



# Contribution des résidus de cultures aux émissions de N<sub>2</sub>O: Impact de leurs caractéristiques chimiques

Pascal Thiébeau<sup>1</sup>, Gwenaelle Lashermes<sup>1</sup>, Patricia Laville<sup>2</sup>, Diego Abalos<sup>3</sup>,  
Tatiana Rittl<sup>4</sup>, Sissel Hansen<sup>4</sup> et Sylvie Recous<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAE UMR FARE (Reims); <sup>2</sup> INRAE UMR ECOSYS (Thiverval-Grignon), <sup>3</sup> Université d'Aarhus (DK), <sup>4</sup> NORSOK (NO)

INRAE

FARE

EcoSys

UNIVERSITÉ  
DE REIMS  
CHAMPAGNE-ARDENNE

AARHUS UNIVERSITET

NORSØK  
Norwegian Centre for Organic Agriculture



## Contexte scientifique

### Les résidus de cultures :

- Apportent du carbone (C) et de l'azote (N) au sol, favorables aux micro-organismes et à la faune du sol;
- Contribuent à la fertilité des sols en alimentant la matière organique du sol, favorable à la structure du sol, la rétention de nutriments et le maintien de la biodiversité du sol;
- Contribuent au bilan des gaz à effet de serre des systèmes de cultures de deux manières:
  - ✓ ☹ Protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) issu de la gestion des résidus,
  - ✓ ☺ Stockage du carbone du sol dans les sols.



## Estimation des émissions de N<sub>2</sub>O :

Dans la méthodologie de niveau 1 du GIEC, la nature des résidus végétaux (appelée aussi « qualité ») est prise en compte par la quantité de biomasse (AG & BG) restituée et sa teneur en azote (N)

Entrées N des résidus

**EQUATION 11.6 (UPDATED)**  
**N FROM CROP RESIDUES AND FORAGE/PASTURE RENEWAL (TIER 1)**

$$F_{CR} = \sum_T \left[ \left( AGR_{(T)} \cdot N_{AG(T)} \cdot \left( 1 - \text{Frac}_{\text{Remove}(T)} - \left( \text{Frac}_{\text{Burn}(T)} \cdot C_f \right) \right) \right) + \left( BGR_{(T)} \cdot N_{BG(T)} \right) \right]$$

Biomasse aérienne des résidus

Teneur en N des résidus aériens

Biomasse racinaire et teneur en N

Facteur d'émission(EF) standard pour tous types de cultures :  
0.005 to 0.006 kg N-N<sub>2</sub>O/kg N ajouté

Mise à jour 2019 des lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de GES



## Objectif des travaux présentés :

### Mesurer les effets de la nature des résidus incorporés au sol sur les émissions de N<sub>2</sub>O:

- Synthétiser les données caractérisant la qualité chimique des résidus de cultures (base de données);
- Synthétiser les connaissances sur les émissions de N<sub>2</sub>O par le sol en présence de résidus de cultures (méta-analyse);
- Révéler les effets de la composition chimique des résidus sur les émissions de N<sub>2</sub>O lors de leur décomposition (expérimentation en conditions contrôlées).



# 1. Constitution d'une base de données européennes relatives à la qualité chimique des résidus de cultures :

**Objectif** : améliorer l'accessibilité des données.

**Méthode** : analyse bibliographique de travaux européens intégrant :

- Travaux publiés
- Rapports d'études et thèses

**Recherche** :

- Teneur N, C et/ou rapport C:N, C soluble à l'eau (% C total)
- Composition biochimique (Van Soest, 1963) : fractions de matière sèche de récalcitrance chimique croissante: soluble et non solubles (hémicellulose, cellulose et lignine)

