

# Effet de l'adjonction d'un additif naturel riche en huiles essentielles de thym sur l'émission du méthane entérique et sur les performances de production des bovins

F. Z. LAABOURI<sup>1</sup>, S. ALALI<sup>1</sup>, A. GUEROUALI<sup>1</sup>, A. REMMAL<sup>2</sup>

(Reçu le 20/11/2021; Accepté le 05/01/2022)

## Résumé

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'effet de l'incorporation dans la ration alimentaire d'un additif naturel riche en huiles essentielles phénoliques à base de thym, sur l'émission du méthane entérique chez la vache laitière. L'étude évalue également l'effet du même additif sur les performances des bovins, à savoir la production laitière chez des vaches en lactation et le gain de poids vif chez des taurillons à l'engraissement. L'étude a porté sur la mesure de la production du méthane avec ou sans l'ajout de l'additif alimentaire à la ration de cinq vaches de race Holstein. Après deux semaines d'adaptation au régime alimentaire, la production de méthane a été mesurée par la méthode du masque respiratoire. Ensuite, 50 g du produit riche en huiles essentielles de thym a été ajouté à la ration, soit 7,15 g/kg de matière sèche, et une deuxième mesure de méthane a été effectuée après deux semaines d'adaptation. L'addition du produit à l'alimentation des vaches a été à l'origine d'une réduction moyenne de 21% de la quantité de méthane entérique émise. Dans un second essai, le même produit a été utilisé pour tester son effet sur le gain de poids vif chez des taurillons d'engraissement. A ce propos, dix taurillons d'un atelier d'engraissement ont fait objet de l'expérimentation. Cinq ont reçu 70 g de l'additif dans leur ration alimentaire et cinq ont servi de témoins. Les taurillons qui ont reçu l'additif alimentaire ont montré un gain de poids vif moyen plus important, comparé au lot témoin. Les différences quant aux gains moyens quotidiens (GMQ) sont hautement significatives ( $p < 0,01$ ), avec des moyennes de  $1,55 \pm 0,058$  kg pour le lot témoin et  $1,88 \pm 0,177$  kg pour le lot qui a reçu l'additif. Afin de tester également l'effet du même additif alimentaire sur la production laitière, un troisième essai a été mené. Ainsi, huit vaches de race Holstein ont été scindées en deux groupes homogènes. Quatre ont reçu 100 g du produit riche en huiles essentielles de thym dans leur ration alimentaire et quatre ont servi de lot témoin. Une augmentation de la production laitière journalière a été notée chez toutes les vaches qui ont reçu l'additif par rapport aux vaches témoins. La production laitière des vaches ayant reçu l'additif a été de  $19,2 \pm 1,96$  l/j et celle du lot témoin a été de  $15,4 \pm 1,32$  l/j. Cette différence de production laitière entre les deux lots a été statistiquement significative ( $p < 0,05$ ). Le taux butyreux a aussi connu une amélioration, mais non statistiquement significative chez les vaches supplémentées avec l'additif ( $p > 0,05$ ). Ainsi, une moyenne de  $3,54 \pm 0,26$  g/100 g de lait a été noté chez le lot témoin contre  $3,66 \pm 0,34$  g/100 g de lait chez le lot avec additif. Les essais entrepris durant cette étude ont permis de vérifier l'intérêt et la pertinence de l'utilisation de l'additif alimentaire naturel testé, non seulement pour la réduction de l'émission du méthane entérique, et donc de la préservation de l'environnement, mais également pour ses effets bénéfiques sur les productions bovines.

**Mots clés:** Bovins, huiles essentielles, thym, effet de serre, méthane, performances

## Effect of a natural additive rich in thyme essential oils on the emission of enteric methane and on production performances of cattle

