

# CONTRIBUTION DES RESIDUS DE CULTURES AUX EMISSIONS DE N<sub>2</sub>O : IMPACT DE LEURS CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

P. Thiébeau<sup>1</sup>, G. Lashermes<sup>1</sup>, P. Laville<sup>2</sup>, D. Abalos<sup>3</sup>, T. Rittl<sup>4</sup>, S. Hansen<sup>4</sup>, S. Recous<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAE, UMR FARE, 51100 Reims (F) ; <sup>2</sup> INRAE, UMR ECOSYS, 78850 Thiverval-Grignon (F) ;  
<sup>3</sup> Aarhus University, 8830 Tjele (DK) ; <sup>4</sup> NORSOK, 6630 Tingvoll (NO).

## Contexte

L'incorporation des résidus de cultures est une pratique adoptée par les agriculteurs pour accroître le stock de matières organiques (MO) des sols et recycler les nutriments. Mais cette pratique est une source d'émissions plus ou moins importante de gaz à effet de serre, comme le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). C'est pourquoi, l'étude des caractéristiques des résidus enfouis, au regard des pratiques culturales réalisées, doit permettre de mieux gérer ces restitutions afin d'en limiter les conséquences sur l'environnement. Ces émissions sont estimées dans les inventaires d'émissions selon la méthode IPCC (2019)<sup>1</sup>. Celle-ci est basée sur l'estimation des quantités d'azote recyclées par les résidus de culture (parties aériennes et souterraines) affectées d'un facteur d'émission (*EF*), l'azote recyclé étant calculé à partir de la quantité de biomasse recyclée et de la richesse en azote de cette biomasse. Le travail présenté a été réalisé dans le cadre du projet ResidueGas (projet européen ERA-GAS, 2017-2021)<sup>2</sup> dont INRAE est partenaire. L'objectif global du projet était d'améliorer l'estimation de la contribution des résidus de cultures aux émissions de gaz à effet de serre de l'agriculture. Nous présentons trois résultats principaux de ce projet.

## 1. Collecte et mise à disposition des données relatives aux résidus de cultures

Une première tâche du projet a été d'améliorer l'accessibilité de données relatives aux résidus de culture, au niveau européen, notamment en nous attachant aux données relatives à la qualité chimique des résidus. Une analyse bibliographique quasi-exhaustive a été conduite, intégrant des travaux publiés et des données de rapports d'études menées sur le continent européen : travaux fournissant des valeurs de teneur en azote, en carbone, ou rapport C:N, et chaque fois que possible : composition biochimique des résidus de cultures, exprimée par les fractions soluble, et non solubles (hémicellulose, cellulose et lignine) des résidus. Le jeu de données collecté (plus de 2300 occurrences résultant de 177 documents dont 158 articles scientifiques, 17 pays représentés) a été organisé selon la destination des cultures : cultures principales (24% des occurrences), cultures prairiales et fourragères (21% des occurrences), engrais verts et cultures dérobées (30% des occurrences), cultures légumières (5% des occurrences), et cultures destinées à la production d'énergie (21% des occurrences). Cette base de données, ouverte à tout utilisateur, agriculteur, enseignant, chercheur, est disponible gratuitement sur le site Data INRAE<sup>3</sup>. L'article<sup>4</sup> décrivant la structure de cette base de données est en accès libre de la revue *Data In Brief* : il propose deux exemples d'utilisation des données collectées.

## 2. Analyse des facteurs déterminant les émissions de N<sub>2</sub>O des résidus au champ

Une méta-analyse<sup>5</sup> de la littérature sur les émissions de N<sub>2</sub>O au champ, liées à la présence et la gestion des résidus de cultures, a été réalisée. Elle regroupe 78 études issues de 19 pays. L'analyse combine les données complètes d'émissions de N<sub>2</sub>O aux caractéristiques pédoclimatiques et agronomiques des essais, ainsi qu'aux caractéristiques des résidus (biomasse, azote et biochimie, localisation). Elle a été réalisée par la méthode *Metaforest* (Van Lissa, 2017)<sup>6</sup> : il s'agit d'une approche classique en méta-analyse qui permet d'identifier les prédicteurs les plus importants des éléments de l'analyse. Les résultats montrent, qu'en moyenne, l'incorporation de résidus de cultures au sol augmente les émissions de N<sub>2</sub>O du sol de 44% par rapport à l'exportation des résidus, mais que l'exportation des résidus peut entraîner à la fois des augmentations et des réductions d'émissions de N<sub>2</sub>O selon les situations. Le niveau de maturité physiologique de la plante, dont sont issus les résidus, s'est avéré être le critère le plus robuste et simple pour catégoriser les résidus en fonction de leur potentiel à réguler les émissions de N<sub>2</sub>O. Les résidus « immatures » tels que ceux de couverts intermédiaires, fauches de prairie, verts de

