino and CH<sub>4</sub><sup>-</sup> groups compared to cows of the CH<sub>4</sub><sup>+</sup> one (9.8 vs 11.3 g/kg FPCM). These differences in CH<sub>4</sub> emissions (g/kg DMI and g/kg FPCM) increase with the lactation stage. This trial confirms, over the long term, that a diet rich in starch and lipids reduces enteric CH<sub>4</sub> emissions from cows per kg of milk and per kg DMI. However, a maize silage-based diet used on field achieves the same emission levels, without supplements or additional costs, provided that it is well valued.

## INTRODUCTION

Les ruminants, en particulier les bovins, jouent un rôle important dans l'alimentation humaine en convertissant des ressources riches en fibres végétales, non consommables par l'Homme, en denrées alimentaires de haute valeur nutritionnelle. Cependant, cette faculté liée à leur processus de digestion, produit des gaz à effet de serre (GES) impliqués dans le réchauffement climatique. En France, 17,4% des GES sont d'origine agricole (Citepa, 2017). L'élevage bovin en est le principal contributeur (60,4%) et le méthane (CH<sub>4</sub>) issu des fermentations entériques des ruminants représente à lui seul la moitié des GES émis par les élevages laitiers (Foray et Gac, 2018). Réduire les émissions de GES est donc un enjeu majeur pour la filière bovin lait. Face à ce défi, onze acteurs de la filière production animale se sont associés à INRAe au sein d'un consortium de recherche dans le but de quantifier, comprendre et prédire la méthanogenèse des bovins. C'est dans ce cadre qu'un essai a été mis en place par l'Institut de l'Élevage (Idele) et INRAe à la ferme expérimentale des Trinottières (49) dans le but de quantifier, au cours des 6 premiers mois de lactation, l'effet de 3 régimes de composition contrastée sur les performances zootechniques et les émissions entériques de CH<sub>4</sub> des vaches laitières.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'essai a été conduit de septembre 2017 à mai 2018 sur 45 vaches laitières (VL) Prim'Holstein (12 primipares et 33 multipares) réparties en trois lots en blocs complets équilibrés (date de vêlage, poids vif (PV), lait brut (LB), taux protéique (TP) et taux butyreux (TB) pour les multipares, date de vêlage, PV, index INEL pour les primipares). Du vêlage à la fin de la 5<sup>ème</sup> semaine de lactation, elles étaient alimentées avec une même ration (ration pré-expérimentale), puis de la 6<sup>ème</sup> semaine de lactation à la 26<sup>ème</sup> semaine, elles ont été réparties en 3 lots et ont reçu l'une des trois rations expérimentales : Trino, CH<sub>4</sub>- ou CH<sub>4</sub>+. Durant la période pré-expérimentale, il n'y a pas d'effet significatif du traitement pour les variables PV, LB, TP et TB (avec respectivement P=0,56 ; 0,1 ; 0,1 et 0,76) ce qui confirme l'homogénéité des 3 lots expérimentaux.

### 1.2. REGIMES EXPERIMENTAUX

La composition des rations expérimentales est présentée dans le tableau 1. Le régime Trino, à base d'ensilage de maïs et de tourteau de colza, correspond à la ration témoin distribuée habituellement à la ferme expérimentale et s'approche de rations hivernales rencontrées sur le terrain dans l'Ouest de la France. Les régimes expérimentaux CH<sub>4</sub>- et CH<sub>4</sub>+ sont volontairement contrastés du point de vue de leurs effets potentiels sur les émissions de CH<sub>4</sub> attendues. Dans cet objectif, la ration CH<sub>4</sub>- mobilise des leviers orientant les fermentations ruminales vers la synthèse d'acide propionique (amidon et lipides) connue pour réduire la méthanogénèse dans le rumen. A l'inverse, la ration CH<sub>4</sub>+ est conçue pour favoriser la synthèse d'acide acétique dans le rumen grâce à

un régime riche en parois végétales, favorisant la production de CH<sub>4</sub>. La ration pré-expérimentale se composait d'un tiers de chacune des trois rations expérimentales. Les rations Trino, CH<sub>4</sub>- et CH<sub>4</sub>+ présentaient des concentrations énergétiques proches (respectivement, 0,92, 0,95 et 0,99 UFL/kg MS) et un niveau protéique comparable (respectivement, 91, 92 et 94 g PDIE/kg MS) permettant de couvrir les besoins des animaux. Les rations se présentaient sous forme de rations semi-complètes avec 96 % des ingrédients (tous les fourrages et une partie des concentrés) mélangés et distribués une fois par jour à l'auge. Le reste (4%) se présentait sous forme de concentré de production granulé distribué individuellement par deux systèmes GreenFeed dans le but d'attirer les animaux et mesurer leurs émissions de gaz pendant la visite (cf § 1.3).

