



## IMPACT DES DIGESTATS DE MÉTHANISATION SUR LA QUALITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS AGRICOLES : NÉCESSITÉ DE GÉNÉRER DE NOUVELLES DONNÉES POUR OBJECTIVER

La méthanisation est une technologie basée sur la dégradation par des micro-organismes de la matière organique, en conditions contrôlées et en l'absence d'oxygène. Cette dégradation aboutit à la production d'un biogaz utilisé comme énergie renouvelable et d'un co-produit riche en matière organique appelé digestat. Ce digestat est au cœur de nombreuses interrogations, concernant les impacts engendrés par son épandage sur les sols. Avec l'essor de la méthanisation, la recherche s'intéresse à ses effets, afin de conserver des sols de qualité.

### LES DIGESTATS : TYPICITÉ ET QUALITÉ AGRONOMIQUE

Généralement, le digestat issu de la méthanisation est retourné au sol soit sous une forme brute, soit sous une forme liquide ou solide après une étape de séparation de phase. La fraction solide du digestat est réputée pour son contenu élevé en matière organique présentant une importante proportion de carbone stabilisé. Elle contiendrait environ 18 fois moins d'azote minéral que le digestat brut [1]. La fraction liquide, elle, se caractérise par une teneur en azote minéral plus importante que dans la phase solide, et par la présence de fractions organiques plus labiles (jusqu'à 90% de minéralisation du carbone organique) [2]. Ces caractéristiques lui confèrent ainsi une valeur fertilisante supérieure au digestat brut [3]. Cette fraction liquide est également plus infiltrable dans le sol de par sa faible teneur en matière sèche [1]. D'un point de vue réglementaire, depuis août 2019, les digestats de méthanisation ne sont plus considérés comme des déchets, mais comme des produits valorisables, soumis aux règles de mise sur le marché des fertilisants organiques (JORF n°0221 du 22 septembre 2019).

Après épandage, le devenir de la matière organique présente dans les digestats est fortement dépendant du contexte pédoclimatique et de la diversité des organismes présents dans le sol. Faute d'études approfondies, l'impact des digestats sur la composante biologique du sol reste toutefois largement méconnu et il n'est pas possible aujourd'hui de statuer sur l'adéquation entre cette pratique de valorisation agronomique et le maintien, voire la promotion de la diversité de ces organismes et des fonctions et services associés (dynamique des matières organiques et cycles du carbone et de l'azote, bio-disponibilité des éléments nutritifs, dégradation de polluants organiques, rétention de polluants métalliques, action sur la structure des sols, etc.).

### ETAT DE NOS CONNAISSANCES SUR L'IMPACT DES DIGESTATS – REVUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

Actuellement, peu de données scientifiques sont disponibles pour objectiver l'impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols. Certaines études suggèrent qu'un apport de digestats augmente la bio-

**masse et l'activité microbienne des sols** [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. A l'inverse, d'autres travaux ne reportent aucun effet des digestats de méthanisation sur ces mêmes paramètres [11, 12, 13, 14, 15]. Ces divergences de résultats peuvent s'expliquer par des variabilités de facteurs expérimentaux (type de digestats, quantité apportée, type de sol...).

Concernant la structure des **communautés microbiennes du sol**, l'ensemble des études s'accordent à mettre en évidence qu'un apport de digestat induit une modification de cette dernière [7, 16, 17]. L'apport de digestat au sol aurait tendance à favoriser la **population bactérienne** du sol en augmentant sa croissance [10] et sa diversité [17].

À l'inverse, les **champignons**, eux, tireraient peu de bénéfices de cette pratique, puisque l'apport de digestat au sol n'aurait pas d'effet sur la croissance de la population fongique, et aurait même un effet négatif sur la structure de cette communauté [18]. Comme cela a pu être observé pour d'autres produits résiduels organiques [19], l'effet des digestats de méthanisation sur la microbiologie du sol semble également dépendant du type de digestat, de la fraction (solide ou liquide) retournée au sol et de la quantité apportée [20]. D'autre part, le type de sol serait également important à prendre en compte dans l'évaluation de l'impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols [21, 20]. En effet, les sols sableux seraient plus largement impactés, du point de vue de leurs propriétés chimique et microbiologique, par l'apport des digestats que des sols limoneux [21].

