



**HAL**  
open science

## 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, Bizouard Florian, Guillaume Guyerdet, Camille Rousset, Mustapha Arkoun, Elodie Barbier, Virginie Bourion, Dominique Garmyn, Alain Hartmann, Cécile Revellin, et al.

### ► To cite this version:

Henri Brefort, Bizouard Florian, Guillaume Guyerdet, Camille Rousset, Mustapha Arkoun, et al.. 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. Journées d'étude des sols 2023, Jun 2023, Dijon, France. hal-04179867

**HAL Id: hal-04179867**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04179867>**

Submitted on 10 Aug 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.



# 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>, 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. HENAUT<sup>A</sup>

<sup>A</sup> UMR Agroécologie, INRAE, Institut Agro, Université Bourgogne, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France

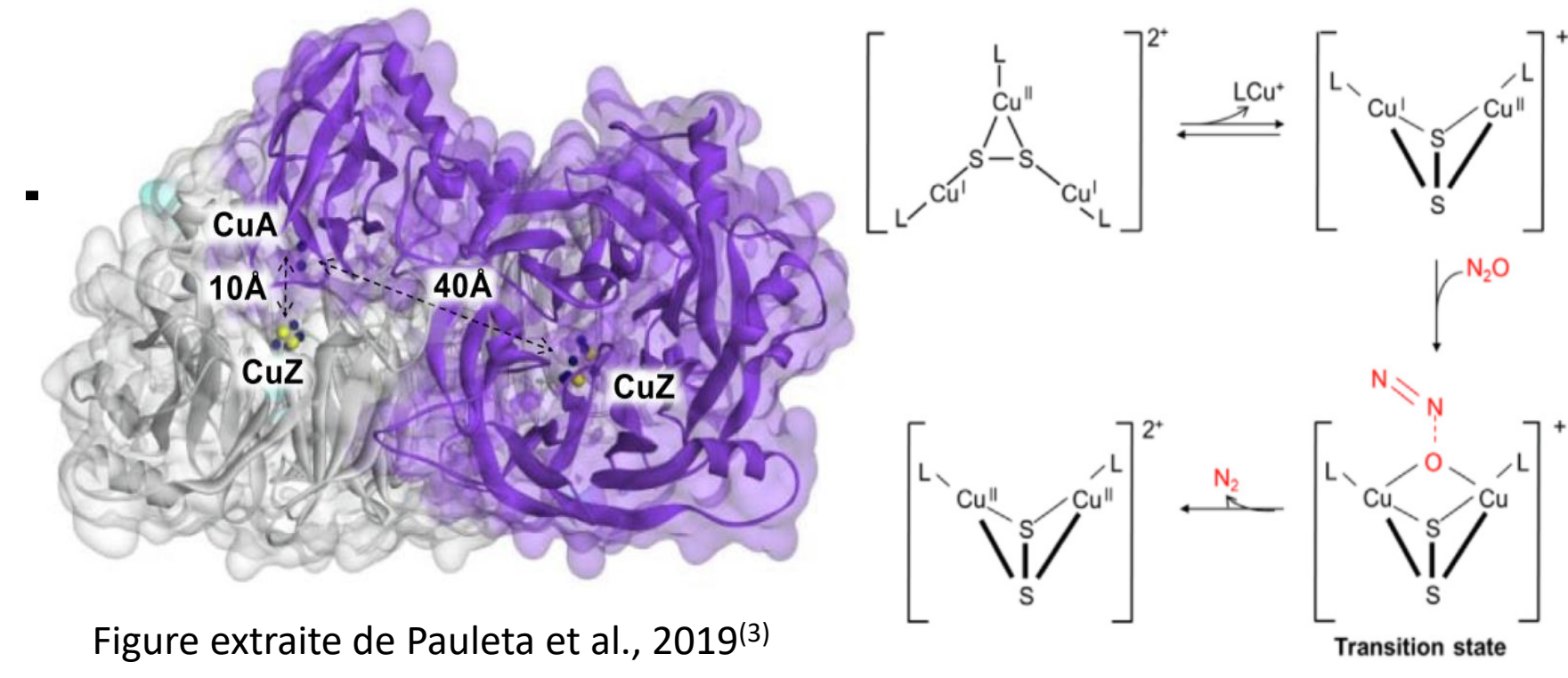
<sup>B</sup> Laboratoire de Nutrition Végétale, Agroinnovation International – TIMAC AGRO, Saint-Malo, France

## 1. Introduction

La concentration atmosphérique du gaz à effet de serre N<sub>2</sub>O augmente depuis l'industrialisation <sup>(1)</sup>. 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" <sup>(2)</sup> 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.



