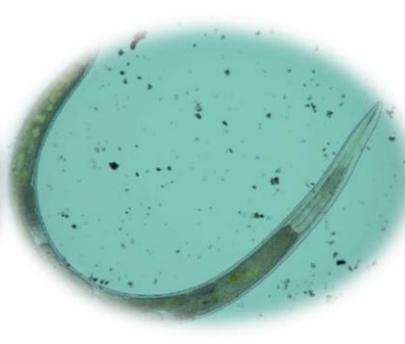
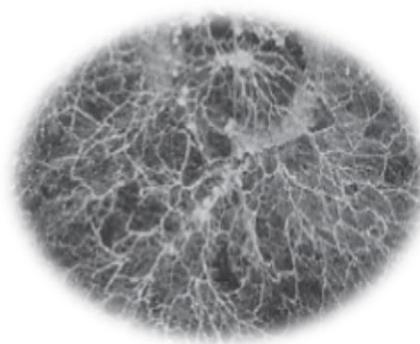


Workshop Méthanisation & Agroécologie
Rennes 19 & 20 Octobre 2022

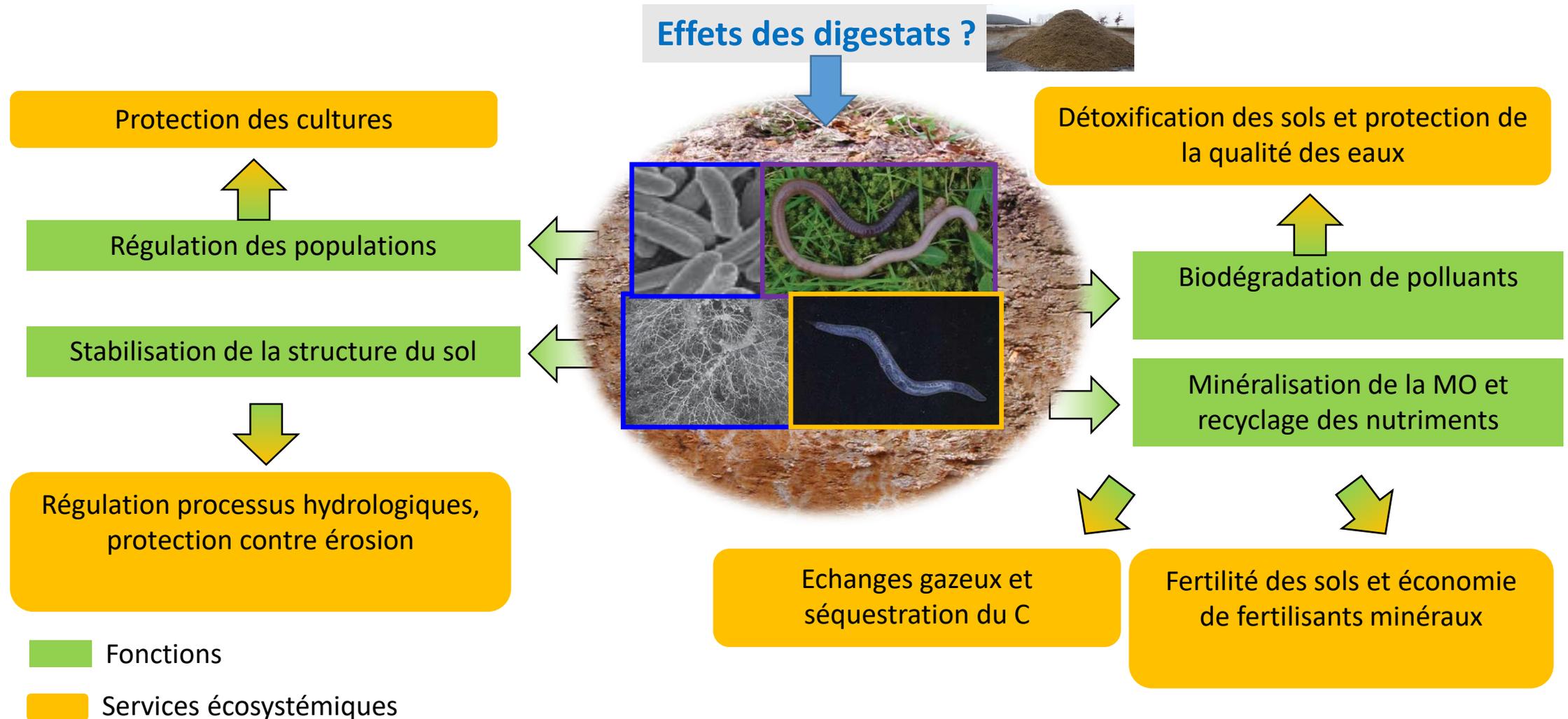
Effet de l'apport de digestats sur le compartiment biologique

Guénola Pérès (Institut Agro Rennes-Angers), **Yvan Capowiez** (INRAe),
Battle Karimi (Novasol), **Sophie Bourgeteau-Sadet** (Institut Agro Dijon),
Mickael Hedde (INRAe), **Cécile Villenave** (ELISOL)



Contexte

Biodiversité des sols = 25% de la biodiversité mondiale



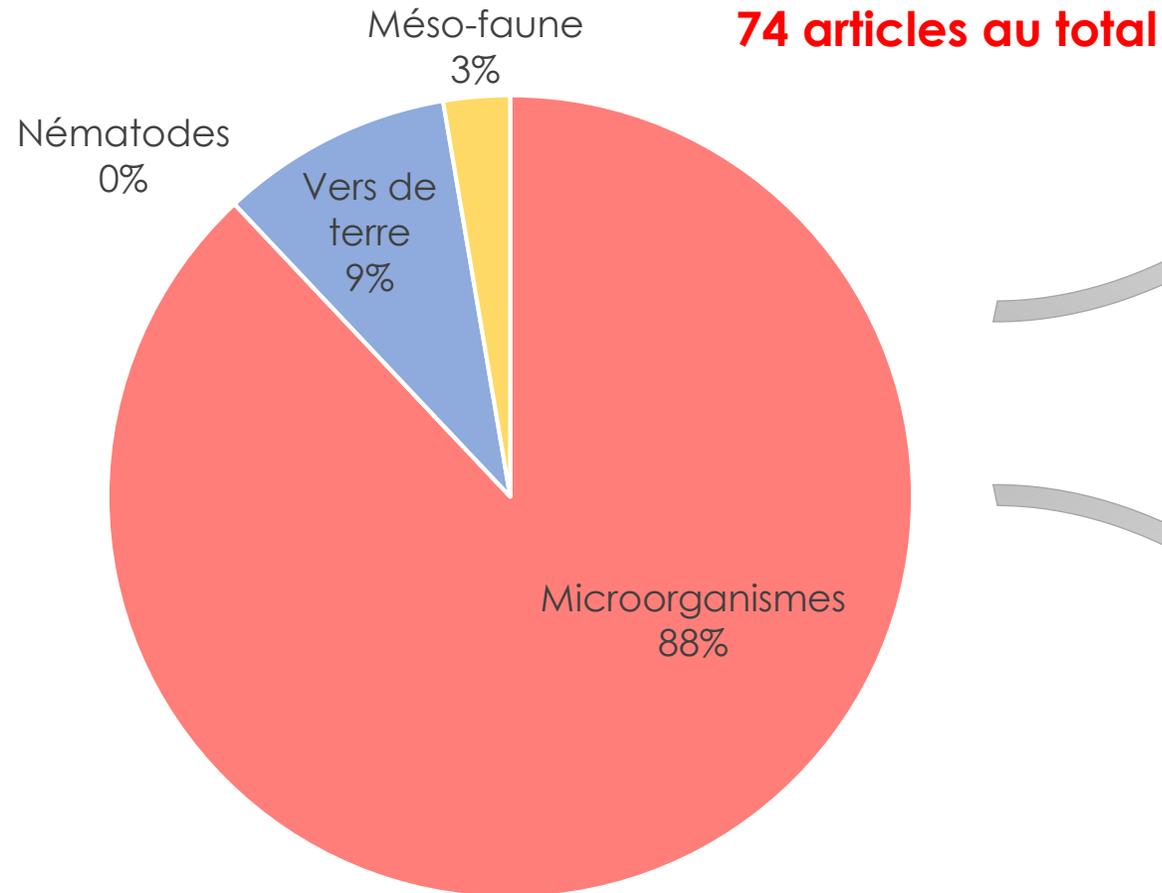
➔ Intérêt de prendre en compte :

- différents bio-indicateurs pour rendre compte de l'effet des digestats
- la dynamique des réponses (court, moyen, long terme)