Concernant l'impact des digestats sur la **macro-faune du sol**, peu de données sont également disponibles dans la littérature scientifique. Il semble cependant que l'apport de digestats induise une augmentation de la biomasse et de l'abondance des vers de terre au niveau des sols agricoles [22]. Ces résultats ne représentent cependant pas un consensus, puisqu'une autre étude démontre l'effet délétère des digestats de méthanisation sur les vers de terre [23].

Pour résumer, que l'on considère les micro- ou les macroorganismes du sol, les résultats disponibles dans la littérature scientifique sont à ce jour contradictoires ; chaque étude rapportant des effets propres à des digestats particuliers, appliqués dans des conditions expérimentales uniques, rendant les conclusions actuelles peu génériques. D'autre part, à notre connaissance, très peu d'études recensent, après plusieurs années d'apports consécutifs, l'impact des digestats de méthanisation sur la biologie du sol [10]. Pour l'ensemble des raisons évoquées ci-dessus, les données issues de la littérature scientifique ne permettent pas à ce jour d'objectiver l'impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols. Il est donc nécessaire d'acquérir encore de nouvelles connaissances pour permettre la mise en évidence de relations génériques.

En parallèle de cette littérature scientifique sont disponibles un bon nombre de rapports provenant d'associations, de groupes de travail etc., en lien avec des projets de R&D, émanant de demandes sociétales... Dans ces documents, l'impact des digestats sur la biologie du sol est également décrit, voire même décrié. Ainsi, il est rapporté que l'apport de digestats solides induit une diminution de la vie des sols [24]. Concernant plus spécifiquement les vers de terre, certains rapports montrent un effet positif des digestats sur les lombrics, mais également les acariens et les collemboles [25]. D'autres documents sont plus mitigés, notamment celui de l'ANSES [26] qui démontre un impact négatif des digestats sur la reproduction des vers de terre. Enfin, de façon plus concrète, sur le terrain et plus particulièrement dans le département du Lot, une partie de la population représentée par des associations locales s'oppose à l'épandage de digestats issus de méthanisation de déchets de canard gras [27].



Cette opposition est en lien avec le type de sol présent dans ce département, un système karstique peu filtrant, pouvant induire des effets négatifs sur la qualité biologique des sols et des eaux souterraines.

## QUE FAIT LA RECHERCHE ?

Comme mentionné plus haut, la recherche académique n'est à ce jour pas en mesure d'objectiver l'impact des digestats sur la biologie des sols, qui aujourd'hui représente un bras de levier important pour la transition agroécologique basée sur la réduction des intrants de synthèse. Dans ce contexte, il devient urgent de produire des connaissances sur ce sujet afin de mieux évaluer l'impact de telles pratiques. C'est dans ce cadre que le groupe de réflexion « Metha-REV » a été mis en place.

Le principal objectif de ce groupe est de mettre en place rapidement des projets de recherche permettant de mieux évaluer l'impact des digestats sur la qualité des sols. C'est dans ce cadre que le projet Metha-BioSol a vu le jour. Il a débuté en septembre 2020 et est actuellement financé par le ministère de l'agriculture et de l'alimentation, l'ADEME et GRDF. Le projet Metha-BioSol vise à évaluer l'impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique et écologique des sols en utilisant des bio-indicateurs opérationnels (càd : diversité des meso et micro-organismes, dynamique du carbone (C) et état sanitaire (pathogènes) des sols). Ce projet répondra à des interrogations de plus en plus nombreuses d'agriculteurs engagés dans des démarches de méthanisation en tant qu'utilisateurs de digestats.

Le projet sera constitué de deux parties : 1) Evaluer, via des mesures en conditions contrôlées, l'impact des digestats en tenant compte du type de sol, du type de digestat et de la répétition des apports ; et 2) Mettre en place un réseau national de fermes agricoles et effectuer un diagnostic de l'impact de l'apport de digestats associé à diverses pratiques agronomiques et dans des contextes pédoclimatiques variés. L'ensemble des résultats générés sera ensuite analysé et transféré aux agriculteurs afin d'améliorer, si nécessaire, leurs pratiques. ■

**Sophie SADET-BOURGATEAU,**

Doctorante à l'INRAE/UMR Agroécologie, Dijon, France  
AgroSup Dijon, Dijon, France

## Bibliographie

- [1] : Reibel A (2018) Valorisation agricole des digestats: Quels impacts sur les cultures, le sol et l'environnement?  
[2] : Houot S, Pons M-N, Pradel M, Caillaud M, Savini I, Tibi A (2014) Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduelles sur les sols à usage agricole et forestiers. Impacts agronomiques, environnementaux, socio-économiques. *irstea*  
[3] : Maynaud G, Patureau D, Druilhe C, Ziebal C, Jimenez M,

Torrijos M, Pourcher A, Wery N (2017) Caractérisation physico-chimiques et microbiologiques de digestats bruts et post-traités destinés à l'épandage agricole. *Techniques Sciences Méthodes* 5:33-50.