*(Thiébeau et al., 2021)*

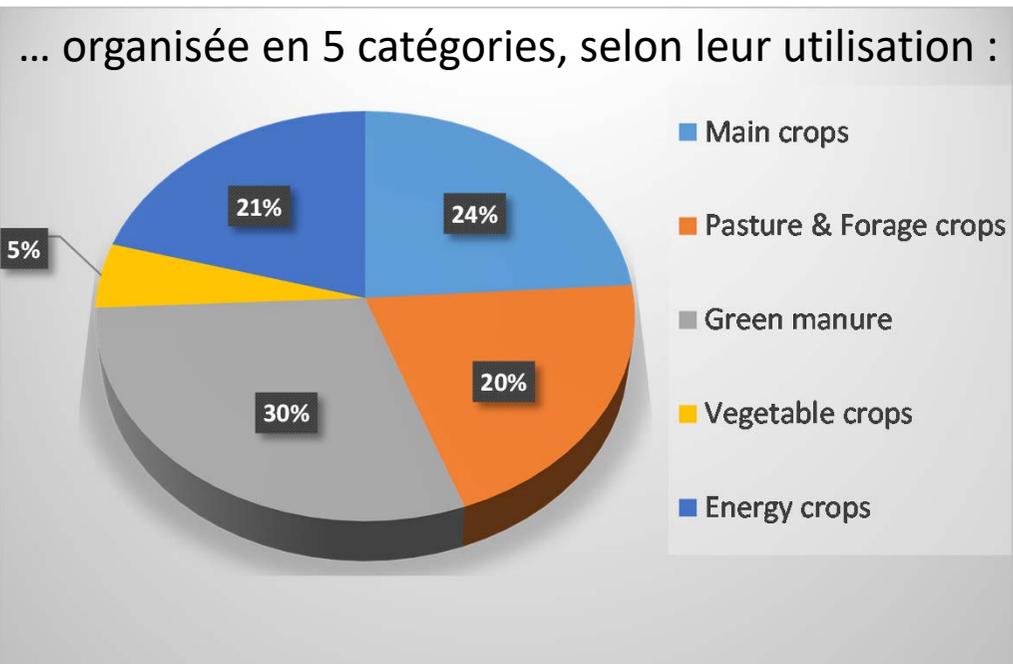


# 1. Constitution d'une base de données européennes relatives à la qualité chimique des résidus de cultures :

## Données brutes collectées :

- 177 documents collectés, dont 158 articles scientifiques.
- 17 pays européens représentés.
- 2300 occurrences.

(Thiébeau et al., 2021)





# 1. Constitution d'une base de données européennes relatives à la qualité chimique des résidus de cultures :

## Base de données = 2 types de fichiers :

- **Fichiers de données « brutes »:**

**Espèce** : Nom commun, Nom latin, Variété, Nom de famille ;

**Conditions de croissance** : partie de la plante, stade de récolte, date de semis, date de récolte, fertilisation azotée, pays (région ou ville), et origine (champ, serre, lysimètre) ;

**Matière sèche** : tonne/hectare et % de la matière fraîche ;

**Composition biochimique**: Soluble au détergent neutre (NDS), hémicellulose, cellulose, lignine, C soluble à l'eau, C total, N total, ratio C:N ;

**Propriétés du sol** : Texture, Densité apparente, Horizon, pH, N total, C organique, classification du sol ;

**Références** : Auteurs (année de publication), Revue de publication (nom, pagination), Lien d'accès internet (DOI).

(Thiébeau et al., 2021)



# 1. Constitution d'une base de données européennes relatives à la qualité chimique des résidus de cultures :

## Base de données = 2 types de fichiers :

- **Fichiers de données « brutes »:**

**Espèce** : Nom commun, Nom latin, Variété, Nom de famille ;

**Conditions de croissance** : partie de la plante, stade de récolte, date de semis, date de récolte, fertilisation azotée, pays (région ou ville), et origine (champ, serre, lysimètre) ;

**Matière sèche** : tonne/hectare et % de la matière fraîche ;

**Composition biochimique**: Soluble au détergent neutre (NDS), hémicellulose, cellulose, lignine, C soluble à l'eau, C total, N total, ratio C:N ;

