



**HAL**  
open science

## Mesure spatialisée des émissions de N<sub>2</sub>O par les sols agricoles

Agnès Grossel, Bernard B. Nicoullaud, Adeline Besnault, Christophe Guimbaud, C Robert, Guy Richard, Catherine Hénault

► **To cite this version:**

Agnès Grossel, Bernard B. Nicoullaud, Adeline Besnault, Christophe Guimbaud, C Robert, et al.. Mesure spatialisée des émissions de N<sub>2</sub>O par les sols agricoles. 36. Journées scientifiques du GFHN;8. Colloque GEOFCAN;Milieux poreux et géophysique, Nov 2011, Orléans, France. hal-02748813

**HAL Id: hal-02748813**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02748813>**

Submitted on 3 Jun 2020

**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.

## MESURE SPATIALISÉE DES ÉMISSIONS DE N<sub>2</sub>O PAR LES SOLS AGRICOLES

GROSSEL A.<sup>1</sup>, NICOUILLAUD B.<sup>1</sup>, BESNAULT A.<sup>1</sup>, GUIMBAUD C.<sup>2</sup>,  
ROBERT C.<sup>2</sup>, RICHARD G.<sup>1</sup>, HÉNAULT C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, UR 0272 Science du sol, Centre de recherche d'Orléans, CS 40001 Ardon, 45075 Orléans cedex 2, France

<sup>2</sup> Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Espace, Orléans, France

### RÉSUMÉ

*Les interactions complexes entre les facteurs de contrôle des émissions de N<sub>2</sub>O par les sols et la très grande hétérogénéité des sols entraînent de larges variations spatiales de ces émissions. L'objet de ce travail est d'étudier la variabilité spatiale des flux à grande échelle pour définir des méthodologies de mesure avec une meilleure prise en compte de cette variabilité. Dans ce but, 48 mesures de flux échantillonnant 77% d'une surface de 3,2 m par 2,4 m ont été réalisées dans une parcelle agricole, en couplant un spectromètre infrarouge QCL avec une chambre mobile. La méthode a permis une caractérisation sur un pas de temps court des variations spatiales et les mesures suggèrent que la variabilité spatiale des émissions de N<sub>2</sub>O sur cette surface, est liée à la disponibilité en carbone.*

**Mots clés :** *émission de N<sub>2</sub>O par les sols, variabilité spatiale, développement méthodologique.*

### ABSTRACT

#### SPATIAL MEASUREMENTS OF N<sub>2</sub>O EMISSIONS FROM AGRICULTURAL SOILS

*The complex interactions between control factors as well as soil heterogeneity result in large spatial variations in soil N<sub>2</sub>O flux. The objective of this work is to study the spatial variability at large scale for defining better methodologies of N<sub>2</sub>O measurements. 48 flux measurements were thus made on a 3.2\*2.4 m surface in an agricultural plot, sampling 77% of the surface thanks to the coupling of a QCL Infrared spectrometer and a mobile chamber. This method enabled to obtain a sampling on a short time step of flux spatial variations. Observations suggest that the spatial variability on this surface was linked to the availability in carbon in the soil.*

**Key words:** *soil N<sub>2</sub>O emission, spatial variability, methodology development.*

## 1. INTRODUCTION

La grande variabilité spatiale et temporelle des émissions de N<sub>2</sub>O par les sols rend difficile leur quantification. Une des techniques de mesure les plus répandues est l'accumulation de N<sub>2</sub>O dans des chambres fermées au sol couplées à la chromatographie en phase gazeuse, sur des durées de l'ordre de 15 minutes à 2 heures. Mais se pose alors le problème de la lourdeur des protocoles de mesures nécessaires pour obtenir un échantillonnage spatial représentatif. Les études dédiées à la variabilité spatiale ont en effet montré des coefficients de variation des flux allant de 50 à plus de 200%, avec une variabilité forte à toutes les échelles : la variabilité locale est liée à la présence de microsites dénitrifiant (PARKIN, 1987), alors que sur des distances >10 m, la variabilité des flux est liée à des effets locaux de topographie ou à la disponibilité en azote des sols (BALL et al. 1997). A l'échelle d'une parcelle, la variabilité est souvent liée à la présence de zones de très fortes émissions, appelés "*hotspots*", qui peuvent être à l'origine d'une proportion très importante des flux. Par exemple, VAN DER HEUVEL (2009) a trouvé dans une zone riveraine que 4% de la surface est à l'origine de 33% de l'émission totale. Pour les sols cultivés, des *hotspots* présentant des flux supérieurs de plusieurs ordres de grandeur au flux ambiant ont aussi été observés (BALL et al. 1997).

