



Proposition d'une classification des digestats de méthanisation basée sur leurs propriétés et leurs effets attendus

**Michaud Aurélia¹, Lucille Caradec¹, Mariana Moreira²,
Sabine Houot¹, Le Roux Caroline³, Julie Jimenez¹**

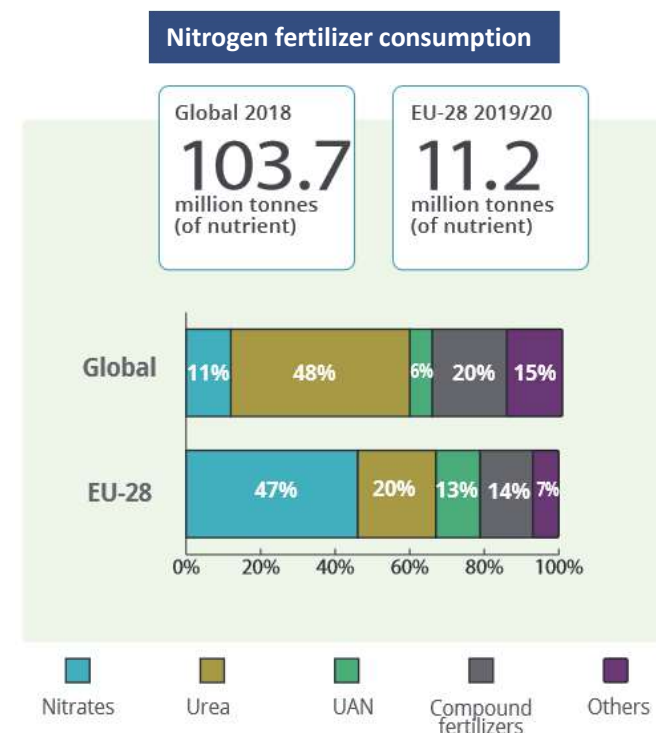
¹INRAE, ²CAB, ³LDAR

INRAE



Introduction – La méthanisation ?

- **FR/EU dépendante des importations** d'azote et de phosphore, et de biogaz, avec hausse des prix et des tensions sur les marchés.
- **Valorisation de ressources organiques** = alternative pour fertiliser et produire du biogaz = enjeu économie circulaire.
- **Méthanisation** → meilleure autonomie (production biogaz et électricité, digestats en substitution des engrais minéraux).
- **Gisement mobilisable à 2030 en méthanisation** évalué à 130 millions de tonnes de MB, composé à 90 % de matières agricoles.
- Toutefois, pour répondre aux ambitions de développement accru de la méthanisation, un enjeu majeur est de **savoir maîtriser la fertilisation avec des digestats** (i.e. une nutrition adéquate des cultures tout en limitant les impacts) = **projet ADEME/GRDF FertiDig (2021-2024) → classification digestats**



Note: Due to rounding, figures may not add up to 100%; Agricultural use only

Source: Fertilizers Europe/ IFA

(MAA 2019 ; Green Deal 2021 ;
<https://www.ecologie.gouv.fr/biogaz> 2023)

Introduction – objectifs de la présentation

Présenter

1. la **classification des digestats** de méthanisation d'origine agricole basée sur leurs propriétés
2. les **valeurs de Keq N** établies en collaboration avec le groupe PRO du COMIFER

*Travaux issus du projet **ADEME/GRDF FertiDig (2021-2024)***



Classification des digestats

Base de données

« caractérisation digestats de méthanisation »

Echantillonnage :

2006 – 2022

52 départements

165 unités de méthanisation

Sources :