**Propriétés du sol** : Texture, Densité apparente, Horizon, pH, N total, C organique, classification du sol ;

**Références** : Auteurs (année de publication), Revue de publication (nom, pagination), Lien d'accès internet (DOI).

- **Fichiers de données « agrégées »:**

**Espèces** : Nom commun, Nom latin et Nom de famille ;

**Conditions de croissance** : partie de la plante et stade de récolte ;

**Matière sèche** : Tonne par hectare et % de la matière fraîche ;

**Composition biochimique** : NDS, hémicellulose, cellulose, lignine, C soluble à l'eau, C total, N total, ratio C:N.

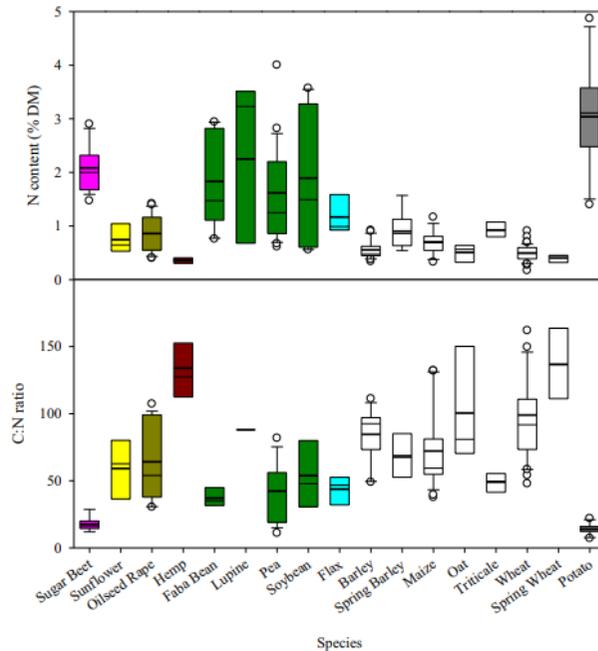


(Thiébeau et al., 2021)



# 1. Constitution d'une base de données européennes relatives à la qualité chimique des résidus de cultures :

**Architecture publiée dans la revue Data In Brief** : propose des exemples d'utilisation:

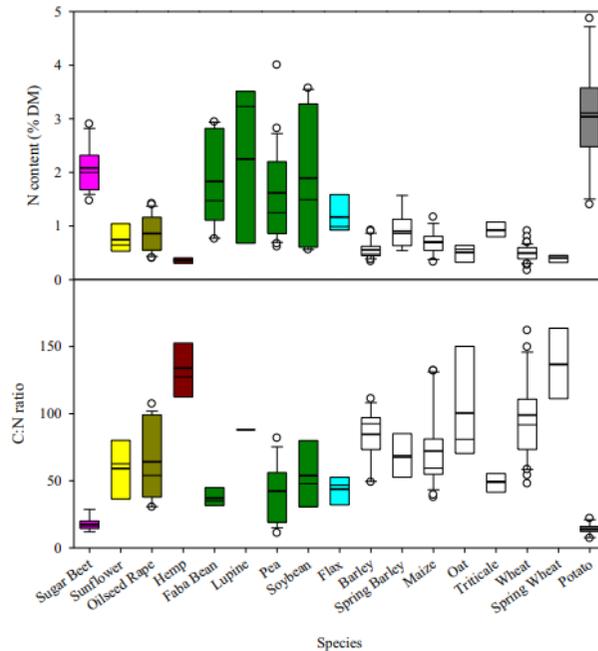


(Thiébeau et al., 2021)



# 1. Constitution d'une base de données européennes relatives à la qualité chimique des résidus de cultures :

**Architecture publiée dans la revue Data In Brief** : propose des exemples d'utilisation:



...et d'accès libre :

Data in Brief 37 (2021) 107227

Contents lists available at ScienceDirect

**Data in Brief**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/dib](http://www.elsevier.com/locate/dib)

Data Article

**Dataset of biomass and chemical quality of crop residues from European areas**

Pascal Thiébeau<sup>a,d,\*</sup>, Lars Stoumann Jensen<sup>b</sup>, Fabien Ferchaud<sup>c</sup>, Sylvie Recous<sup>d,a</sup>



(Thiébeau et al., 2021)



## 2. Méta-analyse : N<sub>2</sub>O & résidus de cultures

**Objectif** : réaliser un état de l'art relatif aux émissions de N<sub>2</sub>O par le sol, au champ, après la récolte de cultures.

**Méthode** : Metaforest (*van Lissa, 2017*)

↳ Identifier les prédicteurs les plus importants

- Travaux publiés
- Rapports d'études

(*Abalos et al., soumis*)



## 2. Méta-analyse : N<sub>2</sub>O & résidus de cultures

### Données brutes collectées :

- 78 articles scientifiques.
- 19 pays représentés.
- 346 couples de données: avec et sans résidus
- 21 variables étudiées.