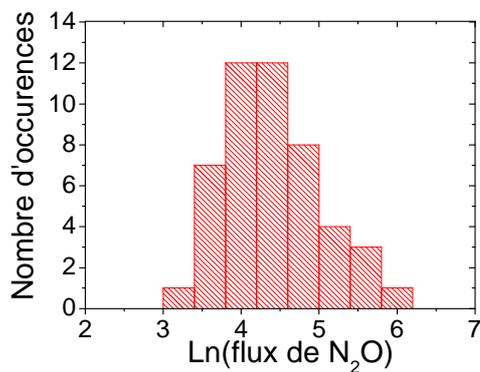
Les nouvelles technologies, en particulier les spectromètres infrarouges rapides et sensibles, capables d'opérer *in situ*, ont permis le développement de nouvelles méthodes de mesure, pour les suivis temporels par exemple. Elles représentent aussi une opportunité pour étudier la variabilité spatiale des émissions. L'objectif de cette étude est, grâce à l'utilisation combinée d'un spectromètre QCL sensible et d'une chambre mobile, d'étudier la variabilité spatiale des flux de N<sub>2</sub>O (et de CO<sub>2</sub>) sur une surface restreinte (quelques m<sup>2</sup>) mais avec un échantillonnage le plus exhaustif possible, pour tenter de définir des méthodes de mesure permettant de mieux prendre en compte cette variabilité spatiale.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'étude a porté sur une zone de 3,2 m de long sur 2,4 m de large dans une parcelle agricole cultivée en orge d'hiver, près d'Illiers-Combray, en Faux-Perche. Les mesures ont été faites en quelques heures en avril 2011, une semaine après un apport de 75 kg/ha d'azote sous forme liquide (solution azotée). Les flux ont été mesurés avec une chambre mobile carrée de 35\*35 cm, avec un rebord de mousse large de 5 cm, que l'on presse contre le sol. Cette technique est similaire à celle présentée par HENSEN et al. (2006) et permet de s'affranchir de l'utilisation d'embase enfoncée dans le sol. Un échantillonnage "quasi" exhaustif de la zone d'étude a été fait en mesurant des positions jointes, sur toute la surface, excepté les surfaces couvertes par le rebord de la chambre. 48 points de mesures (6\*8) ont ainsi permis d'échantillonner 77% de la zone d'étude.

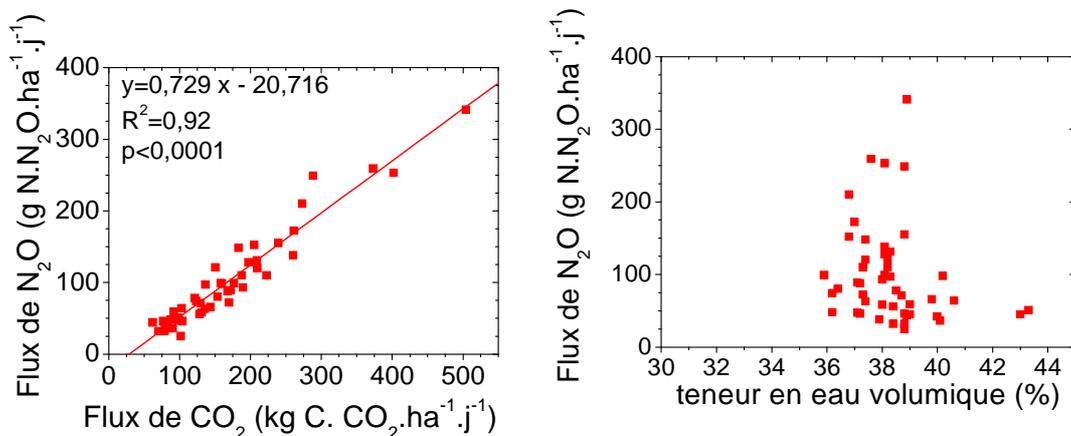
Les flux de  $N_2O$  sont mesurés avec un spectromètre QCL baptisé SPIRIT. Ce spectromètre, construit par le CNRS d'Orléans en collaboration avec l'INRA (GUIMBAUD et al. 2011) permet la mesure du  $N_2O$ , à 0,7 Hz, avec un laser à cascade quantique (QCL). La sensibilité de l'instrument pour le  $N_2O$  (de l'ordre du ppb) permet d'obtenir la mesure du flux en quelques minutes. Le flux de  $CO_2$  est mesuré simultanément. Puis la température du sol et l'humidité volumique ont également été mesurées en enfonçant directement une sonde TDR de 8 cm dans le sol.

