

---

## Fiche résumé du projet Concept-Dig (2016-2019)

---

### [Les partenaires du projet](#)

Coordination :



Partenaires :



Financement :



### 1. [Objectifs](#)

- **Caractériser les digestats en fonction des substrats utilisés**, du post-traitement et du stockage. **Relier ces caractéristiques aux intérêts agronomiques des digestats** (fertilisation et amendement).
- Evaluer les **effets de la séparation de phases et du stockage sur la qualité agronomique du digestat** (matière organique, carbone, azote, etc...).
- Proposer **un outil d'aide à la décision** afin de pouvoir choisir ses intrants, traitement et post-traitement en fonction des attentes agronomiques du digestat.

### 2. [Méthodologie](#)

- Création d'une typologie de digestats

Différentes « catégories » de digestats ont été créées grâce aux données récoltées pendant **l'enquête réalisée au sein de l'AAMF en 2018 (72 réponses)**. Une **campagne d'échantillonnage** a également eu lieu en 2018 et 2019, en ciblant principalement les unités de méthanisation qui disposaient d'un équipement de **séparation de phases**. Au total, **13 sites ont été échantillonnés** et les digestats analysés selon les normes en vigueur.

- Impact de la séparation de phase

Parmi les sites échantillonnés, 7 possédaient un **séparateur de phase**. L'analyse de chaque phase a été faite en laboratoire, en plus de l'analyse des digestats bruts. Des **bilans de matière** ont été réalisés afin d'observer la **migration de la matière** du digestat brut aux différentes phases.

- Impact du stockage

Des analyses ont été menées sur le **stockage** des digestats bruts et des phases liquides et issues de la séparation de phases, ainsi que lors de leur **compostage**. Lors de ces expérimentations, un **suivi des qualités agronomiques** a été fait ainsi qu'un suivi **des gaz liés à la volatilisation de l'azote**.

### 3. Résultats

#### 3.1. Principaux résultats de l'enquête AAMF

L'enquête auprès de l'AAMF a eu 72 réponses pour 114 sollicitations, soit 63% de taux de réponse. Parmi les répondants, 92% ont un procédé de digestion en voie humide infiniment mélangé contre 8% en voie solide. La moitié des digestats subissent un post-traitement de séparation de phases, à l'aide d'une presse à vis. La majorité des unités de méthanisation sont composées d'un digesteur et d'un post-digesteur, avec un temps de séjour de 2 fois 60 jours.

##### ➤ Impact des conditions opératoires sur les digestats

Chaque unité de méthanisation échantillonnée a fourni entre 1 et 28 analyses, qui montrent d'abord **une faible variabilité saisonnière** des digestats, hormis la première analyse (mise en service).

Les conditions de la digestion impactent la qualité des digestats :

- **Temps de séjour** – Plus le temps de séjour est long, plus les teneurs en matière organique (MO) sont faibles. Ceci est dû à une dégradation supérieure de la MO par les bactéries méthanogènes.
- **Température** – La digestion thermophile (55°C) est plus souvent utilisée sur des substrats riches en matière sèche (MS)
- **Prétraitements**
  - Le **compostage** augmente la teneur en Matière Sèche (MS) et les rapports C/N
  - Les digestats ayant subi une **hygiénisation** sont caractérisés par des teneurs en MO et en  $C_{total}$  élevées
  - Les digestats ayant subi un **défibrage** sont caractérisés par une teneur en MO et  $C_{total}$  faibles
- **Post-traitements**
  - Le **séchage** augmente la MS
  - Les effluents issus de traitement biologiques (dénitrification) sont caractérisés pour une quantité de phosphore (P) élevée
  - Les **composts** de digestat sont caractérisés par des teneur en MO, en  $C_{total}$  et un C/N élevés

##### ➤ Influence des substrats sur les digestats

Pour les analyses, les intrants ont été regroupés en 9 catégories (F : Fumier, LR : Lisier Ruminants, LNR : Lisier Non Ruminant, Vgtx : Matières végétales, R : Résidus de cultures, ensilage, C : CIVE, B : Bio déchets, G : Graisse, D : Autres déchets)

##### *Analyse des digestats bruts (n=46 échantillons)*

Au total sur les 46 échantillons de **digestats bruts** analysés, **8 groupes** de digestats ont pu être formés en **fonction des caractéristiques** de ceux-ci. Ces **caractéristiques agronomiques** des digestats sont **liées aux intrants des digesteurs**. Le tableau ci-dessous présente ces groupes de digestats.