[4] : Abubaker J, Risberg K, Pell M (2012) Biogas residues as fertilisers—Effects on wheat growth and soil microbial activities. *Applied Energy* 99:126-134.

[5] : Caracciolo AB, Bustamante MA, Nogues I, Di Lenola M, Luprano ML, Grenni P (2015) Changes in microbial community structure and functioning of a semiarid soil due to the use of anaerobic digestate derived composts and rosemary plants. *Geoderma* 245:89-97.

[6] : Chen R, Blagodatskaya E, Senbayram M, Blagodatsky S, Myachina O, Dittert K, Kuzyakov Y (2012) Decomposition of biogas residues in soil and their effects on microbial growth kinetics and enzyme activities. *Biomass Bioenergy* 45:221-229

[7] : García-Sánchez M, Siles JA, Cajthaml T, García-Romera I, Tlustoš P, Száková J (2015) Effect of digestate and fly ash applications on soil functional properties and microbial communities. *European journal of soil biology* 71:1-12.

[8] : Hupfaut S, Bachmann S, Juárez MF-D, Insam H, Eichler-Löbermann B (2016) Biogas digestates affect crop P uptake and soil microbial community composition. *Sci Total Environ* 542:1144-1154.

[9] : Odlare M, Pell M, Svensson K (2008) Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste management* 28:1246-1253.

[10] : Walsh JJ, Rousk J, Edwards-Jones G, Jones DL, Williams AP (2012) Fungal and bacterial growth following the application of slurry and anaerobic digestate of livestock manure to temperate pasture soils. *Biol Fertil Soils* 48:889-897.

[11] : Andruschkewitsch M, Wachendorf C, Wachendorf M (2013) Effects of digestates from different biogas production systems on above and belowground grass growth and the nitrogen status of the plant-soil system. *Grassland Science* 59:183-195.

[12] : Coelho JJ, Hennessy A, Casey I, Woodcock T, Kennedy N (2019) Responses of ryegrass, white clover, soil plant primary macronutrients and microbial abundance to application of anaerobic digestates, cattle slurry and inorganic N-fertiliser. *Appl Soil Ecol* 144:112-122.

[13] : Johansen A, Carter MS, Jensen ES, Hauggard-Nielsen H, Ambus P (2013) Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant materials on soil microbial community and emission of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O. *Appl Soil Ecol* 63:36-44.

[14] : Juárez MF-D, Waldhuber S, Knapp A, Partl C, Gómez-Brandón M, Insam H (2013) Wood ash effects on chemical and microbiological properties of digestate-and manure-amended soils. *Biol Fertil Soils* 49:575-585.

[15] : Wentzel S, Schmidt R, Piepho H-P, Semmler-Busch U, Joergensen RG (2015) Response of soil fertility indices to long-term application of biogas and raw slurry under organic farming. *Appl Soil Ecol* 96:99-107.

[16] : Gómez-Brandón M, Juárez MF-D, Zangerle M, Insam H (2016) Effects of digestate on soil chemical and microbiological properties: A comparative study with compost and vermicompost. *J Hazard Mater* 302:267-274.

[17] : Sapp M, Harrison M, Hany U, Charlton A, Thwaites R (2015) Comparing the effect of digestate and chemical fertiliser on soil bacteria. *Appl Soil Ecol* 86:1-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.10.004>

[18] : Wentzel S, Joergensen RG (2016) Effects of biogas and raw slurries on grass growth and soil microbial indices. *Journal of plant nutrition and soil science* 179:215-222.

[19] : Sadet-Bourgeteau S, Houot S, Karimi B, Mathieu O, Mercier

V, Montenach D, Morvan T, Sappin-Didier V, Watteau F, Nowak V (2019) Microbial communities from different soil types respond differently to organic waste input. *Appl Soil Ecol* 143:70-79.

[20] : Panuccio MR, Romeo F, Mallamaci C, Muscolo A (2021) Digestate Application on Two Different Soils: Agricultural Benefit and Risk. *Waste and Biomass Valorization*:1-13.

