

Valoriser les MAFOR en agriculture

Bilan de 6 années de travaux collaboratifs (2020-2025)
au sein du RMT BOUCLAGE : grappe thématique 2

Aurélia Michaud (INRAE), Mariana Moreira (CRA Bretagne), Grégory Véricel (Arvalis)

Introduction : recyclage des MAFOR, contexte et enjeux

Pratique ancienne (ex. épandage fumiers)

Contexte réglementaire favorable et incitatif

- Feuille de route pour l'économie circulaire en France 2019
- Loi Egalim 2018
- Green Deal vers neutralité carbone et diminution des engrais minéraux 2021
- Farm to fork
- EU Soil strategy for 2030

Réfaction et augmentation coûts production engrais minéraux

- Obligation de recycler les fractions organiques (biodéchets) des déchets
- Diminuer l'empreinte carbone et augmenter l'autonomie énergétique UE
- Restaurer l'état des sols (75% dégradés) et augmenter leur résilience

Apports de MAFOR considérés comme un des leviers

--> besoin d'une meilleure connaissance de la valeur agronomique des MAFOR et des conditions de substitution des engrais minéraux par des MAFOR



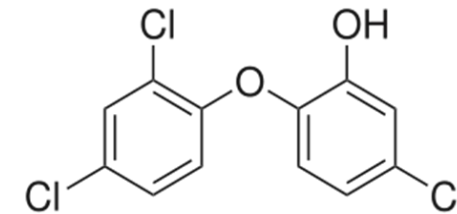
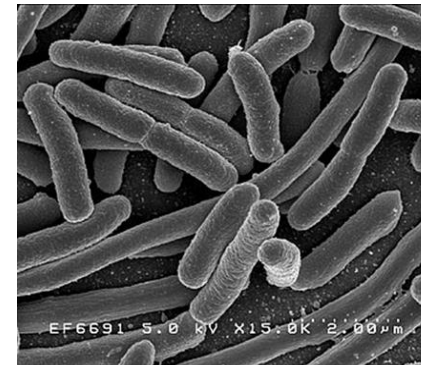
Introduction : recyclage des MAFOR, contexte et enjeux

Risques associés

- Apport de contaminants (minéraux, biologiques, organiques, micro plastiques)
- Difficultés de gestion de fertilisation/libération des éléments, sur-fertilisation NP
- Fuites vers environnement (dont GES, NH₃, COV, NO₃⁻) et cultures

Nécessité d'évaluer et quantifier ces risques au regard de leur valeur agronomique

--> besoin d'une meilleure connaissance de la qualité sanitaire des MAFOR et des risques associés



Enjeux en lien avec le contexte de production/utilisation des MAFOR

Enjeux historiques : "fertilité sols", "recyclage matières résiduelles fermes/urbaines", "innocuité"

Enjeux récents globaux

- > **Diminution intrants minéraux** : réduire dépendance, accroître part organique, mieux maîtriser les usages
- > **Intégrer la diversité** : gisements de matières premières, procédés
- > **Préservation de l'environnement** : sols, eaux, air, biodiversité, changement climatique
- > **Territoriaux** : recoupler ressources-besoins dans un contexte de spécialisation des territoires

Enjeux méthodologiques

- > **Coupler de façon temporelle fournitures d'éléments et demandes des plantes**
- > **Données disponibles** à mettre en commun et valoriser (BDD),
nouvelles à recueillir (ex contaminants émergents)
- > **Nouveaux indicateurs**



MAFOR – les digestats de méthanisation



- Variabilité des digestats --> variabilité des impacts --> Challenge
- Données sur qualité des digestats, valeur agronomique C et N --> travaux réalisés --> Réconciliation des données nécessaire
- Effets vie du sol, structure du sol --> mal connus
- Besoin de rationaliser les données et impacts par typologie de digestat