Groupe	Intrants principaux	Caractéristiques
1	Fumiers + Vgtx <sup>1</sup>	Haute teneur en MS et en C/N, faible teneurs en nutriments NPK
2	Fumiers + Vgtx + Lisier Rum.	Haute teneur en MS et faible teneur en C/N, faible teneurs en nutriments NPK
3	Fumiers	Intermédiaire entre groupes 1 et 2
4	Lisier Ruminant	Teneur intermédiaire en MS, NT, NH <sub>4</sub> et P mais haute teneur en K
5	Lisier NR + Biodéchets	Teneur intermédiaire en MS et NPK, mais faible teneur en C/N et MO
6	Lisier NR	Faible teneur en MS, haute teneur en MO, NH <sub>4</sub>
7	Lisier Ruminant + Graisse	Intermédiaire entre groupes 5 et 8, plutôt faible teneur en C/N
8	Lisier NR + Graisse	Faible teneur en MS, haute teneur en N, NH <sub>4</sub>

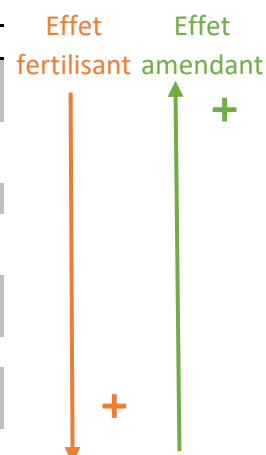


Tableau 1: Groupe de digestats bruts en fonction des caractéristiques de ceux-ci

### Analyse de la fraction liquide des digestats (n=31 échantillons)

De la même manière, les **fractions liquides issues d'une séparation de phase** du digestat ont été regroupées en 5 groupe, selon leurs caractéristiques. Ces groupes de digestats sont représentés dans le tableau suivant :

Groupe	Intrants principaux	Caractéristiques
1	Fumiers	Haute teneur en MS et en C/N organique
2	Lisier Ruminant	Intersection entre groupes 1 et 3
3	Lisier NR + Biod / autres D	Haute teneur en MO et P
4	Lisier NR	Haute teneur en N et K, faible teneur en MO et MS
5	Lisier NR + Graisse	Très faible teneur en MS et très haute teneur en N et NH <sub>4</sub>

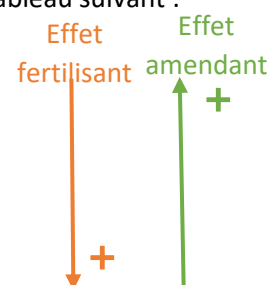


Tableau 2: Groupe de fractions liquides de digestat en fonction des caractéristiques de ceux-ci

### Analyse de la fraction solide des digestats (n=37 échantillons)

De la même manière, les **fractions solides issues d'une séparation de phase** du digestat ont été regroupées en 3 groupes selon leurs caractéristiques. Le digestat issu d'une **digestion en voie sèche est significativement différents des autres**, c'est pourquoi il constitue un **groupe à part**.

Groupe	Intrants principaux	Caractéristiques
1	Voie Sèche	Riche en NH <sub>4</sub> , K et N
2	Lisier NR	Riche en MS et P, pauvre en NH <sub>4</sub>
3	Lisier Ruminant	Riche en NH <sub>4</sub> et intermédiaire entre groupes 1 et 4
4	Fumiers+Cives Vgtx	Riches en MO et C/N

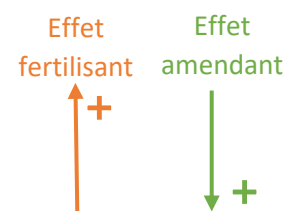


Tableau 3: Groupe de digestats solides en fonction des caractéristiques de ceux-ci