### Abstract

The objective of the present study is to evaluate the effect of the incorporation, in the feed ration, of a natural additive rich in phenolic essential oils based on thyme, on the emission of enteric methane in dairy cows. In a second step, the study consists in evaluating the effect of the same additive on the performances of cattle, namely milk production yield in lactating cows and the average daily gain in feedlot cattle. The study measured methane production before and after the addition of the feed additive to the diet of five Holstein cows. After two weeks of adaptation to the diet, methane production was measured by the respiratory mask method. Then, 50 g of the product rich in thyme essential oils was added to the ration, which means 7.15 g/kg dry matter, and a second methane measurement was performed after two weeks of adaptation. The addition of the product to the cows' diet resulted in an average reduction of 21% in the amount of enteric methane emitted. In a second step, the same product was used to test its effect on live weight gain in fattening bulls. In this respect, ten bulls from a feedlot were tested. Five received 70 g of the additive in their feed ration and five served as controls. The bulls that received the feed additive showed a higher average daily gain compared to the control group. The results obtained were highly significant ( $p < 0.01$ ), with means of  $1.55 \pm 0.058$  kg for the control group vs  $1.88 \pm 0.177$  kg for the group that received the additive. To test the effect of the same feed additive on milk production, a third trial was conducted. Eight Holstein cows were divided into two homogeneous groups. Four received 100 g of the product rich in essential thyme oil in their feed ration and four served as a control group. An increase in daily milk production was noted in all cows receiving the additive compared to the control cows. The results of the average amounts of milk produced per liter per day were statistically significant ( $p < 0.05$ ), with averages of  $15.38 \pm 1.32$  l/d for the control group and  $19.17 \pm 1.96$  l/d for the group with the additive. Milk fat was also improved in the cows supplemented with the additive, with an average of  $3.54 \pm 0.26$  g/100 g in the control group vs  $3.66 \pm 0.34$  g/100 g of milk in the group with the additive. However, the results obtained for the milk fat showed no statistic significance ( $p > 0.05$ ). The trials undertaken during this study allowed to verify the interest and the relevance of the use of the tested natural feed additive, not only for the decrease of enteric methane emission and the preservation of the environment, but also for its beneficial effects on cattle productions.

**Keywords:** Cattle, essential oils, thyme, greenhouse effect, methane, performance

<sup>1</sup> Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

<sup>2</sup> Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc

## INTRODUCTION

L'utilisation des additifs alimentaires naturels comme promoteurs de croissance dans l'alimentation des animaux d'élevage est devenue une alternative prometteuse, après l'interdiction en Europe, depuis 2006, de l'utilisation des antibiotiques dans l'alimentation animale, suite aux risques de développement de l'antibiorésistance lié à ces pratiques. Les antibiotiques ne sont utilisés chez les animaux qu'en tant que médicaments vétérinaires. Seuls les antibiotiques ionophores (Monensin, Narasin, Salinomycine, Lasalocid A) sont autorisés, comme coccidiostatiques, en tant qu'additifs à l'alimentation des animaux (Afssa, 2006). Une autre problématique liée aux gaz à effet de serre, émis par les élevages, suscite dernièrement un grand intérêt mondial. La Conférence de l'Organisation des Nations Unies sur le changement climatique (COP23; Novembre 2017) a reconnu l'importance des secteurs de l'agriculture et de l'élevage dans la mise en œuvre des Accords de Paris sur le changement climatique (Rhodes, 2016; Robbins, 2016). Selon les conclusions du rapport des accords de Paris sur le changement climatique, les émissions de gaz à effet de serre issues du secteur agricole vont augmenter, contribuant de manière plus importante au réchauffement climatique. Ces deux grands problèmes liés à l'élevage, qui ne cesse de se développer pour répondre au besoin croissant de la population mondiale, sont une source d'inquiétude permanente pour le devenir de l'environnement et de la santé humaine et animale. L'objectif de la présente étude est de tester, à travers trois essais expérimentaux, l'effet d'un additif alimentaire naturel à base d'huiles essentielles de thym sur la production du méthane entérique, ainsi que sur les performances des bovins, notamment le gain de poids vif chez des taurillons d'engraissement, la production laitière et le taux butyreux chez des vaches en lactation.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Essai I: Mesure du méthane entérique et effet de l'additif sur sa réduction

**Animaux et alimentation:** Au laboratoire du Métabolisme Énergétique de l'Unité de Physiologie Animale et Thérapeutique de l'IAV Hassan II, 5 vaches croisées Holstein, vides et taries, d'un poids vif moyen de 430 Kg, ont été utilisées lors de cette expérimentation. En période expérimentale, la ration alimentaire est composée de 4 Kg de concentré industriel, 2 Kg de foin de luzerne, 2 Kg de paille de blé et de l'eau *ad libitum*. La ration est distribuée en deux repas par jour: le concentré et la luzerne vers 9 heures du matin et la paille vers 15 heures. Les apports en matière brute et en matière sèche de la ration alimentaire sont présentés dans le tableau 1.

**Additif alimentaire:** Un produit riche en huiles essentielles de thym a été additionné à la ration de base pour tester son effet sur la production du méthane. Le produit a été ajouté à la dose de 50 grammes par vache par jour, soit 7,15 g/kg de matière sèche de la ration.