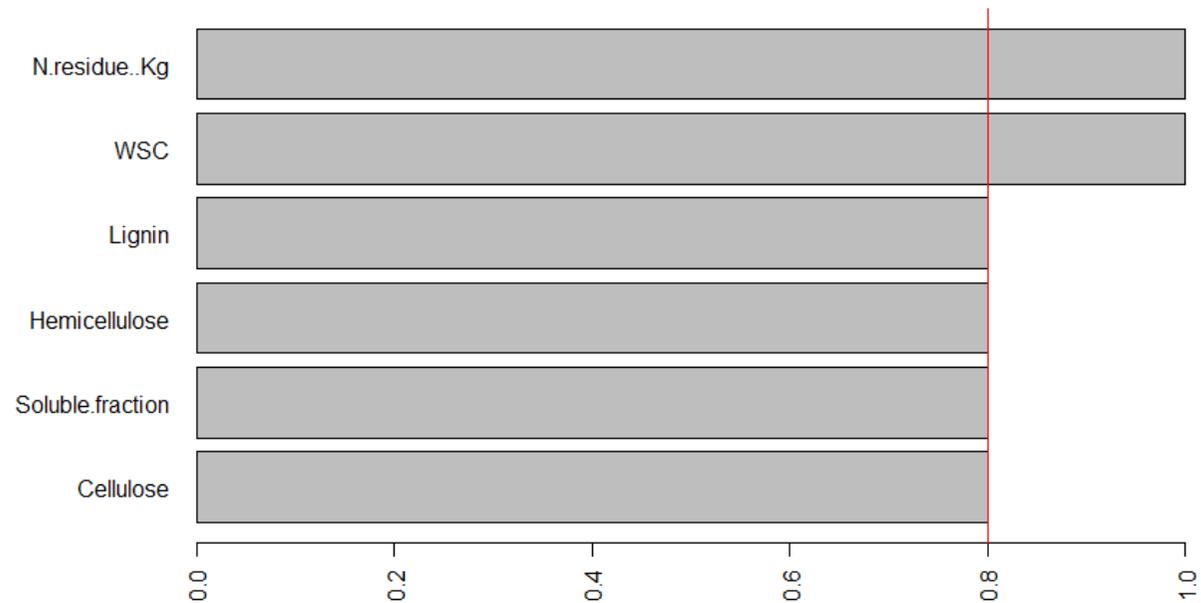
|                        |   |   |
|------------------------|---|---|
| N des résidus          | N restitué par les résidus de culture (kg N ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> ) | 5 à 418   |
| Type de culture        | Type de culture   | Céréales, Cultures dérobées, Prairies, Légumineuses à graines, Riz, Canne à sucre, Cultures légumières, Cultures double |
| Type de résidu         | Type de résidu généré   | Biomasse verte, Biomasse aérienne mûre, Biomasse sénescente, Paille   |
| Qualité du résidu      | Index de maturité   | Immature, Mûre  |
|                        | Ratio C/N des résidus   | < 20, 20-60, > 60   |
|                        | Soluble SDN (% MS)  | 6 to 71   |
|                        | Cellulose (% MS)  | 10 to 49  |
|                        | Hemicellulose (% MS)  | 6 to 55   |
|                        | Lignin (% MS)   | 2 to 26   |
| Propriétés du sol      | Index Lignocellulosique (LCI)   | 0.041 to 0.306  |
|                        | C soluble à l'eau (% C total)   | 3 to 68   |
|                        | Texture du sol  | Argiles, Limons, Sables   |
|                        | Teneur en argiles (%)   | 3.1 to 66%  |
|                        | pH du sol   | Acide (<6), Neutre (6-7), Alcalin (>7)  |
|                        | C organique du sol (g C kg <sup>-1</sup> sol sec)                               | 2 to 55   |
| Conditions climatiques | Densité apparente (g cm <sup>-3</sup> )   | 0.76 to 1.6   |
|                        | N total du sol (g N kg <sup>-1</sup> sol sec)                                   | 0.14 to 3.9   |
|                        | Précipitations moyennes annuelles (mm)  | 350 to 2115   |
|                        | Température moyenne annuelle (°C)   | 5.3 to 27.4   |
|                        | Index d'aridité   | <1, >1  |
|                        | Jours Normalisés à 15°C   | 4.7-1001  |

(Abalos et al., soumis)



