

Synthèse – Effet du digestat de méthanisation sur la qualité et la fertilité des sols



Août 2022

1. Introduction

La méthanisation est une filière en plein essor et présente de nombreux avantages qu'ils soient énergétiques, économiques ou dans la gestion des déchets. Malgré cela, certaines craintes émergent notamment sur l'utilisation du digestat. Les scientifiques s'intéressant de plus en plus au digestat ont permis d'enrichir les connaissances sur la qualité du digestat. Cependant une question reste toujours en suspens, celle de l'impact du digestat sur la qualité et la fertilité des sols qui reste encore une source de débat. Des projets scientifiques commencent à voir le jour notamment celui de MéthaBioSol, et c'est également dans cette optique que l'AAMF travaille depuis 2020 sur les effets du digestat sur le sol.

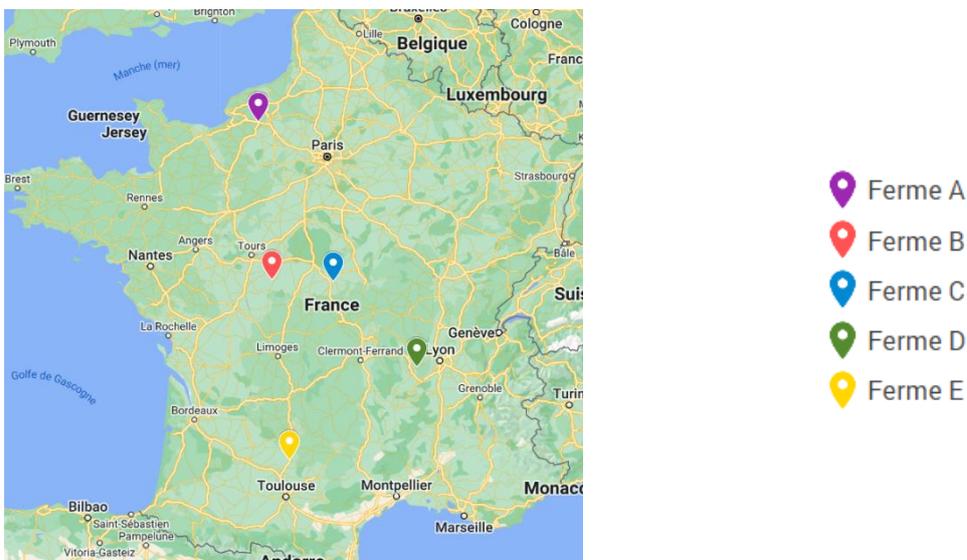
Cette étude fait suite à des premiers travaux réalisés par des étudiants de quatre écoles d'agronomie situées à Rennes, Beauvais, Lille et Nancy. Ainsi qu'au travail d'Anne Mazzoni qui a compilé et analysé toutes les données récoltées par les étudiants. En 2022, l'AAMF exécute la deuxième phase de ses travaux en lançant une nouvelle campagne de prélèvements. Le but de cette seconde phase est d'enrichir la base de données, de continuer les analyses statistiques et d'avoir une meilleure interprétation des résultats. L'échantillonnage des parcelles a été réalisé en mai 2022, en période de sécheresse.

L'effet du digestat sera étudié sur plusieurs indicateurs de la qualité du sol, ainsi que l'effet de facteurs autres que le digestat.

2. Méthodologie

Choix des parcelles

Les travaux réalisés précédemment nous ont permis d'être plus rigoureux dans le choix des parcelles, afin d'assurer la meilleure comparaison possible entre un sol ayant reçu du digestat et un sol n'en ayant pas reçu.



Cinq exploitations agricoles ont été sélectionnées (la ferme A comprend deux groupes de parcelles distincts) :

- La ferme A.1 en Normandie, avec une parcelle possédant une zone non épandue à cause de la proximité avec les riverains.
- La ferme A.2 en Normandie, avec deux parcelles similaires.
- La ferme B en Centre-Val-de-Loire, avec une parcelle possédant une zone non épandue à cause d'une trop forte pente.
- La ferme C en Centre-Val-de-Loire, avec une parcelle possédant une zone non épandue à cause de la proximité avec les riverains.
- La ferme D en Auvergne-Rhône-Alpes, avec deux parcelles similaires.
- La ferme E en Occitanie, avec une parcelle possédant une zone non épandue à cause de la proximité avec les riverains.