## 3.2. Synthèse

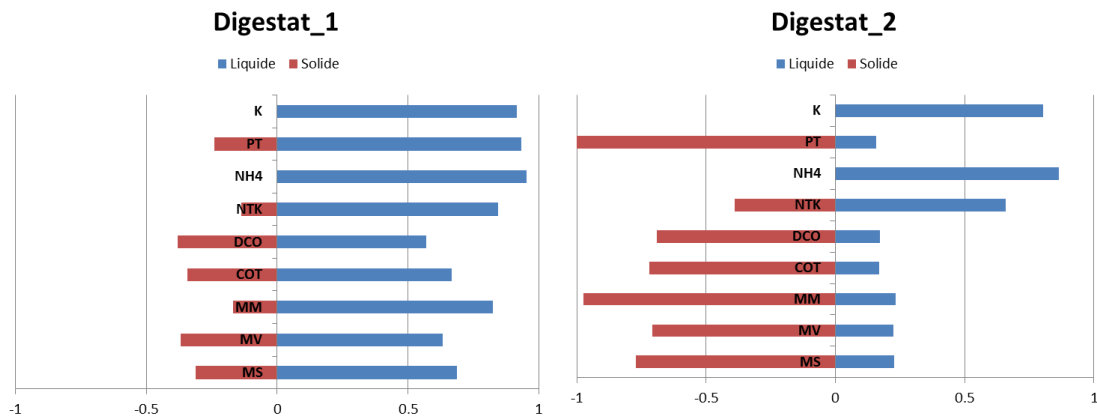
Les **substrats** utilisés dans l'unité de méthanisation ont **une influence réelle et forte** sur la composition et les caractéristiques du digestat, et donc sur son **utilisation et sa valorisation qui en découlent**. Les substrats types **fumier bovin** donnent un digestat principalement **organique et sec (effet amendant)** alors que les **effluents porcins** donnent un digestat plus **azoté et minéral (effet fertilisant)**. Les **co-substrats** utilisés (Végétaux, CIVEs, graisses, déchets, etc...) ont également un **fort impact** lorsqu'il sont associés aux effluents d'élevage : les **graisses** enrichissent le substrat en N, P et K alors que les **végétaux** et autres déchets verts enrichissent le digestat en matière organique stable, en matière sèche et augmentent le C/N du digestat.

<sup>1</sup>F : Fumier, LR : Lisier Ruminants, LNR : Lisier Non Ruminant, Vgtx : Matières végétales, R : Résidus de cultures, ensilage, C : CIVE, B : Bio déchets, G : Graisse, D : Autres déchets

➤ Influence de la séparation de phases sur le digestat :

La **phase solide** des digestats a un fort potentiel « **d'amendement organique** » avec des valeurs de **MO, MS et C/N élevées**. A l'inverse la **phase liquide** des digestats a une **valeur fertilisante** plus élevée, riches **NH<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>O et N<sub>total</sub>**, mais pauvre en MS et MO. Les digestats sous **forme brute** se situent **entre les deux « extrêmes »**.

Des indicateurs d'efficacité de la séparation ont été calculés sur les 7 sites enquêtés possédant un séparateur de phases. Ces indicateurs montrent que **les sites avec une centrifugeuse ont un niveau d'efficacité supérieur aux sites possédant une presse à vis**.



Graphique : Bilan matière après presse à vis (Digestat\_1) ou centrifugeuse (Digestat\_2)

On observe que qu'une **centrifugeuse** est bien **plus efficace** qu'une presse à vis pour **concentrer la matière** dans la phase solide : **10% du flux de matière** se retrouve dans la phase liquide avec une **presse à vis**, contre **18% avec une centrifugeuse**. La **phase solide** du Digestat\_2 est donc **plus concentrée en P, en MO, et en matière sèche**.

➤ Influence du stockage et du compostage des digestats

*Devenir du carbone*

Lors du stockage, le **digestat brut perd 5 à 6 % de sa MO et de son carbone total**. On observe également une émission de CO<sub>2</sub> importante (32% du carbone total) qui est due à la volatilisation du carbone inorganique qui a été accumulé dans le digestat lors de son passage dans le digesteur.

Il en est **de même pour le digestat liquide**, avec un peu **plus de carbone organique dégradé** (6 à 16% du carbone total). Les émissions de CO<sub>2</sub> sont semblables.

Pour le stockage et le compostage de la **fraction solide, entre 30 et 42 % du carbone organique est perdu** sous forme de CO<sub>2</sub> essentiellement sans différence significative entre le stockage ou le compostage.