## 2. Méta-analyse : N<sub>2</sub>O & résidus de cultures

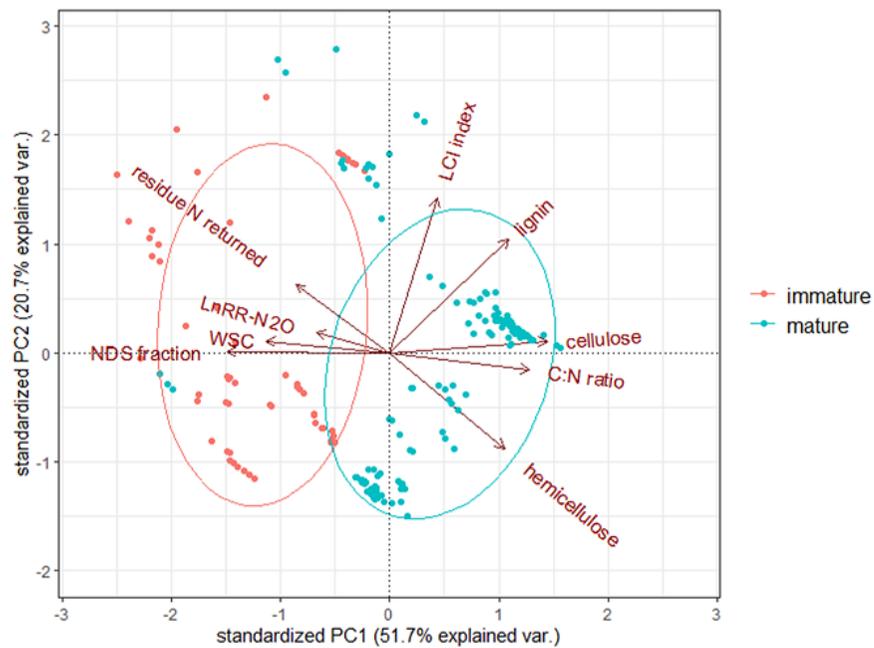
Les 6 prédicteurs les plus importants d'émission de N<sub>2</sub>O provenant des résidus de récolte identifiés par l'analyse aléatoire Métaforest :



(Abalos et al., soumis)



## 2. Méta-analyse : N<sub>2</sub>O & résidus de cultures

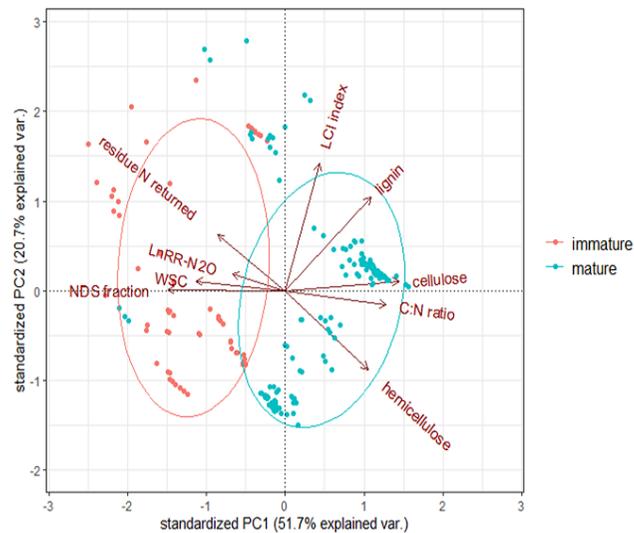


ACP des caractéristiques biochimiques des plantes et relation avec le critère de maturité

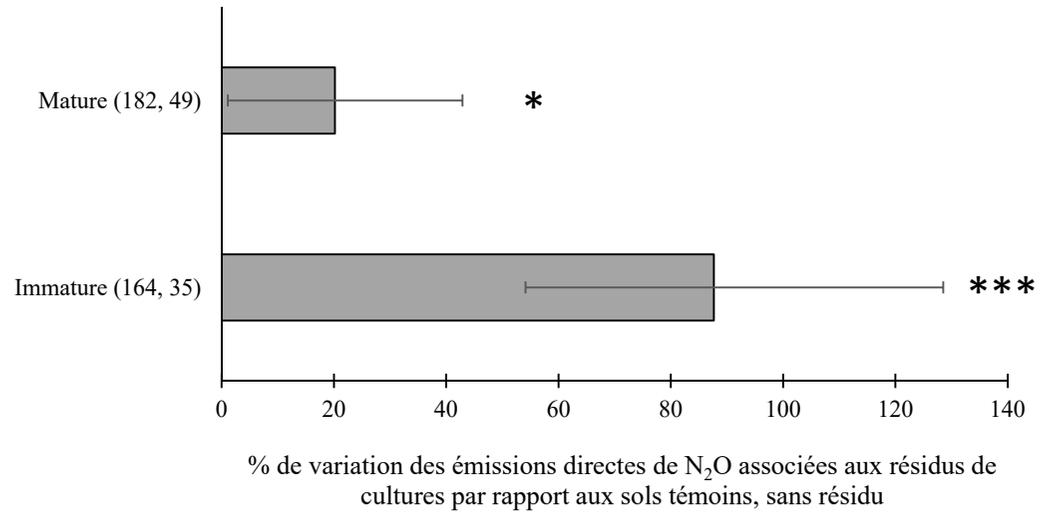
(Abalos et al., soumis)