### 1.3. MESURES ET ANALYSES

L'ingestion (MSI), le LB et le PV de chaque vache ont été mesurés quotidiennement. Le TB et le TP de chaque vache ont été analysés deux fois par semaine. La note d'état corporel (NEC) de chaque vache a été appréciée visuellement toutes les deux semaines sur une échelle de 0 à 5.

Les émissions individuelles de CH<sub>4</sub> ont été mesurées à l'aide de deux Greenfeed (C-Lock Inc., Rapid City, SD) positionnés dans la stabulation des vaches laitières. Les vaches avaient librement accès aux deux appareils qui étaient équipés d'un distributeur de concentré pour les attirer dans l'auge et collecter les gaz expirés de l'animal. Les Greenfeed étaient calibrés pour distribuer 6 doses de 40 g de concentré toutes les 20 secondes par visite avec un intervalle minimum entre visite de 3 heures. A chaque visite, la concentration de CH<sub>4</sub> et le débit d'air ont été mesurés pour déterminer les émissions de CH<sub>4</sub> (g/j). Le nombre quotidien de visites au GF était en moyenne de 2,8 ± 0,4 visites par animal, soit 19,6 ± 2,8 visites par semaine.

### 1.4. ANALYSE DES DONNEES

L'ensemble des données zootechniques et des émissions de CH<sub>4</sub> ont été moyennées par semaine de lactation. Pour les mesures de CH<sub>4</sub>, un minimum de 20 mesures élémentaires d'émission de CH<sub>4</sub> est requis pour obtenir des émissions moyennes de CH<sub>4</sub> reproductibles et fiables (Manafiazar et al, 2017) et ont aussi été agrégées à la semaine physiologique. Par ailleurs, seules les données d'émission de CH<sub>4</sub> des semaines 11 à 26 ont été analysées, les semaines 6 à 10 étant considérées comme une phase de transition alimentaire. Les analyses portent sur les données collectées de la semaine 11 à la semaine 26 décomposées en 4 périodes de 4 semaines : P1 (semaines 11 à 14), P2 (semaines 15 à 18), P3 (semaines 19 à 22) et P4 (semaines 23 à 26).

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R avec un modèle mixte sur données répétées prenant en compte le traitement (Trait ; n=3), la parité (Pa ; n=2) et la période (Pé ; n=4) en effets fixes. Les effets vaches et blocs ont été pris en compte en effets aléatoires. Le modèle utilisé est le suivant : Y= Trait + Pa + Pé + Trait\*Pa + Trait\*Pé + Trait\*Pa\*Pé + Bloc(vache).

<i>Composition (en % de la matière sèche)</i>	<b>Pré-expé</b>	<b>Trino</b>	<b>CH<sub>4</sub>-</b>	<b>CH<sub>4</sub>+</b>
Ensilage de maïs	34,4	67,2	62,8	-
Ensilage de ray grass d'Italie	29,3	-	-	62,8
Paille de blé	0,9	2	-	-
Rumiplus	2,3	-	8	-
Tourteau de colza industriel	19,1	25,4	16,4	13,5
Concentré de production 17% MAT (distribué au Greenfeed)	4,5	4,4	4,4	4,7
Pulpes de betteraves déshydratées	5,9	-	-	18,6
Tradi Méga (69 % graines de lin extrudées, 29 % son de blé, 2% urée alimentaire)	2,7	-	7,7	-
Urée et complément minéraux et vitaminiques	0,8	1,0	0,6	0,4
<i>Compositions chimique et valeurs nutritionnelles</i>				
Matières azotées totales (%)	14,2	13,8	14,2	14,6
Amidon (%)	16,7	25,2	23,8	1,1
Neutral Detergent Fiber (%)	40,7	40,6	39,7	41,9
Matières grasses (%)	3,7	3,2	4,8	2,9
UFL (/kg MS)	0,95	0,92	0,95	0,99
PDIE/UFL (g) et PDIN/PDIE	97 – 1,06	99 – 1,05	97 – 1,04	95 – 1,08

**Tableau 1** : Compositions et valeurs nutritives des rations expérimentales

## 2. RESULTATS

Les résultats de significativité des effets testés sont présentés dans le tableau 2.