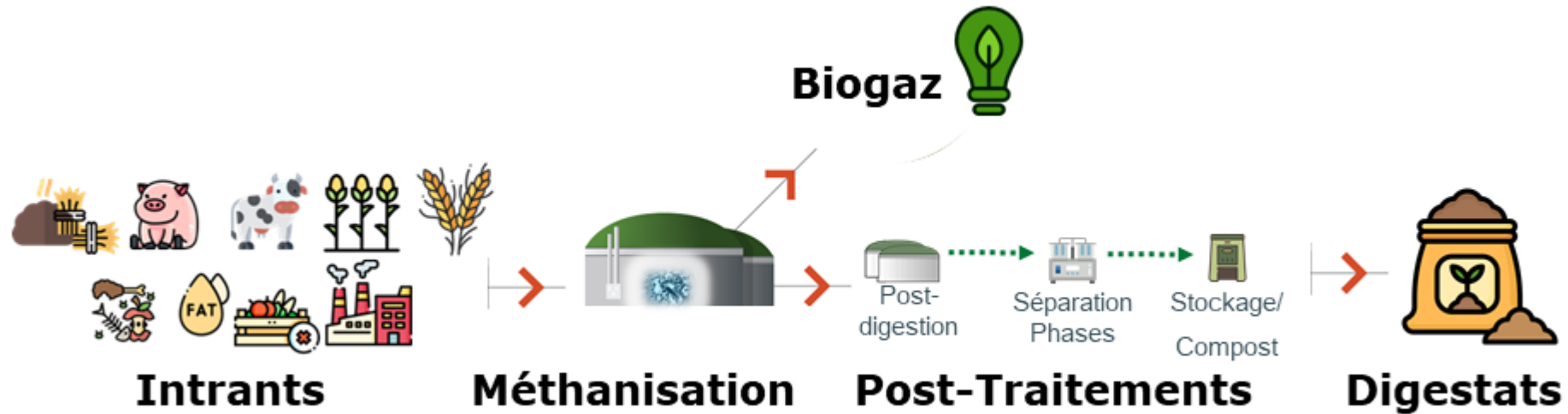
★ Projet labellisé par le RMT BOUCLAGE

2021-2024 porté par INRA-LBE et CAB

2020-2024 porté par AgroSupDijon et CAPdL

MAFOR – les digestats de méthanisation

- Sources de variabilité des digestats



MAFOR – les digestats de méthanisation



- Construction d'une base de données "digestats"

- ♣ 2006 – 2022
- ♣ 52 départements
- ♣ 165 unités de méthanisation
- ♣ 608 digestats

Collection Ferti-Dig "use of agricultural digestates"

<https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/ferti-dig>

Ferti-Dig "use of agricultural digestates"
(INRAE)

Recherche Data Gouv > Data INRAE > Experimental - Observation - Simulation > Ferti-Dig "use of agricultural digestates" >

Agricultural digestates - database of physico-chemical properties and process informations

Version 3.0

Michaud, Aurélie; Caradec, Lucille; Moreira, Mariana; Jimenez, Julie, 2023, "Agricultural digestates - database of physico-chemical properties and process informations", <https://doi.org/10.57745/10.13835>, Recherche Data Gouv, V3, UNF:6 bK14gtM7bqxprnhTbWzA== [fileUNF]

Citer le jeu de données - Pour en apprendre davantage sur le sujet, consulter le document [Data Citation Standards \[en\]](#)

Description Agricultural digestates database established in the project ADEME/GRDF FertiDig, wich considers 806 digestates, including 608 from agricultural methanisation units and 198 digestates compiled from the international literature. The following datasets are available to upload: process obtention informations, usual physicochemical properties and contaminants. French (2023-09-01)

Sujet Earth and Environmental Sciences; Agricultural Sciences

Mot-clé digestate, physicochemical property, process

Modalités d'accès au jeu de données

Contact Partager

Métriques Make Data Count (MDC) depuis 2020-07-01

1 562 consultations

210 téléchargements

0 citation



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Data in Brief

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dib



Data Article

Comprehensive dataset on the physicochemical characteristics of agrowastes digestates from anaerobic digestion