## 2. Méta-analyse : N<sub>2</sub>O & résidus de cultures



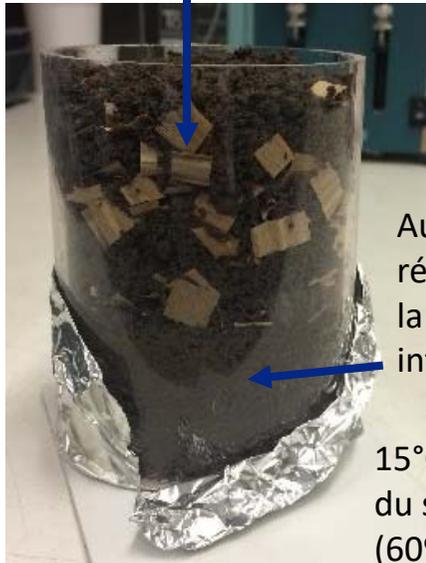
ACP des caractéristiques biochimiques des plantes selon leur classe de maturité



Propension des résidus de cultures à favoriser les émissions de N<sub>2</sub>O selon leur classe de maturité (*Abalos et al., soumis*)

### 3. Qualité des résidus & émissions de N<sub>2</sub>O

Résidus de culture mélangés  
dans la couche supérieure



Aucun  
résidu dans  
la couche  
inférieure

15°C, humidité  
du sol à 25% TS  
(60% espace  
poral), D.a. 1,2

*Adapté de Lashermes et al. (2021)*

9 résidus de  
culture X 2 sols



QCL Aerodyne  
(analyseur infra-rouge N-N<sub>2</sub>O)

LiCor 820 (analyseur C-CO<sub>2</sub>)

