

# Réduire les émissions du gaz à effet de serre N<sub>2</sub>O par les sols en agissant sur le fonctionnement de l'enzyme N<sub>2</sub>O réductase



Henri BREFORT<sup>A</sup>, B. NUEL<sup>A</sup>, F. BIZOUARD<sup>A</sup>, G. GUYERDET<sup>A</sup>, C. ROUSSET<sup>A</sup>, M. ARKOUN<sup>B</sup>, E. Barbier<sup>A</sup>, V. BOURION<sup>A</sup>, D. GARMYN<sup>A</sup>, A. HARTMANN<sup>A</sup>, C. REVELLIN<sup>A</sup>, A. ROUX<sup>A</sup>, B. SERBOURCE<sup>A</sup>, C. HENAULT<sup>A</sup>

<sup>A</sup> UMR Agroécologie, INRAE, Institut Agro, Université Bourgogne, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France  
<sup>B</sup> Laboratoire de Nutrition Végétale, Agroinnovation International – TIMAC AGRO, Saint-Malo, France

## 1. Introduction

La concentration atmosphérique du gaz à effet de serre N<sub>2</sub>O augmente depuis l'industrialisation (1). Pour enrayer ce problème, nous devons **réduire la production de ce gaz** et/ou **augmenter son élimination**.

Actuellement, le seul mécanisme terrestre connu permettant l'élimination du gaz N<sub>2</sub>O est la **dernière étape de la dénitrification** où **N<sub>2</sub>O est réduit en N<sub>2</sub>**. Ce processus est catalysé par **l'enzyme N<sub>2</sub>O réductase**, "a key environmental enzyme" (2) dont la synthèse est codée par le gène **nosZ**.

La capacité des sols à réaliser cette fonction est hétérogène. Elle est faible dans les sols acides.

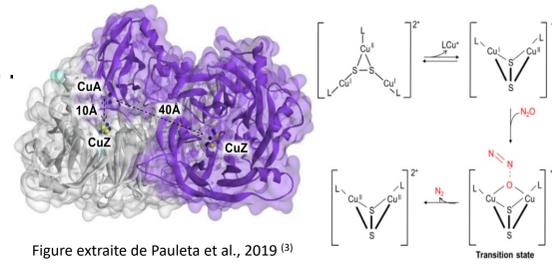


Figure extraite de Pauleta et al., 2019 (3)

A noter : La structuration spatiale, complexe, de cette enzyme conditionne sa fonctionnalité. Elle est dépendante du pH du milieu lors de sa maturation

## 2. Objectifs

**Favoriser le fonctionnement de l'enzyme N<sub>2</sub>O réductase dans les sols.** Nous développons deux approches complémentaires.

- **Chaulage** des sols acides pour atteindre pH = 6,8 pour rendre fonctionnelle l'enzyme N<sub>2</sub>O réductase

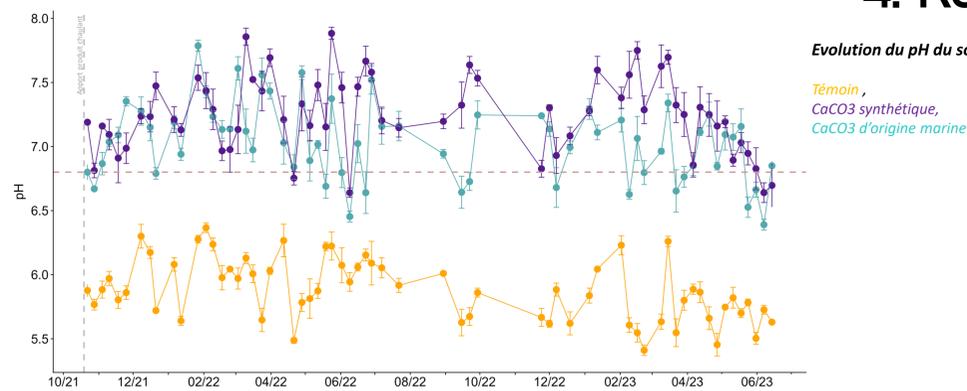
- Culture de **légumineuses inoculées avec un rhizobia** possédant le gène **nosZ**

## 3. Matériels et Méthodes

Echelle	<i>In situ</i> (essai en blocs) → sol sablo-limoneux avec un pH initial de 5.6 (Morvan)	
Type d'apport	Incorporation après épandage	
Traitements chaulant (3 t de VN/ha) Fin octobre 2021	Témoin Carbonate de calcium synthétique Carbonate de calcium d'origine marine	
Principales variables mesurées/calculées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacité / Incapacité du sol à réduire N<sub>2</sub>O (ISO/TS20131-2)</li> <li>• pH<sub>eau</sub> (ISO 10390: 2005)</li> <li>• Flux N<sub>2</sub>O (méthode des chambres manuelles)</li> </ul>	

