

NITRIFICATION, DENITRIFICATION ET EMISSIONS DE N₂O PAR LES SOLS : EVALUATION ET AMELIORATION DU MODELE NOE

J. Léonard^{1*}, C. Bessou², M. Roussel¹, B. Mary¹

¹ INRA, US Agro-Impact, 02007 Laon, France

² INRA, UMR EGC, Grignon, France

*Auteur correspondant : leonard@laon.inra.fr

Introduction

Dans STICS (v69), le module de dénitrification et d'émission de N₂O est dérivé du modèle NOE (Hénault et al., 2005). Le module de nitrification (donnant lieu également à des émissions de N₂O) est par contre un peu différent du modèle NOE. Compte tenu de l'enjeu et de la difficulté à prédire les émissions de N₂O par les sols cultivés et en fonction des pratiques agricoles, nous avons cherché à évaluer ces 2 modules et à en proposer des améliorations en nous appuyant sur deux années de mesure en continu des émissions de N₂O au champ (Bessou et al., accepté).

Matériels et Méthodes

Les mesures d'émissions de N₂O ont été réalisées en 2007 et 2008 à l'aide de chambres automatiques, sur culture de betterave et en distinguant un traitement non tassé et un traitement tassé (2 répétitions de chaque en 2007, 3 en 2008). L'objectif était de tester la capacité du module NOE à rendre compte des cinétiques d'émission et à simuler l'effet d'un tassement, qui est un exemple de modification du sol pouvant être induite par les pratiques agricoles. Le travail du sol a permis de bien différencier un traitement sol « non tassé » (Da = 1.39 et 1.38 g/cm³ sur 0-30 cm) et un traitement « tassé » (Da = 1.62 et 1.58 g/cm³). La température et la teneur en eau du sol ont été mesurées en continu à -10 cm et -20 cm. Les concentrations en N minéral (NH₄ et NO₃) ont été mesurées à différentes dates au cours du cycle cultural. La mesure de ces 3 variables de forçage du modèle NOE nous permet de tester le module d'émission de N₂O de manière plus rigoureuse qu'avec le modèle de culture STICS complet. Celui-ci sera testé dans une seconde étape.

Les modifications apportées au modèle NOE original ont concerné essentiellement :

- la vérification de l'homogénéité des équations, qui nous a conduit par exemple à introduire un potentiel de nitrification et à rendre adimensionnelle la fonction de réduction associée pour la teneur en eau ;
- la modélisation de la nitrification qui était très sous estimée dans le modèle original ;
- l'introduction de fonctions pour décrire les variations de la production de N₂O par nitrification et dénitrification, cette production étant une fraction constante dans le modèle original. Nous nous sommes appuyés pour cela sur une analyse de la littérature ainsi que sur des expérimentations qui avaient été réalisées antérieurement dans notre laboratoire (Khalil et al., 2004).

Les tests réalisés ont porté sur l'analyse de sensibilité du modèle aux principaux paramètres ainsi qu'à l'introduction d'une discrétisation verticale du sol non existante dans le modèle original, et sur la comparaison entre les simulations et les flux de N₂O observés d'une part, et les flux de N₂O simulés par le modèle original d'autre part.

Résultats et discussion

Les résultats ont montré tout d'abord que les modifications introduites, en particulier celles concernant la nitrification, amélioraient significativement la simulation de ce processus et des émissions : le modèle modifié rend bien compte de l'évolution du stock d'ammonium dans le sol et rend mieux compte des émissions de N₂O dans le mois qui suit la fertilisation (Figure 1). Le fait de pouvoir discrétiser le sol, qui permet de répartir le NH₄ (issu de l'engrais) dans la couche de surface seulement et d'utiliser une description plus fine des profils hydriques (modèle HYDRUS), conduit par ailleurs à des simulations plus réalistes des émissions.

Le modèle permet de rendre compte de l'effet du tassement, à travers la modification de la densité apparente du sol et de son régime hydrique. Il permet d'obtenir des ordres de grandeur corrects des émissions sur le sol tassé (1 560 et 1 030 g/ha simulés en 2007 et 2008, contre 1 520 et 1 380 observés) et de prédire des émissions plus faibles sur le sol non tassé (430 et 420 g/ha simulés en 2007 et 2008).

Cependant, les émissions sur le sol non tassé sont sous estimées (960 et 980 g/ha observés en 2007 et 2008). Cette sous estimation résulte surtout de la difficulté à prédire des émissions importantes en été sur le sol non tassé, qui sont peu ou pas observées sur le sol tassé, dans une période où les concentrations en azote minéral sont très faibles (Figure 1). Ces émissions représentaient 47 à 52% du cumul des émissions sur le cycle cultural en sol non tassé en 2008.

Le modèle indique que les émissions de N₂O associées à la nitrification peuvent jouer un grand rôle dans les émissions totales : elles auraient contribué de façon très majoritaire aux flux de N₂O en sol non tassé (78 à 92%) et de façon encore importante aux émissions en sol tassé (47 à 63%).