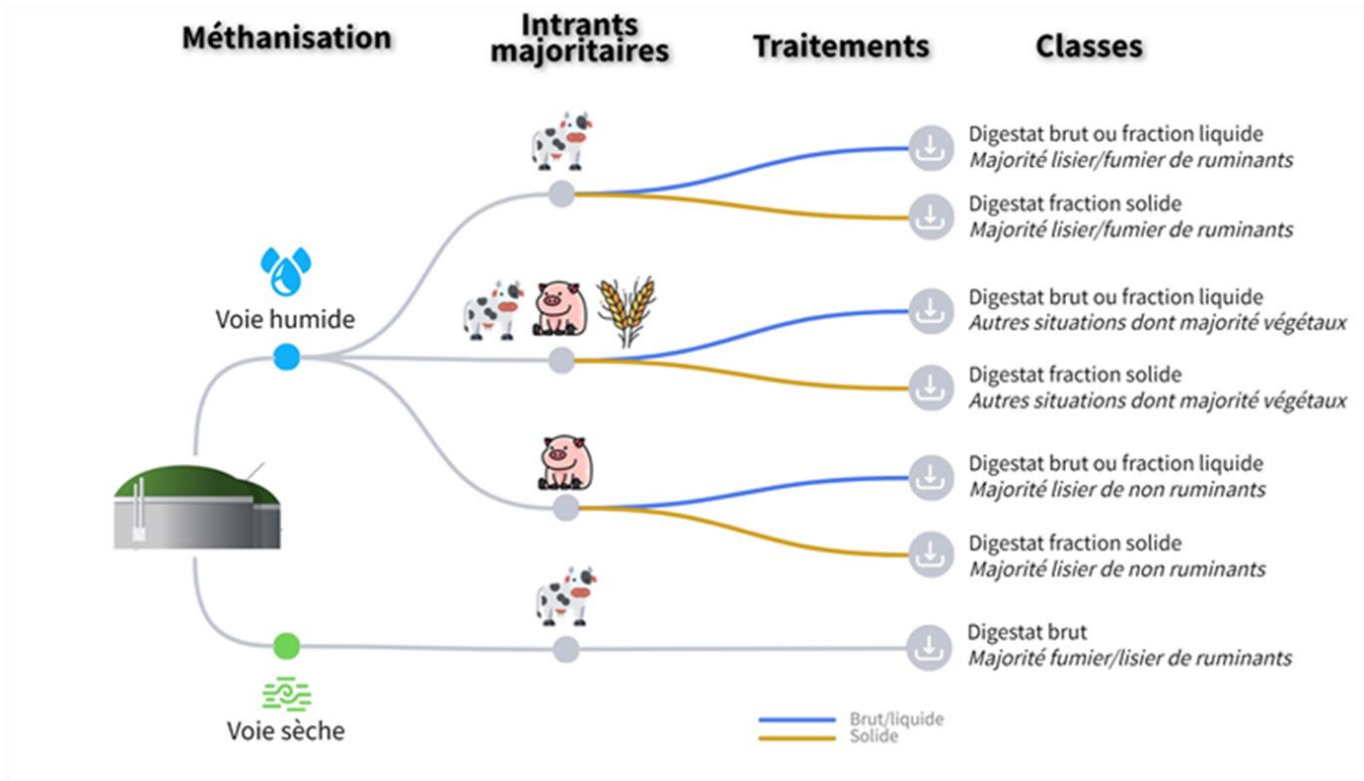


Lucille Caradec^a, Aurélie Michaud^a, Mariana Moreira^b, Ivan Desneulin^c, Sylvaine Berger^c, Dominique Patureau^d, Sabine Houot^e, Florent Levavasseur^e, Antoine Savoie^f, Julie Jimenez^{d,*}