[21] : Makádi M, Szegi T, Tomócsik A, Orosz V, Michéli E, Ferenczy A, Posta K, Biró B (2016) Impact of digestate application on chemical and microbiological properties of two different textured soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47:167-178.

[22] : Koblenz B, Tischer S, Rücknagel J, Christen O (2015) Influence of biogas digestate on density, biomass and community composition of earthworms. *Industrial Crops and Products* 66:206-209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.024>

[23] : Ross C-L, Wilken V, Krück S, Nielsen K, Sensel-Gunke K, Ellmer F (2017) Assessing the impact of soil amendments made of processed biowaste digestate on soil macrofauna using two different earthworm species. *Archives of Agronomy and Soil*

*Science* 63:1939-1950.

[24] : MethaLAE-CASDAR (2018) Améliorer la fertilité des agrosystèmes.

[25] : Burmeister J, Walter R, Fritz M (2015) Effets de la fertilisation des digestats issus de la méthanisation sur la faune du sol.

[26] : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation dleedt (2018) Conclusions de l'évaluation relatives à la demande d'autorisation de mise sur le marché de la société SAS BIOVILLE-NEUVOIS pour l'ensemble de produits FERTI BIOVILLENEUVOIS (digestats de méthanisation).

[27] : CSNM (2019) Inquiétudes du CSNM vis à vis de la Méthanisation non raisonnable / Mise en garde et Propositions.

Encart : Quid des impacts de la méthanisation sur la dynamique de la matière organique dans les sols ?

### QUID DES IMPACTS DE LA MÉTHANISATION SUR LA DYNAMIQUE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL ?

Après méthanisation, seul le carbone sous forme stable est conservé dans le digestat, le reste ayant été utilisé pour produire le biogaz. Il ne reste donc que le carbone qui n'a pas pu être digéré par le « microbiote » du méthaniseur et qui ne le sera donc pas par le sol. Au fur et à mesure des années et des épandages de digestats, l'humus du sol est donc stable voire en augmentation, avec alors un risque d'accumulation de carbone stable, impropre à nourrir directement la vie du sol.

En réalité, comme pour les impacts de la méthanisation sur la vie biologique des sols, la variabilité des pratiques de méthanisation (tant en termes de substrats, de process des digesteurs ou de procédés post-traitement des digestats) fait qu'il est délicat d'avoir une approche unique sur cette question de l'évolution du carbone du sol, suite à l'épandage de digestat.

Les digestats, à la manière des intrants utilisés pour les obtenir, ont des effets pour le sol tantôt amendents (apport de structure au sol - cas des fumiers bovins), tantôt fertilisants (apport d'élément minéraux au sol - cas des lisiers de porcs). Seuls les digestats de premier type pourraient ainsi "saturer" les sols en carbone stable, s'ils étaient apportés seuls et ce à de multiples reprises. Il convient donc en réalité de raisonner les leviers agronomiques et les épandages, et de combiner diverses approches pour maintenir une dynamique du sol et de son carbone.

Au-delà de veiller à la qualité des pratiques agricoles associées à l'épandage de digestat, il est également nécessaire de veiller à la qualité des intrants utilisés pour la méthanisation. Il n'y a toutefois pas à ce jour de maîtrise totale et de connaissances fines sur la variabilité des digestats obtenus (selon les intrants et la technologie de méthanisation) et sur les effets qui peuvent alors leur être associés (potentiel amendement ou fertilisant).

Aussi, dans le cadre du projet FERTI-DIG mené sur 3 ans depuis 2019 par l'INRAE en collaboration avec des Chambres d'Agriculture et soutenu par l'ADEME, un guide sur l'utilisation possible des digestats est en cours de rédaction. Le but de ce guide est également de faire prendre conscience au plus grand nombre qu'un projet d'implantation d'une unité de méthanisation ne doit pas avoir qu'une entrée économique. La question du retour au sol du digestat doit être réfléchi dès la mise en place du projet, afin de s'assurer que les substrats utilisés, la technologie de méthanisation qui leur sera réservé, ainsi que les sols sur lesquels seront épandus le digestat permettront d'avoir une installation qui soit durable pour la qualité des sols. ■

**Julie JIMENEZ,**

Chargée de recherche INRAE

Propos recueillis par Aurélie RINGARD, Animatrice DQB