**Mesure du méthane entérique:** La production de méthane a été mesurée par la calorimétrie indirecte à circuit ouvert, avec le port d'un masque respiratoire sur la face de l'animal, pendant une période de 2 heures après la prise alimentaire matinale. Pour la collecte des gaz, une pompe aspiratrice est adaptée au système ; elle permet la circulation des gaz dans les tuyauteries à un débit ajusté manuellement (151,5 litres / min), en réglant le taux de ventilation à l'aide d'une vanne. Les gaz aspirés passent d'abord à travers une enceinte de stockage. Une deuxième pompe, branchée au système, prélève des échantillons de l'air expiré, qui après une

Tableau 1: Apport en matière brute et en matière sèche de la ration

Aliments	Matière brute (Kg)	Teneur en matière sèche (%)	Matière sèche (Kg)
Concentré	4	87,0	3,5
Foin de luzerne	2	87,7	1,7
Paille	2	88,0	1,8
Total	8	-	7,0

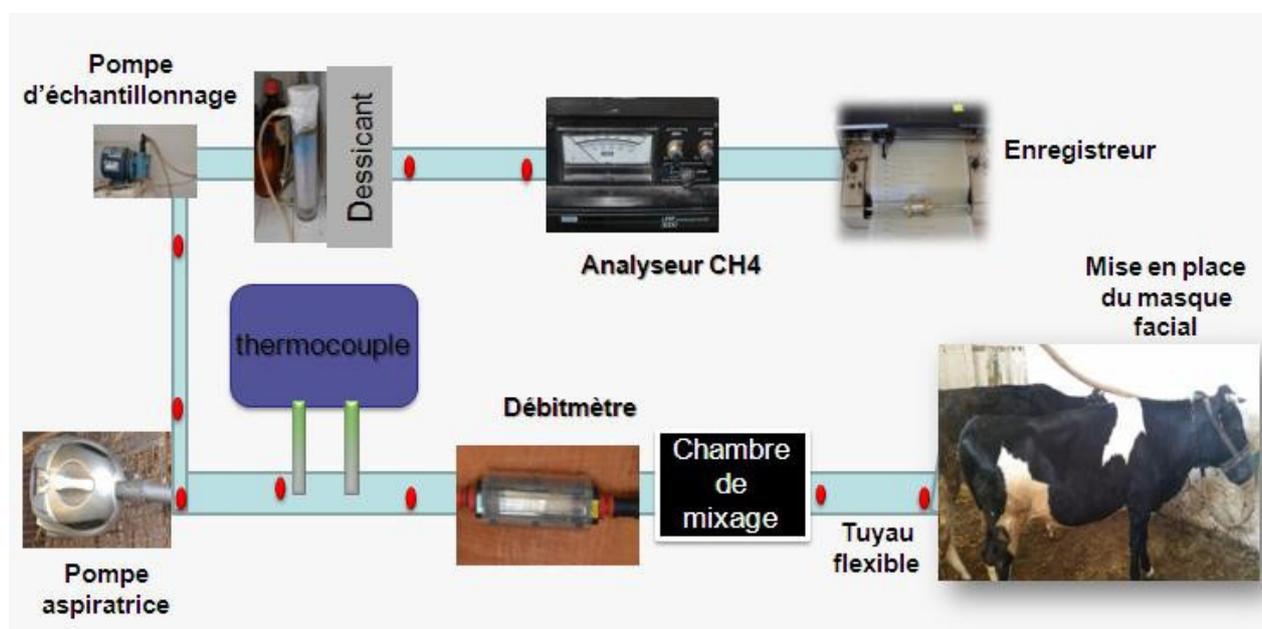


Figure 1: Dispositif expérimental de mesure du méthane

déshumidification, sont renvoyés à l'analyseur de méthane qui est préalablement calibré. Le système comprend aussi un thermocouple permettant la mesure de la température humide et sèche des gaz collectés, et un manomètre à eau, permettant de mesurer la pression des gaz circulants à l'intérieur du système. Le calibrage du système consiste en l'injection de l'azote dans l'analyseur de méthane, permettant, ainsi, l'évacuation des molécules de méthane de la cellule d'analyse; ensuite l'injection des gaz contenant le méthane à une concentration connue (Figure 1).

**Phases de l'expérimentation:** l'expérimentation s'est déroulée en 2 périodes:

*1<sup>ère</sup> période:* Adaptation des vaches à la ration alimentaire et au port du masque pendant une semaine, puis la mesure de l'émission du méthane pendant une autre semaine.

*2<sup>ème</sup> période:* Addition de 50 grammes du produit à base d'huiles essentielles phénoliques (HEP) à la ration de base pendant 3 semaines: deux semaines d'adaptation et une semaine de mesure du méthane produit.