Choix des indicateurs

En 2020, les étudiants ont analysé beaucoup d'indicateurs. Nous avons fait le choix de nous intéresser aux indicateurs qui nous semblaient être les plus pertinents suite aux résultats obtenus dans la première phase. Voici les indicateurs choisis :

- La densité apparente : analysée par le Laboratoire Sols et Environnement (LSE) de l'université de Lorraine
- La biomasse microbienne et l'activité enzymatique : analysées par le Laboratoire Agronomie et Environnement (LAE) de l'université de Lorraine
- Le profil agronomique du sol : analysé par le laboratoire SADEF
- L'abondance et la diversité des vers de terre

Les vers de terre n'auront finalement pas été prélevés à cause des conditions climatiques. En effet, durant la campagne d'échantillonnage qui se tenait au mois de mai 2022 la plupart des régions de France était en période de sécheresse.

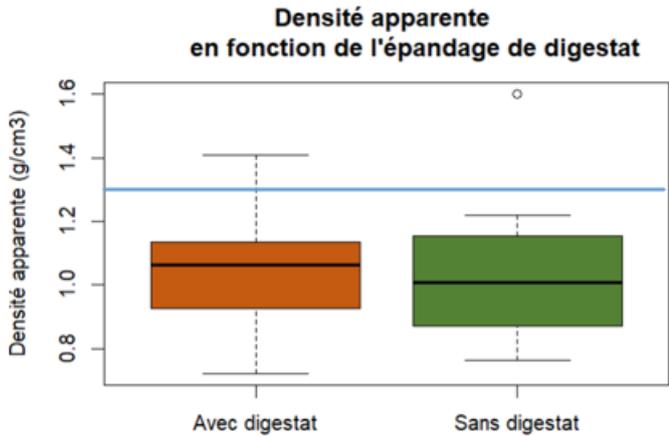
Analyses statistiques

Des analyses statistiques ont été réalisées afin de connaître si l'effet d'un facteur sur une variable (ici, les indicateurs) est significatif, ce qui permet une meilleure interprétation des résultats. Concernant les analyses statistiques, des analyses de la variance (ANOVA) à 1 facteur ont été faites lorsque les conditions d'application de ce test étaient respectées. Dans le cas contraire le test de Kruskal-Wallis a été appliqué, il s'agit d'un test non paramétrique c'est-à-dire moins robuste statistiquement mais ne nécessitant pas de conditions particulières pour pouvoir être utilisé.

3. Présentation des résultats

Densité apparente

Pour une bonne structuration du sol, la densité apparente optimale est de $1,3 \text{ g/cm}^3$ afin d'avoir un sol assez dense pour limiter le tassement mais pour permettre le développement racinaire et la circulation de l'eau des gaz dans le sol.



→ La densité apparente ne diffère pas en fonction de l'épandage de digestat.

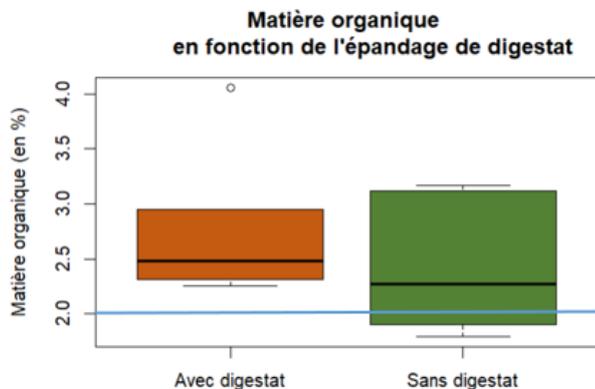
⇒ **Pas d'effet significatif du digestat sur la densité apparente.**

Figure 1: Densité apparente en fonction de l'épandage de digestat (n=12)

Cependant **la texture du sol, la conduite d'exploitation et le travail du sol ont des effets significatifs sur la densité apparente**. Les sols Limons Argilo-Sableux sont les sols avec la densité apparente la plus faible avec une densité inférieure à 1g/cm. La densité apparente du sol est également plus faible en Agriculture de Conservation des Sols et sans travail du sol.

Matière organique

La matière organique est un élément très important du sol, l'idéal étant d'avoir au moins 2% de matière organique dans le sol.



→ Il semble y avoir un taux de matière organique légèrement plus élevé sur les parcelles avec épandage de digestat. Cependant on observe une grande dispersion des données sur les parcelles sans digestat. Donc, la différence sur les teneurs moyennes de matière organique est a priori négligeable.