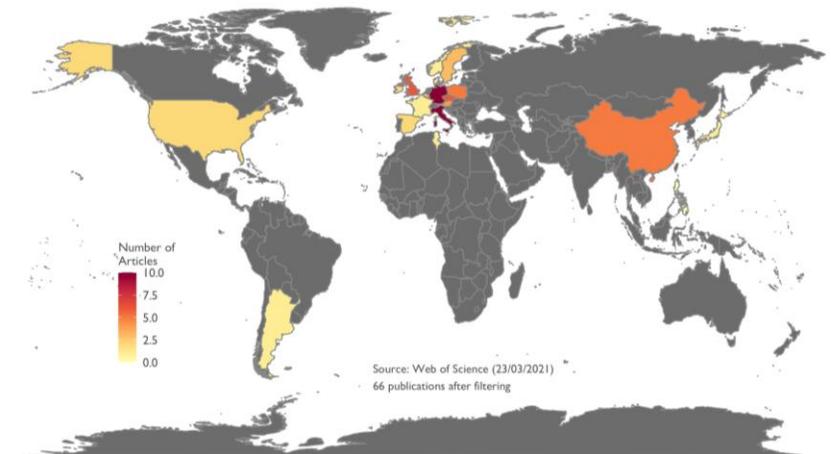
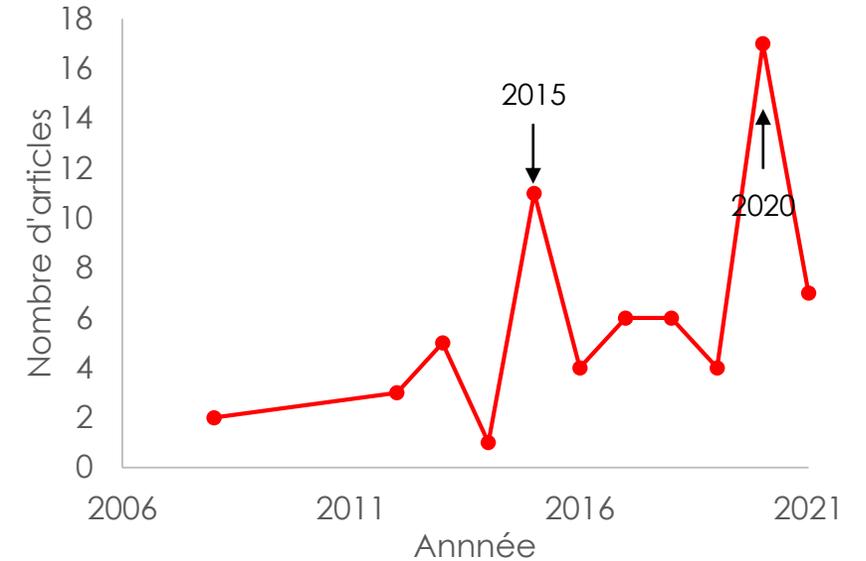
Contexte

Des études scientifiques peu nombreuses rendant compte de l'effet des digestats (74 articles)

Proportion des articles concernant chaque pan de la biodiversité des sols



➔ Majoritairement sur les microorganismes



Questions

Matériaux utilisés pour répondre aux questions

Résultats terrain acquis sur **dispositif Nouzilly**
+
Approche contrôlée (microcosme)

Effet sur

- **court terme** (2 semaines après apport)
- **moyen terme** (2 ans après apport)



Résultats terrain acquis sur dispositif long durée **SOERE-PROs « EFELE »**

Effet sur **long terme** (10 années)



Revue

Environmental Chemistry Letters
<https://doi.org/10.1007/s10311-022-01451-8>

REVIEW



Impact of biogas digestates on soil microbiota in agriculture: a review

Battle Karimi¹ · Sophie Sadet-Bourgeteau² · Mario Cannavacciuolo³ · Camille Chauvin⁴ · Cyril Flamin⁵ · Adeline Haumont⁶ · Vincent Jean-Baptiste⁷ · Aurélie Reibel⁸ · Grégory Vrignaud⁹ · Lionel Ranjard²

Received: 10 March 2022 / Accepted: 10 April 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature Switzerland AG 2022

Abstract

The global production of biogas has increased threefold during the last decade to partly replace fossil fuels, yet biogas production by anaerobic digestion generates substantial amounts of by-products named digestates. These biogas digestates can be recycled in soils to fertilize crops and to sequester carbon. Nonetheless, the impact of digestates on the soil biological is actually poorly known. Here, we reviewed the impact of digestates published in 56 articles reporting 23 microbial parameters. Half of the articles show neutral effects of biogas digestates and 7% showed negative effects. 25% of the articles show more stimulation of the soil microbial quality by biogas digestates, whereas 17% of the articles show less stimulation, compared to other organic fertilizers.

Keywords Anaerobic digestate · Biogas · Soil · Microorganisms · Agriculture · Meta-analysis

Revue des connaissances scientifiques sur les impacts des digestats sur la **qualité microbiologique** des sols agricoles

Battle Karimi et al., 2022



Effet court et moyen terme sur lombriciens (Nouzilly)

Résultats sur le terrain

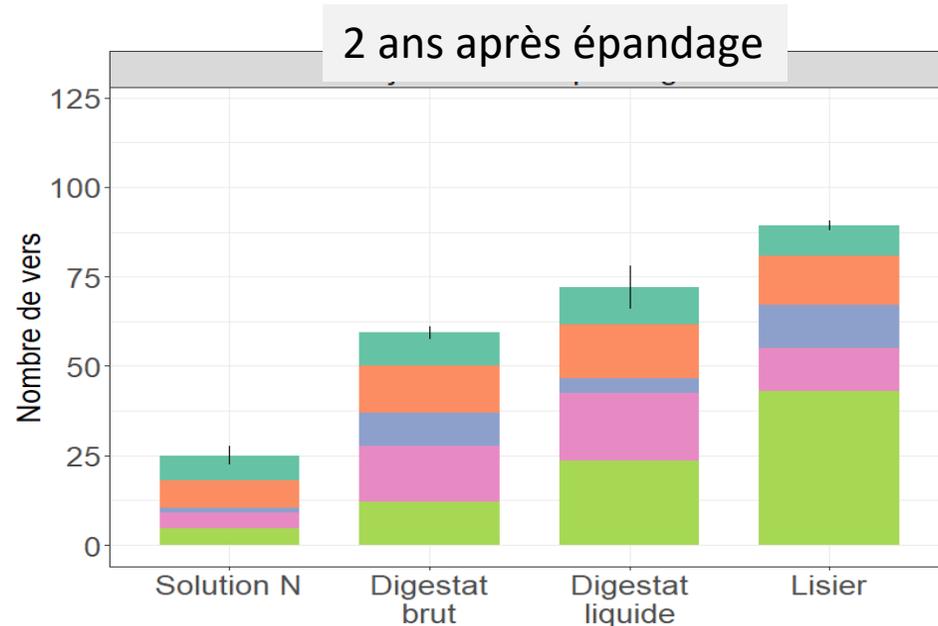
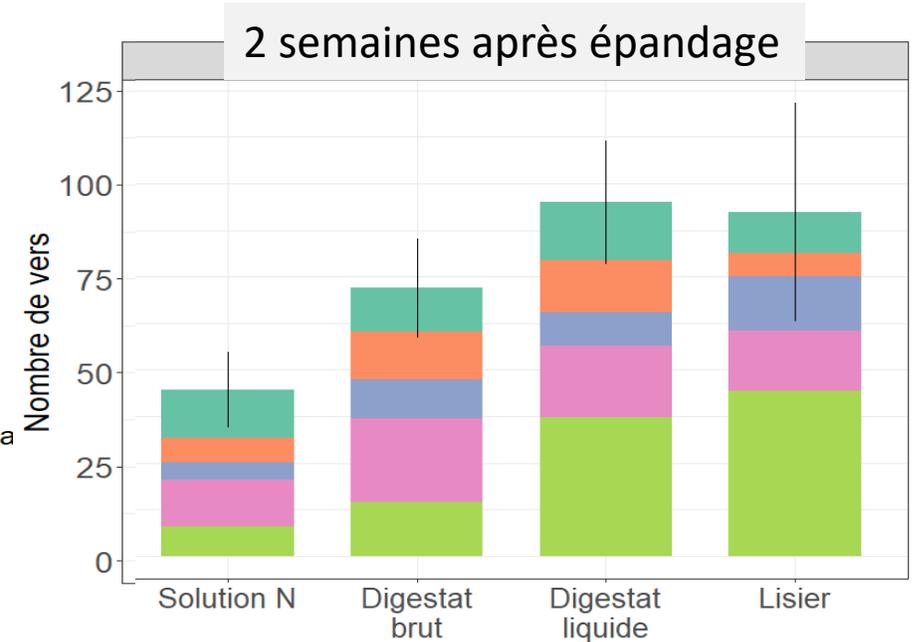