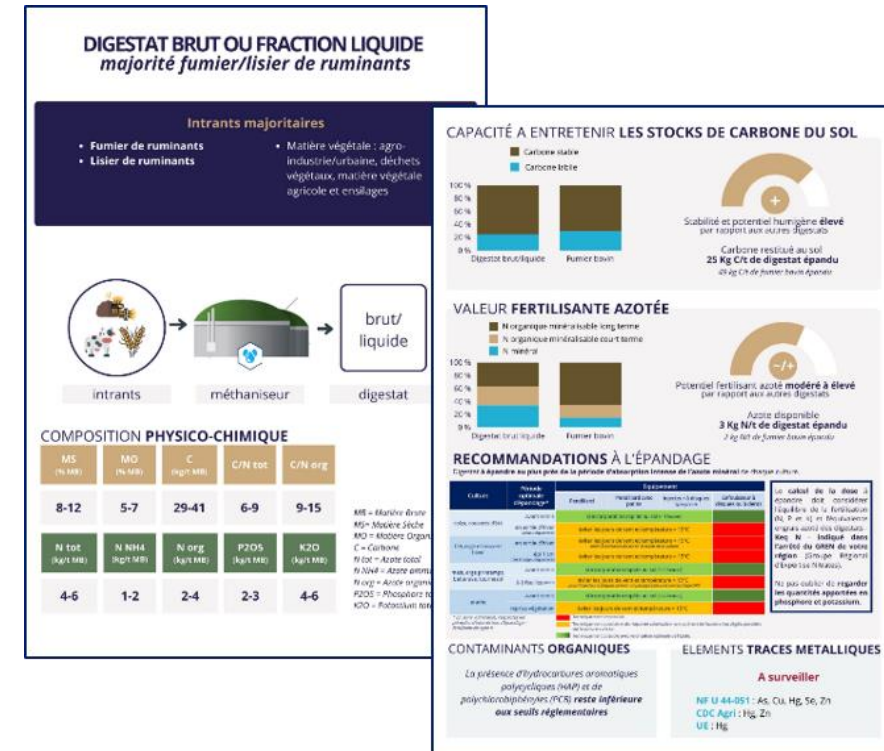


MAFOR – les digestats de méthanisation

• Typologie des digestats

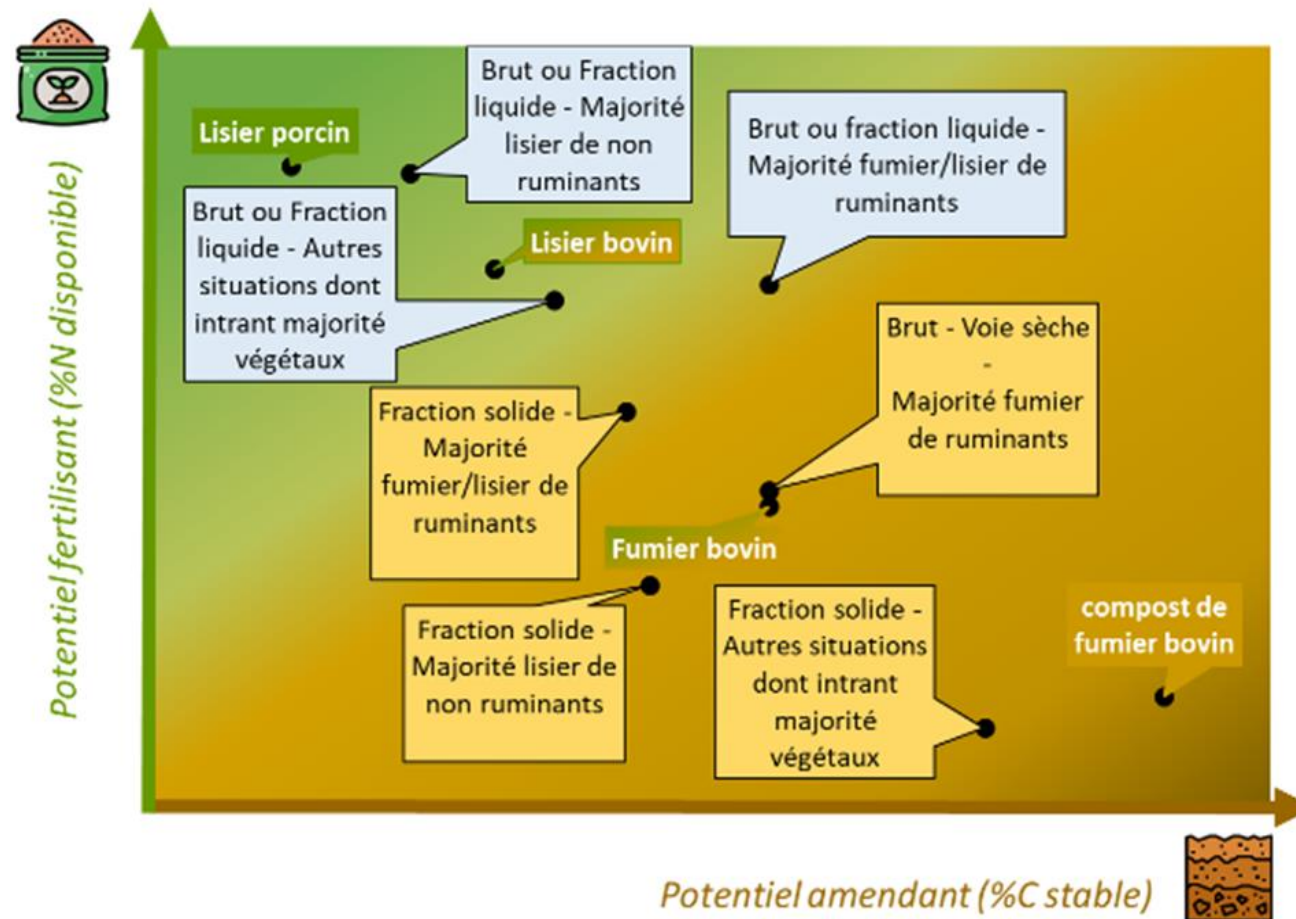


Fiches "digestat"



MAFOR – les digestats de méthanisation

- Valeur agronomique des digestats

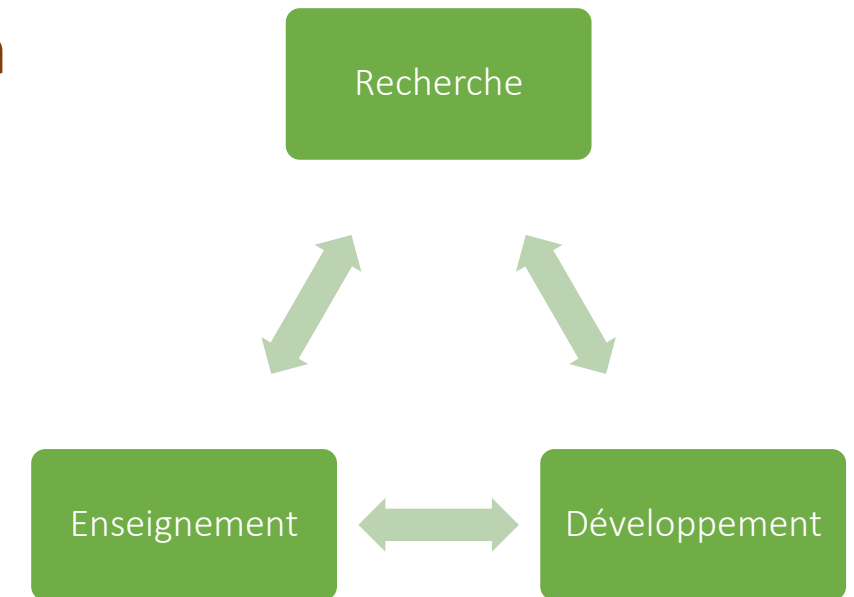


MAFOR – les digestats de méthanisation

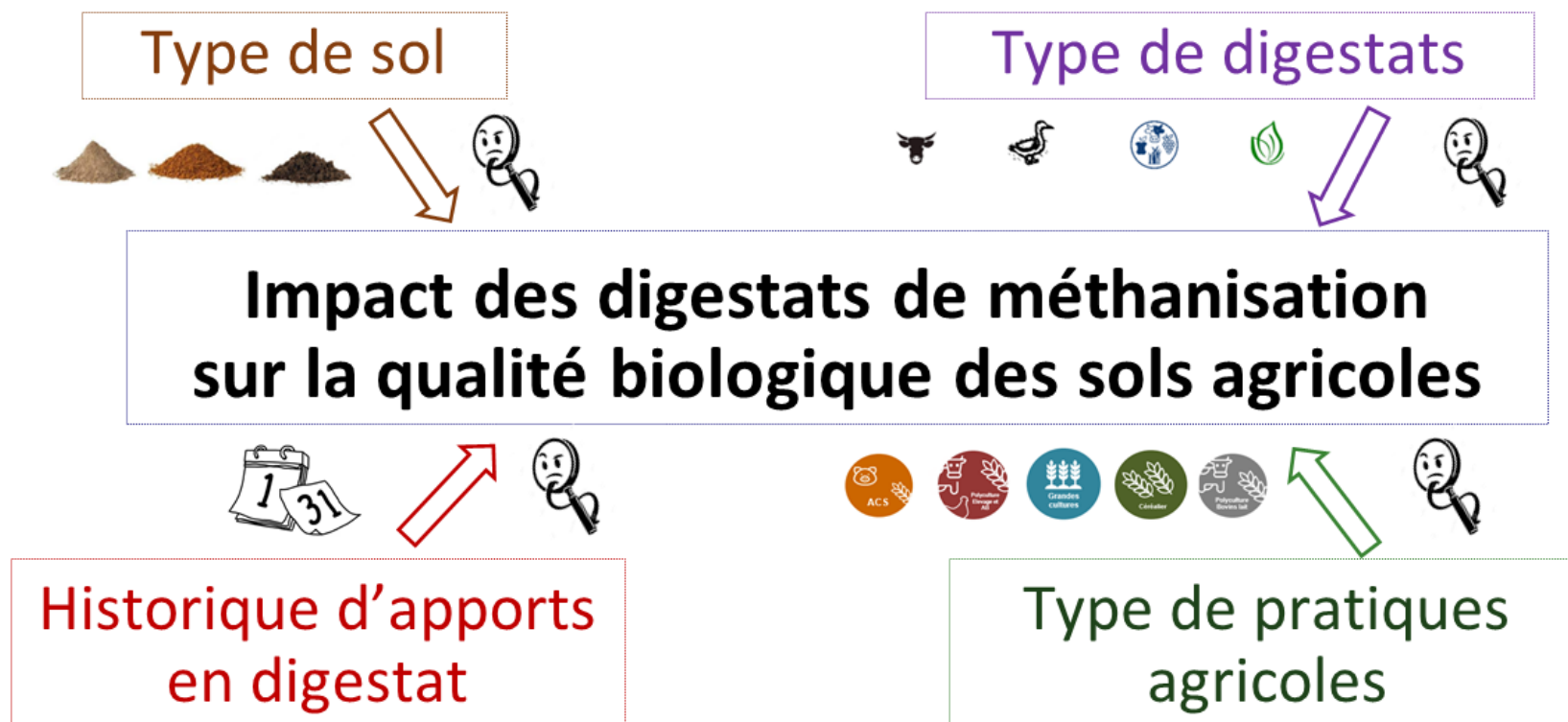
- **D'autres références acquises**

- innocuité : ETM et HAP
- coefficient d'équivalence engrais N (K_{eq} N)
- risque de volatilisation d'ammoniac à l'épandage
- fertilité physique du sol
- biologie du sol