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** jusqu'à atteindre un pH de 6,8 des sols acides pour rendre fonctionnelle l'enzyme N<sub>2</sub>O réductase

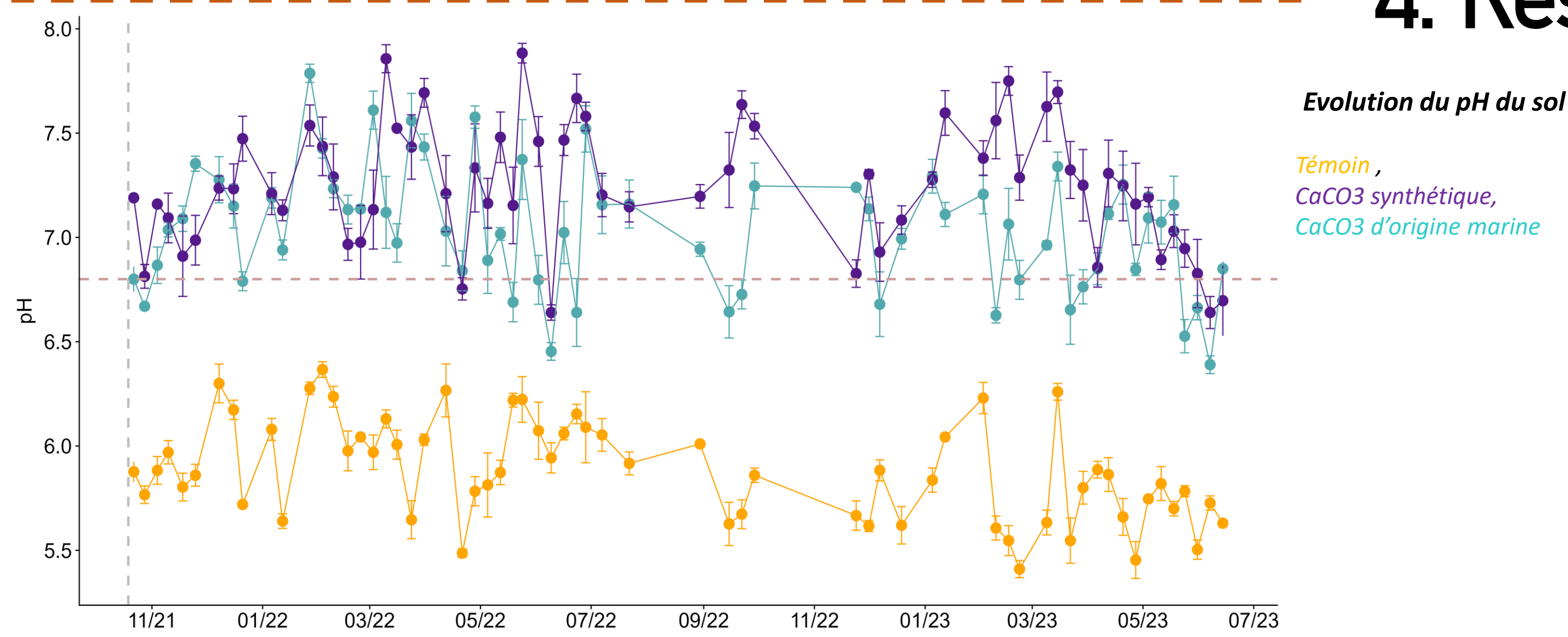
- Culture de **légumineuse inoculée avec un rhizobia** possédant le gène *nosZ*<sup>+</sup>