	Tr	Pa	Pé	Tr*Pa	Tr*Pé	Tr*Pa*Pé
Ingestion (kg MS/j)	***	***	***	NS	***	NS
LB (kg)	***	***	***	*	***	NS
LC <sub>(1)</sub> (kg)	***	***	*	***	***	NS
TB (g/kg)	*	NS	**	*	NS	NS
TP (g/kg)	**	**	***	NS	*	NS
PV (kg)	***	***	***	NS	***	NS
NEC	***	*	***	NS	***	NS
CH4 (g/j)	NS	***	NS	NS	NS	NS
CH4 (g/kg LC)	***	NS	***	*	**	NS
CH4 (g/kg MSI)	***	NS	**	NS	*	NS
EB CH4/EB <sub>(2)</sub> ingérée (%)	***	NS	***	NS	NS	NS

\* / \*\* / \*\*\* / NS pour P<0,05 ; P<0,01 ; P<0,001 et Non significatif

(1) LC : Production laitière corrigée des taux butyreux et protéique : LC = (LB (kg/j)) × [0.337 + 0.116 × TB (%) + 0.06 × TP (%)] (Gerber et al., 2011).

(2) EB : Energie brute

**Tableau 2** : Significativité des effets Traitement (Tr), Parité (Pa), Période (Pé) et des interactions Traitement\*Parité (Tr\*Pa), Traitement\*Période (Tr\*Pé) et Traitement\*Parité\*Période (Tr\*Pa\*Pé)

### 2.1. PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

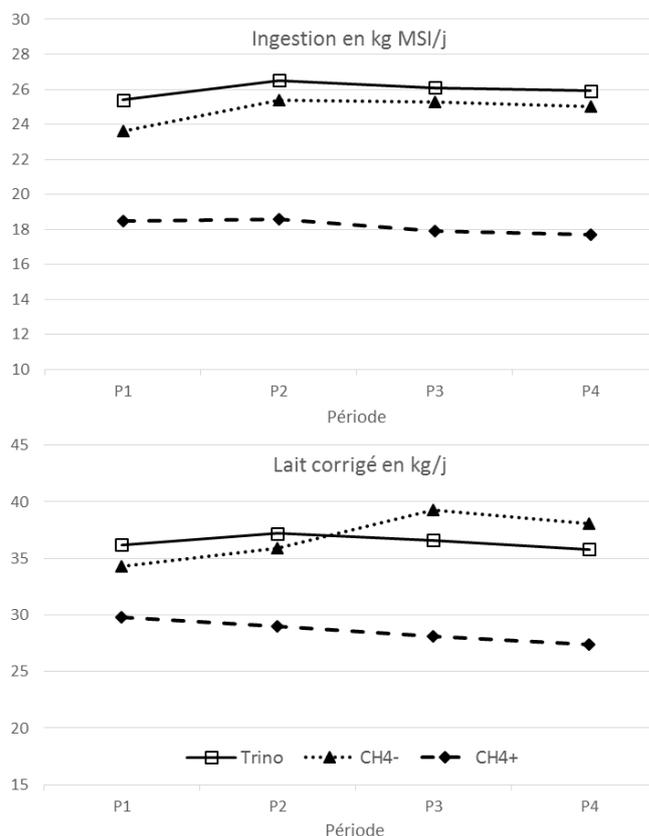
#### 2.1.1. Des ingestions et des productions laitières supérieures pour les lots Trino et CH4-