### 3. RÉSULTATS



**Fig. 1 - Histogramme de fréquence du logarithme népérien du flux de  $N_2O$**

Les flux mesurés varient de 25 à 341  $gN.N_2O.ha^{-1}.j^{-1}$ , avec un coefficient de variation (CV) de 68% pour un flux moyen de 100  $gN.N_2O.ha^{-1}.j^{-1}$ . La distribution en fréquence du flux peut être considérée comme lognormale (test de Shapiro Wilk, au niveau 0,05, cf. **Fig. 1**), ce qui est couramment observé. La température du sol, connue pour créer des variations temporelles rapides des flux, a très peu varié durant ces mesures ( $1.8^{\circ}C$  à 5 cm et moins de  $0.5^{\circ}C$  à 15 cm).



**Fig. 2 - Corrélation entre le flux de  $CO_2$  et le flux de  $N_2O$  (gauche) et l'humidité volumique et le  $N_2O$  (droite)**

L'observation des graphes du flux de N<sub>2</sub>O en fonction des variables annexes (flux de CO<sub>2</sub> et humidité volumique, cf. **Fig. 2**) montre clairement une forte corrélation avec le flux de CO<sub>2</sub> et pas de corrélation avec l'humidité du sol. Cette observation suggère que l'émission de N<sub>2</sub>O dans cette situation est contrôlée par la disponibilité en carbone dans le sol. Ceci s'explique sans doute aussi par la taille de la zone d'étude (pas d'effet de microtopographie) et la relative homogénéité de l'humidité du sol après une pluie.

Cette étude montre les performances de la méthode pour l'étude spatialisée des flux : elle permet une caractérisation sur un pas de temps court des émissions et de certaines variables annexes.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**BALL B. B., HORGAN G. W., CLAYTON H., PARKER J. P., 1997** - Spatial variability of Nitrous Oxide fluxes and controlling soil and topographic factors, *O. Environ. Qual*, 26, 1399-1409

**GUIMBAUD C, CATOIRE V., GOGO S., ROBERT C., CHARTIER M., LAGGOUN-DÉFARGE F., GROSSEL A., ALBÉRIC P., POMATHIOD L., NICOULLAUD B., RICHARD G., 2011** - A portable infrared laser spectrometer for flux measurements of trace gases at the geosphere-atmosphere interface, *accepté dans Meas. Sci. Technol.* 22

**HENSEN A., GROOT T. T., VAN DEN BULK W. C. M., VERMEULEN A. T., OLESEN J. E., SCHELDE K., 2006** - Dairy farm CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions, from one square metre to the full farm scale, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 146-152.

**MATHIEU O., LÉVÊQUE J., HÉNAULT C., MILLOUX M., BIZOUARD F., ANDREUX F., 2006** - Emissions and spatial variability of N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> and nitrous oxide mole fraction at the field scale revealed with <sup>15</sup>N isotopic techniques, *Soil Biology and Biogemistry*, 38, 941-951.

**PARKIN T. P., 1987** - Sol Microsites as a source of denitrification variability *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 1194-1199.

**VAN DEN HEUVEL R., HEFTING M., TAN N., JETTEN M., VERHOEVEN, J., 2009** - N<sub>2</sub>O emission hotspots at different spatial scales and governing factors for small scale hotspots, *Science of the total Environment*, 407, 2325-2332.