INRAE, CRA-B, ADEME Concept-Dig / AAMF, Lycée Obernai

608 digestats,

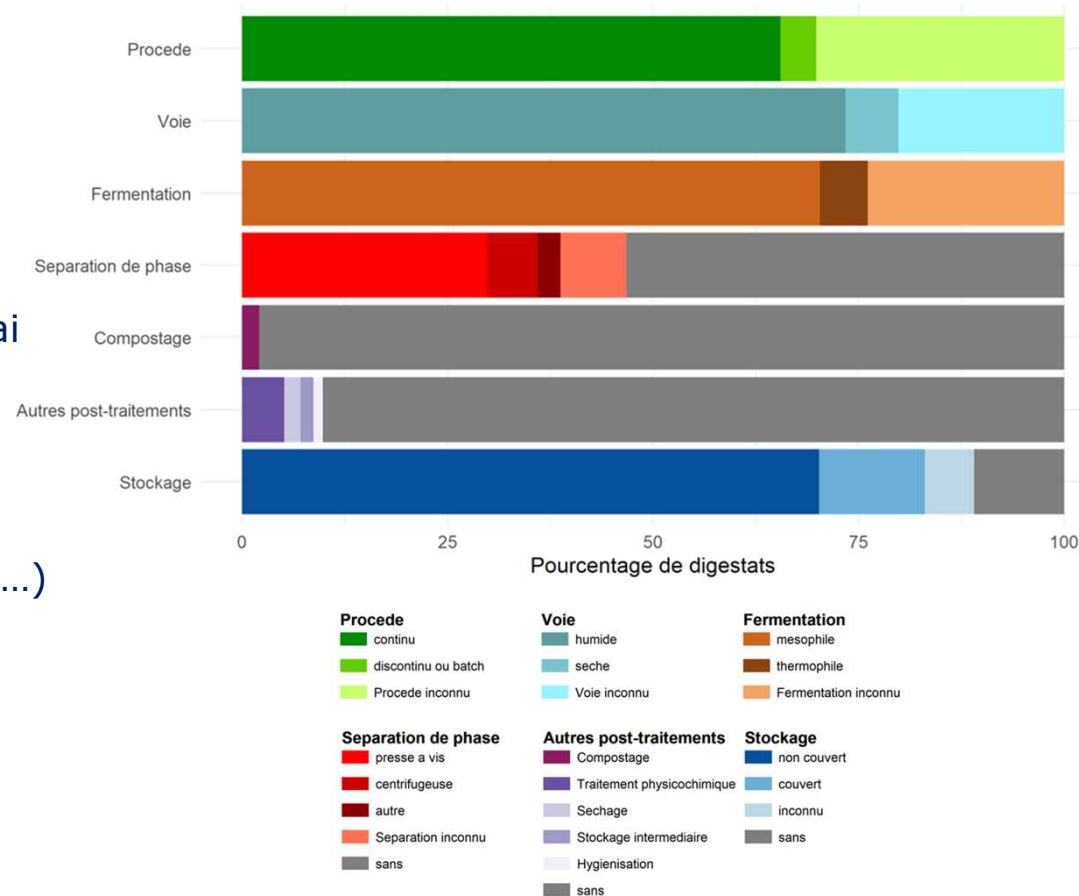
dont 481 pour établir la classification

Variables agronomiques (C, Ntot, N-NH4, P, K, C/N...)

Contaminants (minéraux, organiques)