## Essai II: Effet de l'incorporation de l'additif alimentaire sur le gain de poids vif

Dans un deuxième temps, l'étude s'est intéressée à l'évaluation des performances des animaux recevant le même produit utilisé dans le premier essai.

**Animaux et alimentation:** 10 taurillons constituant deux lots homogènes de 5 animaux chacun, de race Blanc Bleu Belge croisée, âgés entre 11 et 14 mois, élevés dans un atelier d'engraissement situé dans la région de Benslimane ont servi à cet essai. Chaque animal recevait 12 kg/j d'un mélange d'aliments, constitué de 500 g de soja, 4 Kg d'aliment concentré industriel, 1 Kg de luzerne sèche, 500 g de maïs concassé, 500 g d'orge, 2 Kg d'ensilage de maïs, 3 Kg de paille, 500 g de pulpe sèche de betterave, 100 g de complément minéral vitaminé (CMV) et l'eau à volonté. 70 g de l'additif a été distribué individuellement avec la ration matinale.

**Évaluation du poids vif:** Le poids des taurillons a été mesuré à l'aide d'un ruban zoométrique au démarrage de l'essai (J0) et 72 jours après (J72), soit avant leur sortie de l'atelier (Figure 2).

**Tableau 2: Caractéristiques des vaches de l'expérimentation**

Race	Effectif	Rang de vêlage	Mois de gestation moyen au début de l'essai.
Holstein	- Témoin : 4	3	4,0
	- Additif : 4	3	4,5



**Figure 2: Photo d'un taurillon, à J72, qui a reçu l'additif alimentaire à l'étable d'engraissement dans la région de Benslimane**

### Essai III: Effet de l'incorporation de l'additif alimentaire sur la production laitière et sur le taux butyreux

**Animaux et alimentation:** 8 vaches de race Holstein, constituant 2 lots homogènes, classées par stade physiologique et rang de vêlage, dans un élevage bovin de la zone d'El Jadida, ont servi de lots expérimentaux. Les animaux recevaient une ration totale quotidienne distribuée en deux prises, composée de 8 Kg d'aliment concentré, 15 Kg d'ensilage de maïs, 1 Kg de tourteau de soja, 3,5 Kg de paille, 100 g de CMV, 100 g de bicarbonate de sodium, pâturage quotidien et de l'eau à volonté. 100 g de l'additif alimentaire a été distribué individuellement avec la ration matinale.

**Mesures effectuées:** La production laitière a été évaluée par mesure de la quantité en litre par jour. De même, il a été procédé à la mesure du taux butyreux et du taux protéique par l'utilisation d'un analyseur de lait (Ekomilk, Bulteh 2000, Bulgarie).

## RÉSULTATS

### Production de méthane durant la première période (sans additif)

Les quantités du méthane produites lors de l'éruclation et la respiration ont été enregistrées initialement en ppm et converties en litre/h, puis extrapolées sur 24 heures et exprimées en litre/j; ensuite en litre/kg de poids métabolique ( $l/kg^{0,75}$ ) et en litre/Kg de matière sèche ingérée pour chaque animal (Tableau 3).

**Tableau 3: Niveau de production du méthane des cinq vaches sans additif alimentaire**

Vache	Poids (Kg)	l/h	l/j	l/kg <sup>0,75</sup>	l/kg MS
A	408	8,68	208,3	2,29	29,8
B	358	8,41	202,0	2,45	28,9
C	432	8,62	206,8	2,18	29,6
D	504	7,39	177,4	1,67	25,4
E	487	7,70	184,8	1,78	26,4

**Tableau 4: Production du méthane chez les cinq vaches après l'ajout de 50g du produit riche en huiles essentielles de thym à la ration de base**

Vache	Poids (kg)	l/h	l/j	l/kg <sup>0,75</sup>	l/kg MS
A	408	6,90	165,6	1,82	23,7
B	358	7,16	171,9	2,09	24,6
C	432	6,38	153,1	1,61	21,9
D	504	6,26	150,3	1,41	21,5
E	587	5,35	128,3	1,28	18,3

**Tableau 5: Pourcentage de réduction de la production du méthane après l'ajout de 50 g du produit riche en huiles essentielles de thym**

Vache	Réduction (%)
A	21,5
B	14,9
C	25,9
D	15,3
E	30,6

### Production de méthane après l'incorporation de 50 g de l'additif alimentaire

Lors de la deuxième période de l'expérimentation, 50 g d'un produit riche en huiles essentielles phénoliques (HEP) de thym a été incorporé à la ration de base, en mélange avec le concentré. La production du méthane a été mesurée de la même manière que pour la première période pendant les 2 heures qui suivent la prise alimentaire matinale (tableau 4).