Des mortalités de vers observés quelques heures après épandage (en majorité des vers anéciques) => 1 à 2% de la communauté totale



Espèce

- Autre
- Aporrectodea longa / Aporrectodea gia
- Lumbricus terrestris
- Aporrectodea caliginosa caliginosa
- Allolobophora chlorotica



A court terme (2 semaines après épandage) et à moyen terme (2 ans après le précédent épandage)

➔ Effet positif des apports organiques

➔ pas d'effet négatif des digestats comparés à la fertilisation minérale

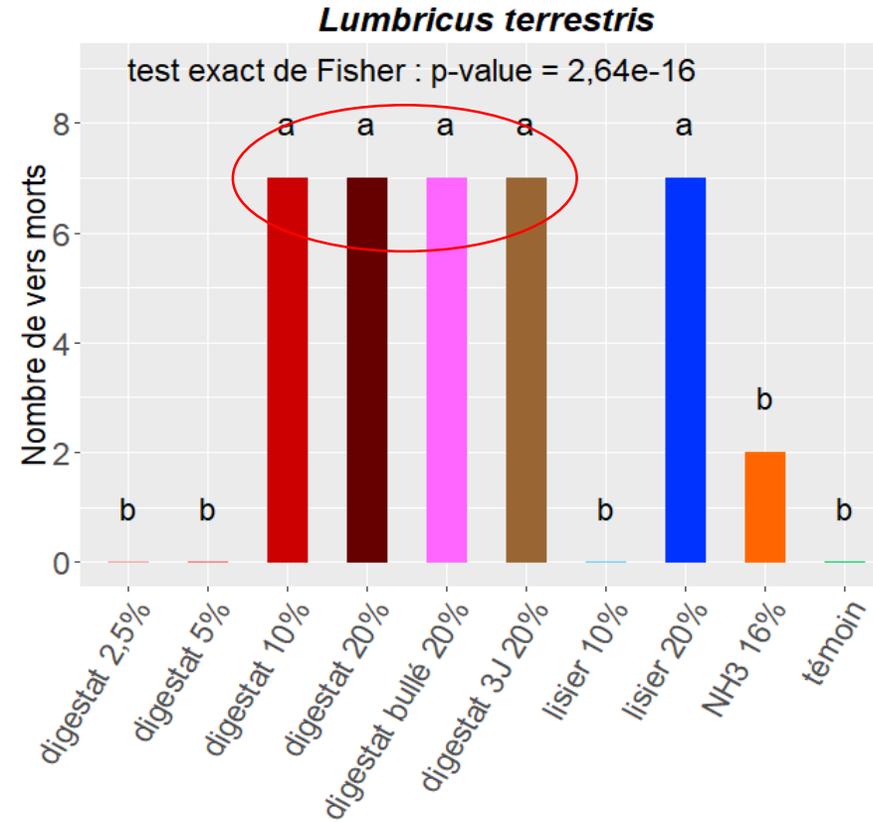
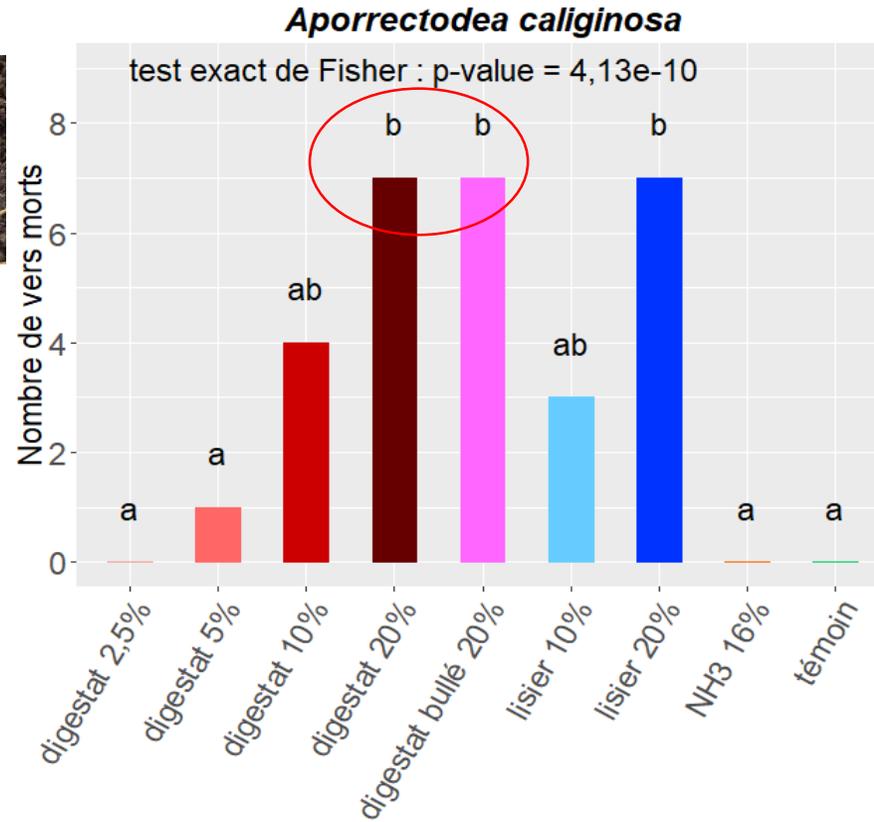
Effet court terme sur lombriciens (laboratoire- microcosmes)

Ecotoxicologie : peut-on comprendre les mortalités ?

2 semaines après application



Endogée



Épi-anécique

Effet létal des PROs (digestats (si > 10%) mais aussi lisier (si > 10%) à forte dose)

L. terrestris semble plus sensible

Hypothèse : mortalité pourrait être due à la teneur en ammoniacque des digestats

Cependant : hypothèse que partiellement acceptée (mortalité de l'ammoniacque mais le digestat « bullé » n'est pas moins toxique)

Questions

Matériaux utilisés pour répondre aux questions

Résultats terrain acquis sur **dispositif Nouzilly**
Approche contrôlée (microcosme)

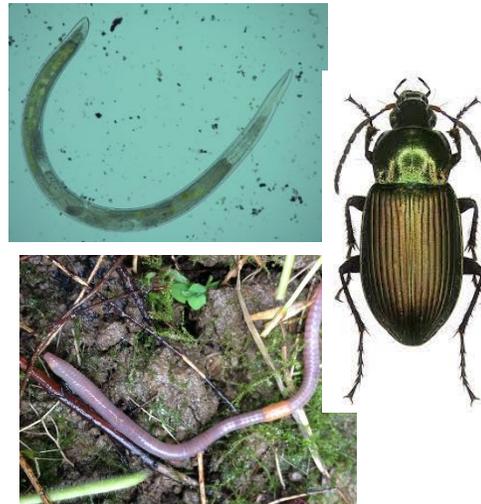
Effet sur

- **court terme** (2 semaines après apport)
- **moyen terme** (2 ans après apport)



Résultats acquis sur dispositif long durée **SOERE-PROs « EFELE »**
(région rennaise)

Effet sur **long terme** (10 années)



Revue

Environmental Chemistry Letters
<https://doi.org/10.1007/s10311-022-01451-8>

REVIEW



Impact of biogas digestates on soil microbiota in agriculture: a review

Battle Karimi¹ · Sophie Sadet-Bourgeteau² · Mario Cannavacciuolo³ · Camille Chauvin⁴ · Cyril Flamin⁵ · Adeline Haumont⁶ · Vincent Jean-Baptiste⁷ · Aurélie Reibel⁸ · Grégory Vrignaud⁹ · Lionel Ranjard²

Received: 10 March 2022 / Accepted: 10 April 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature Switzerland AG 2022

Abstract

The global production of biogas has increased threefold during the last decade to partly replace fossil fuels, yet biogas production by anaerobic digestion generates substantial amounts of by-products named digestates. These biogas digestates can be recycled in soils to fertilize crops and to sequester carbon. Nonetheless, the impact of digestates on the soil biological is actually poorly known. Here, we reviewed the impact of digestates published in 56 articles reporting 23 microbial parameters. Half of the articles show neutral effects of biogas digestates and 7% showed negative effects. 25% of the articles show more stimulation of the soil microbial quality by biogas digestates, whereas 17% of the articles show less stimulation, compared to other organic fertilizers.