Composition en intrants et **procédés**

Procédés et post-traitements appliqués aux digestats



Classification des digestats

Description des digestats

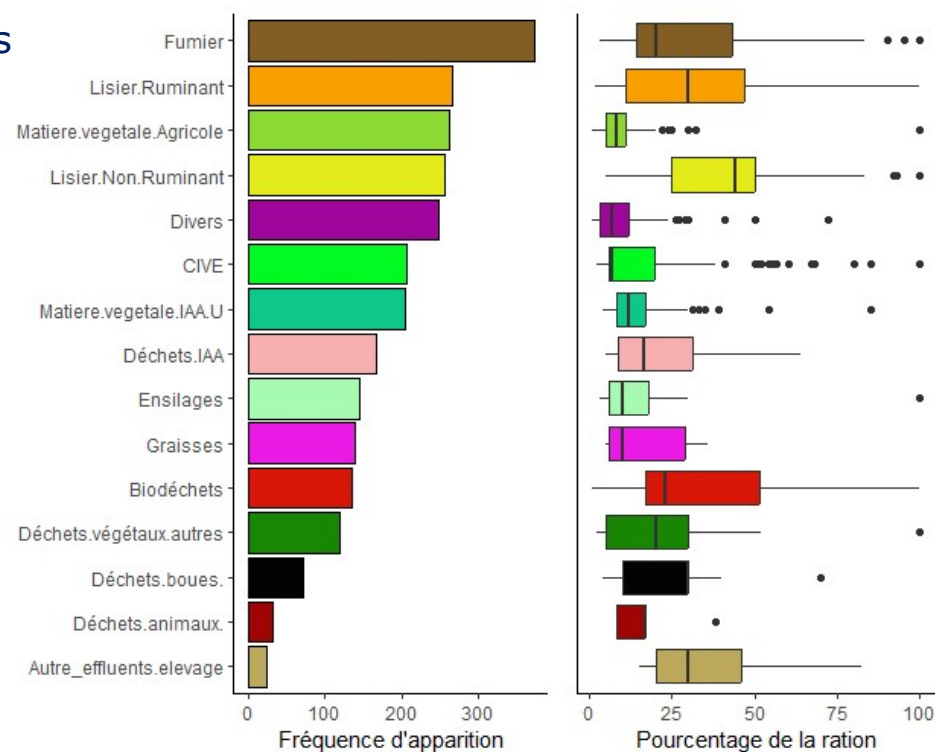
Composition :

majorité de fumier, lisier ruminant et non ruminant, matières végétales agricoles et non agricoles et divers déchets et coproduits issus des industries agro-alimentaires

Fractions :

56% bruts
21% liquides
18% solides
5% compostés

Composition des digestats



Classification des digestats

Sept classes de digestats :

- 3 classes, « voie humide » bruts et liquides
- 3 classes, « voie humide » solides/composts
- 1 classe, « voie sèche »

Classes expliquées par les intrants majoritaires :

- Fumiers ruminants + intrants exploit. (i.e. mat. vég.)
- Lisiers + intrants industries agro-ali. et biodéchets

↗ N total, N-NH₄ et K₂O :

SC - B voie sèche

< BL majorité ruminants

< BL autres situations, majorité végétal

< BL majorité non ruminants

↘ Matière sèche et C/N :