Toutes les vaches ont montré une réduction de la production de méthane. Le taux de réduction est variable d'une vache à l'autre. La réponse la plus élevée a été enregistrée chez la vache E, avec une réduction du méthane d'environ 30,6%. Les réponses les plus basses à la dose utilisée de l'additif sont enregistrées chez les vaches B et D, avec des réductions de 14,9% et de 15,3% respectivement. La moyenne de réduction a été de l'ordre de 21% (Tableau 5 et figure 3).

### Effet de l'additif riche en huiles essentielles de thym sur l'évolution du poids vif

Les mesures des poids vifs des taurillons, effectuées à J0 et J72 sont consignées dans le tableau 6.

Les taurillons ayant reçu l'additif riche en huiles essentielles de thym ont montré un gain de poids plus intéressant que les sujets témoins. En effet, les différences des gains moyens quotidiens (GMQ) entre les deux groupes sont hautement significatives ( $p < 0,01$ ).

**Effet de l’additif sur les performances de production des vaches laitières**

Les essais sur la production laitière suivie durant 75 jours ont montré une nette augmentation de la production journalière du lait produit chez toutes les vaches qui ont reçu une alimentation avec l’additif alimentaire riche en huiles essentielles de thym, par rapport aux vaches témoins (Tableau 7). Les résultats des quantités moyennes de lait produit par litre par jour sont statistiquement significatifs ( $p < 0,05$ ).

Le taux butyreux (TB) a également connu une amélioration chez les vaches supplémentées avec l’additif par rapport aux vaches témoins. Pour le taux protéique (TP), aucune amélioration n’a été notée chez les vaches supplémentées (Tableau 8 et 9). Les résultats obtenus pour le taux protéique et le taux butyreux ont aussi été analysés statistiquement, mais les valeurs obtenues n’ont pas permis de trancher sur leur signification statistique ( $p > 0,05$  pour les deux paramètres).

