



Metha BioSol

Impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols agricoles

Bio 360 Expo 25 janvier 2024

Pierre Mulliez Chambre d'agriculture de région Pays de la Loire



24-25 janv/jan 2024 Nantes FR



→ l'événement Biotransition / the Biotransition event

Pourquoi Metha-BioSol ?

La **méthanisation** un cycle vertueux permettant de faire de l'énergie à partir de déchets et de retourner au sol de la MO?

Des questionnements des agriculteurs et de la société civile



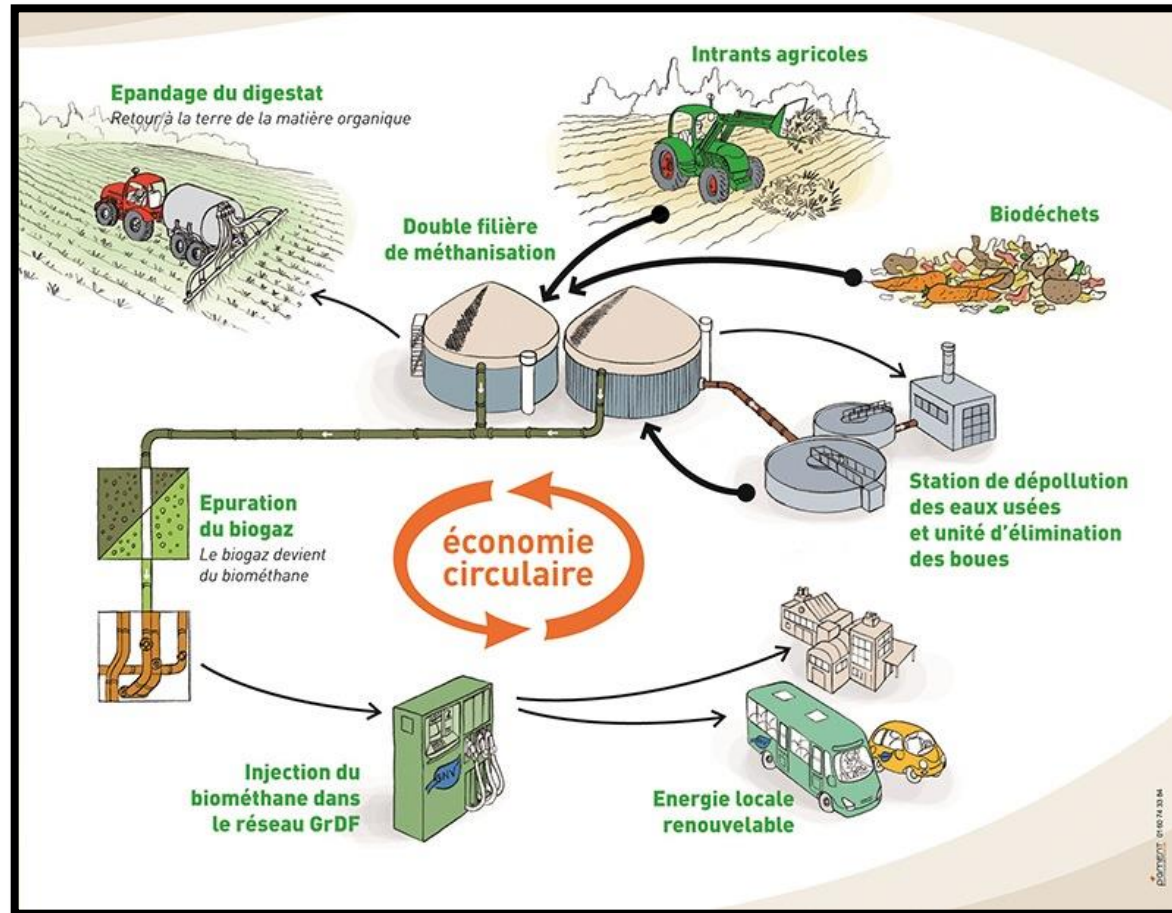
Impacts sur la qualité biologique des sols ?