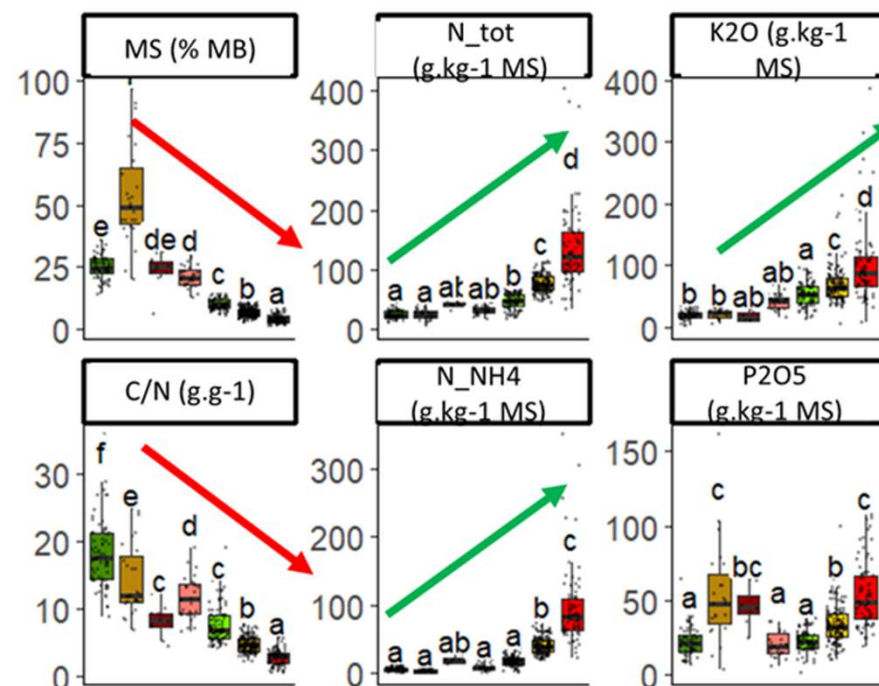
SC - B voie sèche

> BL ruminants

> BL autres situations, majorité végétal

> BL majorité non ruminants

Boxplots des concentrations des paramètres physico-chimiques des digestats



SC Majorité fumier/lisier ruminants
SC Autres situations dont intrant majorité végétal
SC Majorité lisier de non ruminants
Brut voie sèche

BL Majorité fumier/lisier ruminants
BL Autres situations dont majorité végétal
BL Majorité lisier de non ruminants

SC: fraction solide et compost

BL: fraction brute et liquide

MS: matière sèche en % matière brute (%MB)

N_{NH4}: azote ammoniacal en g/kgMS

N_{tot}: azote total en g/kgMS

C/N : ratio entre carbone et azote total

K₂O : potassium total en g/kgMS

P₂O₅ : phosphore total en g/kgMS

Classification des digestats

➤ **N-NH₄ (% N total) :**

- SC - BL majorité ruminants
- < BL autres situations, majorité végétal
- < BL majorité non ruminants

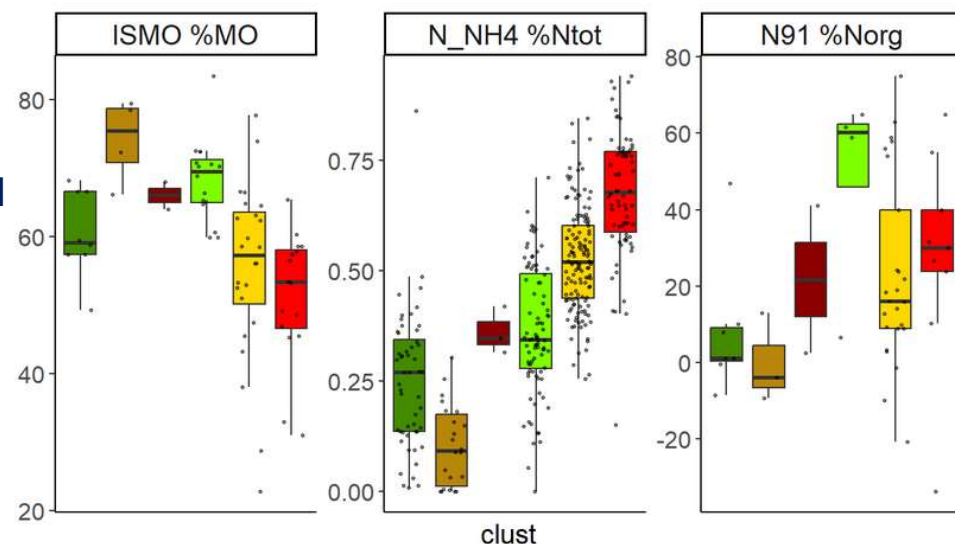
➤ **N minéralisé 91 jours :**

- SC majorité ruminants – SC autres situations, majorité végétal
- < SC majorité non ruminants – BL autres, majorité végétal
- BL majorité non ruminants
- < BL majorité ruminants

➤ **ISMO :**

- SC autres situations, majorité végétal
- > SC / BL majorité ruminants - SC majorité non ruminants
- BL autres, majorité végétal
- > BL majorité non ruminants

Boxplots des paramètres physico-chimiques supplémentaires



SC: fraction solide et compost

BL: fraction brute et liquide

ISMO: indice de stabilité de la matière organique (% MO)

N_NH4: azote ammoniacal (% N total)

N91 : N minéralisé en 91 jours (% du N organique)

Valeurs de Keq N des digestats

Base de données « Essais au champ étudiant les digestats »

Echantillonnage :

40 essais évaluant les Keq N de digestats

2010 - 2022

22 départements

Sources :