## 3. Matériels et Méthodes

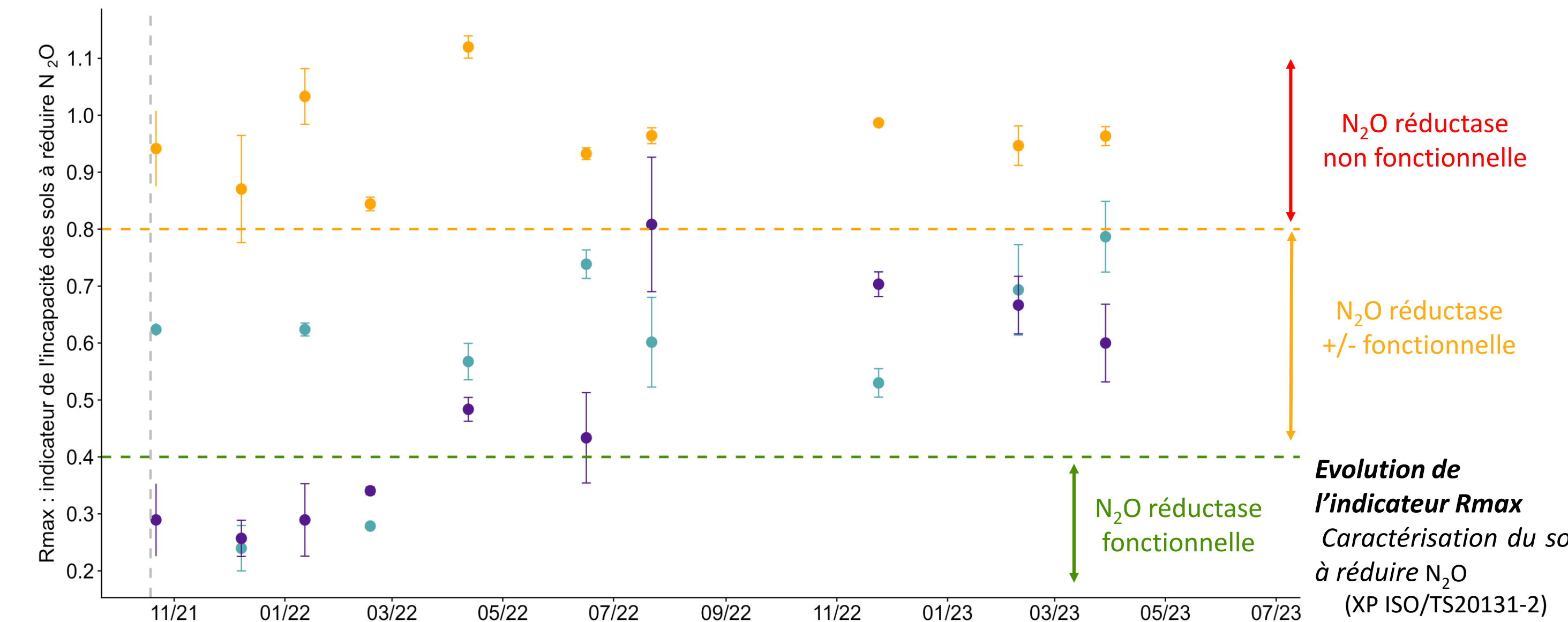
| Dispositif expérimental                  | Au champ (essai en blocs) → sol sablo-argilo-limoneux avec un pH initial de 5.6 (Morvan)  |  |
|--|---|--|
| Type d'apport                            | Incorporation après épandage  |  |
| Traitements chaulant (2,94t de VN/ha)    | <p>Témoin</p> <p>Carbonate de calcium synthétique</p> <p>Carbonate de calcium d'origine marine</p>  |  |
| Principales variables mesurées/calculées | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caractérisation du sol à réduire N<sub>2</sub>O (XP ISO/TS20131-2)</li> <li>• pH<sub>eau</sub> (ISO 10390: 2005)</li> <li>• Flux N<sub>2</sub>O (Flux N<sub>2</sub>O (g ha<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup>))</li> </ul> |  |

| Dispositif expérimental                  | Au champ (essais en blocs)                                     | En serre (essais en blocs) sur milieu inerte (perlite)                                       |                   |               |
|--|--|--|-------------------|---------------|
| Type d'apport                            | Inoculation des graines avec le rhizobia                       |  |                   |               |
| Espèces cultivées de légumineuses        | Soja   | Trèfle Lupin   | Féverole Arachide | Fenugrec Soja |
| Souches associées                        | G49 (nosZ <sup>+</sup> )<br>USDA138 (nosZ <sup>-</sup> )       | 2 à 4 par espèces <sup>(4)</sup>   |                   |               |
| 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 |                   |               |

