

Modéliser les flux de N₂O à partir de sols sous différents systèmes de culture: comment éviter les limites des mesures discrètes

Aurélie MÉTAY^{1,2,*}, Antoine FINDELING³, Robert OLIVER⁴, Lydie CHAPUIS-LARDY², Marianne MARTINET¹, Christian FELLER², José Aloisio ALVES MOREIRA⁵

¹ ISTOM, 32, bd du Port, 95094 Cergy-Pontoise cedex, France. a.melay@istom.net

² SeqBio, Carbon Sequestration and Soil Biota Group, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), BP 434, 101 Antananarivo, Madagascar

³ CREED (Centre de Recherches sur l'Environnement l'Energie et les Déchets du groupe Véolia Environnement), 78520 Limay, France

⁴ CIRAD, UPR 78, avenue Agropolis 34394 Montpellier cedex 5, France

⁵ EMBRAPA-CNPAP Rodovia Goiânia a Nova Veneza, km 12, Fazenda Capivara, C.P. 179 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil.

* auteur correspondant (adresse e-mail):

1. Introduction

L'estimation des flux de N₂O est un enjeu essentiel pour évaluer l'effet des pratiques culturales sur la production de gaz à effet de serre (GES). La quantification *in situ* des flux de N₂O, résultant de 2 principaux processus biologiques, nitrification et dénitrification, est délicate en raison d'une variabilité spatiale et temporelle élevée liée à la variabilité des facteurs édaphiques les conditionnant (température, teneur en eau, etc...) et de concentrations naturelles classiquement basses. En conditions appropriées, les chambres statiques peuvent fournir une information fiable sur l'estimation des flux de gaz à partir du sol. Cependant la plupart des chambres sont de taille réduite (quelques L) et sont utilisées sur des courtes périodes de temps (quelques heures en général), leurs estimations doivent donc être intégrées spatialement et temporellement et ces extrapolations à l'échelle de l'année doivent donc être considérées avec précaution. Ce travail méthodologique tente de contourner le problème des mesures discrètes *in situ* et propose une approche des flux de N₂O par la modélisation. Cette approche a consisté en la combinaison de 2 modèles : un modèle mécaniste de transfert de l'eau et un modèle de simulation des flux de N₂O par nitrification et dénitrification. Deux situations agricoles tropicales de champ ont été étudiées : (i) semis direct sur couverture végétale (SCV) et travail superficiel du sol en contexte de production de riz pluvial dans les Cerrados (Brésil central) ; (ii), SCV et labour sur les Hautes Terres malgaches.

2. Première approche : les potentiels de dénitrification

Les potentiels (tableau 1) pour les sols des Cerrados et des Hautes Terres malgaches (Martinet et al., 2007) sont dans la fourchette basse des valeurs mentionnées dans la littérature (0.5 to 8,45 mg N-N₂O kg sol⁻¹ j⁻¹, selon Hénault et al., 2005). Seuls les sols brésiliens mettent en évidence un potentiel de dénitrification significativement plus élevé sous SCV.

Tableau 1: Potentiels de dénitrifications de sols brésiliens et malgaches déterminés par incubation. Moyenne (écart-type)

Situation	Traitement	Potentiel de dénitrification (mg N-N ₂ O kg sol ⁻¹ j ⁻¹)
Cerrados (Brésil)	SCV	0,78 (0,002)
	Travail du sol	0,72 (0,152)
Hautes terres (Madagascar)	SCV	0,34-0,41 (0,23-0,39)
	Travail du sol	0,42-0,47 (0,28-0,33)

Globalement, ces sols semblent faiblement émetteurs de N₂O même en conditions optimales.

3. Deuxième approche : la modélisation des flux de N₂O par nitrification et dénitrification

Le recours à la modélisation permet de répondre à 2 questions : (i) les mesures sur le terrain étant ponctuelles et les déterminants des flux très variables, n'a-t-on pas « raté » des périodes de flux importants ? (ii) Est-il possible de s'affranchir d'un suivi de terrain laborieux et souvent dépendant de la maîtrise de l'erreur expérimentale pour estimer un bilan GES ? Premièrement, la simulation en continu des conditions hydriques dans les sols étudiés par le modèle PASTIS (version Findeling *et al.*, 2001) permet d'avoir une idée plus précise en quantité et en intensité (sur un pas de temps horaire) des flux pendant l'ensemble du cycle cultural. Ainsi, de cette première analyse, nous avons déduit que ces sols sont rarement placés en conditions de dénitrification (environ 20% du temps) et que les conditions « dénitrifiantes » ne correspondent pas toujours aux conditions de mesures des flux de gaz au champ, autrement dit le bilan de N₂O réalisé sur la base des mesures au champ n'a pas pris en compte la totalité de la dénitrification, donc des flux de N₂O. La calibration du modèle NOE (Hénault *et al.*, 2005) avec les paramètres résultant des expérimentations en laboratoire a permis de simuler les flux de N₂O par nitrification et par dénitrification sur l'ensemble de la gamme des conditions hydriques du sol (Hénault et Germon, 1995). Dans le cas des sols cultivés des *Cerrados*, les résultats de la simulation (figure 1) des flux de N₂O par le modèle NOE ont permis de montrer que :

- les flux par dénitrification représentent des événements ponctuels, mais d'une amplitude très importante (15 fois l'ordre de grandeur l'émission par nitrification),
- la contribution de la nitrification aux flux de N₂O n'est pas négligeable
- les mesures au champ estiment essentiellement les flux de N₂O par nitrification, et nous avons probablement « raté » quelques flux importants par dénitrification.