Arvalis, CA, INRAE, LDAR, Lycée Obernai

Traitements :

digestat (n = 153), lisier porc (n = 43)

fertilisation minérale (n = 75), témoin sans azote (n = 43)

Epandages de digestat :

principalement sur cultures d'hiver et de printemps

principalement du blé, du maïs, de la prairie et du colza

| Culture | Variable | Moyenne | Ecart-type | Unité | Humidité | Methode |
|---------|-----------|---------|------------|---------|----------|----------------------|
| blé | N_absorbé | 196,00 | 7,00 | kg.ha-1 | sans | Calcul |
| blé | keq_N | 0,51 | na | sans | sans | Courbe_réponse_azote |
| blé | CAU | 0,47 | na | sans | sans | Calcul |
| colza | N_absorbé | 189,00 | 17,00 | kg.ha-1 | sans | Calcul |
| colza | keq_N | 0,80 | na | sans | sans | Courbe_réponse_azote |
| colza | CAU | 0,70 | na | sans | sans | Calcul |
| blé | CAU | 0,94 | na | sans | sans | Calcul |
| colza | CAU | 0,88 | na | sans | sans | Calcul |
| blé | N_absorbé | 139,00 | 18,00 | kg.ha-1 | sans | Calcul |
| blé | keq_N | 0,51 | na | sans | sans | Courbe_réponse_azote |
| blé | CAU | 0,32 | na | sans | sans | Calcul |
| blé | CAU | 0,64 | na | sans | sans | Calcul |
| colza | N_absorbé | 102,00 | 13,00 | kg.ha-1 | sans | Calcul |
| colza | N_absorbé | 114,00 | 32,00 | kg.ha-1 | sans | Calcul |
| colza | CAU | 0,56 | na | sans | sans | Calcul |

Valeurs de Keq N des digestats

Coefficients d'équivalence engrais azoté des digestats

En fonction de la classification des digestats établie précédemment

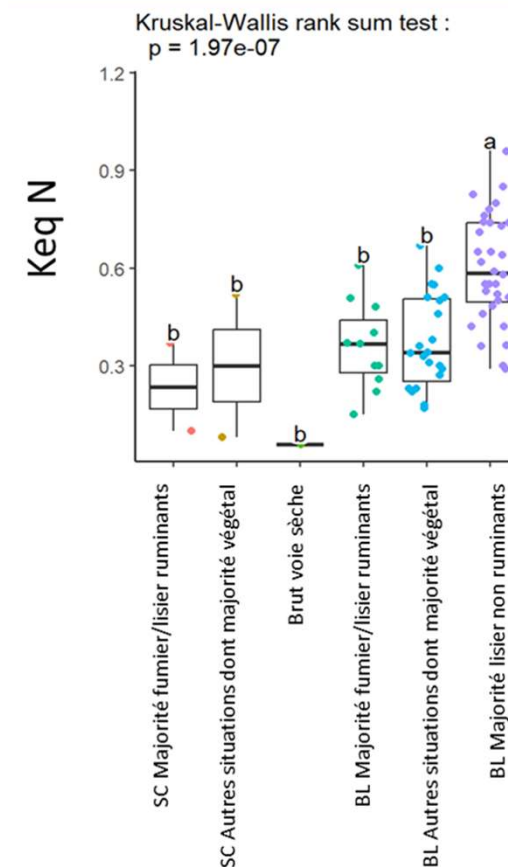
➤ Keq N :

SC – B voie sèche - BL majorité ruminants – BL autres majorité végétal
< BL majorité non ruminants

→ Keq N « voie humide » bruts/liquides avec mêmes gradients que la teneur en azote dans la classification

→ **Valeurs plus élevées pour les digestats bruts et liquides issus de lisier de porc**

Boxplots des Keq N des digestats
toutes cultures confondues
en fonction de la classification des digestats