Keywords Anaerobic digestate · Biogas · Soil · Microorganisms · Agriculture · Meta-analysis

Revue des connaissances scientifiques sur les impacts des digestats sur la qualité microbiologique des sols agricoles

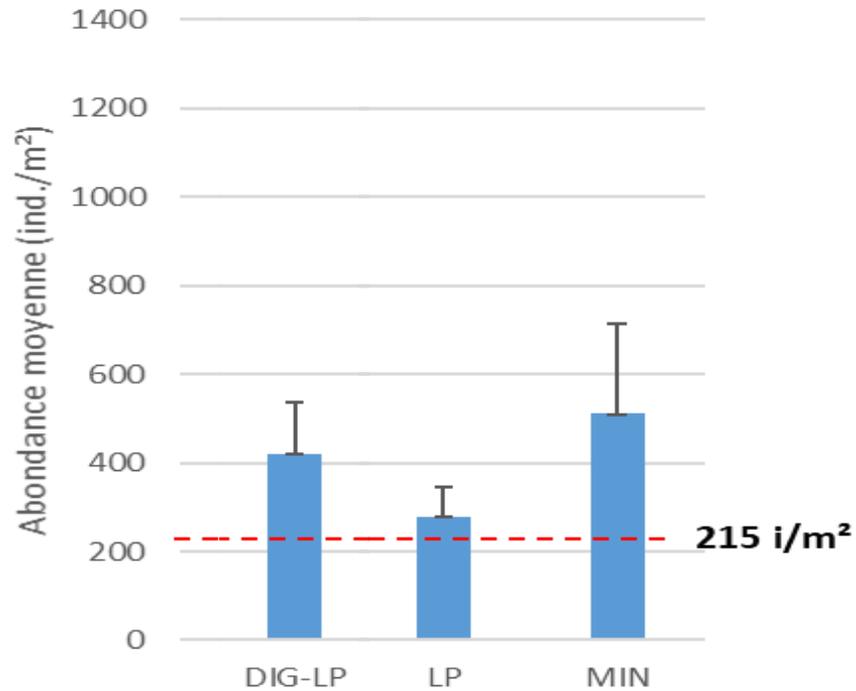
Battle Karimi et al., 2022

→ Comparaison lisier de porc vs digestat lisier porc

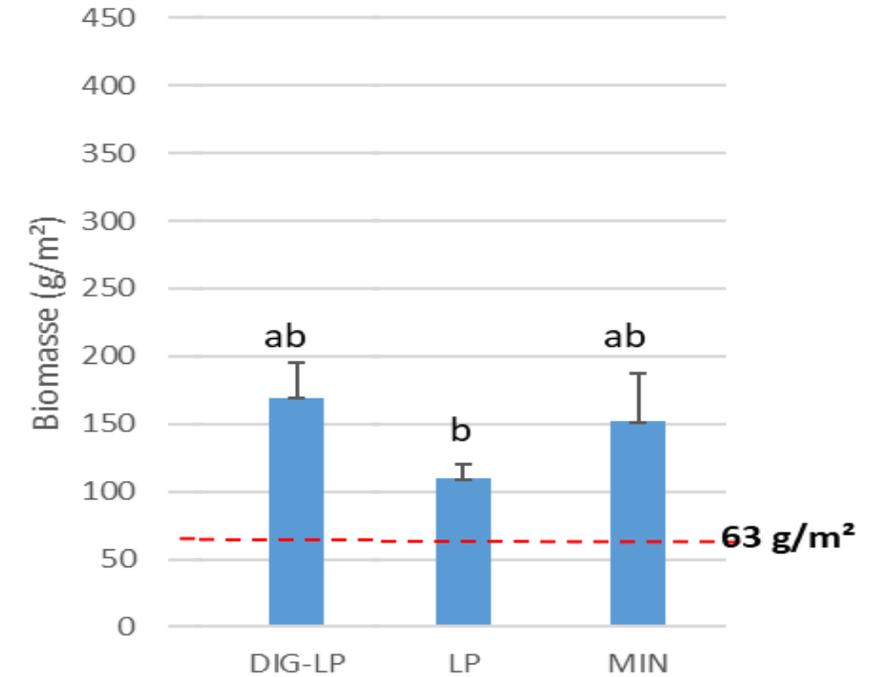
Effet long terme (10 ans) sur lombriciens (SOERE-PROs EFELE)



❖ Abondance (nb i/m²) et biomasse (g/m²) – campagne 2021



LP : Lisier Porc
DIG-LP : Ligestat Lisier Porc
MIN : minéral



* Valeur d'Abondances (nb i/m²) et Biomasse (g/m²) > valeur de référence en milieux cultivés en Bretagne (215 i/m² ; 63g/m²) (Cluzeau et al., 2012)

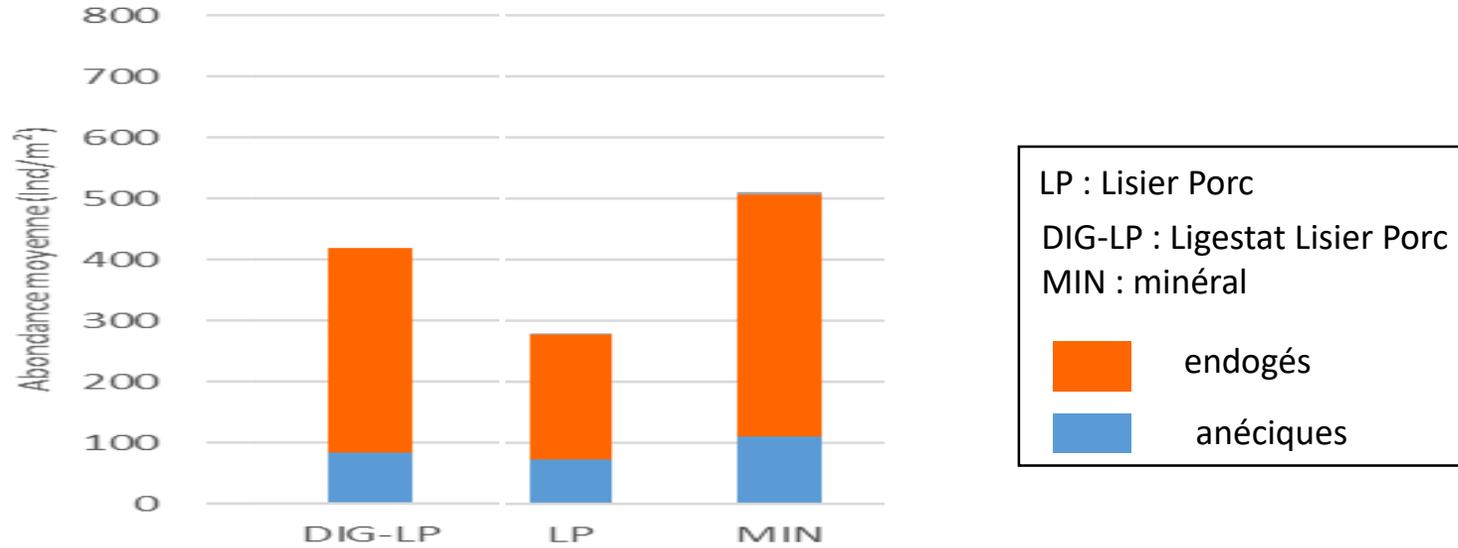
→ état microbiologique correct quel que soit le traitement.

* Effet traitement : aucune différence significative entre traitement n'est mise en évidence : pas d'effet négatif ou positif du digestat Lisier Porc vs Lisier



Effet long terme (10 ans) sur lombriciens (SOERE-PROs EFELE)

❖ Structure fonctionnelle : Abondance (nb i/m²) et biomasse (g/m²) des catégories écologiques - 2021



Abondances des catégories écologiques

- quel que soit le traitement, très forte domination des endogés (jusque 84% de la communauté), puis des anéciques (max 31%), quasi absence d'épigés
- structure fonctionnelle classiquement observée en milieu cultivé (Pérès et al., 2011).
- quel que soit le traitement, valeurs moyennes > valeurs références en milieu cultivés (endogés : 160 i/m² ; anéciques : 30 i/m² ; Cluzeau et al., 2012)
- **aucun effet traitement** sur les abondances n'est mis en évidence et ce quelle que soit la catégorie écologique → pas d'effet significativement structurant des apports organiques sur abondance
- Pas d'effet négatif du digestat-lisier vs lisier

Biomasses des catégories écologiques

- pas d'effet significativement structurant des apports organiques sur biomasse fonctionnelle
- Pas d'effet négatif du digestat-lisier vs lisier

Structure spécifique (espèces)

- pas d'effet significatif du digestat-lisier vs lisier sur le nombre d'espèces (6 vs 7), ni sur la diversité