Peu de données pour objectiver



Metha
BioSol

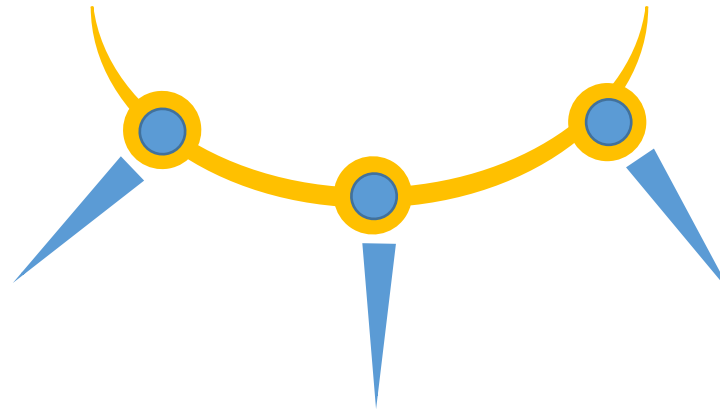


Pourquoi Metha-BioSol ?

Un objectif principal

Aider les agriculteurs à évaluer l'impact des pratiques d'épandage de digestats de méthanisation sur la **qualité biologique** des sols agricoles via des outils opérationnels

3 objectifs opérationnels



ELABORATION SCIENTIFIQUE

- ❖ Générer des données scientifiques actuellement manquantes
- ❖ Milieux contrôlés

EVALUATION DES PRATIQUES

- ❖ Evaluer les pratiques d'épandage de digestats de méthanisation sur le terrain

CREATION D'UN RESEAU

- ❖ Transférer et communiquer les résultats obtenus aux différents acteurs en lien avec la gestion des digestats

Metha-BioSol, c'est quoi ?

Un projet de recherche avec 3 échelles d'études

VOLET 1

Test en laboratoire



VOLET 2 (Poster)

Test sur des sites expérimentaux



VOLET 3 (poster)

Réseau de fermes



Réalité de terrain


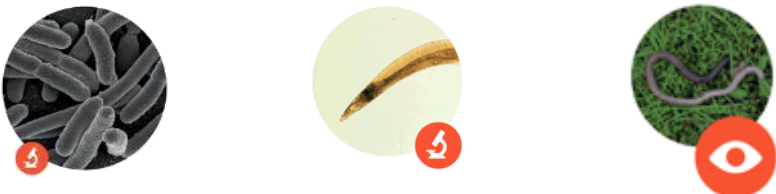






Maîtrise des aléas du terrain

Tableau de bord des bioindicateurs

Définition d'un tableau de bord d'indicateurs permettant d'évaluer la qualité biologique des sols :

Sur la base du CASDAR Agrinnov (2012-2015)



<p>L'état physique et chimique du sol</p> 	<p>Indicateurs des communautés biologiques du sol</p> 	<p>Indicateurs de fonctionnement biologique</p> 	<p>Indicateurs sanitaires</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Texture ❖ pH ❖ Carbone organique ❖ Rapport C/N, ❖ Teneurs en N, P, K, Mg... ❖ Eléments polluants 	<p>Paramètres d'abondance, de biomasse, diversité taxonomique et fonctionnelle</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Microbiologiques (bactéries, champignons) ❖ Nématodes ❖ Lombriciens 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Formes et quantité de carbone (RockEval) ❖ Activité de dégradation de la matière organique fraîche (LITTERBAG/LEVABAG) 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Présence et diversité des pathogènes microbiens humains 

Volet 1 : Tests en laboratoire

2 hypothèses testées :

- 1) Les impacts sont différents en fonction du contexte pédoclimatique
- 2) Les impacts sont différents en fonction de la nature des digestats

3 TYPES DE SOL



10 TRAITEMENTS

6 types de digestats

- + 2 effluents non digérés
- + 1 témoin minéral
- + 1 sans apport organique

- ❖ Un seul apport
- ❖ Pendant 42 jours

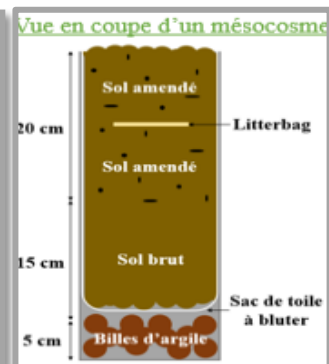
2 dispositifs expérimentaux adaptés aux bioindicateurs :



MICROCOSMES

- ❖ Pathogènes
- ❖ Communautés microbiennes des sols
- ❖ Physico-chimie des sols

équivalent apport 25t/ha



MESOCOSMES

- ❖ Dégradation de la MO
- ❖ Nématofaune
- ❖ Lombriciens
- ❖ Physico-chimie des sols

