



EFFET DE L'APPORT DE PRODUITS CHALANT SUR LES EMISSIONS DE N₂O ET CO₂ ET LE FONCTIONNEMENT DE LA N₂O REDUCTASE D'UN SOL A LA BASE ACIDE

Querghi I. ⁽¹⁾, Rousset C. ⁽¹⁾, Brefort H. ⁽¹⁾, Arkoun M. ⁽²⁾, Hénault C. ⁽¹⁾

- (1) Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France
(2) Laboratoire de Nutrition Végétale, Agroinnovation International – TIMAC AGRO, Saint-Malo, France

Mots clés : sols, gaz à effet de serre, N₂O, CO₂, pH, chaulage

Les sols fertilisés sont la principale source du puissant gaz à effet de serre (GES), N₂O, dont les émissions représentent environ 10 % des émissions de GES en France. Les sols peuvent également fonctionner comme puits de N₂O, en réduisant ce dernier en N₂. Ce processus qui constitue la dernière étape de la dénitrification est catalysé par l'enzyme N₂O réductase. Le fonctionnement de cette enzyme est sensible au pH du milieu avec un optimum autour de 6,8 (Hénault et al., 2019). L'une des solutions pour atténuer les émissions de N₂O serait donc de porter et/ou de maintenir le pH des sols près de la neutralité par l'apport de produits chaulant. Néanmoins, l'influence des produits chaulant sur le bilan GES (N₂O et CO₂) des sols est sujet à controverses (Wang et al. 2021) notamment sur le devenir du carbone apporté par les produits chaulant carbonatés (PCC). En effet, l'approche proposée par la méthodologie de Tier 1 du GIEC, suppose que tout le carbone apporté par les PCC est émis dans l'atmosphère sous forme CO₂, tandis que plusieurs auteurs observent des émissions de CO₂ plus basses que celles calculées par cette approche (Biasi et al. 2008). Ainsi, les objectifs de notre étude sont 1) de mieux connaître l'action des produits chaulant sur le fonctionnement de la N₂O réductase et 2) d'améliorer les connaissances sur le bilan GES (CO₂-N₂O) des apports de produits chaulant carbonatés.

Matériel et Méthodes : L'étude a été conduite sur du sol issu d'une parcelle cultivée située dans le Morvan sur substrat granitique. Ce sol présente un profil sablo-argilo-limoneux avec un pH initial acide (5.6 pour l'expérimentation sur sol déstructuré et 6.1 pour celle sur sol non déstructuré). Un échantillon de sol composite a été constitué à partir de 10 prélèvements à la bêche (0-20 cm) en décembre 2020 tandis que 16 cylindres de sol non remanié (10 cm dia, 20 cm de profondeur) ont été prélevés en mars 2021. Après tamisage (5 mm) l'échantillon composite a été réparti dans 12 récipients étanches de 6 l à raison de 1 kg de sol par récipient. Les produits chaulant carbonatés (PCC1 = CaCO₃ de laboratoire - VN = 54, PCC2, Calcimer® : amendement d'origine marine utilisable en AB - VN = 40) ont été minutieusement incorporés au sol, chacun dans 3 récipients tandis que 3 récipients sans apport de PCC ont servi de témoin. Ces récipients ont été fermés hermétiquement et mis en incubation à 20°C. Environ tous les mois, un aliquote de sol a été prélevé pour suivi du pH du sol et de sa capacité à réduire le N₂O en N₂. Un apport d'azote minéral (Nmin, 0.0166 mg N/ g sol) a été réalisé après le 1^{er} mois d'incubation. Les cylindres de sol (environ 3 kg) ont été mis en incubation à 20°C pendant 63 jours. Ils ont été répartis en 2 lots. Le 1^{er} lot a reçu un apport en surface de 1.45 g de PCC2 (Calcimer®) et 0,08 g de Nmin (0.032 mg N/g sol) et le 2nd lot un apport unique de 0.08 g de Nmin (témoin). Leur niveau d'humidité a été contrôlé par des apports d'eau pour favoriser le fonctionnement de la dénitrification. Ces cylindres ont régulièrement été fermés pendant 3 heures afin de déterminer l'intensité de leurs émissions de N₂O et de CO₂. Les flux de N₂O sont exprimés en g N ha⁻¹ j⁻¹ et convertis en équivalents CO₂ en prenant en compte le pouvoir de réchauffement global des gaz (N₂O et CO₂ pour notre étude) pour pouvoir effectuer un calcul de bilan GES.

Résultats : Pour le sol déstructuré, une augmentation rapide et significative du pH suite à l'apport des PCCs est observée. L'apport de la solution de KNO₃ a accentué la baisse du pH au cours du temps. Pour le témoin, cette diminution va également réduire le taux de consommation en N₂O du sol ce qui signe une moindre activité de la N₂O réductase (Figure 1). Malgré la baisse de pH, les sols ayant reçu les PCCs gardent un pourcentage de consommation de N₂O élevé et constant suggérant une persévérance de l'activité de la N₂O réductase au-delà de l'augmentation transitoire du pH du sol.