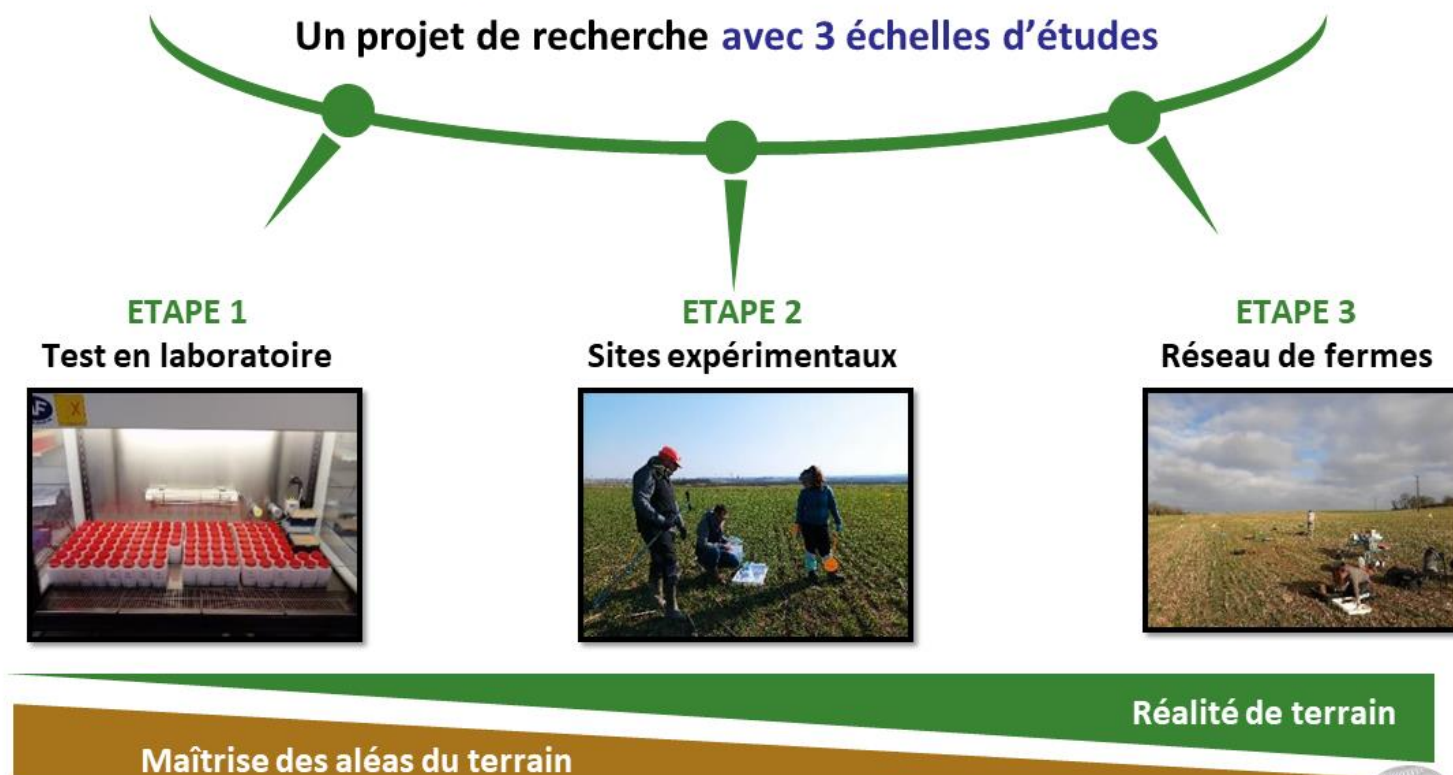
- **Un site web** sur les digestats de méthanisation



MAFOR – les digestats de méthanisation



MAFOR – les digestats de méthanisation

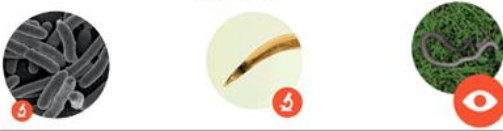


MAFOR – les digestats de méthanisation

Tableau de bord des bioindicateurs

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



Etat physique et chimique du sol 	Indicateurs des communautés biologiques du sol 	Indicateurs de fonctionnement biologique 	Indicateurs sanitaires 
❖ Structure (test bêche) ❖ Texture ❖ pH ❖ Carbone organique ❖ Rapport C/N, ❖ Teneurs en N, P, K, Mg...	Paramètres d'abondance, de biomasse, diversité taxonomique et fonctionnelle ❖ Microbiologique (bactéries, champignons) ❖ Nématodes ❖ Lombriciens	❖ Formes et quantité de carbone (RockEval) ❖ Activité de dégradation de la matière organique (LITTERBAG)	❖ Présence et diversité des pathogènes microbiens humains
INRAE	   	  	INRAE

Sur la base du CASDAR Agrinnov (2012-2015)

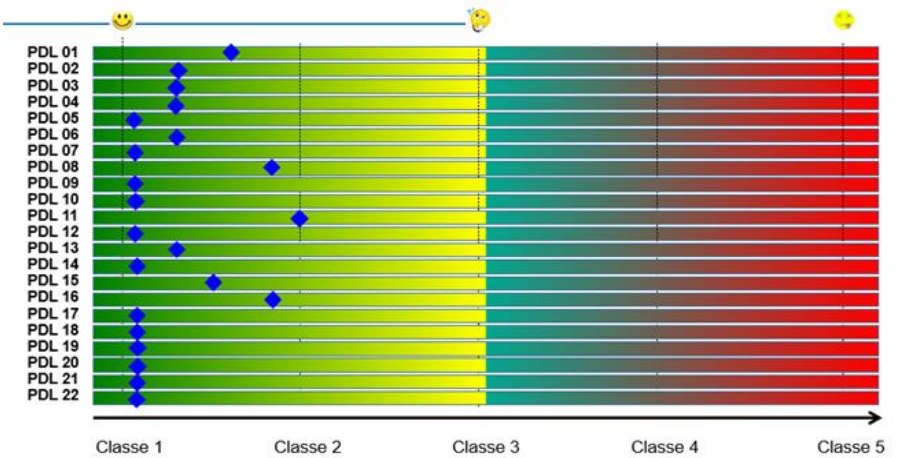
MAFOR – les digestats de méthanisation

- Des livrables recherche - développement - enseignement



Des fiches de restitution
des résultats aux
agriculteurs

Test bêche



Présentation pédagogique des résultats



Journées de restitution et
de co-construction avec les
agriculteurs

MAFOR – les digestats de méthanisation

Qsort – la méthanisation

- Un outil pour travailler les controverses autour de la méthanisation et sa place dans la transition agroécologique
- Outil souple, facile à mettre en oeuvre, flexible
 - Se positionner sur une liste de 20 affirmations
- RMT BOUCLAGE – appui pour apporter des éléments de réponse neutres, techniques, scientifiques, chiffrés sur les sujets retenus
- contribution au quiz fertiliser-avec-des-digestats.fr