équivalent apport 35t/ha

Volet 1 : Tests en laboratoire

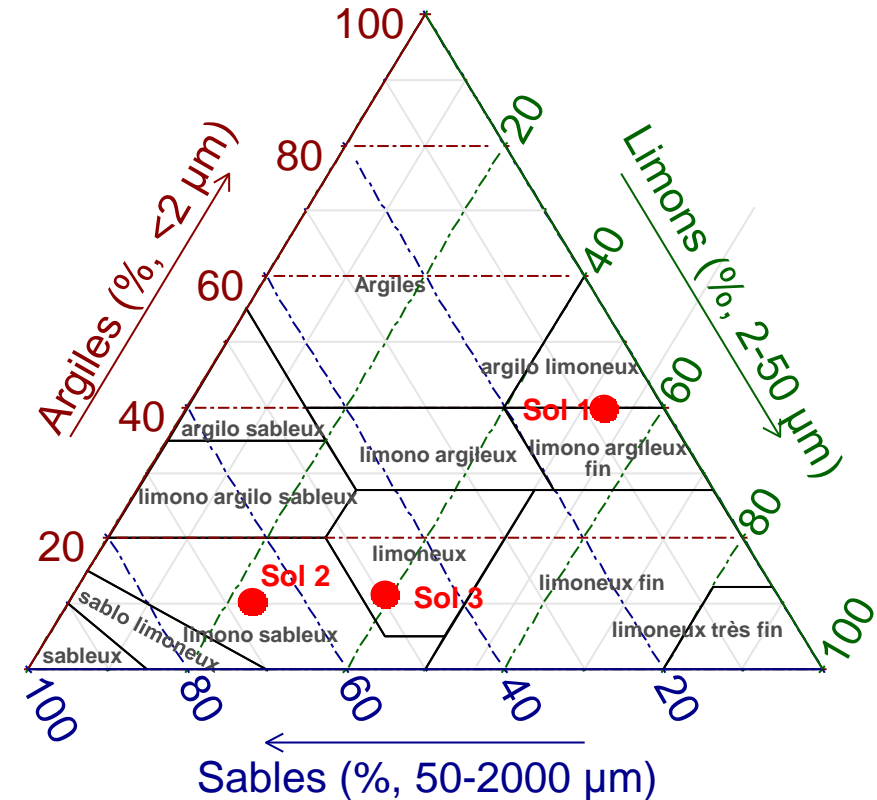
LES SOLS

Hyp 1 : Les impacts sont différents en fonction du contexte pédoclimatique :

Pourquoi le choix de ces 3 sols ?

- ❖ Influence de la texture : limono-argileux vs limoneux vs sableux
- ❖ Sol n'ayant jamais reçu de digestat

Caractéristiques granulométriques des 3 types de sol






Volet 1 : Tests en laboratoire



LES SOLS

Hyp 1 : Les impacts sont différents en fonction du contexte pédoclimatique :

Caractéristiques chimiques initiales des 3 types de sol

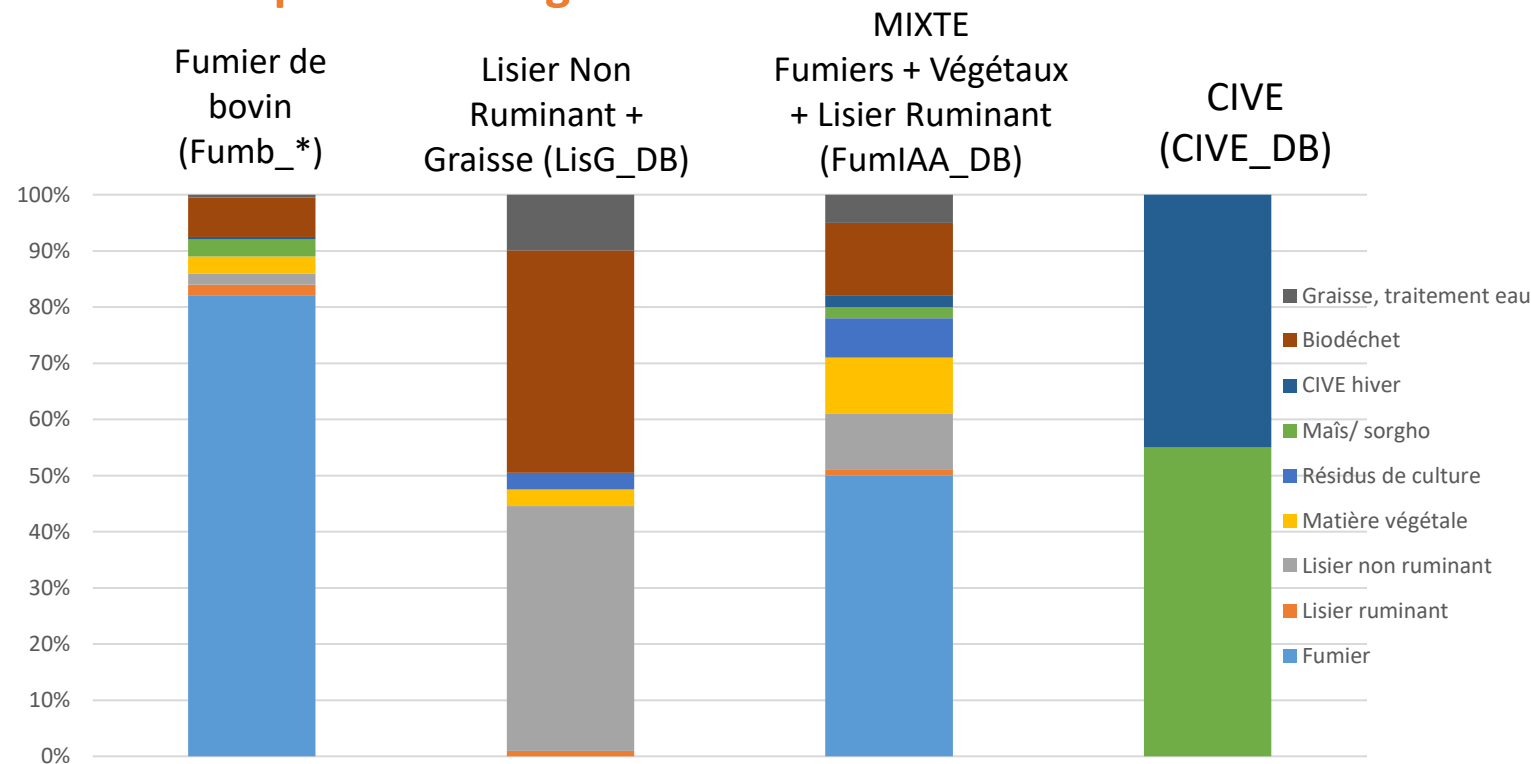
	pH	MO g /kg de sol	C g /kg de sol	N g /kg de sol	C/N	CEC Cmol+/ kg de sol	P ₂ O ₅ g /kg de sol
Limono-argileux 	7,96 _a	34,28 _a	20,47 _a	1,74 _a	11,43 _a	25,44 _a	0,07 _a
Sableux 	6,68 _b	13,28 _c	7,67 _c	0,77 _c	10,00 _b	7,10 _b	0,01 _c
Limoneux 	6,63 _c	16,68 _b	9,65 _b	0,99 _b	9,7 _b	6,94 _b	0,04 _b

Volet 1 : Tests en laboratoire

LES DIGESTATS

Hyp 2 : Les impacts sont différents en fonction de la nature des digestats:

Caractéristiques des 6 digestats retenus selon les intrants alimentant les 4 sites de méthanisation



Comparaison avec :

- ❖ Fumier de bovin
- ❖ Lisier de porc
- ❖ Fertilisation minérale (Ammonitrate 120 Kg/ha)
- ❖ Sans apport = Ajout eau à la place



Séparation de Phase

Brut (*= DB)

Liq (*= DL)

Soli (*= DS)



Brut



Brut



Brut











Volet 1 : Tests en laboratoire

LES DIGESTATS

Hyp 2 : Les impacts sont différents en fonction de la nature des digestats:

Quantité apportée dans les mésocosmes (équivalent épandage 35t / ha)