⇒ **Pas d'effet significatif du digestat sur la matière organique.**

Figure 2: Teneur en Matière Organique en fonction de l'épandage de digestat (n=12)

La texture du sol, la conduite d'exploitation et le type de travail du sol sont en revanche des facteurs ayant un effet significatif

sur la matière organique. La teneur en matière organique est significativement plus élevée lorsqu'il s'agit d'une conduite en agriculture de conservation et donc lorsqu'il y a une absence du travail du sol. Plus le travail du sol est profond et plus la teneur en matière organique diminue.

Cependant, il ne faut pas oublier que les échantillons ont été prélevés en surface du sol (dans les 15 premiers centimètres). Or, les résultats d'autres travaux indiquent que la suppression du travail du sol entraîne une augmentation de la matière organique en surface mais une diminution de cette matière en profondeur, là où un travail du sol vient homogénéiser la matière organique sur les différents horizons du sol (Perspectives Agricoles, p.467 Les indispensables, 2019).

Capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique est un indicateur nous permettant connaître la capacité du sol à fixer les cations (via le complexe argilo-humique) : le potassium, le magnésium, le calcium ou les ions ammonium, qui sont des éléments nutritifs pour les plantes. C'est pourquoi on cherche à avoir une CEC la plus importante possible. L'unité de la CEC est le nombre de charges cationiques, en milliéquivalents/Kg.

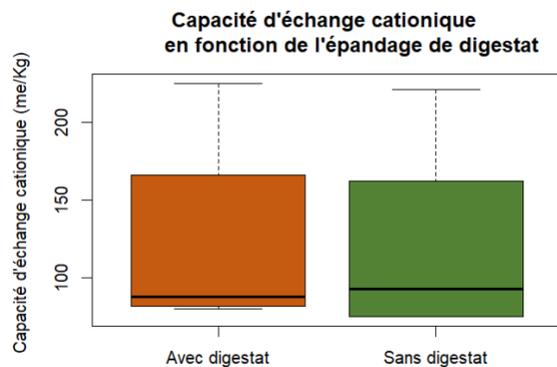


Figure 3: Capacité d'échange cationique en fonction de l'épandage de digestat (n=12)

→ La capacité d'échange cationique est identique qu'il y ait épandage de digestat ou non.

⇒ **Pas d'effet significatif du digestat sur la capacité d'échange cationique.**

Les analyses statistiques ont démontré que **la texture du sol et le pH ont un effet significatif sur la CEC**. Plus la teneur en argile d'un sol et le pH du sol augmente et plus la capacité d'échange cationique est élevée, ce qui est en accord avec la littérature. Des effets significatifs sur la CEC de deux autres facteurs ont été révélés par les tests statistiques, il s'agit de la conduite d'exploitation et du travail du sol (facteurs liés entre eux). Cependant, des analyses plus poussées ont démontré que le pH a un effet sur la CEC plus important que la conduite d'exploitation.

Biomasse Microbienne Carbonée

La biomasse microbienne carbonée représente la quantité de carbone présente dans les microorganismes du sol. Ces microorganismes apportent des éléments nutritifs biodisponibles pour les plantes et assure la stabilité du carbone dans le sol.

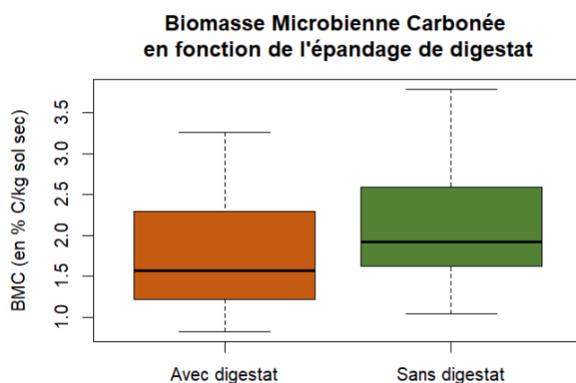


Figure 4: BMC (en % C/Kg sol sec) en fonction de l'épandage de digestat (n=12)

→ La biomasse microbienne carbonée semble plus élevée sans épandage de digestat que dans les parcelles avec digestat.

⇒ **Pas d'effet significatif du digestat sur la BMC.**

Remarque : la p-value était très faible (à la limite du seuil de significativité).

Aucun des autres facteurs étudiés n'a d'effet significatif sur la biomasse microbienne carbonée.

Biomasse Microbienne Azotée

La biomasse microbienne azotée représente la quantité d'azote présente dans les microorganismes du sol.

