Racines d'avenir
LABORATOIRE VIVANT

UPA L'Union des producteurs agricoles

Fiche synthèse des résultats du projet

Les inhibiteurs d'azote

Octobre 2026



Photo : Groupe ProConseil

Pourquoi s'intéresser au protoxyde d'azote?

Les sols agricoles émettent du protoxyde d'azote (N_2O), un gaz à effet de serre (GES) très puissant. Des microorganismes du sol en sont responsables : en l'absence d'oxygène, ils transforment l'azote provenant des engrais, des fumiers ou encore des résidus de cultures en N_2O.

Les émissions sont plus importantes au printemps, lors des épisodes de gel-dégel et de fonte des neiges ainsi qu'après de fortes pluies. Elles augmentent lorsque le sol est humide et qu'il reste de l'azote non utilisé par les cultures. Elles sont aussi favorisées par certains facteurs, comme les sols mal drainés, compactés ou à texture fine.

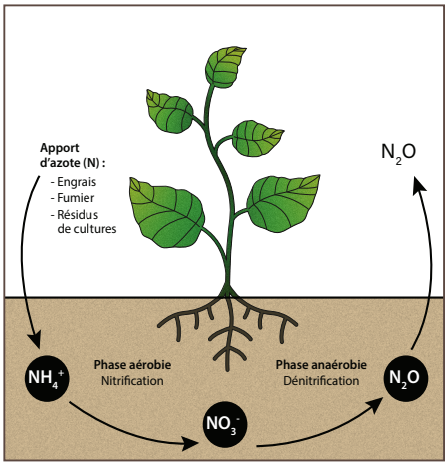


Schéma : CDAQ

En grandes cultures, le N_2O représente une source importante d'émissions de GES. Une bonne gestion de l'azote (appliquer la bonne dose, au bon moment et selon les besoins des cultures) permet de réduire les pertes, d'améliorer l'efficacité des fertilisants et, dans plusieurs cas, d'augmenter la rentabilité de l'entreprise. L'amélioration de la santé et du drainage des sols contribue aussi à limiter les conditions favorables aux émissions de N_2O.



Comment les inhibiteurs limitent-ils les pertes d'azote?

Les inhibiteurs d'azote sont des produits ajoutés aux engrais azotés ou aux lisiers afin de ralentir certaines transformations de l'azote dans le sol. Ils permettent de le garder disponible plus longtemps pour les cultures et de limiter les pertes par volatilisation, lessivage ou dénitrification (émissions directes de N_2O.) Lorsqu'ils sont utilisés dans les bonnes conditions, ils peuvent améliorer l'efficacité de la fertilisation tout en réduisant l'incidence environnementale des apports d'azote.

Des essais réalisés dans différents contextes de production



Dans le cadre du projet Laboratoire vivant – Racines d'avenir, 26 essais ont été réalisés dans 16 fermes québécoises réparties dans cinq régions afin d'évaluer l'effet des inhibiteurs d'azote sur les émissions de N_2O et sur l'efficacité de la fertilisation. Les essais couvraient différentes grandes cultures (maïs-grain, blé et canola), différents types de sols et de fertilisants ainsi que plusieurs modes et périodes d'application.

Des résultats influencés par la météo et le type de sol

Les résultats montrent que les inhibiteurs ont permis de réduire les émissions de N_2O de 17 % en 2024 et de 13 % en 2025, en moyenne, avec des réductions pouvant atteindre 24 % dans les essais réalisés avec du lisier. Cette variabilité entre les années peut s'expliquer par une fréquence plus élevée des précipitations durant la saison de croissance en 2024. Ces conditions plus humides favorisent généralement les processus microbiens responsables des émissions de N_2O, ce qui rend l'effet des inhibiteurs plus marqué.

Les essais ont également confirmé que les émissions de N_2O sont généralement plus élevées dans les sols argileux (0,77 à 21,1 kg N/ha) que dans les loams et les sols sableux (0,32 à 4,31 kg N/ha).

Résultats moyens des 26 essais du projet Laboratoire vivant – Racines d'avenir	
Émissions moyennes de N_2O (kg N/ha)	
Loams et sols sableux	0,32 - 4,31
Sols argileux	0,77 – 21,1
Réduction moyenne des émissions de N_2O avec les inhibiteurs (%)	
2024	17,1 %
2025	12,7 %

Dans la majorité des cas, les rendements sont demeurés comparables. Cependant, des hausses de rendement ont été associées à une réduction des émissions de N_2O d'au moins 10 %.

L'efficacité dépend autant du sol que du produit utilisé

Les inhibiteurs semblent particulièrement efficaces dans certaines conditions, notamment dans les sols lourds, où les émissions de N_2O sont généralement plus élevées, ainsi que dans les sols contenant moins de 4,5 % de matière organique. Les résultats varient aussi selon l'ingrédient actif utilisé. La nitrapyrine, par exemple, a donné des résultats intéressants, avec des réductions d'émissions et des gains de rendement observés dans plusieurs essais.

À l'inverse, l'ajout d'un inhibiteur avec le sulfate d'ammonium (SAM) n'a pas apporté de bénéfice supplémentaire. Cela pourrait s'expliquer par l'effet acidifiant naturel du SAM, qui ralentit déjà l'activité des microorganismes responsables de la nitrification et réduit certains risques de pertes d'azote.