SC : fraction solide et compost
BL : fraction brute et liquide

Valeurs de Keq N des digestats

Valeurs → grilles COMIFER

- Travail en cours de finalisation (exemple pour 2 digestats)
- Pour harmoniser les catégories de digestats, leurs propriétés et identifier les situations manquantes
- Pour utiliser *in fine* dans les calculs de doses à apporter = après introduction dans les arrêtés régionaux

| Exemples de PRO | | Cultures concernées | Périodes d'apport | Mode d'apport | keqN sur la période du bilan | écart-type | KeqN sur la période du cycle |
|------------------------------------|--|--------------------------|-------------------|---------------|------------------------------|------------|------------------------------|
| Digestat de méthanisation agricole | Digestat brut - Lisier de porcs en intrant majoritaire | d'automne (type blé) | Printemps | Surface | 0.55 | +/-0.16 | 0.55 |
| | | Prairie | Printemps | Na | 0.60 | +/-0.23 | 0.60 |
| | | de printemps (type maïs) | Printemps | Surface | 0.60 | +/-0.13 | 0.60 |
| | | de printemps (type maïs) | Printemps | Injection | 0.80 | +/-0.09 | 0.80 |
| | Digestat brut et fraction liquide issue de séparation de phase à base d'intrants hors exploitation en majorité | d'automne (type blé) | Printemps | Surface | 0.55 | +/-0.16 | 0.55 |
| | | Prairie | Printemps | Na | 0.50 | +/-0.13 | 0.50 |
| | | d'automne (type colza) | Printemps | Surface | 0.75 | +/-0.09 | 0.75 |
| | | de printemps (type maïs) | Printemps | Surface | 0.50 | +/-0.09 | 0.50 |
| | | de printemps (type maïs) | Printemps | Injection | 0.80 | +/-0.16 | 0.80 |
| | | | | | | | |

Site web FertiDig

Fiches effets par digestats de la classification (figure à droite)
Disponible au printemps 2024

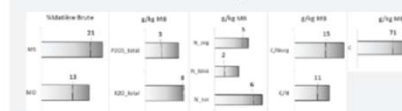


DIGESTAT VOIE SÈCHE

Composition moyenne : fumier 58%, matière végétale IAA 8.7%, matière végétale agricole 6.8, déchets IAA 6.7%, biodéchets 6.2%, divers 5.6%



COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE



CAPACITÉ À ENTREtenir LES STOCKS DE C DU SOL



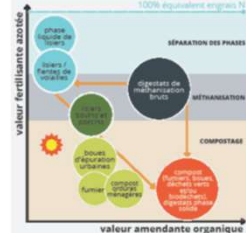
VALEUR FERTILISANTE N



Coefficients d'équivalence du digestat brut par culture et par période d'apport



Positionnement du produit organique en fonction de sa valeur fertilisante et de sa valeur amendante



CONTAMINANTS ORGANIQUES ET ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

En dessous des seuils de réglementation (NFU051)

POUR ALLER PLUS LOIN

Conclusions

Propriétés des digestats (→ publication)

fertilisantes

MS faible
teneur en N importante, % N-NH₄ et N minéralisé élevés
C/N faible
Keq N ≥ 0.6

amendantes

MS élevée
faible teneur en nutriments
C/N et/ou ISMO élevés
Keq N ≤ 0,3



BL Autres situations dont majorité végétal



BL Majorité lisier de non ruminants



SC Majorité lisier de non ruminants



Brut voie sèche



BL Majorité fumier/lisier ruminants



SC Majorité fumier/lisier ruminants



SC Autres situations dont intrant majorité végétal

SC : fraction solide et compost
BL : fraction brute et liquide

Conclusions et perspectives

Effets au champ des digestats

Mise à jour grilles COMIFER pour K_{eq} N digestats

Calcul du bilan N des apports de digestats

Evaluation des effets sur les variables de fertilité (biologique, physique, chimique)

Au-delà de FertiDig...

Compléter les données avec des digestats solides, C/N élevés, composts de digestats, CIVE, biodéchets



*Merci
A Lucille Caradec !
Aux collègues et aux partenaires
Pour votre écoute*