*Devenir du N*

Lors du **stockage du digestat brut en fosse NON COUVERTE, 17 % de l'azote total est volatilisé** sous forme d'ammoniac NH<sub>3</sub>. Cette volatilisation est encore **plus importante** dans le cas du stockage de **digestat liquide** et atteint **28% de perte en azote total**.

Pour le stockage et le compostage des **fractions solides**, une partie de **l'azote minéral est réincorporée dans la MO** (organisation) à hauteur de **10 à 20% de l'azote total**. Il y a également une **volatilisation**, mais qui est **de l'ordre de 3 à 7%** en fonction de l'aération du compost. Enfin, on observe des **émissions de protoxydes d'azote N<sub>2</sub>O variables allant de 0 à 8%** (pouvoir réchauffement global PRG 300 fois supérieur au CO<sub>2</sub>).

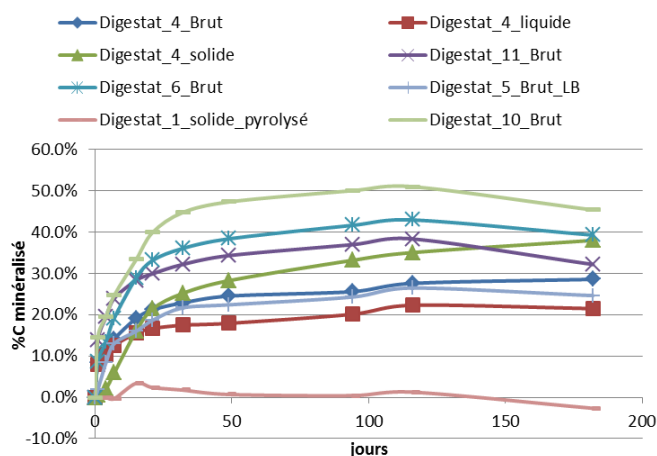
## ➤ Evaluation de la stabilité du carbone et de l'azote

### Minéralisation du C

Pour les digestats brut, environ **30 à 40% du carbone organique est biodégradable et minéralisé**. La phase **liquide** du digestat est **dégradée plus rapidement** que le digestat brut, alors que la phase **solide** est **dégradée plus lentement**. Le **stockage** du digestat brut **augmente la stabilité du carbone**, la minéralisation n'atteint que 20% du carbone organique.

### Minéralisation du N

Les résultats de minéralisation de l'azote n'ont pas pu être terminés avant la fin du projet, néanmoins, les 1ers résultats indiquent que la dégradation de la fraction organique entraîne une organisation du N minéral disponible au sol pour les digestats issus de ration avec fumiers.



## 4. Création d'un outil d'aide à la décision

A partir des différents résultats issus du projet, l'objectif a été de **mettre en place un outil (en ligne) d'aide à la décision**. Cet outil qui a été mis en place est un **simulateur** qui est capable de **prédire les 10 paramètres agronomiques** (cf 3.1) du digestat en fonction des **9 catégories de substrats** qui ont été utilisées pour ce projet (cf. 3.3). En plus de renseigner les substrats, il est possible d'indiquer une **séparation de phase** (avec presse à vis ou centrifugeuse) et le **stockage** afin d'avoir les caractéristiques du digestats après séparation de phase et stockage.

Cet outil n'est qu'un premier essai constitué avec les données disponibles au moment du projet de recherche. Il manque notamment des données sur des digestats issus principalement de CIVE. Cependant, avec une alimentation continue assurée par un laboratoire de recherche (LBE), cet outil d'aide à la décision a un fort potentiel de développement. L'enjeu est ainsi d'enrichir la base de données du logiciel afin d'avoir les simulations les plus fiables possible et de renforcer cet outil.

Lien vers le simulateur Concept-Dig : <https://vrossard.shinyapps.io/ConceptDig/>