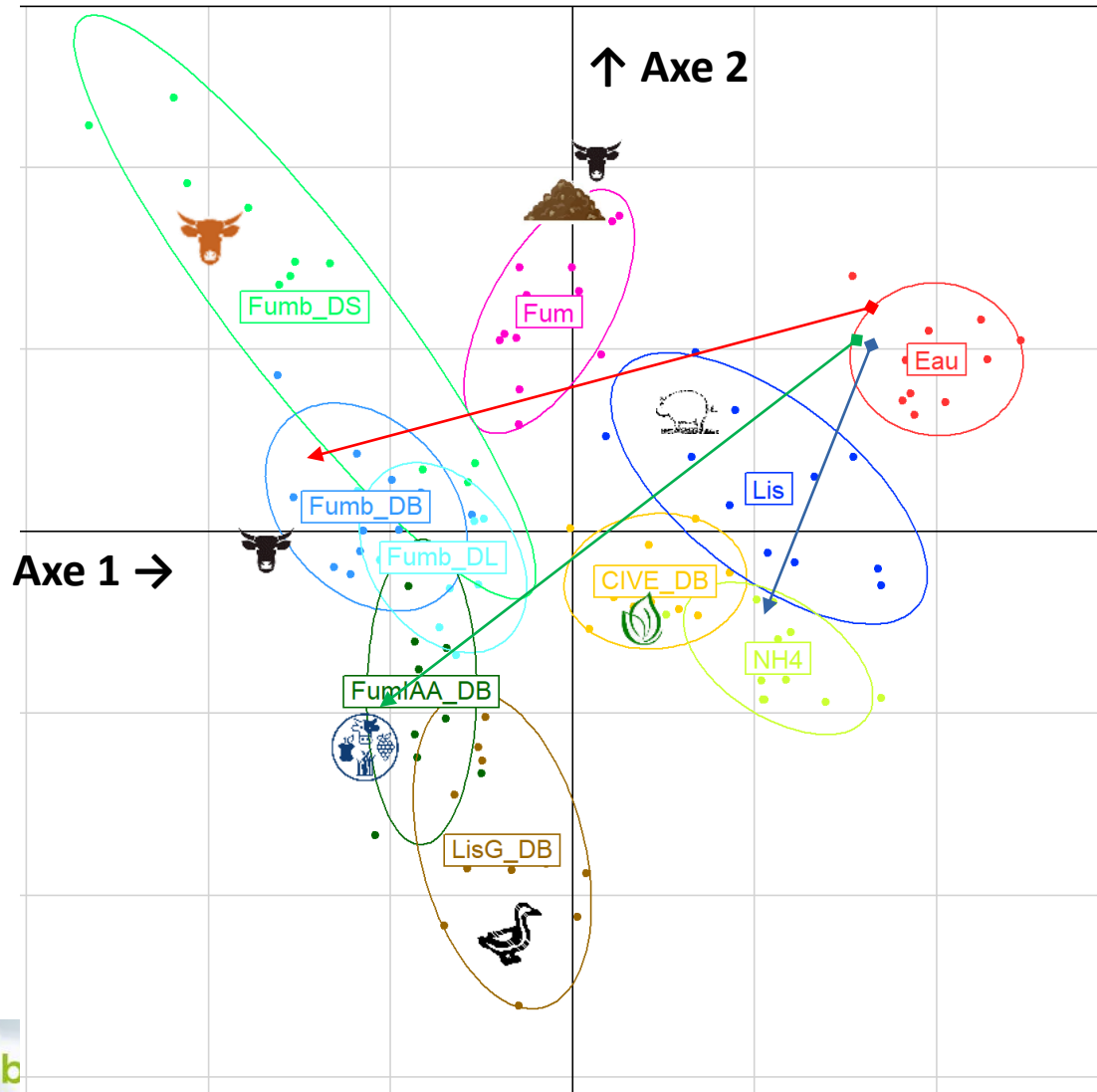
Typologie			pH	C/N	COT (Kg/ha)	Azote total (kg/ ha)	Azote ammoniacal (kg/ ha)	NH4+ /Ntot (%)
Lisier Porc 			7,7	1,5	20	77,1	52,4	68
Fumier bovin 			8,9	18,3	202,3	111,4	15,8	14,2
DIGESTATS	Fumier de bovin	Brut 	8,8	6,3	104	157,1	55,6	35,4
		Solide 	9,3	22,5	298,9	134,3	31,9	23,7
		Liquide 	8,6	3,7	83,1	154,3	74,5	48,3
	MIXTE Fumiers + Végétaux + Lisier Ruminant	Brut 	8,3	2,8	84,9	177,1	80,4	45,4
	CIVE	Brut 	8	4,5	64	105,7	33,9	32,1
	Lisier Non Ruminant + Graisse	Brut 	8,4	0,8	28,3	194,3	130,2	67

PAS UN mais DES DIGESTATS
avec des compositions
chimiques très contrastées
en termes de :