Les résultats zootechniques des vaches des trois lots expérimentaux sont présentés dans le tableau 3. De la semaine 11 à la semaine 26, les vaches des lots Trino et CH4- ont ingéré significativement plus que celles du lot CH4+ (+6,6 kg MS en moyenne) et produit significativement plus de lait (+8,5 kg/j de LB et +6,8 kg/j LC<sub>(1)</sub>). Ces différences, en défaveur du lot CH4+, sont significatives à toutes les périodes analysées (effet période significatif à P<0,001 pour MSI et LB ; P<0,05 pour LC). L'effet du régime CH4+ se fait ressentir sur l'ingestion et la production laitière dès le passage de la ration pré-expérimentale à la ration expérimentale. L'interaction Traitement\*période est significative (P<0,001) pour les variables MSI, LB et LC traduisant une évolution de l'ingestion et une persistance de production laitière différente entre les 3 lots. Le TB du lait des VL du lot Trino ne diffère pas de celui des 2 autres lots contrairement à celui des lots CH4- et CH4+ qui diffère de +4,7 g/kg (p<0,05) en faveur du lot CH4+. Le TP du lot Trino est significativement supérieur (+1,8 g/kg) à celui du lot CH4+ (P<0,01). En revanche il n'y a pas de différence entre les lots CH4- et CH4+. La différence de TP entre les lots Trino et CH4+ se confirme à toutes les périodes. La différence de TP entre les lots CH4- et CH4+ n'est jamais significative.

	Effet traitement moyen des 4 périodes			Période 1			Période 2			Période 3			Période 4		
	Trino	CH4-	CH4+	Trino	CH4-	CH4+	Trino	CH4-	CH4+	Trino	CH4-	CH4+	Trino	CH4-	CH4+
Ingestion (kg MS/j)	25,7 <sup>a</sup>	24,6 <sup>a</sup>	18,6 <sup>b</sup>	25,4 <sup>a</sup>	23,6 <sup>b</sup>	18,5 <sup>c</sup>	26,5 <sup>a</sup>	25,4 <sup>a</sup>	18,6 <sup>b</sup>	26,1 <sup>a</sup>	25,3 <sup>a</sup>	17,9 <sup>b</sup>	25,9 <sup>a</sup>	25,0 <sup>a</sup>	17,7 <sup>b</sup>
LB (kg)	38,4 <sup>a</sup>	38,5 <sup>a</sup>	30,0 <sup>b</sup>	38,7 <sup>a</sup>	37,2 <sup>a</sup>	31,7 <sup>b</sup>	39,5 <sup>a</sup>	39,5 <sup>a</sup>	30,6 <sup>b</sup>	38,0 <sup>a</sup>	39,3 <sup>a</sup>	29,2 <sup>b</sup>	37,2 <sup>a</sup>	38,1 <sup>a</sup>	28,3 <sup>b</sup>
LC (kg)	36,4 <sup>a</sup>	35,1 <sup>a</sup>	29,0 <sup>b</sup>	36,2 <sup>a</sup>	34,3 <sup>a</sup>	29,8 <sup>b</sup>	37,2 <sup>a</sup>	35,9 <sup>a</sup>	29,0 <sup>b</sup>	36,6 <sup>a</sup>	36,0 <sup>a</sup>	28,1 <sup>b</sup>	35,8 <sup>a</sup>	35,9 <sup>a</sup>	27,4 <sup>b</sup>
TB (g/kg)	36,4 <sup>ab</sup>	34,2 <sup>b</sup>	38,9 <sup>a</sup>	35,8	34,5	37,8	35,2 <sup>ba</sup>	33,2 <sup>b</sup>	38,6 <sup>a</sup>	37,4 <sup>ba</sup>	33,7 <sup>b</sup>	39,3 <sup>a</sup>	37,4	35,4	39,8
TP (g/kg)	31,9 <sup>a</sup>	31,2 <sup>ab</sup>	30,1 <sup>b</sup>	31,0 <sup>a</sup>	30,6 <sup>ab</sup>	29,2 <sup>b</sup>	32,0 <sup>a</sup>	31,2 <sup>ab</sup>	29,9 <sup>b</sup>	32,6 <sup>ab</sup>	31,3 <sup>bc</sup>	30,6 <sup>c</sup>	32,4 <sup>ab</sup>	31,2 <sup>bc</sup>	30,8 <sup>c</sup>
PV (kg)	649 <sup>a</sup>	651 <sup>a</sup>	598 <sup>b</sup>	644 <sup>a</sup>	630 <sup>ab</sup>	589 <sup>b</sup>	656 <sup>a</sup>	646 <sup>a</sup>	588 <sup>b</sup>	662 <sup>a</sup>	660 <sup>a</sup>	589 <sup>b</sup>	671 <sup>a</sup>	671 <sup>a</sup>	589 <sup>b</sup>
NEC	2,9 <sup>b</sup>	3,1 <sup>c</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,9 <sup>ab</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,8 <sup>b</sup>	2,8 <sup>ba</sup>	3,1 <sup>b</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,9 <sup>b</sup>	3,2 <sup>c</sup>	2,6 <sup>a</sup>	3,0 <sup>b</sup>	3,3 <sup>c</sup>	2,6 <sup>a</sup>
CH4 (g/j)	355	347	341	350	332	333	355	347	337	358	351	347	359	359	347
CH4 (g/kg LC)	9,6 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	11,3 <sup>a</sup>	9,6 <sup>b</sup>	9,8 <sup>b</sup>	11,0 <sup>a</sup>	9,5 <sup>b</sup>	9,8 <sup>b</sup>	11,5 <sup>a</sup>	9,7 <sup>b</sup>	10,1 <sup>b</sup>	12,3 <sup>a</sup>	10,0 <sup>b</sup>	10,3 <sup>b</sup>	12,6 <sup>a</sup>
CH4 (g/kg MSI)	13,7 <sup>b</sup>	14,2 <sup>b</sup>	18,4 <sup>a</sup>	13,8 <sup>b</sup>	14,2 <sup>b</sup>	17,4 <sup>a</sup>	13,5 <sup>b</sup>	13,8 <sup>b</sup>	17,9 <sup>a</sup>	13,7 <sup>b</sup>	14,2 <sup>b</sup>	19,0 <sup>a</sup>	13,9 <sup>b</sup>	14,6 <sup>b</sup>	19,2 <sup>a</sup>
EB CH4/EB ing. (%)	4,0 <sup>b</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,3 <sup>a</sup>	4,0 <sup>b</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>b</sup>	3,9 <sup>b</sup>	5,1 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,5 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	5,5 <sup>a</sup>