## 5. Perspectives

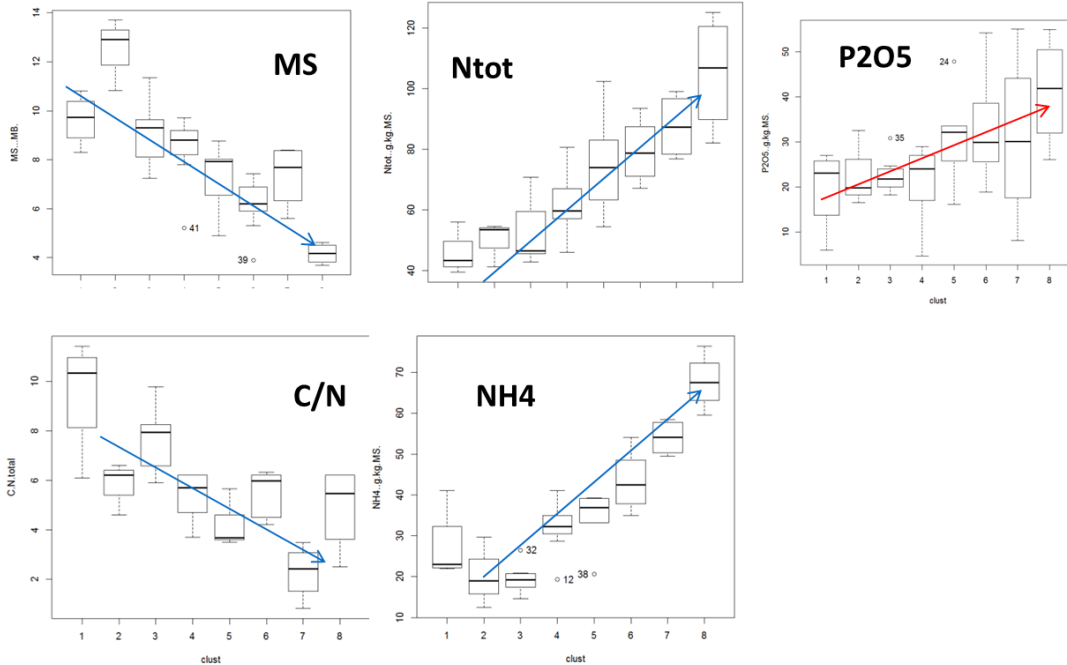
La collaboration du projet avec l'AAMF a permis d'enrichir de façon importante les connaissances sur les caractéristiques des digestats.

Une description et une analyse des digestats issu de CIVEs apporterait également des données intéressantes pour les agriculteurs méthaniseurs. En y intégrant des données de potentiel de volatilisation, de coefficients apparents d'utilisation des nutriments au champ, de micropolluants, l'outil pourrait être une première étape à l'élaboration d'un guide de bonnes pratiques d'utilisation des digestats de méthanisation agricole. (C'est l'objectif du projet Ferti-dig, en cours de demande de financement).