QSort “Méthanisation”

Un outil pour travailler en formation les controverses autour de la méthanisation et sa place dans la transition agroécologique

	Vous devez dire si ces affirmations vous semblent plutôt vraies ou plutôt fausses... et développer un argumentaire	Moi	Petit groupe	Grand groupe
1	Les méthaniseurs permettent seulement de produire du biogaz			☒
2	La méthanisation est un procédé chimique			
3	La méthanisation entraîne toujours des nuisances pour les riverains			
4	Un méthaniseur ça risque d'exploser			
5	On peut produire du digestat avec tout type de matières			
6	Le digestat tue les vers de terre			

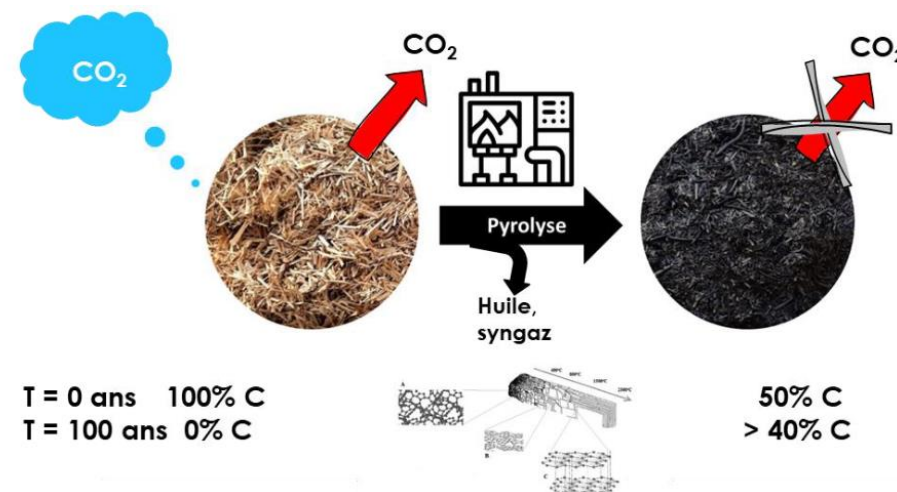
Resothem (C.Durox - lycées agricoles ([A.Gravier](#), [C.Dumas](#), [L.Le Jeanne](#), [C.Duffes](#), [I.Eraud](#), [Jf Raimbault](#))

MAFOR – d'autres produits émergents

Biochar – 80% de C stable, concentré en nutriments, poreux, alcalin...



- Bénéfices agronomiques / fertilité : dépend fortement du contexte pédoclimatique, et manque de scénario comparatif ?
- Impacts du retour au sol ?
- Quelle demande agricole ?
- Impacts du cycle de vie complet (approvisionnement, processus de pyrolyse, transport...) ?
- Concurrence sur l'usage de la biomasse, voire changements d'usages des sols ?
-



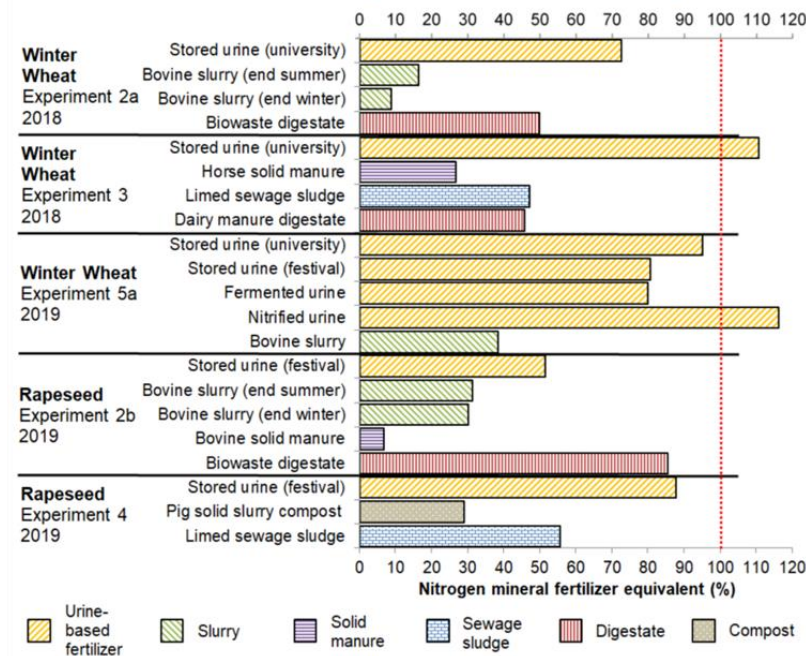
D. Houben 2024

Séminaire scientifique et débat prospectif « Le secteur agricole, un moteur de l'économie circulaire : le recyclage agricole des PRO émergents » - JA 2024