Echelle	<i>In situ</i> (essais en blocs)	Serres (essais en blocs) sur milieu inerte (perlite)		
Type d'apport	Inoculation des graines avec le rhizobia			
Espèces cultivées	Soja	Trèfle Lupin	Féverolle Arachide	Fénugrec Soja
Souches associées	G49 ( <i>nosZ</i> <sup>+</sup> ) USDA138 ( <i>nosZ</i> <sup>-</sup> )	2 à 4 par espèces (4)		
Principales variables mesurées/calculées	Flux N <sub>2</sub> O (g ha <sup>-1</sup> jour <sup>-1</sup> )	Evolution de concentration en N <sub>2</sub> O (ppm) dans des systèmes d'incubation étanches		

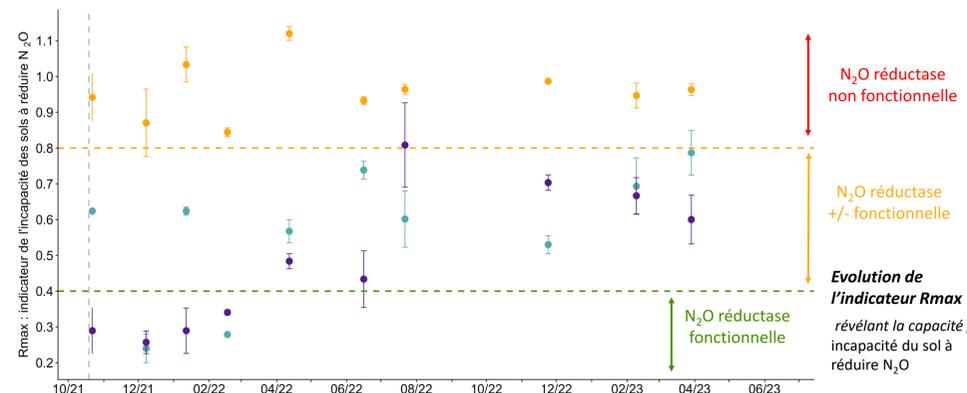
## 4. Résultats



Evolution du pH du sol

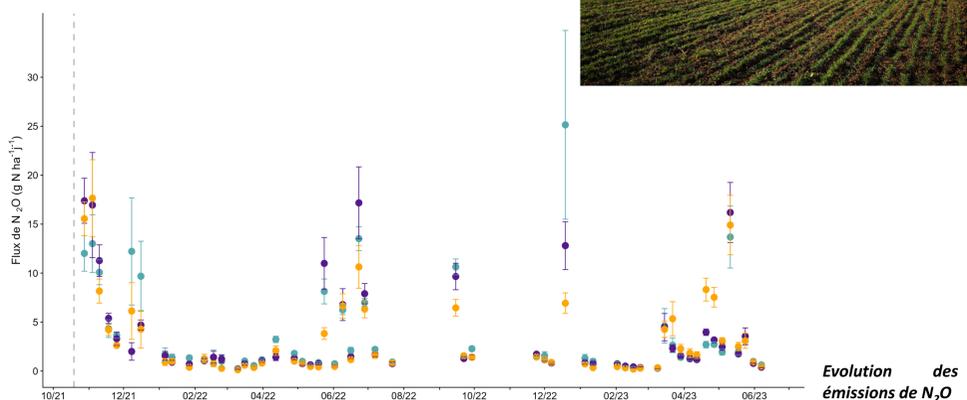
Témoin, CaCO<sub>3</sub> synthétique, CaCO<sub>3</sub> d'origine marine

➤ pH augmenté immédiatement après l'apport des produits chaulant et maintenu élevé pendant les 2 années de culture



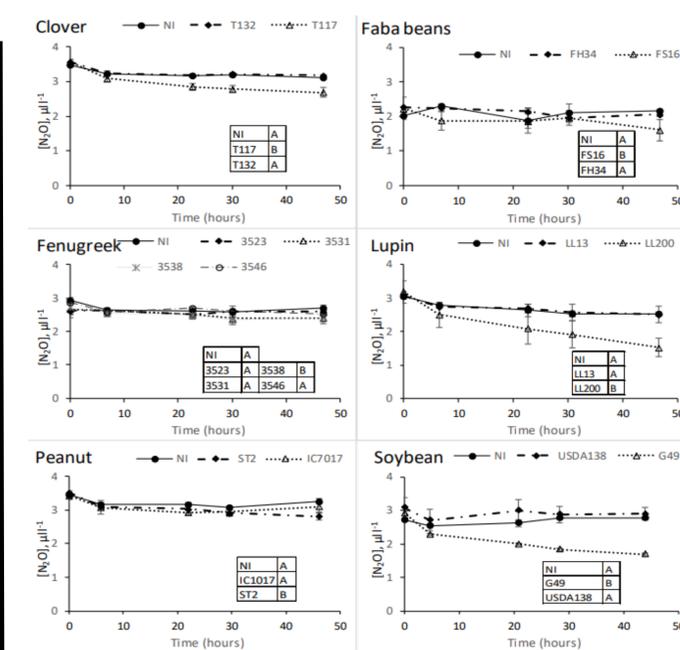
Evolution de l'indicateur Rmax révélant la capacité / incapacité du sol à réduire N<sub>2</sub>O