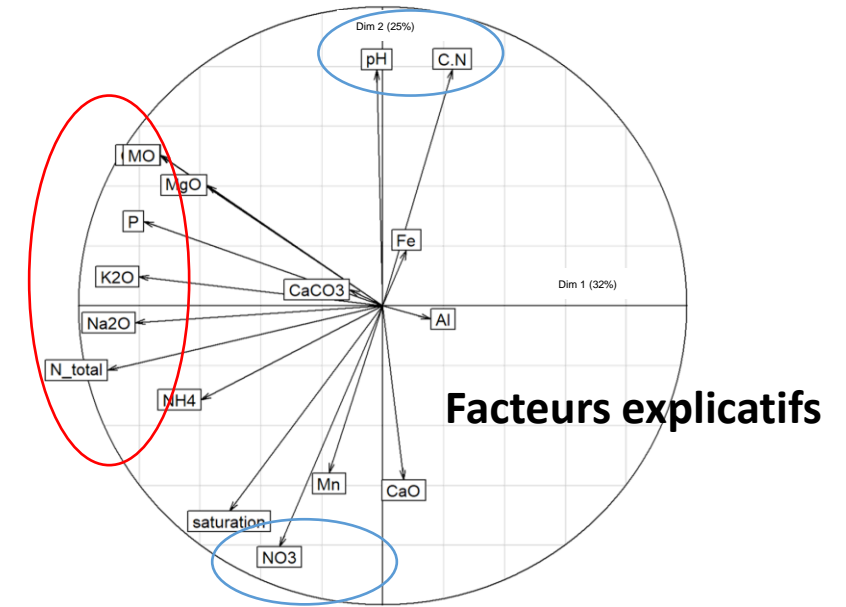
- ❖ Teneurs en Matières Organiques
- ❖ Caractéristiques des MO (rapport C/N)
- ❖ Disponibilité en azote organique et minéral

Volet 1 : Résultats

Evolution de la chimie des sols après 42 jours :



(ACP intragroupe)



En comparaison à la modalité eau, des modifications importantes des sols ont été constatées :

- ❖ **Enrichissement en carbone et azote total (axe 1)** avec les fumiers digérés (Fumb_*), les digestats mixtes (FumIAA_DB) et avec les lisiers et graisses (LisG_DB)
- ❖ **Acidification et diminution du C/N (axe 2)** avec les digestats mixtes (FumIAA_DB) et les lisiers et graisses (LisG_DB) et sous fertilisation minérale (NH₄) prononcée en sols limoneux
- ❖ **Enrichissement en nitrate (axe 2)** avec les digestats mixtes (FumIAA_DB) et les lisiers et graisses (LisG_DB)

Volet 1 : Résultats

Indicateur Lombriciens :

- ❖ Une espèce anécique a été introduite dans les mésocosmes après 10 jours
- ❖ Pas d'effets significatifs des digestats
 - Influence des conditions d'expérience sur la survie
 - Pas de mortalité mais perte de poids dans toutes les modalités (temps d'adaptation)



Conclusion

Au contact avec un sol contenant du digestat, les « vers de terre anéciques » ne révèlent pas d'impact en comparaison avec d'autres effluents ou une fertilisation minérale.










Le dispositif ne permet pas de tester l'impact de l'épandage au sol.

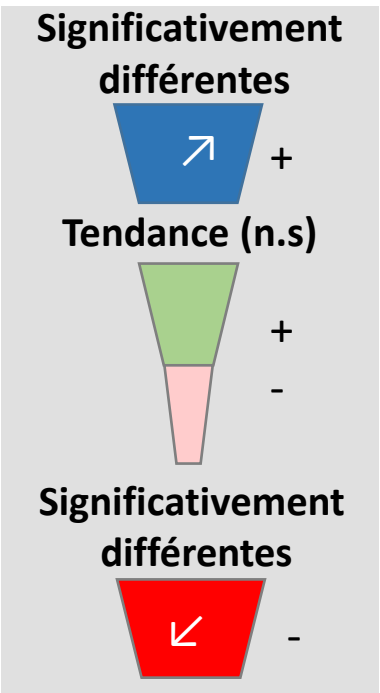
Volet 1 : Résultats

Indicateur nématodes (activité):



Comparaison avec eau

Activité Nématofaune	Min	Lisier 	Fumier 	DIGESTATS					
				Fumier 			MIXTE 	Lisier /déchet 	CIVE 
				Brut 	Solide 	Liquide 			
SOL ↓									
Limono-argileux	=	=	↗	=	↗	=	=	=	=
Limoneux	=	=	=	=	↗	=	=	=	=
Sableux	=	=	↗	=	=	=	=	=	=