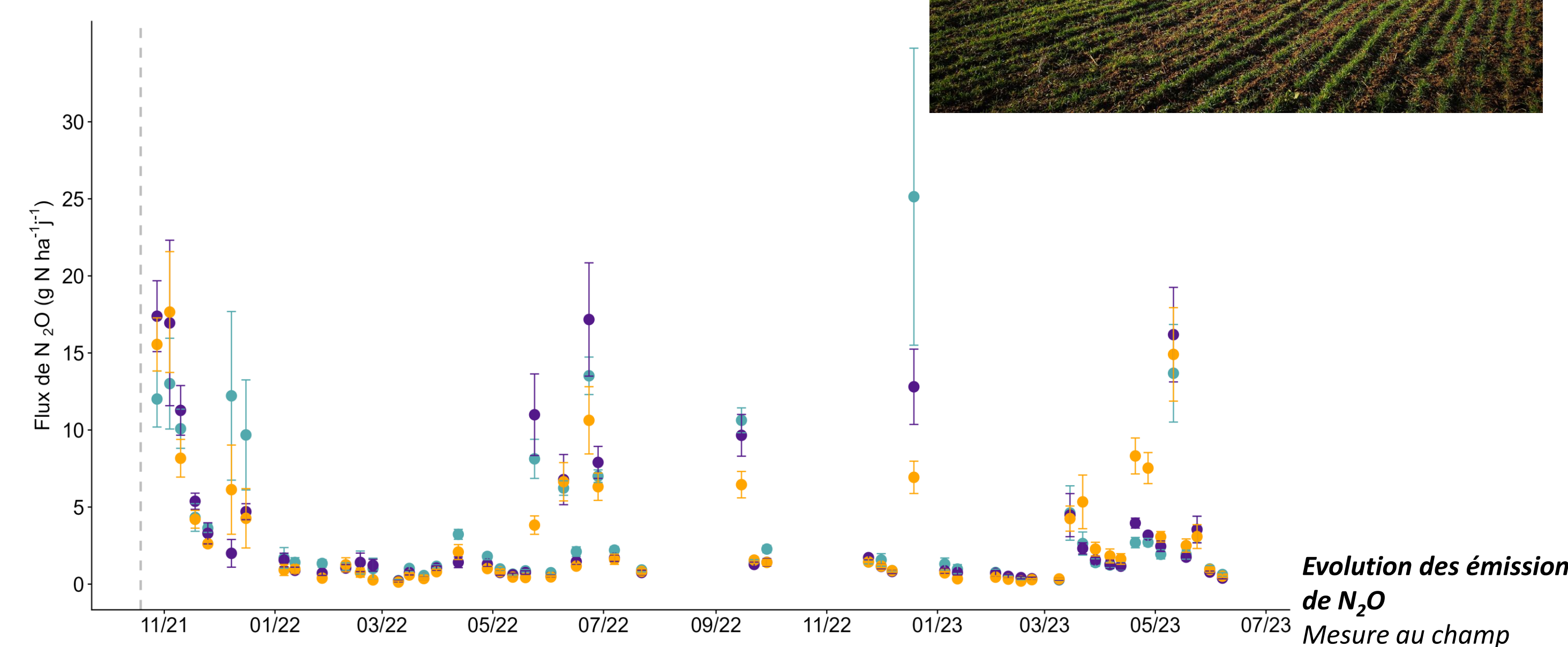
## 4. Résultats



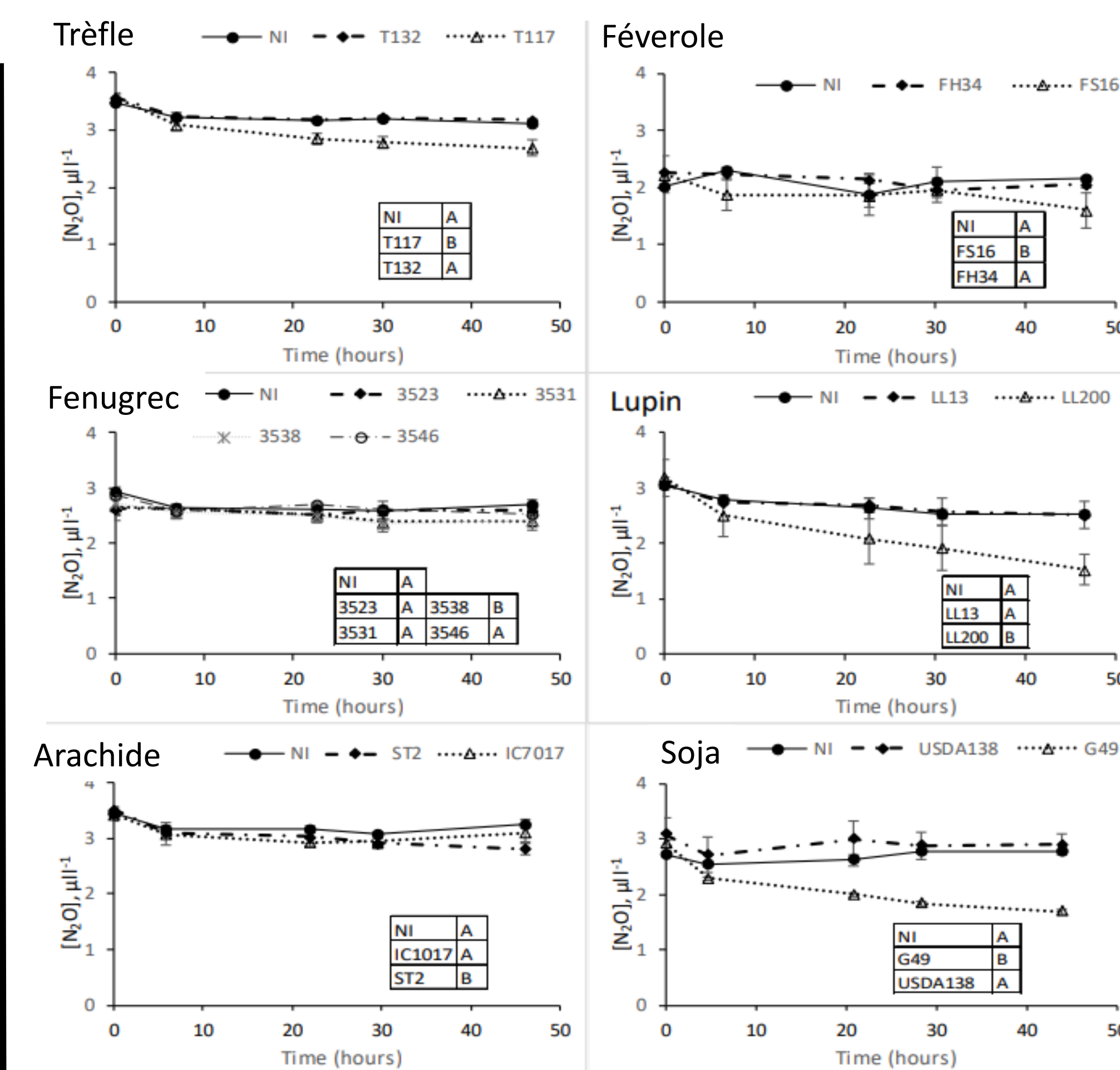
➤ pH augmenté immédiatement après l'apport des produits chaulant et maintenu élevé, pendant les 2 années de culture.