Les recommandations données dans la littérature sur les périodes de mesures au champ (prélèvements effectués durant la matinée (considérée comme représentative de l'ensemble de la journée en climat tempéré (Rochette *et al.* 2000, Séhy *et al.*, 2003)), doivent être évidemment modulées par les conditions climatiques locales, pluviométriques en particulier.

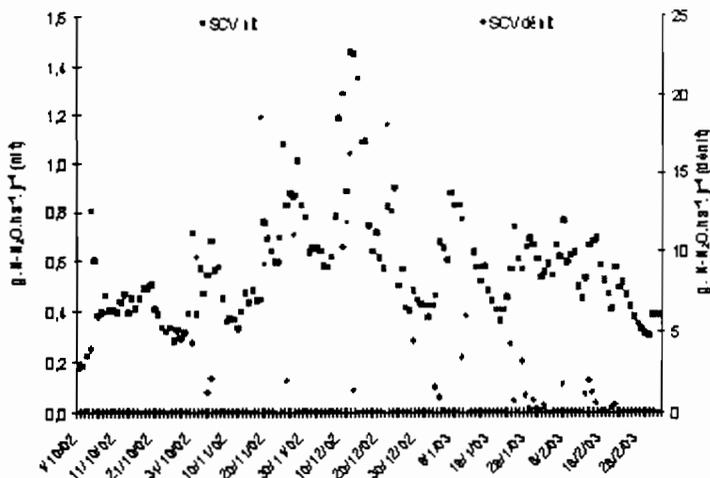


Figure 1: Simulations des flux de N_2O par nitrification et dénitrification pour SCV, dans le cas de sols brésiliens

Dans le cas des sols malgaches, des mesures ponctuelles ont montré des conditions hydriques proches de la saturation pendant la saison des pluies : une simulation en continu des flux de N_2O après reconstitution du signal hydrique permettrait d'affiner l'estimation du bilan annuelle de flux de N_2O (travail en cours). Finalement la démarche originale consistant à simuler en continu le statut hydrique du sol et à l'utiliser dans le modèle NOE a permis d'affiner l'approche de terrain et a apporté un complément d'information indispensable à la réalisation d'un nouveau bilan GES. En conclusion, que l'approche soit basée uniquement sur des mesures au champ ou mette en œuvre la modélisation (pour les flux de N_2O), le système SCV étudié est donc bien un système séquestrant, dans le cas des sols brésiliens, le travail de modélisation doit être poursuivi sur les sols malgaches.

4. Références

- Findeling A. 2001. Etude et modélisation de certains effets du semis direct avec paillis de résidus sur les bilans hydrique, thermique et azoté d'une culture de maïs pluvial au Mexique. Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts de Montpellier, 422 p.
- Hénault, C., Germon, J.C. 1995. Quantification de la dénitrification et des émissions de protoxyde d'azote (N_2O) par les sols. *Agronomie*, 15, 321-355.
- Hénault C., Bizouard F., Laville B., Gabrielle B., Nicoulaud B., Germon J.C., Cellier P., 2005. *Global Change Biology*, 11, 115-127

- Martinet M., Chapuis-Lardy L., Metay A., Douzet J.M., Rabenarivo M., Razafimbelo T., Toucet-Louri J., Rakotoarisoa J., Rabeharisoa L., 2007. Effect of agricultural practices on N₂O emissions from Malagasy soils. In International Symposium on Organic Matter Dynamics in Agro-Ecosystems., July 16-19, INRA-ESIP, Poitiers, France. Poster
- Rochette, P., Angers, D.A., Côté, D. 2000. Soil carbon and nitrogen dynamics following application of pig slurry for the 19th consecutive year: I. Carbon dioxide fluxes and Microbial biomass carbon. Soil Science Society of America Journal, 64:1389-1395
- Séhy, U., Ruser, R., Munch, J.C. 2003. Nitrous oxide fluxes from maize fields: relationship to yield, site-specific fertilization, and soil conditions, Agriculture, Ecosystems and Environment, 99, 97-111.

26

Avril 2008

**TERRE
MALGACHE**



**SPECIAL
SEMIS DIRECT**

**TANY
MALAGASY**



MACARTHUR

The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES**