

Corrigé – Limiter la production de méthane

La production de méthane par le métabolisme de certains microorganismes de la panse des ruminants représente 30 % des émissions de méthane (un gaz à effet de serre) des pays industrialisés. On cherche ici à tester l'efficacité du 3-nitrooxypropanol (NOP) dans la diminution de la production de méthane par le rumen.

Document 1 – Effets du NOP sur la physiologie de la vache

Tableau 1A : étude de la production laitière chez des vaches Prim'Holstein

| Valeurs mesurées | Témoin | Animal traité au NOP | Analyse statistique valeur de P |
|--|--------|----------------------|---------------------------------|
| Production de lait ($\text{kg}\cdot\text{j}^{-1}$) | 35,6 | 34,5 | 0,30 |
| % de matière grasse du lait | 3,31 | 3,63 | 0,13 |
| % de protéines dans le lait | 3,13 | 3,12 | 0,73 |
| % de lactose du lait | 4,65 | 4,65 | 0,98 |

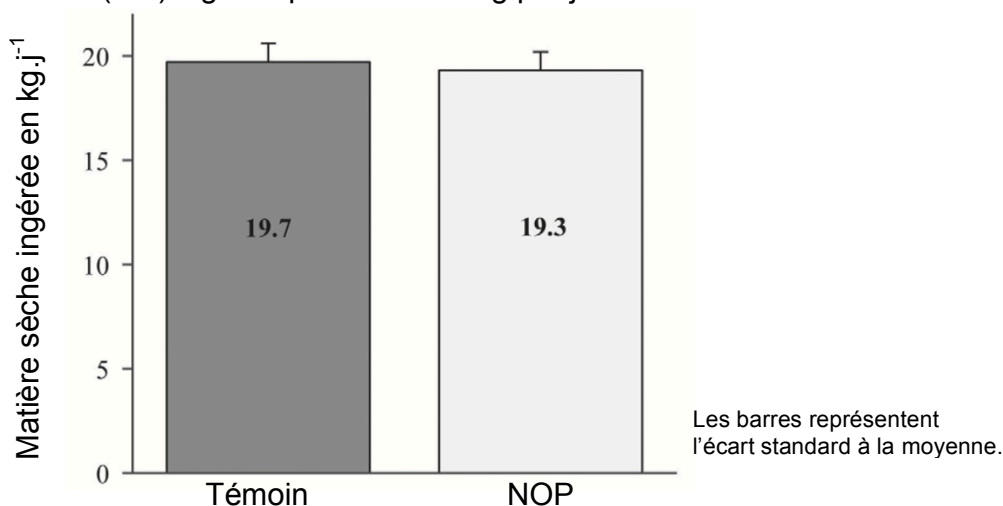
Les valeurs en % sont des pourcentages en masse du lait. La valeur de P est issue d'études statistiques à partir d'un échantillon de 12 vaches témoins et 11 vaches traitées au NOP. Les valeurs mesurées sont significativement différentes lorsque $P < 0,05$.

Question 1 – Interpréter les résultats de ce suivi en soulignant l'effet du NOP sur la production laitière.

Les valeurs de P nous indiquent qu'il n'y a aucun effet du traitement au NOP sur la production laitière.

Figure 1B : étude de la prise alimentaire chez des vaches Prim'Holstein

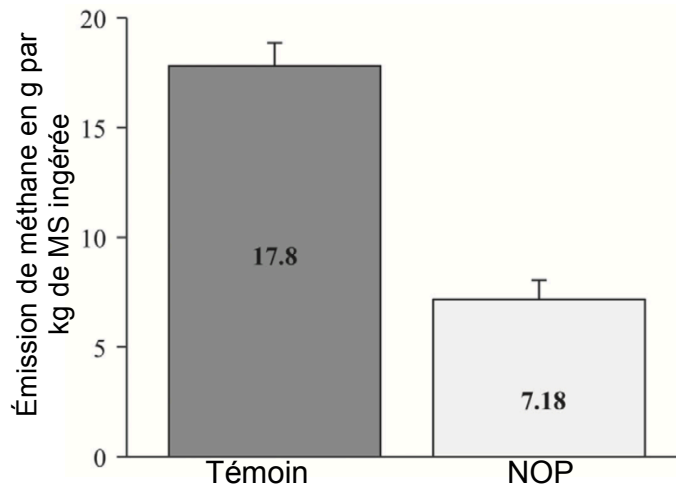
L'influence d'un traitement au NOP sur la prise alimentaire des vaches a été estimée en suivant la masse de matière sèche (MS) ingérée par vache en kg par jour.