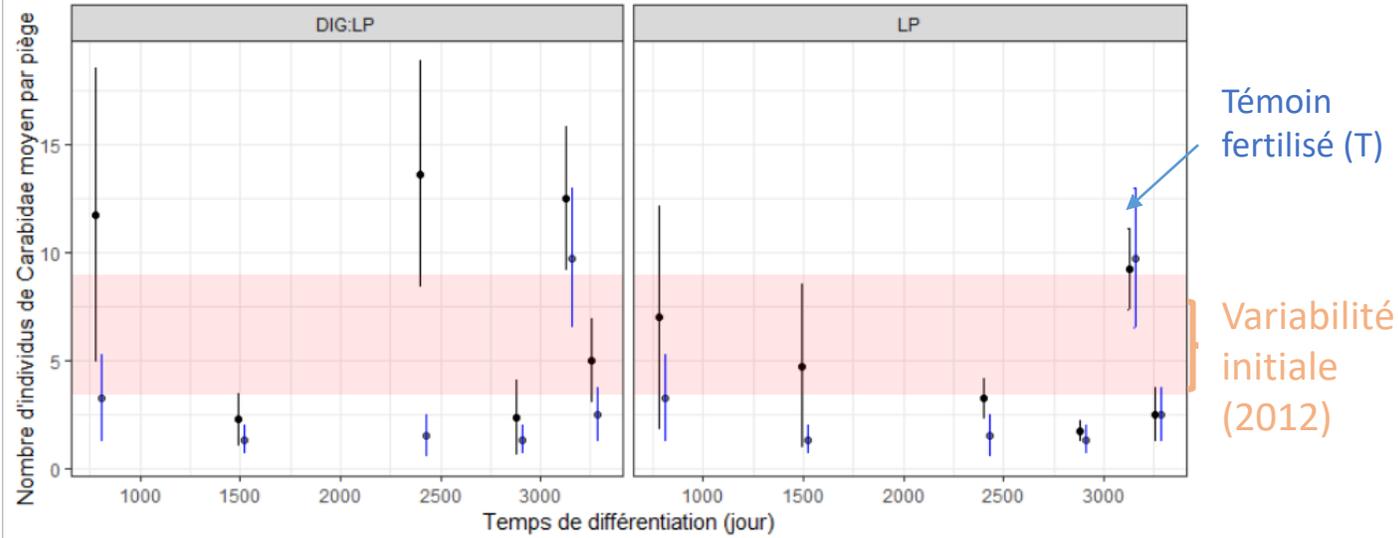
Effet long terme sur carabes (SOERE-PROs EFELE)



Les Carabidae comme modèle d'auxiliaire des cultures

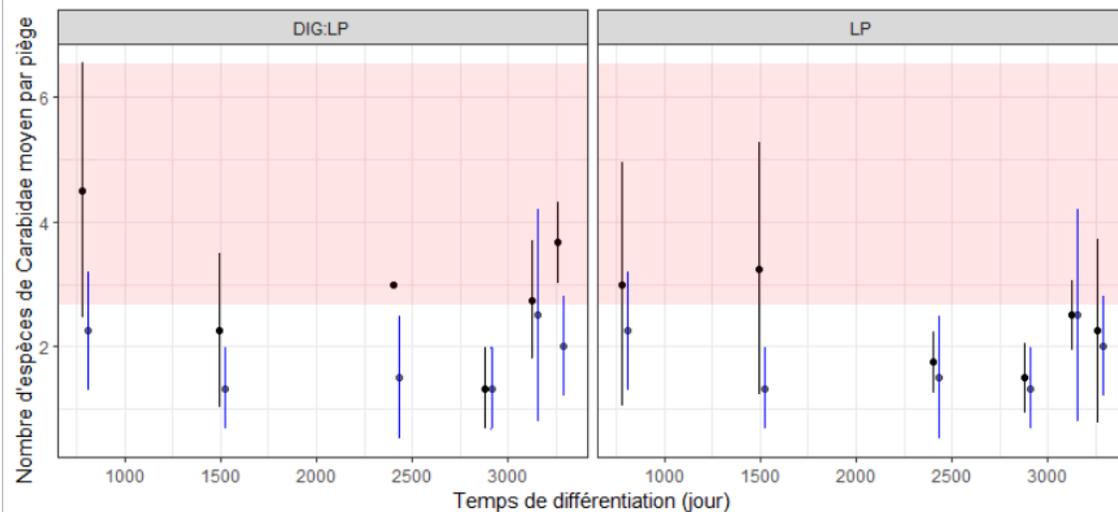
LP : Lisier Porc
DIG-LP : Ligestat Lisier Porc

Nombre de carabes par piège

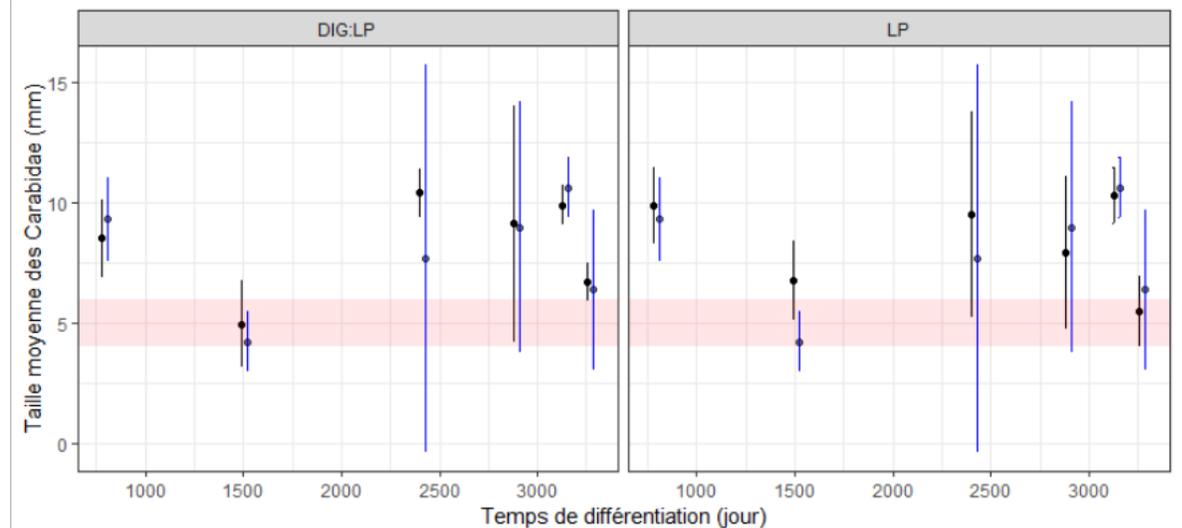


- ❖ Fertilisation minérale vs fertilisation Lisier ou digestat :
 - ➔ Pas de réelle différence sur nb carabes, richesse spécifique, taille des individus
- ❖ Lisier vs digestat-lisier :
 - ➔ Pas de réelle différence sur nb carabes, richesse spécifique, taille des individus

Nombre d'espèces de carabes par piège



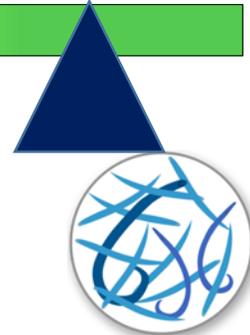
Taille moyenne des carabes (mm)



Effet long terme sur nématodes (SOERE-PROs EFELE)

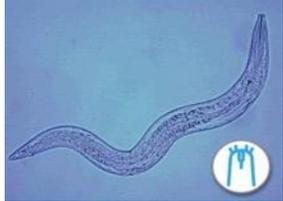
Abondance des nématodes libres

➔ niveau d'activité biologique



Le plus ils sont abondants,
le plus le sol est vivant et actif

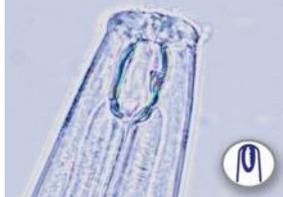
Bactérovores



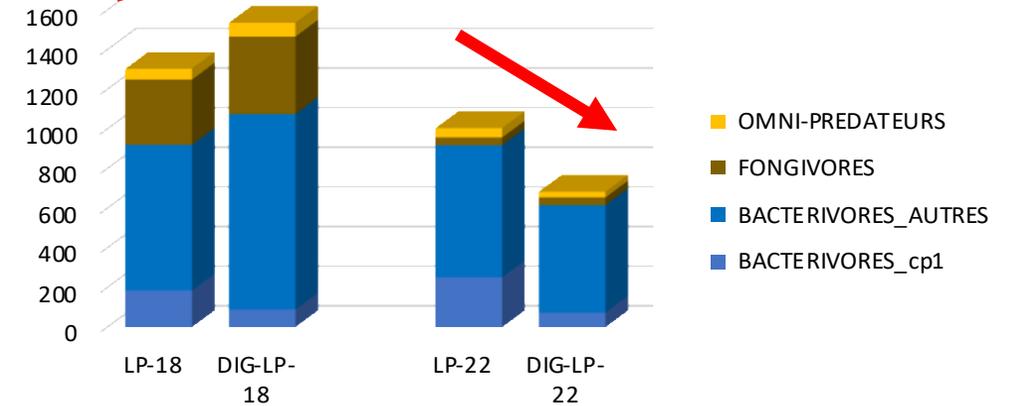
Fongivores



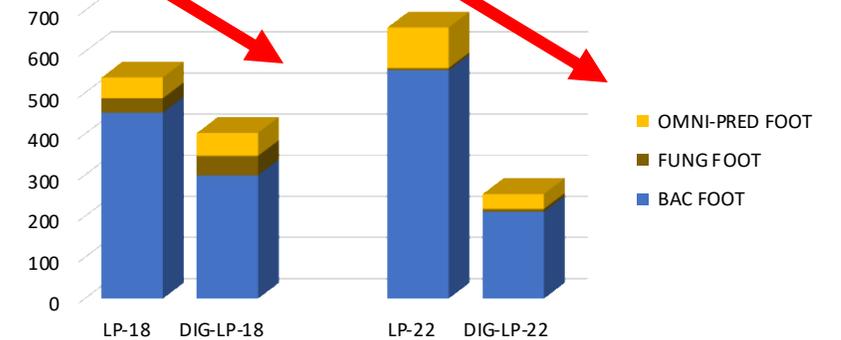
Prédateurs



Abondances des nématodes libres
(nombre /100g sol sec)



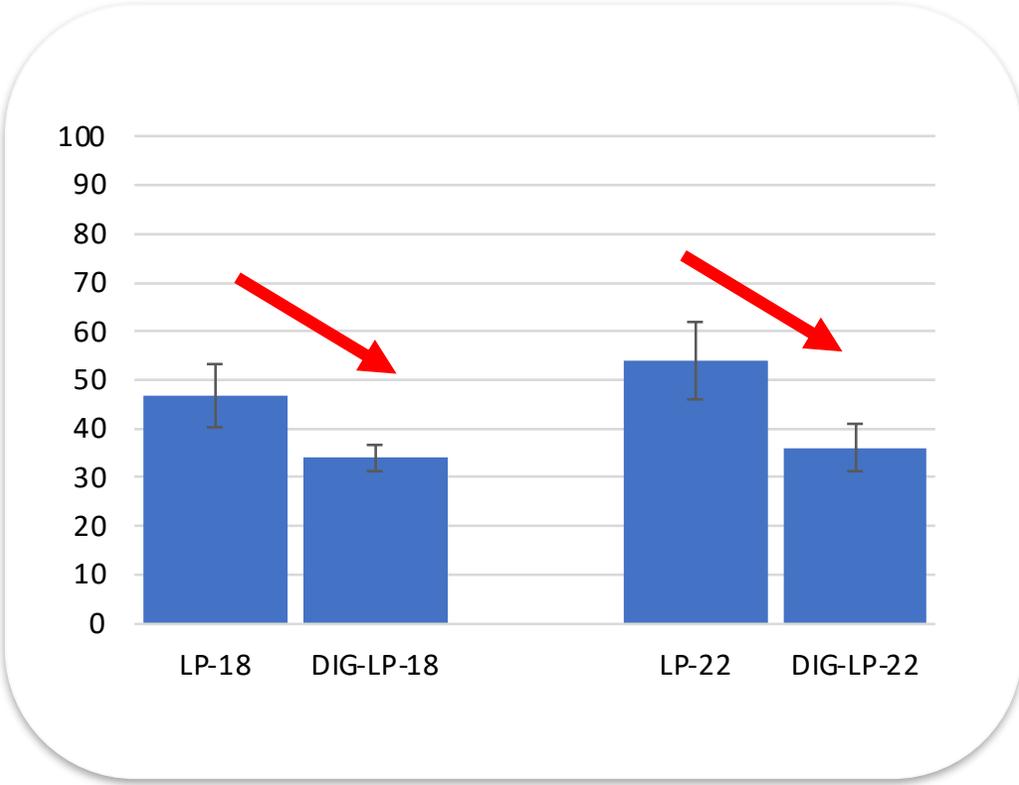
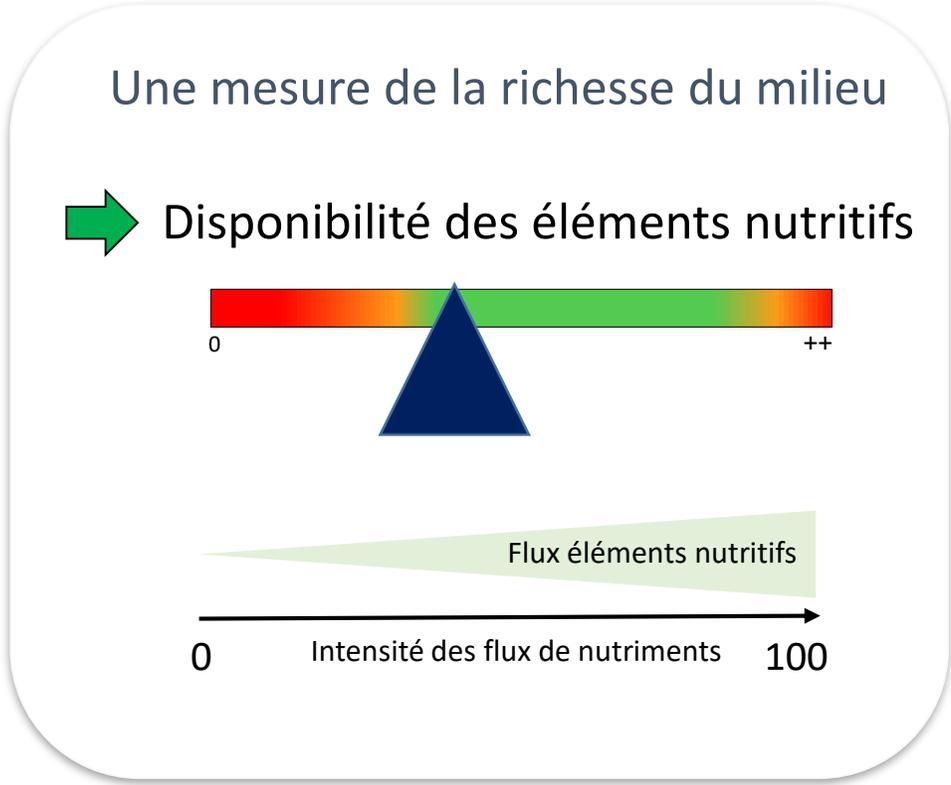
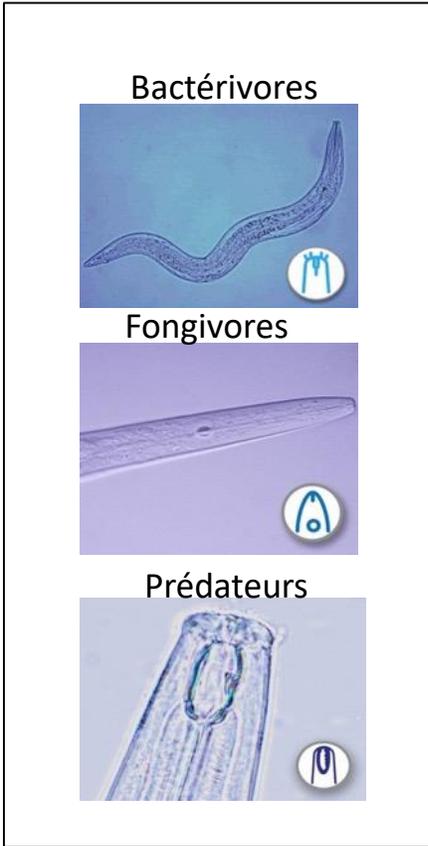
Empreintes métaboliques des nématodes libres
($\mu\text{g C /kg C sol sec}$)



En 2022 DIG-LP présentait une activité biologique liée aux nématodes libres moins importante que LP: elle est cependant correcte.

