

# Déterminisme de la capacité des sols à réduire le gaz à effet de serre N<sub>2</sub>O par leurs propriétés physico-chimiques et implications pour la gestion des émissions

Hénault Catherine (1,2), Bourennane Hocine (2), Ayzac Adeline (2), Céline Ratié (3), Saby Nicolas (3), Véricel Grégory (4), Eglin Thomas (5), Le Gall Cécile (6)

- (1) AgroEcologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France
- (2) UR SOLS, INRA, 45075 Orléans, France
- (3) InfoSol, US 1106, INRA, 45075 Orléans, France
- (4) Arvalis-Institut du Végétal, Station inter-instituts - 6, chemin de la côte vieille, 31450 Baziège, France
- (5) ADEME, direction Productions et Energies Durables, Service Forêts, Alimentation et BioEconomie, F-49000 Angers, France
- (6) Terres Inovia, avenue Lucien Brétignières, 78850 Thiverval Grignon, France

**Mots-clés** : gaz à effet de serre, N<sub>2</sub>O, sols, pH

## Résumé

---

Les émissions du gaz à effet de serre N<sub>2</sub>O (oxyde nitreux) par les sols fertilisés représentent en France environ la moitié des émissions de gaz à effet de serre par le secteur agricole (CITEPA, 2014). N<sub>2</sub>O est un gaz présentant un très fort pouvoir de réchauffement global, de l'ordre de 300 fois supérieur au CO<sub>2</sub> sur une base molaire. N<sub>2</sub>O intervient aussi dans la destruction de l'ozone stratosphérique (UNEP, 2013). Dans les sols, ce gaz est essentiellement produit au cours de processus respiratoires microbiens, les premières étapes de la dénitrification et la nitrification. Le seul mécanisme terrestre connu d'élimination de ce gaz est la dernière étape de la dénitrification, la réduction de N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> (Butterbach-Bahl *et al.*, 2013). La dénitrification étant un mécanisme respiratoire alternatif, les émissions de N<sub>2</sub>O par les sols sont discontinues et apparaissent sous forme de pics, ponctuels dans l'espace et dans le temps. Au cours du projet SOLGES financé par l'ADEME et associant l'INRA, Arvalis-Institut du végétal et Terres Inovia, nous avons étudié la répartition et le déterminisme de la capacité des sols français à réduire N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> en vue de la gestion des émissions de N<sub>2</sub>O par le secteur agricole.

La première étape de ce travail a consisté à mettre au point un protocole de caractérisation de la capacité des sols à réduire N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub>. Cette mesure se fait au laboratoire sur du sol remanié. Le protocole, initialement présenté dans Hénault *et al.*, 2001, fait maintenant l'objet d'une norme technique ISO (ISO/TS20131-2:2018). La seconde étape de ce travail a été d'appliquer ce protocole sur un panel de sols représentatifs des sols français et couvrant leur gamme de variabilité. Sur la base du Réseau de Mesure de la Qualité des sols (Arrouays *et al.*, 2013), nous avons mesuré la capacité de 90 sols à réduire N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub>, ce qui a permis de quantifier la répartition des sols selon leur capacité à réduire N<sub>2</sub>O. La troisième étape de ce travail a consisté à étudier le déterminisme de la capacité des sols à réduire N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> par leurs propriétés physico-chimiques. Des relations quantitatives ont pu être établies. Le pH des sols est apparu le facteur essentiel de contrôle de cette fonction, avec amélioration de la capacité des sols à réduire N<sub>2</sub>O lors de l'augmentation du pH des sols. La quatrième étape de ce travail a permis de tester *in situ* l'effet du chaulage de sols acides sur leur capacité à réduire N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> et par voie de conséquence sur leurs émissions de N<sub>2</sub>O. Sur notre essai, nous avons observé *in situ* des pics de N<sub>2</sub>O plus faibles sur les parcelles chaulées que sur les parcelles témoin.

La mise en perspective des résultats obtenus dans la littérature internationale consolide nos résultats avec des éléments mécanistiques explicatifs (Liu *et al.*, 2014) et l'observation partagée du rôle du pH des sols sur l'intensité des émissions de N<sub>2</sub>O (Wang *et al.*, 2018 ; Shaaban *et al.*, 2015 ; Sun *et al.*, 2012). La pratique du chaulage apparaît comme une éventuelle solution pour réduire les émissions de N<sub>2</sub>O par les sols. Néanmoins, l'évolution des produits chaulants appliqués dans le sol conduit à la libération de CO<sub>2</sub> (Shaaban *et al.*, 2017 ; De Klein *et al.*, 2006 ; West *et al.*, 2005) et le déploiement de cette solution nécessite maintenant de la repositionner dans le cycle de vie complet des produits concernés.