tiré de Haisan et coll., *Journal of Dairy Science* 2014, vol 87, n°5

Figure 1C : étude du traitement au NOP sur l'émission de méthane

La quantité de méthane rejeté par les vaches a été mesurée et rapportée à la quantité de matière sèche ingérée.



tiré de Haisan et coll., *Journal of Dairy Science* 2014, vol 87, n°5

Question 2 – En utilisant les documents 1A, 1B et 1C, discuter l'intérêt agronomique et environnemental de l'utilisation du NOP.

L'utilisation du NOP ne semble pas altérer ou modifier la physiologie de la vache puisqu'elle s'alimente en égale quantité (recouvrement des barres d'incertitudes) et produit un lait équivalent, aussi bien d'un point de vue quantitatif que qualitatif.

Par contre, l'utilisation de NOP permet de limiter l'émission du méthane, un gaz à effet de serre, en le divisant de manière significative par un facteur 2,5. Il y a donc un intérêt environnemental sans avoir aucun effet agronomique pour l'éleveur.

Document 2 – Mode d'action du NOP

Afin d'élucider le mécanisme d'action du NOP, deux séries de mesures ont été réalisées :

- les émissions de dihydrogène H_2 sur des vaches traitées avec des quantités variables de NOP, pendant une durée de 12 semaines (figure 2A) ;
- la quantité de bactéries méthanogènes dans le rumen des animaux (figure 2B).

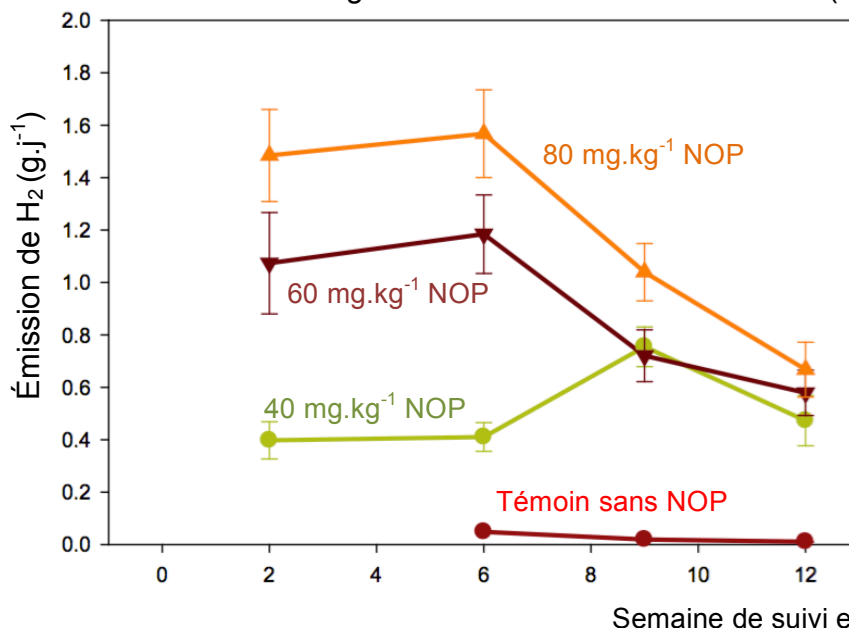


Figure 2A – Effet de la quantité de NOP sur l'émission de H_2 . L'étude a porté sur des lots de 12 vaches. La quantité de NOP administrée chaque jour est fonction de la masse de matière sèche ingérée par l'animal : elle est donc donnée en mg de NOP par kg de MS ingérée (tiré de Hristov et coll., *PNAS* 2015, 112, n°43).