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

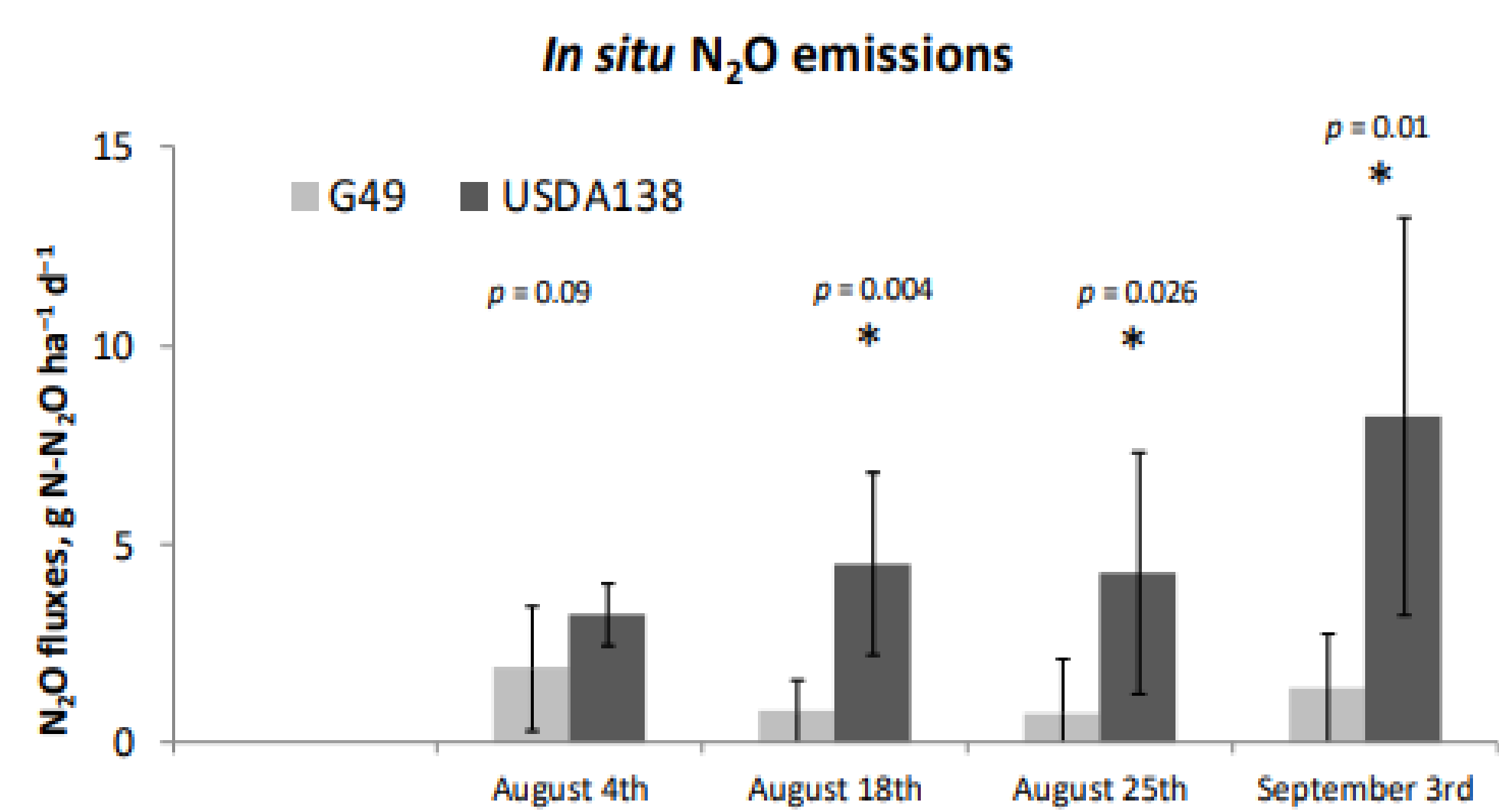


➤ La fonctionnalité de la N<sub>2</sub>O réductase ne s'est pas exprimée (pas de réduction des émissions de N<sub>2</sub>O) dans le contexte de ce site très drainant et peu émetteur de N<sub>2</sub>O



Evolution de la concentration en N<sub>2</sub>O pour les couples légumineuses-rhizobias dans les dispositifs enrichis en N<sub>2</sub>O et différences statistiques (Newman and Keuls test p < 0.05) entre les souches inoculées.

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



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 qui nosZ<sup>+</sup> suggérant que N<sub>2</sub>O réductase est fonctionnelle. <sup>(4)</sup>

## 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 <sup>(5)</sup>
- La réduction de N<sub>2</sub>O par les légumineuses inoculées s'ajoute à leur capacité à fixer l'azote : double effet 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> <sup>(6)</sup>, application in situ pour différentes espèces (pois, ...)

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

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

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

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

<sup>(5)</sup> 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.

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