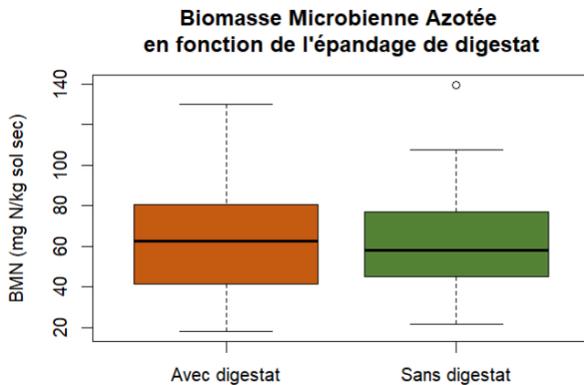


Figure 5: BMN (mg N/Kg sol sec) en fonction de l'épandage de digestat (n=12)

→ Il ne semble pas y avoir d'effet du digestat sur la biomasse microbienne azotée avec des biomasses relativement proches.

⇒ **Pas d'effet significatif du digestat sur la BMN.**

Seule **la texture a un effet significatif** parmi tous les facteurs étudiés. Les sols limoneux et sablo-limoneux ont une biomasse microbienne azotée nettement inférieure aux autres types de sol. Ces deux types de sols ont donc un effet significativement négatif sur la biomasse microbienne azotée.

Rapport BMC/BMN

Le ratio BMC/BMN est un indicateur de la proportion de bactéries et de champignons parmi les microorganismes du sol, les bactéries utilisant plus d'azote que de carbone par unité de biomasse. Ainsi, un ratio BMC/BMN élevé équivaut à une plus grande proportion de champignon dans le sol que de bactéries.

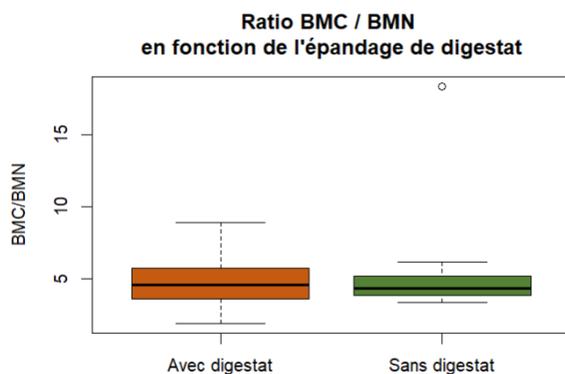


Figure 6: Ratio BMC/BMN en fonction de l'épandage de digestat (n=12)

→ Il ne semble pas y avoir d'effet du digestat sur la biomasse microbienne azotée avec des biomasses relativement proches.

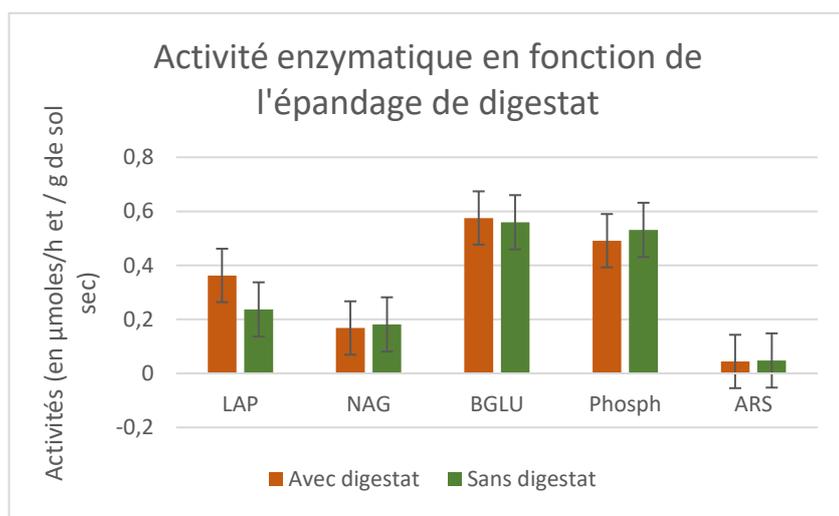
⇒ **Pas d'effet significatif du digestat sur le ratio BMC/BMN.**

Avec un ratio BMC/BMN assez faible, cela signifie qu'il y a plus de bactéries que de champignons dans les sols étudiés.

En revanche **l'effet de la texture du sol et de la conduite d'exploitation sur le ratio BMC/BMN sont tous deux significatifs**. Le rapport BMC/BMN est plus élevé en agriculture de conservation des sols. Cela impliquerait que la proportion de champignon est plus élevée en ACS qu'en agriculture conventionnelle.