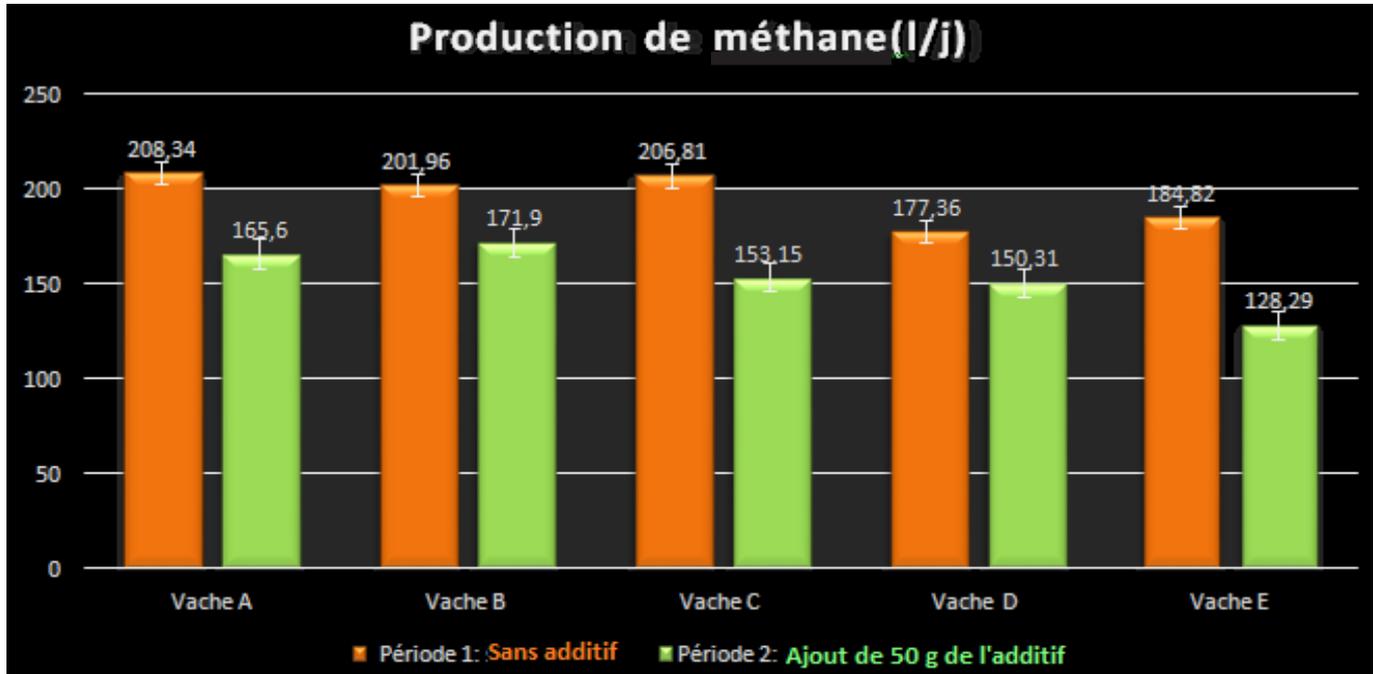


Figure 3: Comparaison de la production journalière de méthane avant et après l’ajout de 50 g de l’additif riche en huiles essentielles de thym

Tableau 6: Poids en Kg des taurillons au début et à la fin de la période de l’essai

Taurillons Témoins	Poids vif à J0 (Kg)	Poids vif à J72 (Kg)	Taurillons ayant reçu l’additif	Poids vif à J0 (Kg)	Poids vif à J72 (Kg)
T1	490	599	Tau 1	390	530
T2	540	658	Tau 2	390	520
T3	529	643	Tau 3	486	640
T4	470	578	Tau 4	560	680
T5	450	560	Tau 5	587	721
<b>Poids vif moyen (Kg)</b>	<b>495,8 ± 38,2</b>	<b>607,6 ± 41,9</b>	<b>Poids vif moyen</b>	<b>482,6 ± 92,3</b>	<b>618,2 ± 89,8</b>
<b>GMQ moyen (kg)</b>	<b>1,55 ± 0,058</b>		<b>GMQ moyen (kg)</b>	<b>1,88 ± 0,177</b>	

Tableau 7: Production laitière par période de suivi

	Production laitière par période de suivi (Litre/jour)						
	J0	J13	J25	J38	J53	J75	Moyenne générale
<b>Témoin</b>	16,00	16,75	16,75	14,75	13,50	14,50	15,38 ± 1,32
<b>Additif</b>	20,25	19,50	21,25	20,50	17,00	16,50	19,17 ± 1,96

Tableau 8: Taux butyreux en g/100 g de lait dans le lait des vaches témoins et celles qui ont reçu l’additif

	Taux butyreux (g/100 g de lait)						
	J0	J13	J25	J38	J53	J75	Moyenne générale
<b>Témoin</b>	3,32	3,75	3,74	3,16	3,76	3,52	3,54 ± 0,26
<b>Additif</b>	3,58	3,62	4,09	3,75	3,86	3,08	3,66 ± 0,34

Tableau 9: Taux protéique en g/100 g de lait dans le lait des vaches témoins et celles qui ont reçu l’additif

	Taux protéique (g/100 g de lait)						
	J0	J13	J25	J38	J53	J75	Moyenne générale
<b>Témoin</b>	3,26	3,28	3,22	3,20	3,13	3,39	3,25 ± 0,08
<b>Additif</b>	3,33	3,23	3,19	3,21	3,20	3,07	3,21 ± 0,08

## DISCUSSION

### Effet des huiles essentielles phénoliques (HEP) sur l'émission du méthane

Les HEP sont des composés aromatiques volatils, qui ont un aspect huileux, obtenues à partir de plantes aromatiques par plusieurs procédés d'extraction. Il en existe plusieurs types d'intérêt pour les animaux, dont l'eugénol, le carvacrol et le thymol. Elles sont solubles dans les lipides et les solvants organiques et possèdent une densité inférieure à celle de l'eau (Bakkali *et al.*, 2008). Grâce à leurs activités antimicrobiennes, antifongiques et antiparasitaires, les HEP sont utilisées dans les domaines pharmaceutique, alimentaire, cosmétique, etc. La majorité des études ont rapporté que ces huiles ont la capacité de réduire le méthane entérique. Ce gaz représente à la fois une perte de 2 à 12 % de l'apport énergétique brut chez les ruminants et un effet de serre très puissant par son pouvoir radiatif élevé (25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone) (Benchaar *et al.*, 2011; Johnson *et al.*, 1995).