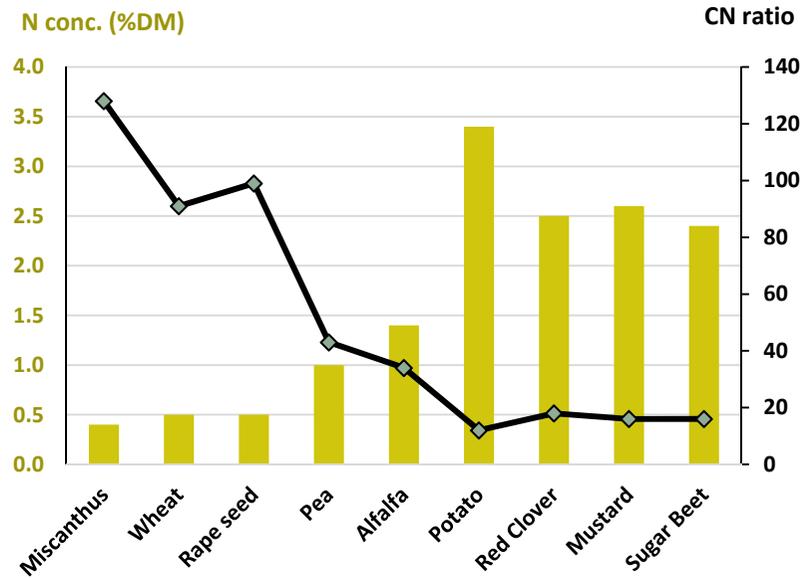


Incubateur



### 3. Qualité des résidus & émissions de N<sub>2</sub>O

Teneur en azote des résidus

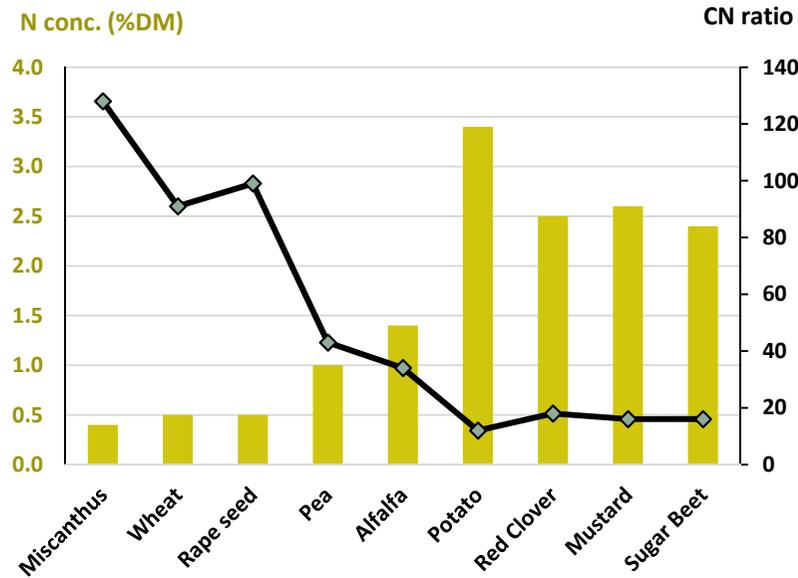


Adapté de Lashermes et al. (2021)



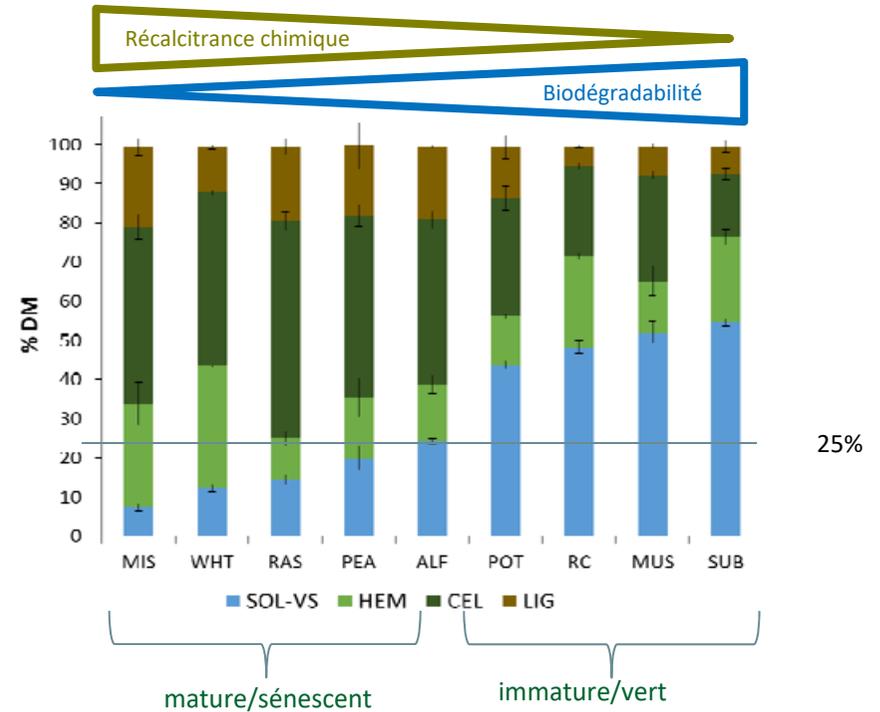
### 3. Qualité des résidus & émissions de N<sub>2</sub>O

Teneur en azote des résidus

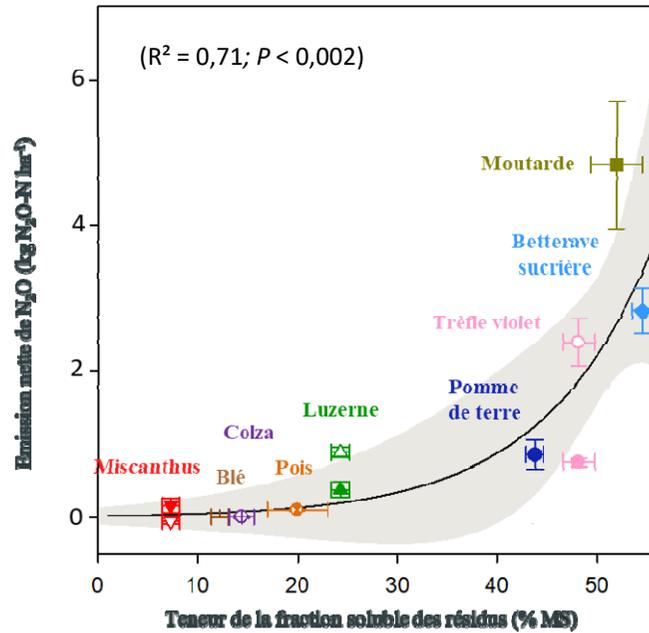


Adapté de Lashermes et al. (2021)