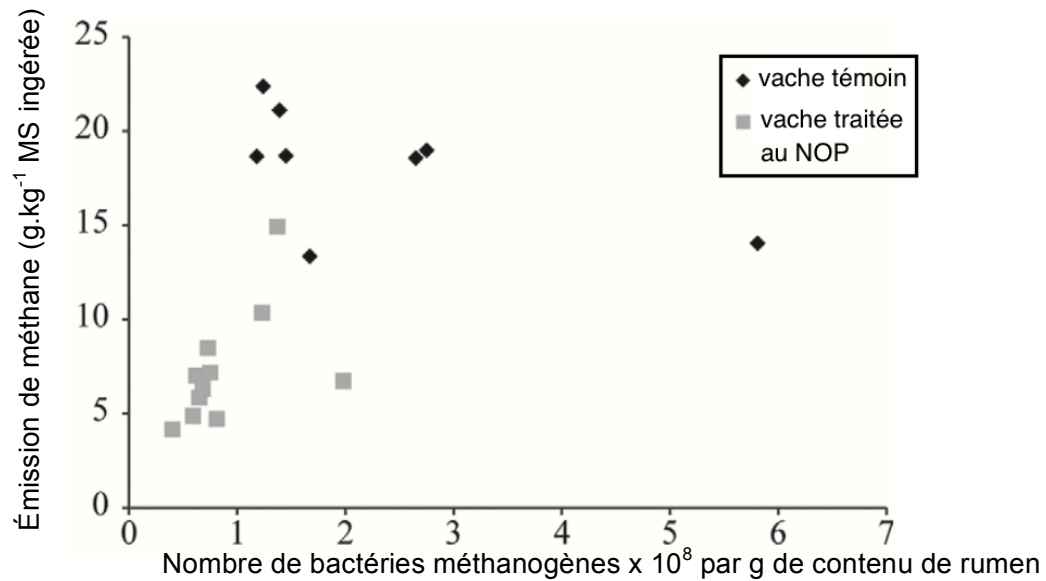


Figure 2B – Relation entre le nombre de bactéries méthanogènes et l'émission de H_2 pour 8 vaches témoin et 11 vaches ayant reçu une dose de NOP de $2,5 \text{ mg.j}^{-1}$. Chaque vache est représentée par un point (tiré de Haisan et coll., *Journal of Dairy Science* 2014, vol 87, n°5).

Question 3 – Analyser précisément le document 2A.

Le document 2A montre qu'une vache non traitée n'émet pas de H_2 dans l'atmosphère. Par contre, un traitement au NOP induit l'émission de H_2 : la corrélation est forte car lorsque la dose de NOP est multipliée par 1,5, l'émission maximale, obtenue après 6 semaines de traitement, est multipliée par 3 par rapport à la dose minimale quotidienne de 40 mg.kg^{-1} de MS. Si la dose est multipliée par 2, les émissions de H_2 sont multipliées par 4 à 6 semaines.

Cependant, après 12 semaines de traitement, les émissions se stabilisent et sont équivalentes, de l'ordre de $0,6 \text{ g.j}^{-1}$ de H_2 .

Le NOP semble donc stimuler ou provoquer la production d' H_2 .

Question 4 – Analyser précisément le document 2B.

Le document 2B montre deux tendances à distinguer :

- le lot de vaches témoins montre un contenu ruminal en bactéries méthanogènes équivalent à celui des vaches traitées, d'une valeur comprise entre $0,5$ et 3×10^8 bactéries par g de contenu ruminal. Seule une vache témoin présente une quantité fortement différente (6×10^8), sans doute due à une variabilité inter-individuelle classique chez les êtres vivants. **Ainsi, le NOP n'a pas ou peu d'effet sur la quantité de bactéries méthanogènes des animaux.**
- les vaches témoins présentent un groupe qui émet environ 20 g de méthane par kg de MS ingérée, avec deux disparités. Étonnamment, la vache qui contient le plus de bactéries méthanogènes n'émet pas la quantité maximale de méthane. Ce n'est donc pas le nombre de bactéries méthanogènes qui compte, mais sans doute leur activité, qui peut varier.

Les vaches traitées au NOP présentent quant à elles des rejets de méthane inférieurs d'un facteur 2 voire 3 par rapport aux vaches témoins, ce qui est en accord avec le document 1C. **Le NOP diminue donc la production de méthane par les bactéries méthanogènes.**

Question 5 - Présenter un modèle interprétatif possible du mode d'action du NOP.

Bilan des analyses :

- le NOP permet de diminuer les émissions de méthane mais sans diminuer le nombre de bactéries méthanogènes (ou peu) ;
- le NOP provoque la libération de H₂ ;
- le NOP n'a pas d'influence sur la physiologie de la vache (alimentation ingérée et lactation).

Le méthane est produit par la réaction chimique (non équilibrée ici) : $\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$ par les bactéries méthanogènes.

Le NOP pourrait inhiber l'activité des bactéries méthanogènes (et non leur nombre). Le H₂ issu des fermentations digestives n'est alors plus converti en méthane mais rejeté tel quel dans l'atmosphère.