Le thymol, le carvacrol, le cinnamaldéhyde, l'eugénol et l'anéthol représentent les molécules les plus étudiées dans ce domaine. Elles possèdent, toutes, un effet dépressif très significatif sur la production de méthane entérique qui peut atteindre l'inhibition totale dans le cas de concentrations élevées (Calsamiglia *et al.*, 2007; Chaves *et al.*, 2008; Macheboeuf *et al.*, 2008). La plupart des études se rapportant à l'effet des HEP sur le méthane ont été réalisées *in vitro*. Il est à souligner, toutefois, que l'effet inhibiteur des HEP sur la production de méthane peut être attribué à leur activité antibactérienne, contre les bactéries Gram-positif, Gram-négatif et les bactéries productrices de méthane. Plusieurs théories sont proposées pour expliquer le mécanisme par lequel ces composés exercent leur activité antimicrobienne. La composition complexe des HEP tend à prouver que cette activité serait due à plusieurs mécanismes d'action différents, liés à la nature chimique de ces composés (Skandamis *et al.*, 2001; Carson *et al.*, 2002; Burt., 2004). La plupart des mécanismes d'action sont attribués à l'interaction des composants des HEP avec la membrane cellulaire des bactéries (Benchaar *et al.*, 2008).

Les HEP sont constituées de molécules lipophiles, capables de pénétrer la double couche phospholipidique; leur accumulation entre les phospholipides membranaires entraîne alors un changement de conformation et un mauvais fonctionnement de la membrane cellulaire, perturbant, ainsi, le transport membranaire des substances nutritives (Sikkema *et al.*, 1994; Ultee *et al.*, 1999). Les HEP peuvent aussi perturber le gradient ionique de part et d'autre de la membrane cytoplasmique, ce qui diminue la stabilité membranaire et perturbe aussi le transport membranaire. D'autres méca-

nismes d'action sont liés à la coagulation des constituants cellulaires par la dénaturation des protéines (Gustafson *et al.*, 1997). En outre, les HEP extraites de cannelle et de l'ail peuvent inhiber l'activité enzymatique des bactéries du rumen. D'autres HEP inhibent la croissance microbienne par l'inactivation des acides nucléiques (Calsamiglia *et al.*, 2007). L'action des HEP dépend aussi de la nature des microorganismes ciblés. Les bactéries Gram-positif sont généralement associées à la production de l'hydrogène (H<sub>2</sub>), de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) et du méthane (CH<sub>4</sub>), elles sont plus sensibles que les bactéries à Gram-négatif à l'action des HEP. Leur inhibition est très bénéfique. Cela peut être expliqué par la présence de la membrane externe chez les bactéries Gram-négatif. Elle représente, en effet, une barrière capable de diminuer la perméabilité des composés hydrophobes (Calsamiglia *et al.*, 2007; Nagaraja *et al.*, 1997). Cependant, les molécules à faible poids moléculaire comme le thymol et le carvacrol peuvent traverser cette barrière (Hart *et al.*, 2008) et agir aussi bien sur les bactéries à Gram-positif que sur les bactéries à Gram-négatif.

### Effet des huiles essentielles de thym sur les performances des animaux

Pour l'effet sur les performances des animaux, la plupart des études menées ont intéressé le poulet de chair, et l'addition de l'huile essentielle de thym à la ration alimentaire des animaux a amélioré la croissance, comme cela ressort du tableau 10.

En définitive, les essais *in vivo* menés durant cette étude, malgré leur coût conséquent, ont montré l'intérêt de l'utilisation des additifs alimentaires naturels dans l'alimentation des bovins. L'incorporation de 50 g du produit riche en huiles essentielles de thym a été à l'origine d'une réduction moyenne de 21% de la quantité de méthane entérique émise par les vaches de l'expérimentation. De même, les taurillons d'engraissement qui ont reçu l'additif ont montré un gain de poids vif plus intéressant que le lot témoin. L'essai sur les vaches en lactation a aussi montré une amélioration de la quantité et la qualité du lait produit.

## CONCLUSION

Les essais entrepris durant cette étude ont permis de vérifier la pertinence de l'utilisation de l'additif alimentaire naturel testé, non seulement pour la préservation de l'environnement, mais également pour ses effets bénéfiques sur les productions bovines. Cela pourrait encourager les éleveurs et les fabricants d'aliment de bétail à incorporer ces additifs dans les rations alimentaires, afin de participer aux efforts de protection de l'environnement, tout en améliorant les performances des animaux.

