

## Vers une méthode de niveau 2 pour estimer les émissions annuelles de N<sub>2</sub>O des sols cultivés ?

*C. Le Gall (Terres Inovia), E. Matthias, A. Durand, E. Martin (CITEPA), P. Cellier (INRA UMR ECOSYS), JP. Cohan (Arvalis-Institut du Végétal), R. Duval (ITB), T. Eglin (ADEME), F. Millard (ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie) et L. Larbodière (ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt).*

Il est aujourd'hui estimé que l'agriculture contribue pour 19% aux émissions Gaz à Effet de Serre (GES) au niveau français, avec une part très importante des émissions de N<sub>2</sub>O par les sols cultivés puisque celles-ci représentent plus de la moitié des émissions du secteur agricole (CITEPA, 2015). La réduction des émissions de N<sub>2</sub>O est donc un enjeu majeur, qui passe par la recherche de leviers agronomiques, mais aussi par la mise au point de méthodes d'estimation des émissions plus fiables et plus précises.

Actuellement c'est la méthode par défaut du GIEC, dite de niveau 1, qui est utilisée pour estimer les émissions annuelles de N<sub>2</sub>O des sols cultivés pour la réalisation des Analyses de Cycle de Vie (ACV) et des inventaires nationaux d'émissions. Simple à mettre en œuvre, elle présente néanmoins les désavantages d'avoir été élaborée à partir de données internationales (peu représentatives des conditions françaises) et de ne prendre en compte qu'un seul facteur, la dose d'azote.

L'ambition du projet NO GAS 2\* coordonné par le CITEPA et Terres Inovia, dont de premiers résultats sont présentés dans cette communication, est d'élaborer une **nouvelle méthode d'estimation des émissions de N<sub>2</sub>O des sols cultivés**, en se basant sur des données spécifiquement françaises, permettant de mieux prendre en compte l'effet du pédoclimat ainsi que celui des autres pratiques culturales qui peuvent influencer sur les dynamiques d'émissions annuelles. L'objectif sous-jacent est aussi de produire une méthode utilisable pour la réalisation des ACV et des inventaires nationaux d'émissions : une méthode « simple » à mettre en œuvre, robuste et qui permettent d'évaluer l'action de leviers d'atténuation.

La première étape a été la collecte des données pour mettre au point la nouvelle équation : une base de données, rassemblant 121 données de flux annuels ainsi que les données associées permettant de caractériser le site d'essai (sol, climat, pratiques culturales) a été créée en 2013. Elle contient notamment les données issues du projet Casdar NO GAS (2009-12), mais aussi d'autres projets antérieurs. Les flux annuels compilés sont compris entre 0.07 kg de N-N<sub>2</sub>O/ha/an jusqu'à 14.5 kg de N-N<sub>2</sub>O/ha/an, mais avec 77% des flux inférieurs à 2 kg de N-N<sub>2</sub>O/ha/an.

L'étape suivante a été l'élaboration de la nouvelle équation. A partir des données, un modèle statistique a été élaboré. La sélection des variables à inclure dans le modèle a été réalisée via une procédure de sélection ascendante hiérarchique, à partir d'un pool de variables définies *a priori* à dire d'experts comme ayant un impact potentiel sur les émissions de N<sub>2</sub>O annuelles (14 variables en tout : 2 variables climatiques, 5 variables pédologiques et 7 variables culturales). Les variables retenues sont la **quantité d'azote apportée au travers des produits organiques et des engrais de synthèse, le pH et la pluviométrie annuelle cumulée**.

La troisième étape a été l'évaluation statistique du modèle produit. Si plusieurs indicateurs ont été étudiés, nous reviendrons ici sur un seul d'entre eux : l'erreur de prédiction, estimée par validation croisée au travers de la RMSEp (Root Mean Squared Error of prediction). L'erreur calculée pour la méthode de niveau 1 est de 1.96 kg de N-N<sub>2</sub>O/ha/an. La RMSEp de notre modèle est de 1.23 kg de N-N<sub>2</sub>O/ha/an, ce qui représente une réduction de l'erreur de 37% par rapport à la méthode de niveau 1, même si elle reste élevée en valeur absolue. L'erreur de notre modèle a été comparée à celle d'autres modèles statistiques issues de la littérature scientifique (Freibauer et Kaltschmitt, 2003 ; Stehfest et Bouwman, 2006 ; Phillibert et al, 2012) et apparaît systématiquement plus faible que ces derniers (respectivement égale à 2.39, 2.71 et 2.01 kg de N-N<sub>2</sub>O/ha/an).



La dernière étape, en cours, est l'évaluation du modèle à l'échelle France. Les premiers résultats présentés ici montrent de nettes différences d'estimation annuelles entre les deux méthodes comparées, avec des niveaux d'émissions estimés par notre modèle plus variables et très corrélés aux variations de pluviométrie. Appliqué à l'échelle départementale (les résultats étant ensuite sommés à l'échelle nationale), le modèle statistique met en évidence des variations spatiales liées au pH mais aussi aux différences de dose d'azote apportée. **Ce travail préliminaire devra être poursuivi sur 2016 afin de valider l'applicabilité de la mise en œuvre du modèle à l'échelle France** (gestion du changement d'échelle notamment, utilisation par les acteurs en vue de l'évaluation de scénarii ou réalisation d'ACV).

\*Ce projet a été soutenu financièrement par le ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt.

**CITEPA 2015.** Rapport national d'inventaire – Format SECTEN, avril 2015.

***Cécile LE GALL / Terres Inovia***

Chargée d'études Environnement & Agriculture Biologique  
c.legall@terresinovia.fr

***Thomas MATTHIAS***

Responsable du Département Transports, Agriculture, Forêt et Gestion des Inventaires  
etienne.mathias@citepa.org

***Anaïs DURAND***

Chargée de mission Département Transports, Agriculture, Forêt et Gestion des Inventaires  
anais.durand@citepa.org

***Edith MARTIN***

Chargée de mission Département Transports, Agriculture, Forêt et Gestion des Inventaires

***Pierre CELLIER / INRA UMR ECOSYS***

Chef de Département Adjoint «Environnement et Agronomie»  
pierre.cellier@grignon.inra.fr

***Jean-Pierre COHAN / ARVALIS-Institut du végétal***

Ingénieur R&D en Fertilisation - Responsable du pôle Agronomie  
jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

***Rémy DUVAL / ITB***

Animateur du pôle agronomie et agroéquipements,  
duval@itbfr.org

***Thomas EGLIN / ADEME***

thomas.eglin@ademe.fr

***Frédérique MILLARD***

Chargée de missions DGEC / SCEE / DCES / EPM  
frederique.millard@developpement-durable.gouv.fr

***Ludovic LARBODIERE***

Bureau de la stratégie environnementale et du changement climatique  
ludovic.larbodiere@agriculture.gouv.fr