Un indice différent entre deux valeurs indique une différence significative entre celles-ci.

**Tableau 3** : Moyennes ajustées des performances zootechniques et émissions de CH4 de la semaine 11 à 26 des trois lots en fonction de la période



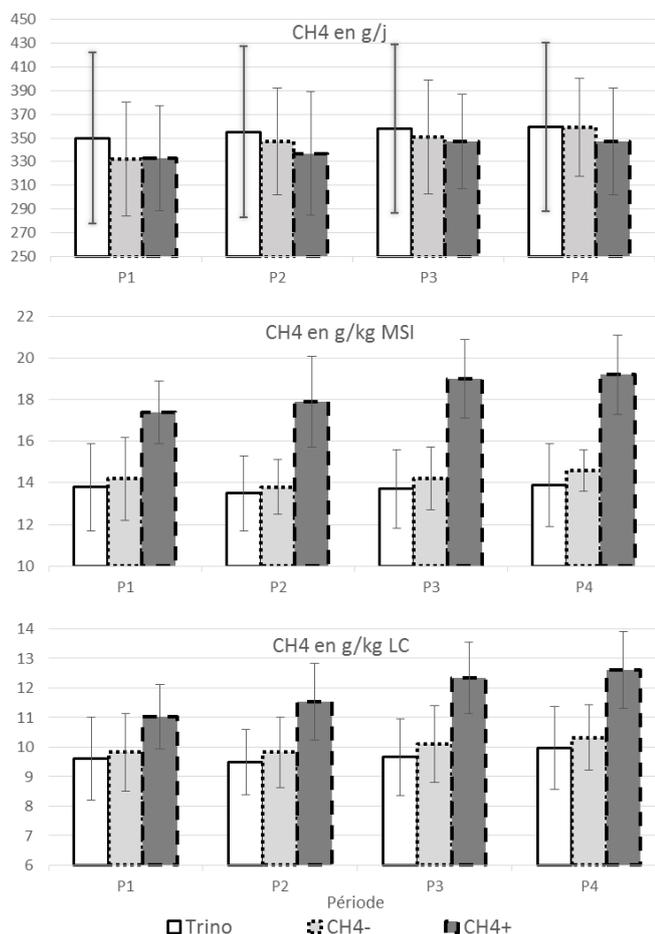
**Figure 1** : Evolution de l'ingestion et de la production laitière corrigée des taux au cours de l'essai