**Tableau 10: Tableau récapitulatif de certaines études traitant de l'effet des huiles essentielles de thym sur les performances du poulet de chair**

	Témoin	Huile essentielle de Thym	p	% de variation	Références
<b>Indice de consommation</b>	1,784 ± 0,085	1,744 ± 0,084	0,102	-2,29	Lee et al (2003), Tekeli et al (2006), Bolukbasi et al (2006), Cross et al (2007), Al Kassie (2009), Najafi et Torki (2010).
<b>Consommation alimentaire (g/j)</b>	94,00 ± 13,00	96,00 ± 13,60	0,124	+2,14	
<b>Gain moyen quotidien (g/j)</b>	50,70 ± 5,40	52,50 ± 5,80	0,060	+3,53	

## RÉFÉRENCES

- AFSSA, (2006). Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine. Rapport Afssa, 214 p.
- Al Kassie G.A.M., (2009). Influence of two plant extracts derived from thyme and cinnamon on broiler performance. *Pakistan Vet. J.*, 29: 169-173.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils. *Food Chemical Toxicology*, 46: 446–475.
- Benchaar C., Calsamiglia S., Chaves A.V., Fraser G.R., Colombatto D., McAllister T.A., Beauchemin K.A. (2008). Plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145: 209–228.
- Benchaar C. and Greathead H. (2011). Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 166-167:338-355.
- Bolukbasi S.C., Erhan M.K., Ozkan A., (2006). Effect of dietary thyme oil and vitamin E on growth, lipid oxidation, meat fatty acid composition and serum lipoproteins of broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 36: 189-196.
- Burt S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223–253.
- Calsamiglia S., Busquet M., Cardozo P.W., Castillejos L., Ferret A. (2007). Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 90: 2580–2595.
- Carson C.F., Mee B.J., Riley T.V. (2002). Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrobial Agents Chemotherapy*, 46: 1914-1920.
- Chaves A.V., He M.L., Yang W.Z., Hristov A.N., McAllister T.A., Benchaar C. (2008). Effects of essential oils on proteolytic, deaminative and methanogenic activities of mixed ruminal bacteria. *Canadian Journal of Animal Science*, 89: 97–104.
- Cross D.E., McDevitt R.M., Hillman K., Acamovic T. (2007). The effect of herbs and their associated essential oil on performance, dietary digestibility and gut microflora in chicken from 7 to 28 days of age. *Br. Poultry Sci.*, 48: 496-506.
- Johnson, K.A.; Johnson, D.E. (1995). Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, 73: 2483–2492.
- Gustafson R.H., Bowen R.E., (1997). Antibiotic use in animal agriculture. *Journal of Applied Microbiology*, 83: 531–541.
- Hart K.J., Yáñez-Ruiz D.R., Duval S.M., McEwan N.R., Newbold C.J. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 147: 8–35.
- Lee K.W., Everts H., Kappert H.J., Frehner M., Losa R., Beynen A.C., (2003). Effect of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *Br. Poultry Sci.*, 44: 450-457.
- Macheboeuf D., Morgavi D.P., Papon Y., Mousset J.L., Arturo-Schaan M. (2008). Dose response effects of essential oils on *in vitro* fermentation activity of the rumen microbial population. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 145: 335-350.
- Najafi P., Torki M., (2010). Performance, blood metabolites and immune-competence of broiler chicks fed diets included essential oils of medicinal herbs. *J. Anim. Vet. Adv.*, 9: 1164-1168.
- Nagaraja, T.G.; Newbold, C.J.; van Nevel, C.J.; Demeyer, D.I. (1997). Manipulation of ruminal fermentation. In *The Rumen Microbial Ecosystem*; Blackie Academic and Professional: London, UK, 1997; pp. 523–632.
- Rhodes, C.J. (2016). The 2015 Paris Climate Change Conference: COP21. *Science progress*, 99: 97-104.
- Robbins, A. (2016). How to understand the results of the climate change summit: Conference of Parties 21 (COP21) Paris 2015. Springer).
- Sikkema J., Bont J.A.M., Poolman B. (1994). Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. *Journal of Biological Chemistry*, 269: 8022–8028.
- Skandamis P., Koutsoumanis K., Fasseas K., Nychas G.J.E. (2001). Inhibition of oregano essential oil and EDTA on *Escherichia coli* O157:H7. *Italian Journal of Food Science*, 13: 65–75.
- Tekeli A., Celik L., Kutlu H. R., Görgülü M., (2006). Effect of dietary supplemental plant extracts on performance, carcass characteristics, digestive system development, intestinal microflora and some blood parameters of broiler chicks. EPC 2006 - 12<sup>th</sup> Eur. Poult. Conf., Verona, Italy, 10-14 September, 4-8.
- Ultee A., Kets E.P., Smid E.J. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 4606–4610.

## Remerciements

Les auteurs remercient le Secrétariat d'État chargé du Développement Durable (SEDD), relevant du Ministère de l'Énergie, des Mines et de l'Environnement pour l'intérêt manifesté à l'égard de cette thématique de recherche sur l'élevage et les changements climatiques, et pour son appui financier indispensable à la réalisation de ce travail.