# ANNEXE : GRAPHIQUES

Graphique 1 : Caractéristiques agronomiques pour les 8 groupes de DIGESTAT BRUT

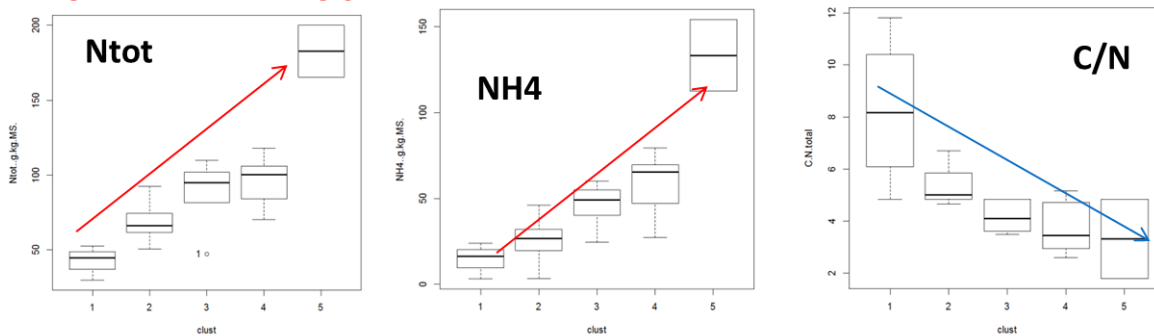
Gr1 → Gr8



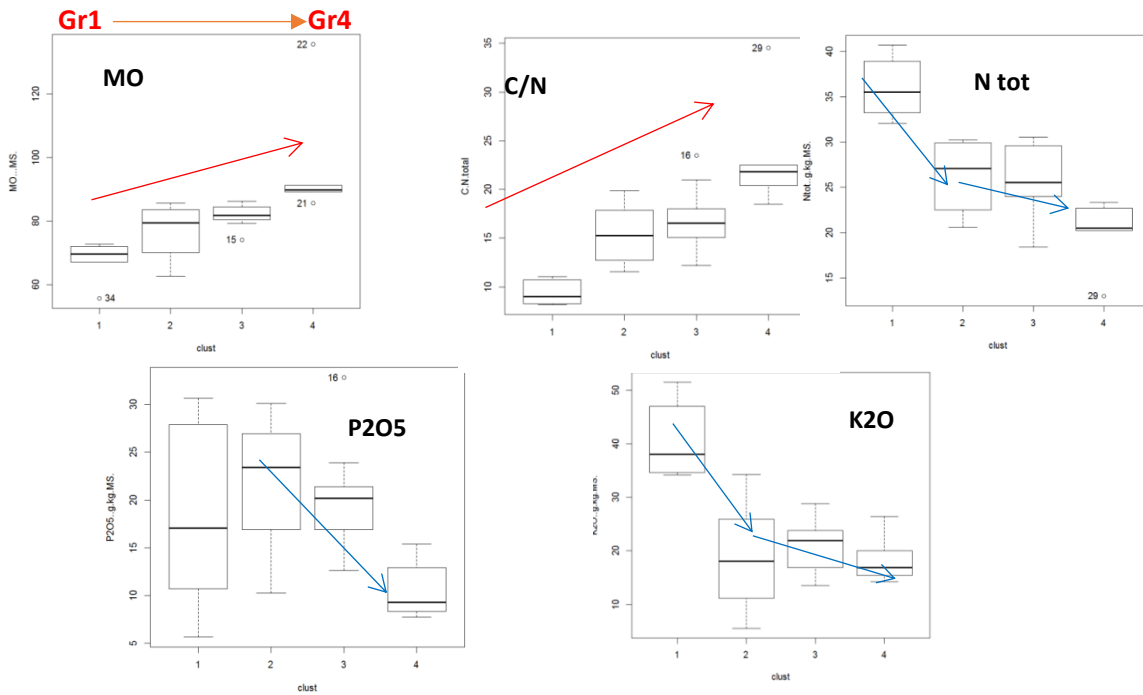
On observe que le **pouvoir fertilisant** (teneur en azote NH4 et phosphore P) est **croissant des groupes 1 à 8** de digestat. A l'inverse, l'**effet d'amendement organique** est **décroissant des groupes 1 à 8** des digestats.

Graphique 2 : Caractéristiques agronomiques pour les 5 groupes de DIGESTAT LIQUIDE