Qualité chimique des résidus



### 3. Qualité chimique des résidus & émissions de N<sub>2</sub>O

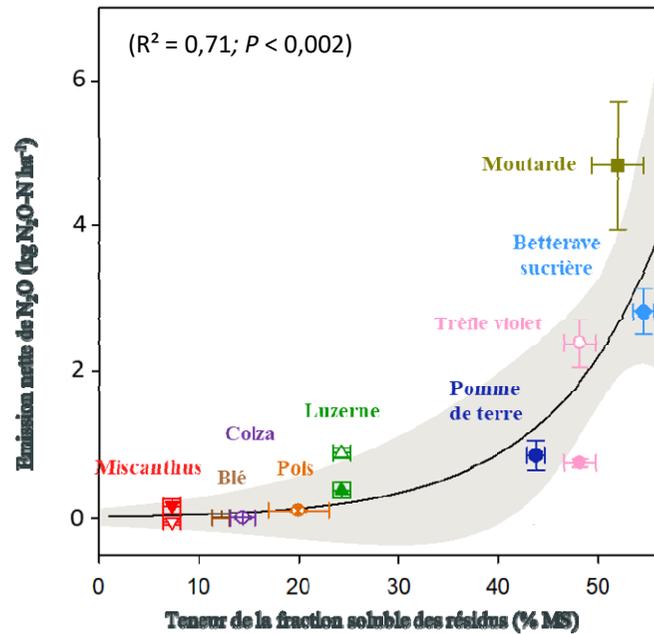


Relation entre l'émission nette cumulée de N<sub>2</sub>O (0-60 j à 15°C)  
et la teneur initiale de la fraction soluble  
(à l'eau + détergent neutre, « soluble Van Soest »)

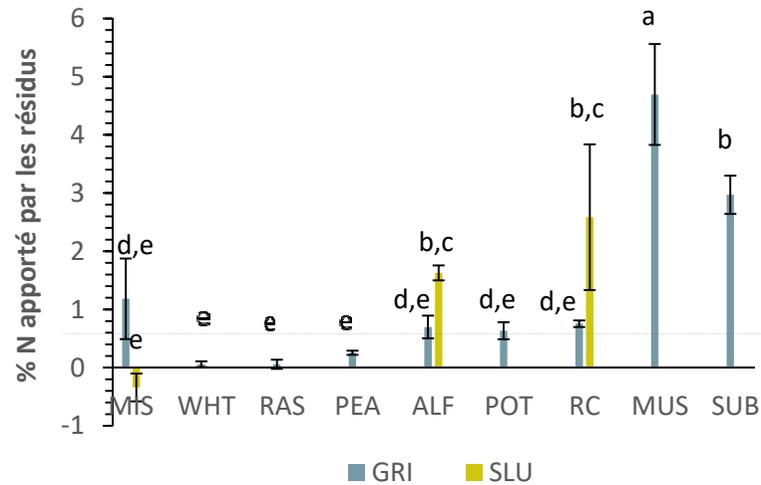
*Adapté de Lashermes et al. (2021)*



### 3. Qualité chimique des résidus & émissions de N<sub>2</sub>O



Relation entre l'émission nette cumulée de N<sub>2</sub>O (0-60 j à 15°C) et la teneur initiale de la fraction soluble



Facteur d'émission (Ef) du N<sub>2</sub>O des résidus de cultures (% N résidu apporté)

(Adapté de Lashermes et al., 2021 ;  
Data INRAE <https://doi.org/10.15454/8ASYPC> )



## Conclusions



- Certains résidus occasionnent des situations émettrices de  $N_2O$ , qui peuvent avoir des conséquences sur l'environnement potentiellement importantes, même s'il s'agit d'épisodes d'émissions ponctuels;
- Il faut cependant évaluer ces conséquences au regard d'autres atouts que procurent ces cultures en matière de stockage de carbone, de stimulation de la vie microbienne du sol, de rétention de nitrate, et de limitation de l'érosion par la couverture du sol.
- Une révision du facteur d'émission des résidus de cultures par l'IPCC devrait permettre de tenir compte de leur nature chimique (mature/immature)

### 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 de résidus de cultures (ResidueGas); et a reçu le soutien financier de l'Agence National de la Recherche (ANR-17-EGAS0003).