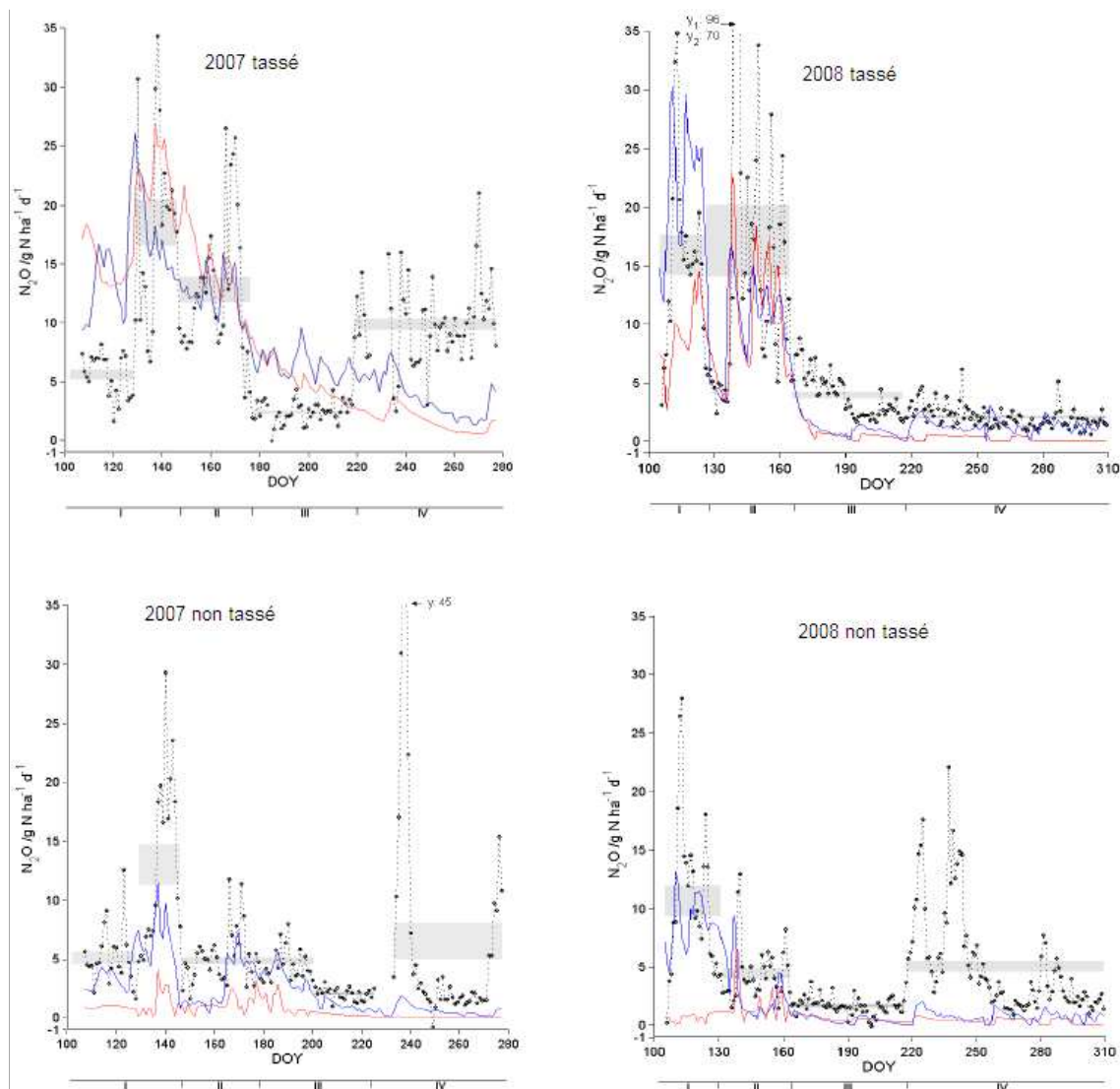


Figure 1 : Cinétiques d'émission de N_2O observées (noir), simulées avec NOE original (rouge) et NOE2 (bleu).

Conclusion

Les tests du modèle NOE et des améliorations proposées montrent qu'il permet de rendre en partie compte des différences d'émission associées à des modifications de l'état de tassement du sol ainsi que de la cinétique des émissions. Cependant, ils ont aussi montré des difficultés à simuler les émissions pouvant intervenir longtemps après la fertilisation, lorsque les concentrations en azote minéral sont très faibles. Nous cherchons actuellement à tester le modèle sur une gamme plus étendue de conditions pédoclimatiques et agronomiques, et à comprendre les processus et facteurs impliqués dans les émissions dont le modèle ne rend pas compte. Nous proposons d'inclure ce module modifié (nitrification et dénitrification) dans la prochaine version du modèle STICS.

Références bibliographiques

- Bessou C., Mary B., Léonard J., Roussel M., Gréhan E., Gabrielle B. (accepté). Modelling soil compaction impacts on N_2O emissions in arable fields. *European Journal of Soil Science*.
- Hénault C., Bizouard F., Laville P., Gabrielle B., Nicoulaud B., Germon J.C., Cellier P. (2005) Predicting in situ soil N_2O emission using NOE algorithm and soil database. *Global Change Biology*, 11: 115-127.
- Khalil K., Mary B., Renault P. (2004) Nitrous oxide production by nitrification and denitrification in soil aggregates as affected by O_2 concentration. *Soil Biology & Biochemistry*, 36: 687-699.