Activité enzymatique

Abréviations	Nom de l'enzyme	Intervient dans la transformation	Intervient dans le cycle biogéochimiques
LAP	Leucine aminopeptidase	Protéine → acide aminé ($\rightleftharpoons \text{NO}_3^-$)	Azote
NAG	Nacétylglucosaminidase	Chitine → glucosamine ($\rightleftharpoons \text{NO}_3^-$)	Azote
BGLU	Betaglucosidase	Oligosaccharides → glucose	Carbone
ARS	Arylsulfatase	Ester (S) → Sulfate (SO_4^{2-})	Soufre
Phosph	Phosphatase	Ester (P) → Phosphate d'hydrogène (HPO_4^{2-})	Phosphore



→ Il est possible d'observer une différence d'activité seulement avec l'enzyme LAP (Cycle de l'azote) avec la tendance d'un effet positif du digestat sur l'activité mesurée par cette enzyme.

⇒ **Pas d'effet significatif du digestat sur l'activité enzymatique**

Figure 7: Activité enzymatique en fonction de l'épandage de digestat (n=12)

La texture et le type de travail ont un effet significatif sur toutes les enzymes à l'exception de LAP. Le pH et la conduite d'exploitation ont un effet significatif sur toutes les enzymes à l'exception de deux d'entre elles : LAP et BGLU (cycle du carbone).

Résultats combinés des prélèvements 2020-2022

Dans le but d'avoir des résultats introduisant le moins de biais possible, nous avons fait de nouvelles analyses sur une sélection de parcelles de celles qui étaient le plus semblables. Concernant les parcelles prélevées en 2022, seules celles de la ferme D ont été enlevées à cause de la parcelle sans digestat qui était une prairie permanente. Sur les parcelles prélevées en 2020, seules celles issues de trois fermes ont été retenues.

Les nouvelles analyses sont en parfait accord avec les résultats précédents. Nous nous sommes donc exclusivement intéressés à l'effet du digestat sur la matière organique, la capacité d'échange cationique, la biomasse microbienne carbonée et azotée ainsi qu'au rapport de la BMC sur la BMN (car pas de nouvelles données sur la densité apparente). Aucune tendance sur l'effet du digestat n'est observée sur ces indicateurs, à l'exception de la CEC qui semble légèrement supérieure avec la présence de digestat. Lors des analyses statistiques, aucun effet significatif du digestat n'a été démontré. Enfin, si sur les prélèvements faits cette année, nous avons un résultat proche du seuil de significativité pour la biomasse microbienne carbonée, nous obtenons cette fois-ci un résultat nettement non significatif.

4. Conclusion et perspectives

La deuxième phase du projet de l'AAMF est maintenant clôturée. L'un des premiers points qui était à améliorer par rapport aux travaux de la phase 1 était une meilleure sélection des parcelles.

Il est important de préciser que le choix des parcelles est très important. Cette campagne de prélèvements a été plus rigoureuse sur ce point, une seule des parcelles ne correspondait pas bien aux critères de sélection avec la présence d'une ancienne prairie permanente, dont l'effet est plus fort que celui du digestat. Avec ce choix plus rigoureux, nous avons obtenu un résultat différent des précédents travaux, ce qui démontre l'importance de cette étape.

Concernant les indicateurs sélectionnés, seuls les prélèvements de vers de terre n'ont pas pu être réalisés en raison de la sécheresse précoce cette année.

La problématique de ce rapport concernait les craintes sur la qualité et la fertilité des sols quant à l'utilisation du digestat. Sur ce point, **les résultats indiquent qu'il n'y a pas d'effet significatif du digestat**. Et ces résultats confirment ceux trouvés en phase 1, hormis pour la biomasse microbienne carbonée. A ce stade du projet et n'ayant pas encore d'autres projets auxquels se référer, nous pouvons en conclure que **l'utilisation du digestat n'altère pas la qualité et la fertilité des sols**.

Pour aller plus loin dans ce projet, enrichir la base de données avec une sélection rigoureuse des parcelles semble une bonne option. En effet, plus il y aura de données et plus elles seront représentatives de la réalité et plus les analyses statistiques seront robustes. Il semble aussi pertinent de continuer à étudier les biomasses microbiennes puisque les résultats obtenus sont différents entre la phase 1 et la phase 2.

De plus en plus de projets émergent sur l'utilisation du digestat sur la qualité des sols, notamment celui de MéthaBioSol. Des projets comme celui-ci sont vraiment intéressants car ils sont faits avec plus de moyens financiers et à plus grande échelle sur le territoire. Donc comparer les résultats obtenus avec le projet de l'AAMF et avec ceux obtenus par MéthaBioSol nous permettrait de juger de la qualité de notre travail et de savoir s'il est représentatif de la réalité.