betterave, etc. (valeurs de C soluble, NDS soluble et N total élevés, valeurs de cellulose, hémicellulose, lignine et C:N faibles) stimulent fortement les émissions de N<sub>2</sub>O, tandis que les résidus « matures » (ex., pailles de céréales, feuilles sénescents) aux caractéristiques opposées, ont des effets quasi-inexistants sur la production de N<sub>2</sub>O. Ce résultat suggère la possibilité d'améliorer les facteurs d'émissions des résidus végétaux, en utilisant une typologie simple de classification de ceux-ci, relative au risque d'émission.

### 3. Rôle de la composition chimique des résidus sur les émissions de N<sub>2</sub>O

Afin de clarifier l'influence des caractéristiques de résidus de cultures sur le N<sub>2</sub>O émis au cours de la décomposition, une étude a été menée en conditions contrôlées de laboratoire (température, humidité, localisation des résidus)<sup>7</sup>. Ce travail a été conduit avec les résidus de 9 espèces végétales couvrant une large gamme de composition biochimique et de degré de maturité. Il a montré que l'émission cumulée de N<sub>2</sub>O au bout de 60 jours pouvait être prédite par une relation exponentielle avec la proportion de composés solubles des résidus (soluble NDS), les résidus les plus immatures émettant le plus de N<sub>2</sub>O. L'étude montre aussi que ces émissions surviennent dans les tous premiers jours de la décomposition, lorsque l'activité microbienne est intense.

### Conclusion

L'ensemble de ces travaux montre que les résidus de cultures doivent être gérés judicieusement pour limiter des émissions potentiellement élevées de N<sub>2</sub>O. Ils montrent également que la méthodologie IPCC pourrait réviser les facteurs d'émission des résidus de cultures, en tenant compte de leur nature, pour évaluer objectivement leurs impacts pour l'agriculture et l'environnement.

### Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'ERA-NET FACCE ERA-GAS dans le cadre du projet "Amélioration de l'estimation et atténuation des émissions d'oxyde nitreux et du stockage de carbone dans le sol à partir des résidus de culture (*ResidueGas*). La subvention française de l'ANR est ANR-17-EGAS0003.

### Références

- <sup>1</sup> IPCC (2019). Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Chapter 11 : N<sub>2</sub>O emissions from managed soils, and CO<sub>2</sub> emissions from lime and urea application ([https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_11\\_Ch11\\_N2O&CO2.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf))
- <sup>2</sup> ERA-GAS (2017-2021). <https://www.eragas.eu/en/eragas/research-projects/residuegas.htm>
- <sup>3</sup> Thiébeau et al. (2021). Biomass and chemical quality of crop residues from European areas. Portail data INRAE, V1, (<https://doi.org/10.15454/LBI3U7>)
- <sup>4</sup> Thiébeau et al. (2021). Dataset of biomass and chemical quality of crop residues from European areas. Data In Brief (<https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107227>)
- <sup>5</sup> Abalos et al. (soumis). Predicting field N<sub>2</sub>O emissions from crop residues based on their biochemical composition : a meta-analytical approach. *Sci. Tot. Env.*
- <sup>6</sup> Van Lissa (2017). MetaForest: exploring heterogeneity in meta-analysis using random forests. (<https://doi.org/10.31234/osf.io/myg6s>)
- <sup>7</sup> Lashermes et al. (2021). N<sub>2</sub>O emissions from decomposing crop residues are strongly linked to their initial soluble fraction and early mineralization dynamics. *Sci. Tot. Env.* (<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150883>)



#### Pascal THIEBEAU

Ingénieur d'Etudes INRAE, Agronome, UMR FARE, 51100 Reims  
<https://www6.nancy.inrae.fr/fare>  
[pascal.thiebeau@inrae.fr](mailto:pascal.thiebeau@inrae.fr)