#### 2.1.2. Une reprise de poids vif plus rapide pour les lots Trino et CH4-

Le poids vif des vaches laitières des lots Trino et CH4- ne diffère pas et est significativement supérieur à celui du lot CH4+ (+52 kg en moyenne). Les différences de poids vifs des lots Trino et CH4- avec le lot CH4+ sont significatives à toutes les périodes et augmentent avec le temps. Les vaches des lots Trino et CH4- reprennent du poids dès la fin de la période pré-expérimentale, alors que les vaches du lot CH4+ n'en reprennent pas au cours de l'essai (interaction traitement\*période significative à P<0,001). La NEC moyenne est significativement différente entre les 3 lots en faveur du lot CH4- suivi des lots Trino et CH4+. L'interaction traitement\*période significative à P<0,001 se traduit par une NEC en très légère hausse pour les lots Trino et CH4- (respectivement +0,1 et +0,2 point de NEC entre P1 et P4), alors que le lot CH4+, perd 0,2 points de NEC entre P1 et P4.

## 2.2. DES EMISSIONS DE METHANE IDENTIQUES ENTRE LES LOTS TRINO ET CH4-

Les émissions moyennes de CH<sub>4</sub> sont présentées dans le tableau 3. Durant l'expérimentation, le régime alimentaire n'a pas eu d'effet sur les émissions quotidiennes moyennes de CH<sub>4</sub> exprimées en g/j (tableau 2). Celles-ci s'élevaient en moyenne à 355, 347 et 341 g/j respectivement pour les régimes Trino, CH<sub>4</sub>- et CH<sub>4</sub>+ et ne différaient pas entre les 4 périodes étudiées (figure 2). Seule la parité a un effet sur les émissions quotidiennes de CH<sub>4</sub> (P<0,001), les multipares produisant en moyenne 60 g de CH<sub>4</sub> (+19%) de plus chaque jour que les primipares.



**Figure 2 :** Evolution des émissions de CH<sub>4</sub> par lot (moyennes ajustées et écartypes)

En revanche, exprimées par kg de lait corrigé ou par kg de matière sèche ingérée, les émissions de CH<sub>4</sub> des lots Trino et CH<sub>4</sub>- sont significativement plus faibles que celles du lot CH<sub>4</sub>+ (P<0,001). Le lot Trino a produit 1,7 g de CH<sub>4</sub>/kg de LC et 4,7 g de CH<sub>4</sub>/kg MSI de moins que le lot CH<sub>4</sub>+, soit une différence de -15% et -26%, respectivement. La différence entre les lots CH<sub>4</sub>- et CH<sub>4</sub>+ est de -1,3 g /kg de LC et -4,2 g kg MSI. Ces différences sont significatives tout au long de l'essai et augmentent avec l'avancement du stade de lactation (figure 1). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les lots Trino et CH<sub>4</sub>-.

L'énergie brute (EB) perdue dans les émissions de CH<sub>4</sub> représente en moyenne 4,5% de l'EB ingérée quotidiennement pour l'ensemble des vaches en essai. Elle est significativement supérieure pour le lot CH<sub>4</sub>+ (P<0,001) par rapport aux autres lots et augmente avec le temps (P<0,001).