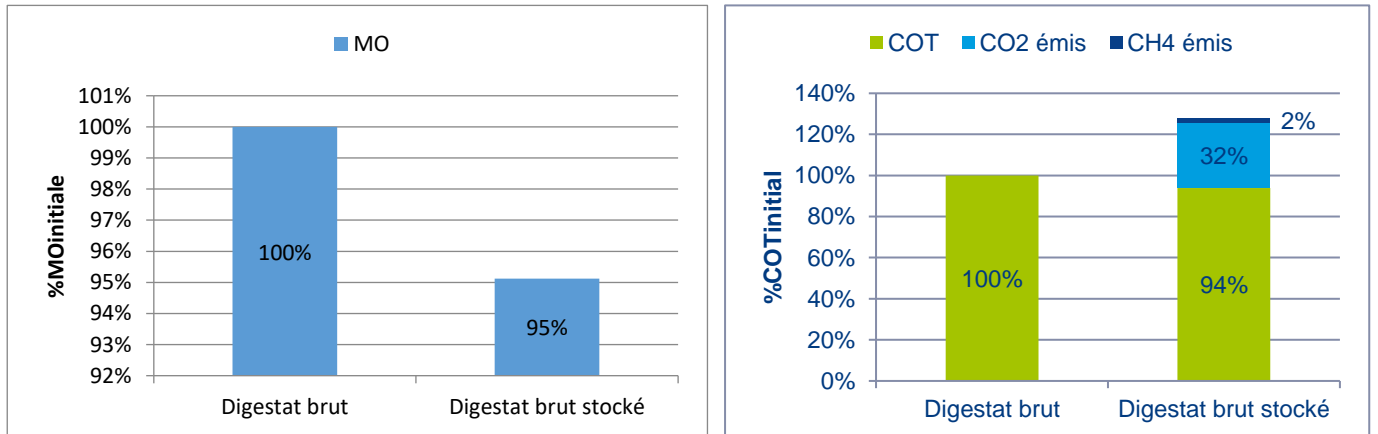
Gr1 → Gr5



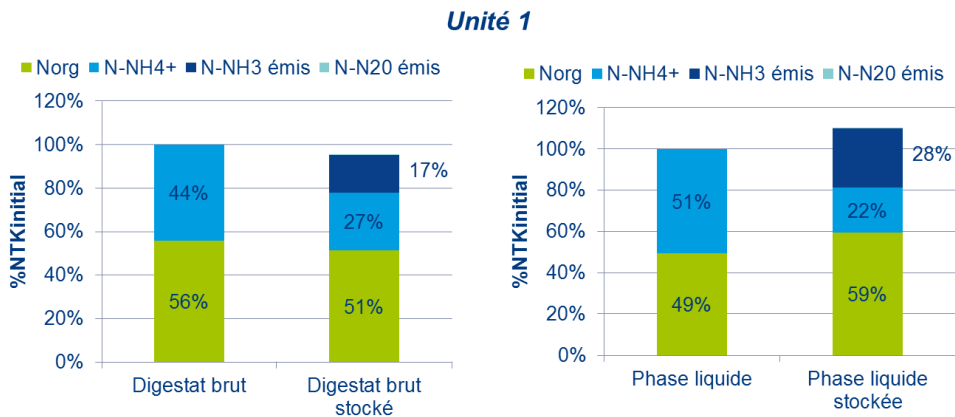
Graphique 3 : Caractéristiques agronomiques pour les 5 groupes de **DIGESTAT SOLIDE**



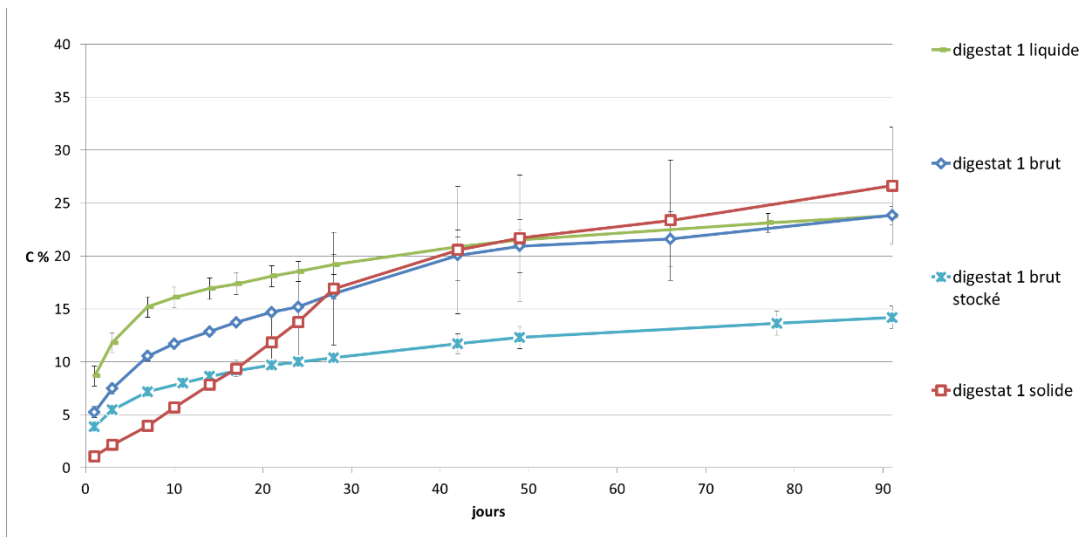
Graphique 4 : Impact du stockage sur la MO et le Carbone pour un digestat brut



Graphique 5 : Impact du stockage sur l'azote pour un digestat brut



Graphique 6 : Courbes de minéralisation du C après incubation des digestats sur sol



Lecture : Il reste 20 à 25% de carbone minéralisable pour le digestat brut et la phase liquide. Après stockage, il ne reste que 15%, le carbone a été stabilisé (sous forme organique)

Graphique 7 : Courbes de minéralisation du N après incubation des digestats sur sol