Effet long terme sur nématodes (SOERE-PROs EFELE)

Indice d'enrichissement: EI



Optimum dépendant de l'occupation du sol



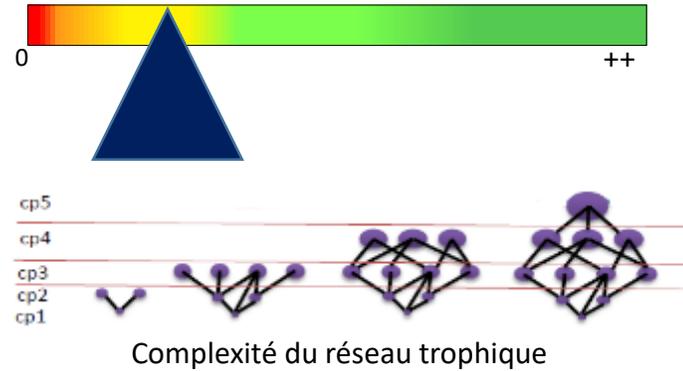
DIG-LP induit des EI inférieurs à LP: moins de disponibilité en nutriments. (MO apportées plus stables)

Effet long terme sur nématodes (SOERE-PROs EFELE)

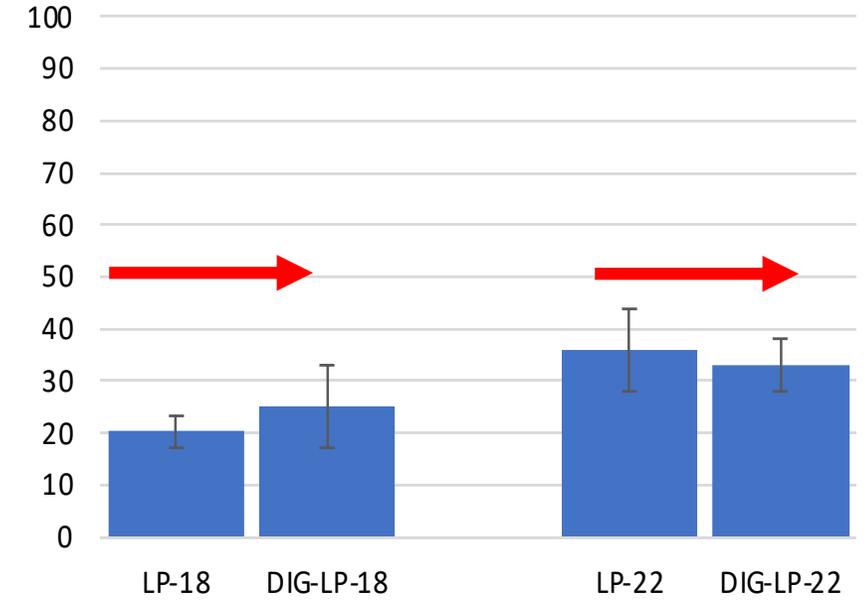
Indice de structure: SI



Une mesure de la stabilité du milieu
 → Longueur, complexité du réseau trophique



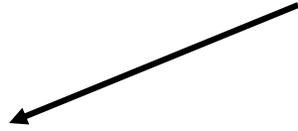
Le plus le mieux
 « Stabilité du milieu, assurance écologique »



Les effets de DIG-LP et LP ne sont pas différents sur la complexité du réseau trophique. Elle est faible dans les 2 modalités.

Questions

Matériaux utilisés pour répondre aux questions



Résultats terrain acquis sur **dispositif Nouzilly**
Approche contrôlée (microcosme)

Effet sur

- **court terme** (2 semaines après apport)
- **moyen terme** (2 ans après apport)



Résultats acquis sur dispositif long durée **SOERE-PROs « EFELE »**
(région rennaise)

Effet sur **long terme** (10 années)



Revue

Environmental Chemistry Letters
<https://doi.org/10.1007/s10311-022-01451-8>

REVIEW



Impact of biogas digestates on soil microbiota in agriculture: a review

Battle Karimi¹ · Sophie Sadet-Bourgeteau² · Mario Cannavacciuolo³ · Camille Chauvin⁴ · Cyril Flamin⁵ · Adeline Haumont⁶ · Vincent Jean-Baptiste⁷ · Aurélie Reibel⁸ · Grégory Vrignaud⁹ · Lionel Ranjard²

Received: 10 March 2022 / Accepted: 10 April 2022
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature Switzerland AG 2022

Abstract

The global production of biogas has increased threefold during the last decade to partly replace fossil fuels, yet biogas production by anaerobic digestion generates substantial amounts of by-products named digestates. These biogas digestates can be recycled in soils to fertilize crops and to sequester carbon. Nonetheless, the impact of digestates on the soil biological is actually poorly known. Here, we reviewed the impact of digestates published in 56 articles reporting 23 microbial parameters. Half of the articles show neutral effects of biogas digestates and 7% showed negative effects. 25% of the articles show more stimulation of the soil microbial quality by biogas digestates, whereas 17% of the articles show less stimulation, compared to other organic fertilizers.

Keywords Anaerobic digestate · Biogas · Soil · Microorganisms · Agriculture · Meta-analysis

Revue des connaissances scientifiques sur les impacts des digestats sur la qualité microbologique des sols agricoles

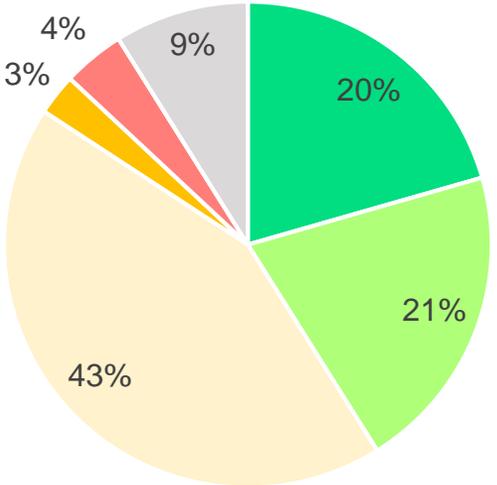
Battle Karimi et al., 2022

Effet des digestats sur microorganismes (Revue)

➔ **Un bilan mitigé**

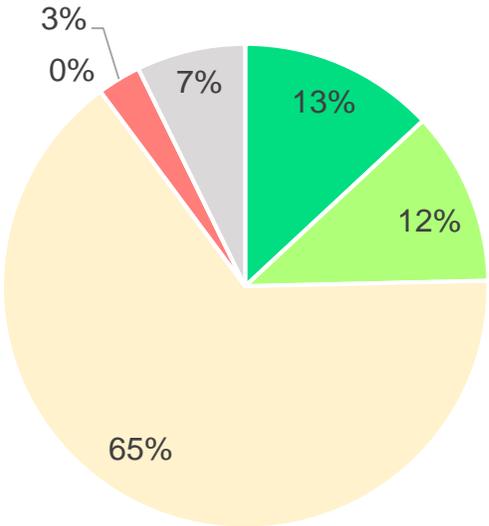
➔ **Impact net : globalement positif ou nul mais délétère dans 7% des cas**

Digestats versus aucun apport
(146 résultats analysés)

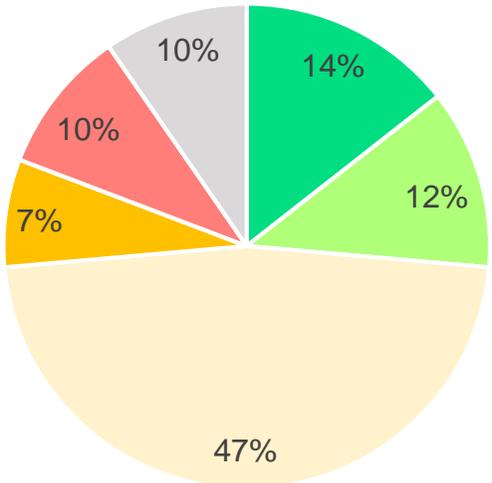


Digestats versus fertilisation minérale de synthèse
(69 résultats analysés)

➔ **Impact net : positif ou nul (90%), délétère (3%)**



Digestats versus autre fertilisation organique
(125 résultats analysés)



➔ **Dans 1 cas sur 6, digestats moins bénéfiques que fertilisation organique classique**

Légende :

- Effet positif strict
- Effet positif ou neutre
- Effet neutre
- Effet négatif ou neutre
- Effet négatif strict
- Effet indéterminé

Effet des digestats sur microorganismes (Revue)

→ Des questions qui restent en suspens

Effet de la fraction épandue : Pas de différence claire, Résultats peu génériques