Les conditions de terrain et la météo demeurent toutefois des facteurs déterminants. La température, les précipitations, le drainage et la teneur en matière organique influencent fortement les transformations de l'azote et peuvent parfois masquer l'effet des inhibiteurs. Les essais n'ont cependant pas montré de différence marquée selon la période d'application (présemis ou postlevée) ni selon le mode d'application (mélangé à l'engrais ou appliqué séparément, incorporé ou non).

Des résultats confirmés par d'autres études

Ces résultats obtenus au Québec vont dans le même sens que ceux observés ailleurs dans le monde. Une récente méta-analyse d'Agriculture et Agroalimentaire Canada regroupant 21 études et 291 observations a montré que les engrais à efficacité améliorée (EEF [Enhanced Efficiency Fertilizers]) réduisent en moyenne les émissions de N_2O de 11 % par rapport aux engrais azotés conventionnels (Sokolov et collab., 2025). Les EEF se divisent en deux groupes : les inhibiteurs d'azote et les engrais à libération lente ou contrôlée.



L'efficacité à réduire les émissions de N_2O varie selon le type d'EEF utilisé. Les inhibiteurs de nitrification ont permis une réduction moyenne de 23 % des émissions de N_2O, les inhibiteurs doubles (nitrification + uréase), une réduction de 15 %, tandis que les engrais à libération lente ont obtenu une réduction moyenne de 6 %. À l'inverse, les inhibiteurs d'uréase utilisés seuls n'ont pas démontré de réduction moyenne des émissions dans cette analyse. Ces résultats montrent bien que les inhibiteurs ne constituent pas une solution universelle, mais plutôt un outil qui s'intègre à une stratégie globale de gestion de l'azote.

L'importance d'autres pratiques pour réduire les émissions de N_2O

L'étude de Sokolov et collaborateurs indique également que les pratiques 4B (bonne source, bonne dose, bon moment, bon endroit) les plus efficaces pour limiter les émissions étaient :

1. L'utilisation d'engrais organiques en remplacement des engrais de synthèse azotés;
2. Le fractionnement des apports d'azote;
3. L'utilisation d'EEF, dont font partie les engrais contenant des inhibiteurs.



L'étude a également confirmé l'intérêt de combiner plusieurs bonnes pratiques plutôt que de miser sur une seule intervention afin de maximiser les réductions d'émissions.

Aucune des pratiques 4B n'a été identifiée comme un facteur influençant considérablement l'efficacité des EEF, et les résultats n'ont révélé aucun effet notable de la dose d'azote sur leur capacité à réduire les émissions de N_2O. Ces observations concordent avec les résultats du projet Laboratoire vivant – Racines d'avenir. De plus, la période d'application la plus étudiée était le printemps qui présentait une efficacité supérieure par rapport à l'automne.

Des questions qui demeurent

Même si les inhibiteurs d'azote présentent un potentiel pour améliorer l'efficacité de la fertilisation et réduire les émissions de N_2O, plusieurs questions demeurent et méritent d'être approfondies.

- **Quelle est la durée d'efficacité des inhibiteurs et quel est leur comportement?**
  Selon le produit utilisé, les conditions climatiques ou encore les propriétés du sol, la période pendant laquelle l'inhibition demeure efficace peut varier. La présence éventuelle de résidus persistants dans le sol et leur accumulation à long terme nécessitent également davantage de recherches.

- **Peuvent-ils réduire les pertes par lessivage?**
  Comme les inhibiteurs ralentissent certaines transformations de l'azote dans le sol, il reste à mieux documenter dans quelle mesure cette stratégie réduit réellement les pertes par lessivage et si l'azote conservé demeure disponible pour les cultures.

- **Peuvent-ils permettre de réduire les doses d'azote?**

  Dans certaines situations où l'efficacité d'utilisation de l'azote est améliorée, il pourrait être possible de maintenir les rendements avec des doses plus faibles. Il faudra toutefois davantage d'essais pour déterminer dans quelles conditions cette approche est réellement envisageable.

- **Quels sont les effets de produits combinés?**

  Certains produits commerciaux combinent des inhibiteurs avec des biostimulants ou d'autres molécules destinées à prolonger leur efficacité ou à protéger la microflore du sol. L'efficacité réelle de ces formulations, tout comme leurs effets sur les communautés microbiennes, demeure trop peu documentée.

  La pertinence de leur usage en combinaison avec d'autres formulations d'engrais contenant du soufre serait à étudier. Le SAM semble déjà exercer un effet indirect sur la nitrification en raison de son pouvoir acidifiant. Il reste donc à déterminer si d'autres sources de soufre peuvent produire des effets semblables, et dans quelles conditions.

Référence : Sokolova, *V., et collab. 2025. Meta-analysis: Effect of improved nitrogen management practices on nitrous oxide emissions in Canadian studies.* Canadian Journal of Soil Science. https://cdnsciencepub.com/doi/epdf/10.1139/cjss-2025-0036



Photo : TCN

En savoir plus : Projet Laboratoire vivant – Racines d'avenir
www.upa.qc.ca/laboratoire-vivant-racines-davenir

Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agriculture and Agri-Food Canada

Ce projet est financé par le programme Solutions agricoles pour le climat – Laboratoires vivants d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.