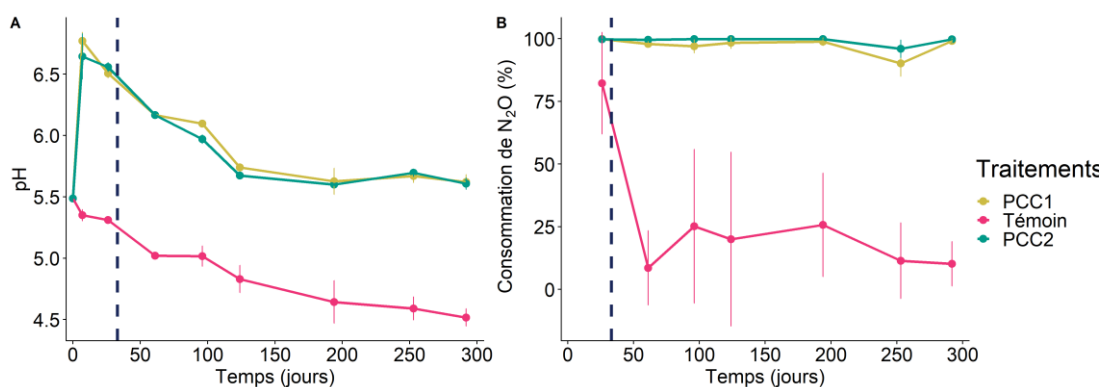


Figure 1 : Évolution au cours du temps des moyennes du pH (A) et du pourcentage de consommation de N₂O (B) sur sol déstructuré, pour 3 différents traitements (Témoin, PCC1, PCC2). La ligne verticale représente le jour d'apport de la solution nitratée pour tous les traitements. Barre d'erreurs = écart-type, n=3.

En parallèle, nous avons globalement observé sur les cylindres de sol non déstructuré une diminution significative des flux de N₂O après apport du produit chaulant PCC2 (Tableau 1) tandis que contrairement à notre hypothèse de base, il n'a pas été observé d'augmentation des émissions de CO₂ liée à l'apport de PCC2. Ainsi pour une durée de 63 jours, l'ajout du produit PCC2 induirait des abattements de GES à hauteur de 16.5% par rapport au témoin (Tableau 1).

Tableau 1 : Effet du produit chaulant PCC2 sur les moyennes générales des émissions de N₂O, CO₂ et GES ainsi que l'abattement obtenu en comparant à notre témoin (Nmin seul) sur sol non-déstructuré. n=8

	N ₂ O	CO ₂	GES	
	Emissions	Emissions	Emissions	Abattement
Apport	g N-N ₂ O ha ⁻¹ j ⁻¹	kg C-CO ₂ ha ⁻¹ j ⁻¹	kg eq CO ₂ ha ⁻¹ j ⁻¹	%
Témoin	34.3 ± 4.6	16.7 ± 0.7	75.7	-
PCC2	20.1 ± 3.2	14.9 ± 0.6	63.2	16.5

En conclusion, notre étude montre un abaissement des émissions de N₂O après l'apport des produits chaulant qui rend fonctionnelle la N₂O réductase dans la durée, et ce, au-delà de l'impact sur le pH du sol. De plus, l'expérimentation sur sol non déstructuré ne conclut pas à une augmentation des émissions de CO₂ comme attendu et un abattement du bilan GES a donc été observé. Ces résultats consolident l'intérêt de la pratique du chaulage des sols agricoles acides non seulement pour engendrer une durabilité croissante de la production agricole mais aussi pour son potentiel dans l'atténuation des émissions de GES. Nos résultats montrent aussi le besoin de mieux comprendre le devenir des C apportés dans le sol par les produits chaulant.

Biasi C., Lind S.E., Pekkarinen N.M., Huttunen J.T., Shurpali N.J., Hyvönen N.P., Repo M.E., Martikainen P.J., 2008. Direct experimental evidence for the contribution of lime to CO₂ release from managed peat soil. *Soil Biology and Biochemistry* **40**, 2660–2669. doi:10.1016/j.soilbio.2008.07.011.

Guo J., Liu X., Zhang Y., Shen J., Han X.W., Zhang W., Christie P., Gouling K., Vitousek P.M., Zhang F.S., 2010. Significant Acidification in Major Chinese Croplands. *Science (New York, NY)* **327**, 1008–10. doi:10.1126/science.1182570.

Hénault, C., Bourennane, H., Ayzac, A., Ratié, C., Saby, N.P.A., Cohan, J.-P., Eglin, T., Gall, C.L., 2019. Management of soil pH promotes nitrous oxide reduction and thus mitigates soil emissions of this greenhouse gas. *Scientific Reports* **9**, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56694-3>

Wang Y., Yao Z., Zhan Y., Zheng X., Zhou M., Yan G., Wang L., Werner C., Butterbach-Bahl K., 2021. Potential benefits of liming to acid soils on climate change mitigation and food security. *Global Change Biology* **27**, 2807–2821. doi:10.1111/gcb.15607

Remerciements : 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-Roullier.