Effet du type d'intrants : Pas de différence claire, Résultats peu génériques

Effet dose : Optimum observé dans les études avec de fortes doses

Comparaison entre la MO non-digérée et le digestat : Digestat moins stimulant

→ Abondance des champignons

→ Activité microbienne globale

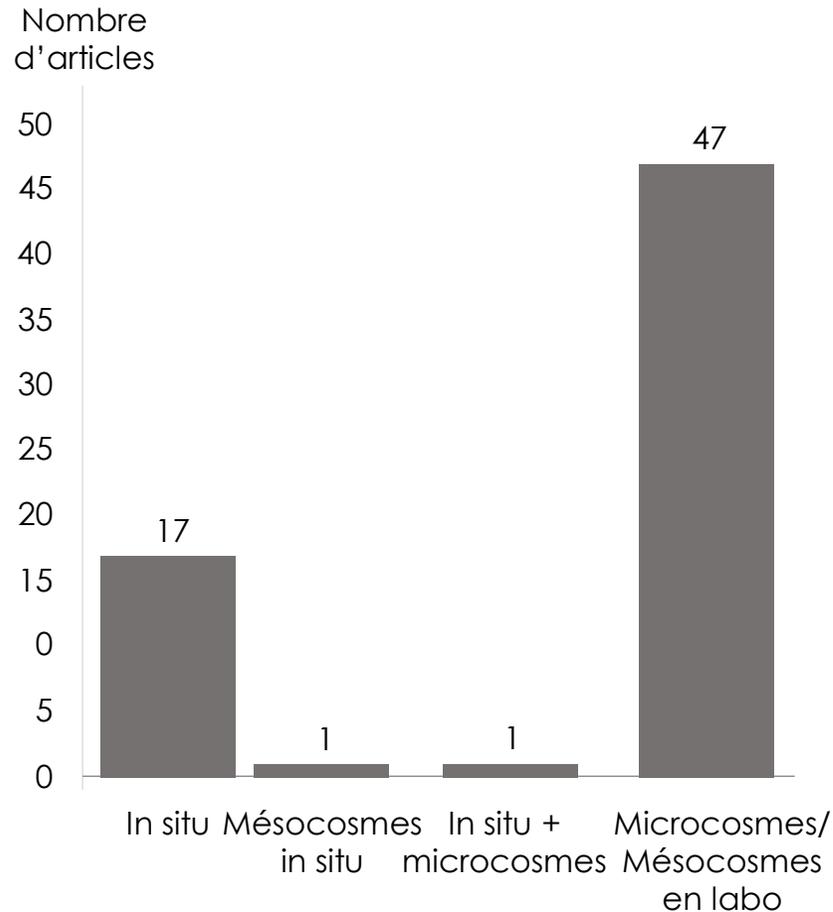
→ Activité enzymatique cycle C

Effet type de sol : Pas de données

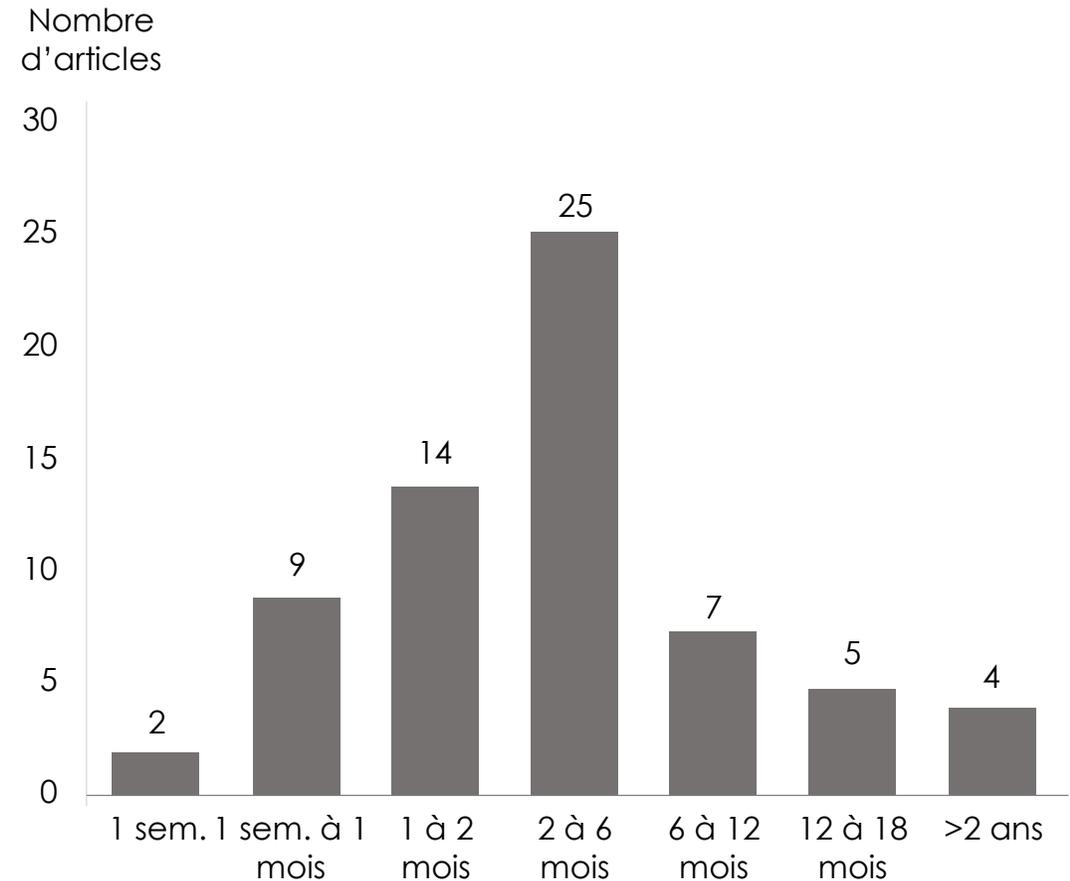
Effet à long-terme : Pas de données

Effet des digestats sur microorganismes (Revue)

→ Des conclusions à prendre avec précaution



Seulement 25% des études sont menées en plein champs, en conditions réelles



75% des effets sont mesurés à court-terme, moins de 6 mois après l'apport de digestats

Messages à garder

- ❖ Tests ecotoxicologiques au laboratoire montrent qu'à forte dose (doses > à ce qui est appliqué au champ), les digestats, comme d'autres PROs (ex: Lisier), peuvent être toxiques pour les vers de terre (hypothèse : teneur en ammoniacque)
- ❖ Effets positifs sur les vers de terre des apports organiques sont observés sur moyen terme (Nouzilly) sans distinction entre les formes digestat vs forme initiale (cas du lisier).
- ❖ Absence de différences entre digestat (DIG-Lisier) et forme initiale (Lisier) confirmée sur du moyen et long terme pour les vers de terre et carabes (EFELE).
- ❖ La forme digestat-lisier, réduirait l'activité biologique des nématodes, moindre enrichissement du milieu, sans modification de la complexité du réseau trophique → Le digestat de lisier de porc aurait un effet correspondant à une MO plus stable que le lisier de porc, moins disponible pour les organismes du sol (! résultats en cours d'interprétation !).
- ❖ Effet positif ou absence d'effet des apports de digestats (vs aucun apport, ou vs apport minéral, ou vs apport organique non digestée) est globalement reporté dans la littérature pour les microorganismes, mais vigilance (effet délétère 1/6 des formes digestée vs non digestée)

Ce qu'il reste à faire

- ❖ Nécessité de renforcer les résultats acquis sur effets des digestats sur la compartiment biologique (microbiologie, **faune**)
- ❖ Développer des études sur l'effet du type de sol, l'impact du type d'intrants en ayant une bonne connaissance des intrants (Corg, N, P, pH, ETM) et des sources ;
- ❖ Elargir les digestats étudiés (source animal, végétale) aux digestats issus de déchets (ménagers, municipaux, alimentaires)
- ❖ Etudier les interactions entre l'épandage de digestats et les autres pratiques agricoles (travail du sol, couverture végétale, autres fertilisations, etc...)
- ❖ Développer des expérimentations au terrain, proche des conditions pédo-climatiques et d'application des digestats par les agriculteurs et développer des études à long-terme (au delà de 24 mois) et avec des apports répétés.
- ❖ Développer une approche holistique intégrant des paramètres biologiques, physiques et chimiques rendant compte de l'effet global des apports de digestats

Les programmes de recherche en cours sur Effet des pratiques d'épandage de digestats de méthanisation sur qualité biologique des sols



Julie Jimenez (INRAe)
Mariana Moreira (CRAB)



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION



Sophie Bourgeteau-Sadet (Institut Agro) GRDF

Un projet au partenariat multiple...



Acteurs de terrain



Porteurs d'indicateurs de la biologie des sols



Etablissements d'enseignement

Un projet qui va du laboratoire au terrain, pour les agriculteurs



Suivi des fermes (n=80)
(au moins 3 campagnes d'épandage)



Questions traitées :

- Impacts sur la biodiversité sont différents en fonction
- du contexte pédoclimatique ?
- de la nature des digestats ?
- de l'historique de fertilisation/épandage de la parcelle?
- des pratiques agronomiques mises en place?
- de l'historique de la parcelle?

Merci pour votre attention