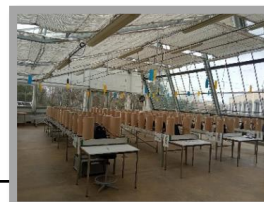
Indicateur nématodes (diversité fonctionnelle) :

Limono-argileux									
Limoneux									
Sableux									










- ❖ **Tendance variable des apports de digestats** : effet différent selon type de sol
- ❖ **Effet du fractionnement des digestats**: en phase solide les digestats ont une réponse proche de celle d'un fumier non digéré

Volet 1 : Résultats

Indicateur dégradation de la MOF (LITTERBAG) :



Comparaison avec eau

Dégradation des MOF	Min	Lisier 	Fumier 	DIGESTATS					
				Fumier 			MIXTE 	Lisier /déchet 	CIVE 
				Brut 	Solide 	Liquide 			
Limono-argileux	=	=	↗	=	↗	↗	=	=	=
Limoneux	=	=	↗	=	↗	↗	=	=	=
Sableux	=	=	↗	=	↗	↗	=	=	=

Significativement différentes



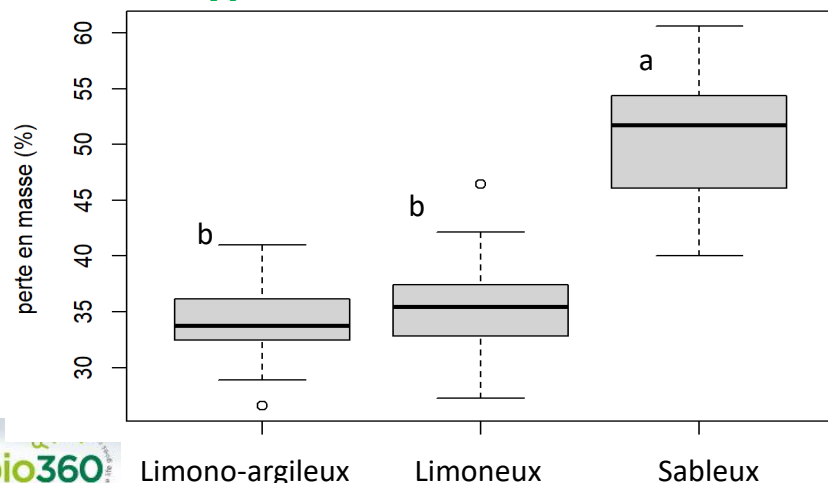
Tendance (n.s)



Significativement différentes



Effet du type de sols



❖ Influence modérée du C/N des effluents :

- Dégradation légèrement plus rapide en présence d'apports à C/N élevé (significatif pour **fumier de bovin** et les **digestats phase solide et liquide du fumier**)










❖ Influence majeure de la dégradation en lien avec le type du sol:

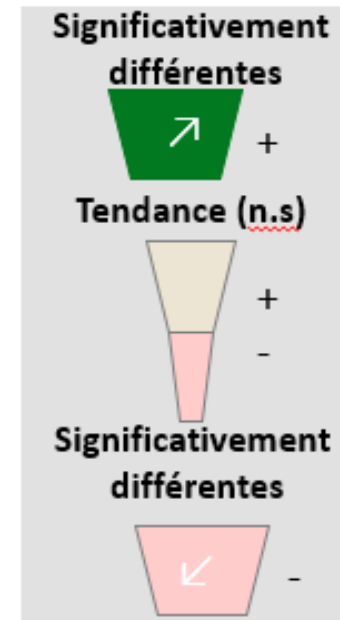
- Les sols sableux sont favorables à la dégradation des MOF



Volet 1 : Résultats

Indicateur Micro-organismes (biomasse microbienne):



Biomasse microbienne	Min	Lisier 	Fumier 	DIGESTATS					
				Fumier 			MIXTE 	Lisier /déchet 	CIVE 
				Brut 	Solide 	Liquide 			
SOL ↓									
Limono-argileux	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Limoneux			↗						
Sableux			↗						



- ❖ Pour le sol limono-argileux : pas d'effet significatif des modalités de traitement
- ❖ En comparaison avec un fumier bovin :
 - Effet « dépréciatif » de tous les autres types d'apport pour les sols légers (limoneux et sableux)
 - Effet davantage marqué pour les digestats avec des C/N faibles : CIVE  et lisier ou déchet 

Conclusion

Les effluents à C/N faibles influencent davantage les communautés microbiennes sur les sols à texture grossière