## Références bibliographiques

- Arrouays, D., Jolivet, C., Boulonne, L., Bodineau, G., Ratié, C., Saby, N., Grolleau, E. Le Réseau de Mesures de la Qualité des Sols de France (RMQS). *Etude et Gestion des Sols*, **10**, 241-250 (2003).
- Butterbach-Bahl, K., Baggs, E., Dannenmann, M., Kiese, R., Zechmeister-Boltenstern, S., Nitrous oxide emissions from soils : how well do we understand the processes and their controls. *Phil. Trans. R. Soc. B*. **368**, 20130122 (2013).
- CITEPA. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Format SECTEN (2014).
- De Klein, C., Novoa, R.S., Ogle, S., Smith, K.A., Rochette, P., Wirth, T.C. N<sub>2</sub>O emissions from managed soils, and CO<sub>2</sub> emissions from lime and urea application. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. 54 p. (2006).
- Hénault, C., Chèneby, D., Heurlier, K., Garrido, F., Perez, S., Germon, J.C. Laboratory kinetics of soil denitrification are useful to discriminate soils with potentially high levels of N<sub>2</sub>O emission on the field scale. *Agronomie*. **21**, 713-723 (2001).
- Liu, B., Frostegård, Å., Bakken, L. Impaired reduction of N<sub>2</sub>O to N<sub>2</sub> in acid soils is due to a posttranscriptional interference with the expression of *nosZ*. *mBio*. **5**, e0183-14 (2014).
- Shaaban, M., Peng, Q., Hu, R., Wu, Y., Lin, S., Zhao, J. Dolomite application to acidic soils: a promising option for mitigating N<sub>2</sub>O emissions. *Environ Sci Pollut Res*. **22**, 19961-19970 (2015).
- Shaaban, M., Wu, L., Peng, Q., van Zwieten, L., Chhajro, M.A., Lin, S., Ahmed, M.M., Khalid, M.S., Abid, M., Hu, R. Influence of ameliorating soil acidity with dolomite on the priming of soil C content and CO<sub>2</sub> emission. *Environ Sci Pollut Res*. **24**, 9241-9250 (2017).
- Sun, P., Zhuge, Y., Zhang, J., Cai, Z. Soil pH was the main controlling factor of the denitrification rates and N<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>O emission ratios in forest and grassland soils along the Northeast China Transect (NECT). *Soil Sci. Plant Nutr*. **58**: 517-525 (2012).
- UNEP, Drawing down N<sub>2</sub>O to protect climate and ozone layer. A UNEP synthesis report. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, Kenya, (2013).
- Wang, Y., Guo, J., Vogt, R.D., Mulder, J., Wang, J., Zhang, X. Soil pH as the chief modifier for regional nitrous oxide emissions: new evidence and implications for global estimates and mitigation. *Glob Change Biol*. **24**, e617-e626 (2018).
- West, T.O., McBride, A.C. The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emissions in the United States: dissolution, transport, and net emissions. *Agr Ecosyst Environ*. **108**, 145-154 (2005).

## Mini-CV de l'orateur

---

Catherine Hénault est Directrice de Recherches INRA, habilitée à diriger les Recherches. Ingénieur Agronome et Dr en Science du Sol, elle travaille actuellement dans l'UMR AgroEcologie de Dijon après avoir dirigé l'unité INRA de Science du Sol d'Orléans de 2010 à 2017. Ses principaux thèmes de recherches concernent le fonctionnement physique et biogéochimique des sols et en particulier les émissions par les sols du gaz à effet de serre N<sub>2</sub>O, thème sur lequel, elle a développé des travaux de quantification à différentes échelles spatiales, de connaissance des processus microbiens impliqués et de modélisation. Actuellement, elle développe des travaux pour trouver des solutions pour diminuer ces émissions en relation avec la profession agricole. Elle a publié plus de 60 publications dans des revues à comité de lecture indexées et dirigé 10 thèses.