## 3. DISCUSSION

### 3.1. DES PERFORMANCES DE PRODUCTION ELEVEES POUR TOUS LES LOTS

Les 3 rations expérimentales étaient équilibrées pour couvrir les besoins des vaches laitières produisant près de 34 kg de lait/j (d'après INRA 2010). La production laitière brute des VL

des lots Trino et CH<sub>4</sub>- est supérieure aux prévisions. Les niveaux d'ingestions élevés des VL expliquent ces performances. Elles restent cependant en accord avec les ingestions enregistrées avec des rations peu encombrantes et de compositions proches de celles de la ferme expérimentale des Trinotières (Jurquet et al, 2018). La production laitière des VL du lot CH<sub>4</sub>+ est légèrement inférieure aux prévisions. Néanmoins, elle est relativement élevée (plus de 30 kg LB/VL/j), notamment en raison de l'excellente qualité de l'ensilage d'herbe de la ration (1,00 UFL/kg MS). Mais cette ration était plus encombrante, ce qui s'est fait ressentir sur l'ingestion et explique les différences de LB avec les lots Trino et CH<sub>4</sub>-.

Les baisses de TP et de TB du lait produit par le lot CH<sub>4</sub>- par rapport au lot Trino s'expliquent par l'ajout de lipides (+16 g/kg MS soit + 50%) dans la ration via l'apport de graine de lin extrudée. Les amplitudes de ces baisses sont légèrement plus marquées que celles relevées par Brunshwig et al (2010). Au final, le TB du lot CH<sub>4</sub>- s'établit à un niveau très faible (34,2 g/kg en moyenne) sous l'effet de la teneur élevée de la ration en lipides (4,8%) et en amidon (24%), ce qui s'apparente à un syndrome de dépression de la matière grasse du lait. Le TB du lot CH<sub>4</sub>+ est supérieur à celui des deux autres lots en raison d'orientations fermentaires plus favorables aux précurseurs des matières grasses (acétate). En revanche, la moindre ingestion des vaches, à l'origine d'un apport énergétique plus faible, explique la baisse de TP du lait.

### 3.2. DES EMISSIONS DE CH4 PLUS FAIBLES QUE PREVUES

Les résultats d'émissions de CH<sub>4</sub> en g/j des lots Trino et CH<sub>4</sub>- sont en accord avec ceux obtenus par Martin et al (2016) avec des rations comparables à base d'ensilage maïs supplémentées en graines de lin extrudées. En revanche, les émissions quotidiennes des VL du lot CH<sub>4</sub>+ sont inférieures à celles obtenues avec les rations à base de foin (50 % de foin et 50 % de concentrés) décrites par Martin et al (2016). Mais, exprimées en g/kg MSI et en g/kg LC, elles sont nettement plus faibles que celles mesurées par Martin et al (2016) pour tous les régimes expérimentaux (respectivement, -23% et -43 % en moyenne) et se situent dans la gamme basse des niveaux d'émissions (en g/kg MSI et g/kg LC) rapportées par Nui et al (2018) à l'échelle européenne (base de donnée de 42 expériences et 1423 vaches – projet « GLOBAL NETWORK »). De la même manière, la production de CH<sub>4</sub> des VL des trois lots est nettement inférieure aux prédictions proposées par INRA (2018), y compris exprimée en g/j (-35 % en moyenne).

Aucune différence significative d'émissions de CH<sub>4</sub> exprimée en g/j n'a été mise en évidence entre les régimes CH<sub>4</sub>- et CH<sub>4</sub>+, bien qu'ils aient été formulés à cet effet. Ce résultat s'explique par la moindre ingestion du lot CH<sub>4</sub>+, l'ingestion étant le principal facteur responsable des émissions de CH<sub>4</sub> (Huhtanen et al., 2019). Les émissions (g/j) plus faibles des primipares par rapport aux multipares ont la même explication. Néanmoins, exprimées en g/kg MSI et g/kg LC, les différences d'émissions de CH<sub>4</sub> entre régimes sont significatives. L'avancée du stade physiologique accentue les écarts entre les lots Trino et CH<sub>4</sub>- et le lot CH<sub>4</sub>+, notamment du fait d'une moins bonne persistance de production du lot CH<sub>4</sub>+

Au final, les émissions de CH<sub>4</sub> en g/j semblent relativement stables dans le temps. L'ingestion et la production laitière, liées au stade physiologique et au régime alimentaire, expliquent les différences d'émission de CH<sub>4</sub> en exprimées en g/kg MSI et g/kg de LC.