➤ N<sub>2</sub>O réductase fonctionnelle rapidement après l'apport des produits chaulant mais atténuation du signal dans le temps



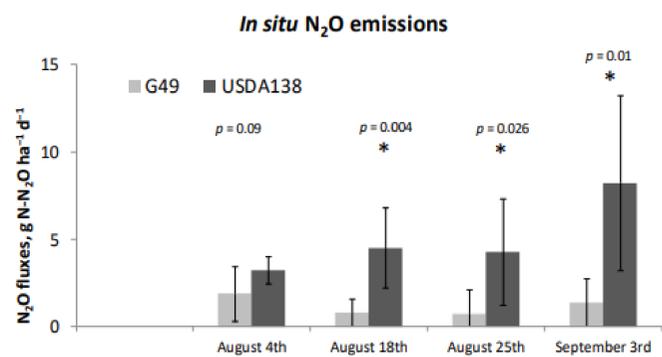
Evolution des émissions de N<sub>2</sub>O

➤ La fonctionnalité de la N<sub>2</sub>O réductase ne s'est pas exprimée (pas de réduction des émissions de N<sub>2</sub>O) dans le contexte de ce site très drainant et peu émetteur de N<sub>2</sub>O



Evolution de la concentration en N<sub>2</sub>O pour les couples légumineuses-rhizobia dans les dispositifs enrichis en N<sub>2</sub>O et différences statistiques (Newman and Keuls test p < 0.05) entre les modalités avec inoculation de différentes souches de rhizobia et NI (modalité non inoculée).

➤ N<sub>2</sub>O réductase fonctionnelle à l'échelle de la plante entière inoculée, pour au moins une souche microbienne par plante testée (4)



Evolution des flux moyen de N<sub>2</sub>O mesurés in situ \* différences significatives entre les flux mesurés pour chaque traitement.

➤ Diminution des émissions de N<sub>2</sub>O, grâce à la culture de soja inoculée avec la souche G49 (*nosZ*<sup>+</sup>) suggérant que l'enzyme N<sub>2</sub>O réductase est fonctionnelle (4)

## 5. Conclusion générale

- Il est possible d'agir sur la fonctionnalité de la N<sub>2</sub>O réductase dans les sols,
- Les conséquences en terme de réduction des émissions de N<sub>2</sub>O par les sols dépendent aussi des autres conditions de milieu : dans d'autres situations étudiées, le chaulage avait permis de réduire les émissions de N<sub>2</sub>O (5)
- La réduction de N<sub>2</sub>O par les légumineuses inoculées s'ajoute à leur capacité à fixer l'azote : double effet « kiss cool » des légumineuses par rapport à la régulation du climat !
- Ces travaux sont à consolider sur différents aspects : Bilan N<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> (6), application in situ pour différentes espèces (pois, ...)

(1) Organisation météorologique mondiale. 2021. Bulletin sur les gaz à effet de serre.

(2) Zhang L, Wüst A, Prasser B, Müller C, Einsle O. 2019. PNAS 116:12822–12827.

(3) Pauleta R.S., Carepo M.S., Moura I. 2019. Coord. Chem. Rev 387 : 436-449.

(4) Hénault, C.; Barbier, E.; Hartmann, A.; Revellin, C. 2022. Agriculture. 12 : 271.

(5) Hénault, C., Bourennane, H., Ayzac, A., Ratié, C., Saby, N.P.A., Cohan, J.-P., Eglin, T. & Gall, C.L. 2019. Sci. Rep. 9, 20182.

(6) Rousset, C., Brefort, H., Arkoun, M., Mathieu, O., Hénault, C. 2023. EISS,74(2), e13367.



Cette étude est réalisée dans le cadre du projet NatAdGES, soutenu par le programme « Investissement d'Avenir », projet ISITE-BFC (contrat ANR-15-IDEX-0003), le FEDER, BPIFrance et le CMI Timac Agro