Volet 1 : Résultats

Les indicateurs sanitaires :









- ❖ Pas de détection de *E. Coli* ni de *S. Enterica*
- ❖ Détection du complexe KP dans les sols de toutes les modalités
- ❖ Une seule détection de *L. Monocytogenes* (digestat CIVE sur sol limono-argileux) 🌱

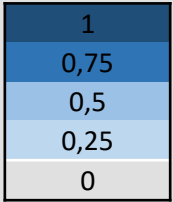
Effet sol:

- ❖ Sols sableux plus faiblement concernés par ces bactéries pathogènes

Conclusion

Pas d'effet effluent et fort effet sol pour KP *sensus lato*

			<i>E. coli</i>	<i>S. enterica</i>	<i>L. monocytogenes</i>	KP <i>sensus lato</i>
Témoins	Minéral	Limon	0	0	0	0,75
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0	0,5
Lisier de porc		Limon	0	0	0	0,75
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0	0,75
Fumier de bovin		Limon	0	0	0	0,5
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0	0,5
DIGESTATS	 Brut	Limon	0	0	0	0,25
		sableux	0	0	0	0
		Limon-Arg	0	0	0	0
	 Solide	Limon	0	0	0	0,5
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0	0
	 Liquide	Limon	0	0	0	0,75
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0	0
	 MIXTE	Limon	0	0	0	0,5
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0	0,75
	 Lisier/déchet	Limon	0	0	0	0,5
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0	0,5
	 CIVE	Limon	0	0	0	0,75
		sableux	0	0	0	0,25
		Limon-Arg	0	0	0,25	0,25



Fréquence de détection des indicateurs pathogéniques

Volet 1 : Résultats

Les conclusions: après 42 jours d'incubation en microcosmes et mésocosmes :



- ❖ **Les digestats sont très divers en composition chimique (C,N,..)** , ils offrent des ressources qui peuvent impacter différemment les organismes du sol
- ❖ **Les digestats peuvent impacter l'activité et la diversité des organismes du sol** et ainsi modifier les fonctions qu'ils assurent (dégradation des MO fraîches):
 - Les valeurs C/N et les teneurs ammoniacales (digestats ou lisiers) semblent influencer la biologie des sols
- ❖ **L'impact des digestats diffère selon la nature du sol :**
 - Importance du fond géochimique (pH)
 - Importance de la texture du sol

Conclusion

Il apparait nécessaire de s'intéresser à la typologie des digestats et à leur composition chimique pour raisonner les apports en fonction du type de sol

Volet 2 : Les 3 sites expérimentaux

(Efele (Bretagne), PROspective et Dige'O (Alsace)))

Impact des digestats de méthanisation sur la qualité biologique des sols



Pathogènes
Communautés microbiennes des sols
Dégradation de la MO
Nématofaune
Lombriciens
Forme et qté du Csol
Physico-chimie des sols



9 à 12 mois après le dernier apport

Apport répété /
Moyen terme

Récurrence de différents types
d'apports (Digestat vs PRO vs Min)

X

Types de sol



Hypothèses :

- 1) Les impacts sont différents en fonction du contexte pédoclimatique,
- 2) Les impacts sont différents en fonction de la nature des digestats
- 3) Les impacts sont différents en fonction de l'historique de fertilisation / épandage de la parcelle

Volet 2 : Résultats



Les conclusions préliminaires:

Effet d'un apport de digestats de méthanisation sur la biologie du sol :

- Tendence visible après plus de 8 ans d'apports répétés
- Plus prononcé sur un sol Limono-sableux acide
- Intermédiaire entre une fertilisation minérale et organique classique
- (Fumier)



Volet 3 : le Réseau de Fermes

Impact des pratiques agronomiques liées à l'épandage de digestats sur un réseau de fermes agricoles



Pathogènes
Communautés microbiennes des sols
Dégradation de la MO
Nématofaune
Lombriciens
Forme et qté du Csol
Physico-chimie des sols



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



Synthèse et atelier d'analyse
des pratiques



Hypothèses :

- 1) Les impacts sont différents en fonction des pratiques agronomiques mises en place
- 2) Les impacts sont différents en fonction de l'historique de la parcelle

Merci de votre attention

Pour plus d'informations sur le projet:

<https://metha-biosol.hub.inrae.fr/>



Colloque de restitution le
25 juin 2024 à Dijon (Institut
Agro)



24-25 janv/jan 2024 Nantes FR



→ l'événement Biotransition / the Biotransition event