### 3.3. UNE RATION TERRAIN EQUIVALENTE A LA RATION CH4-

La ration Trino, proche des pratiques d'alimentation hivernale d'une partie des élevages de l'Ouest de la France, a permis de combiner de bonnes performances zootechniques à de faibles émissions de CH<sub>4</sub>/kg de MSI et par kg de LC.

Par ailleurs, cet essai confirme, qu'une supplémentation en lipides faible (+16 g/kg) via de la graine de lin extrudée, en restant en deçà du seuil de 5% de matières grasses totales dans la ration, a un effet limité sur les émissions de CH<sub>4</sub>, notamment pour les régimes à base d'ensilage de maïs contenant une part importante d'amidon et peu de fibres (Martin et al, 2016).

Des rations pratiquées sur le terrain, respectant les bonnes pratiques d'alimentation et bien valorisées peuvent donc permettre d'atteindre de faibles niveaux d'émissions de CH<sub>4</sub> sans surcoût ni dégradation du TB et du TP.

## CONCLUSION

Cet essai montre que le régime alimentaire des vaches laitières a un effet durable sur les émissions de CH<sub>4</sub>. Il confirme qu'une alimentation riche en amidon et en lipides réduit les émissions de CH<sub>4</sub> entérique des VL par kg de lait et par kg MSI. A l'inverse, une ration riche en fibre (et pauvre en amidon) les augmente. Il démontre également qu'il est possible d'atteindre de faibles niveaux d'émissions de CH<sub>4</sub> chez la VL alimentée avec des rations à base d'ensilage de maïs pratiquées sur le terrain quel que soit le stade de lactation. L'alimentation est donc un levier important dans la réduction des émissions de CH<sub>4</sub> des systèmes bovins laitiers. Cependant, dans les élevages laitiers, les vaches en production ne représentent qu'environ 50% des animaux présents. La conduite du troupeau joue un rôle tout aussi important qu'il ne faut pas oublier. Pour être efficaces, les leviers testés dans cet essai doivent donc se combiner avec des stratégies d'élevage limitant les effectifs du troupeau (vêlage précoce) et favorisant la longévité des vaches laitières.

*Merci à l'équipe de la ferme expérimentale des Trinottières pour le suivi et la réalisation des mesures nombreuses tout au long de l'essai ainsi qu'à Yvonne Rochette d'INRAe pour son aide précieuse dans la prise en main des GreenFeed. Merci aux membres du consortium ; Adisseo France SAS (Antony, France), Agrial (Caen, France), APIS-GENE (Paris, France), Deltavit (Janzé, France), DSM Nutritional Products AG (Kaiseraugst, Switzerland), Institut de l'Élevage (Paris, France), Lallemand (Blagnac, France), Moy Park Beef Orléans (Fleury-les-Aubrais, France), Neovia (Saint Nolf, France), Techna France Nutrition (Couëron, France), and Valorex (Combournille, France), d'avoir soutenu ce projet.*

**Brunschwig P., Hurtaud C., Chilliard Y., Glasser F., 2010.** INRA Prod. Anim., (23) 4, 307-318.

**Gerber P., Vellinga T., Opio C., Steinfeld H. 2011.** Livest. Sci. 139 (2011) 100–108.

**Huhtanen P., Ramin M., Hristov A.N., 2019.** Livestock Sci. 222 (2019) 31–40.

**Foray S., Gac A., 2018.** Institut de l'Élevage, 15p.

**INRA, 2010.** Alimentation des bovins, ovins et caprins, Editions QUAE, Versailles, 311.

**INRA, 2018.** Alimentation des ruminants, Editions QUAE, Versailles, 728.

**Jurquet J., Lamy JM., Manceaux C., Gelé M., Prézélin M., Bidan F., Roiné D., Vaillant B., Servans C., Brun T., 2018.** Renc Rech Rum., 24, 144-148.

**Manafiazar G., Zimmerman S., Basarab J.A., 2017.** Can. J. Anim. Sci. 97, 118–126

**Martin C., Ferlay A., Mosoni P., Rochette Y., Chilliard Y., Doreau M. 2016.,** J. Dairy Sci. 99 (2016) 3445–3456.

**Nui M, Kebreab E, Hristov A.N. et al, 2018.** Glob Change Biol. 2018 ;00 :1-2