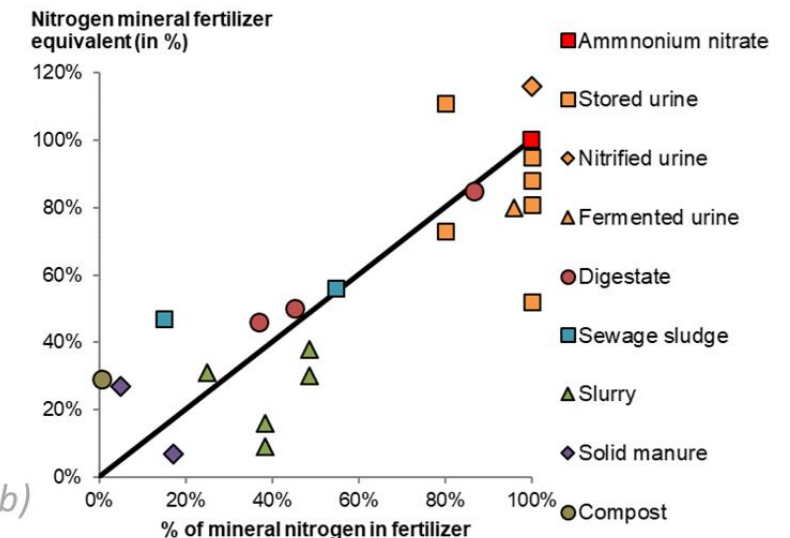
MAFOR – d'autres produits émergents

Urines humaines – riches en nutriments, forte efficacité fertilisante N

- Moyenne pour urine stockée : KEQ = 80%
- KEQ urinofertilisants proche des engrais minéraux et > engrais organiques
- KEQ N bien expliqué par la proportion de N sous forme minérale, mais réduction possible suite à volatilisation (urine stockée) ?



Martin (2020)
Martin et al. (2023b)



T. Martin 2020 et AGROCAPI
F Levavasseur JA 2024

Séminaire RMT BOUCLAGE "Recyclage des urines humaines en agriculture : efficacité agronomique et bilan environnemental de différentes filières"
Séminaire scientifique et débat prospectif « Le secteur agricole, un moteur de l'économie circulaire : le recyclage agricole des PRO émergents » - JA 2024

MAFOR – d'autres produits émergents

Urines humaines – riche en nutriments, forte efficacité fertilisante N



- ♣ Quel procédé pour réduire la consommation énergétique ?
- ♣ Comment limiter la volatilisation de l'azote ?
- ♣ Quel devenir des micropolluants organiques ?
- ♣ Lever des verrous pour le développement des filières ?



« Evaluation d'un procédé novateur de cryoconcentration : élaboration, analyse et démonstration d'un nouvel urino-fertilisant », lauréat de l'APR GRAINE 2024 de l'ADEME, porté par le LEESU (UPEC).

- établir un nouvel inventaire des filières de valorisation de l'urine en agriculture existantes et émergentes et de les évaluer.
- accompagner l'émergence des filières de valorisation de l'urine humaine les plus pertinentes en fonction des différents contextes territoriaux, en articulation avec le programme de recherche-action OCAP



PLUVALUH
PROMOUVOIR L'USAGE
ET LA VALORISATION
EN AGRICULTURE DE
L'URINE HUMAINE

"Promouvoir L'Usage et la Valorisation en Agriculture de l'Urine Humaine" FranceAgriMer 2024 de l'ADEME, porté par le LEESU (UPEC), CA Ile de France.

- contribuer à l'émergence et à la structuration des filières de valorisation des urines humaines pour la fertilisation agricole sur trois territoires démonstrateurs
- faciliter la prise de décision pour des répliques sur d'autres territoires et le passage à grande échelle.

★ Projet labellisé par le RMT BOUCLAGE

Séminaire scientifique et débat prospectif « Le secteur agricole, un moteur de l'économie circulaire : le recyclage agricole des PRO émergents » - JA 2024

MAFOR – mise en commun des données

- Caractérisation des propriétés - échelle UE

Projet EOM4SOIL - BDD références "Characterisation of Exogenous Organic Matters in EU"

Description MAFOR harmonisée, sous forme d'arborescence, avec

- Origine des matières premières (**origin**)
- Nature du procédé (**end product after process**)
- Matières premières principales (**Major raw material** considered in the EOM composition)
- Classes de matières sèches (**Dry matter classes**; 0-15%, 15-25%, 25-50%, 50-75%, > 75%)

4

A.M. Michaud, H. Van Der Smitten and L. Caradec et al./Data in Brief 60 (2025) 111585

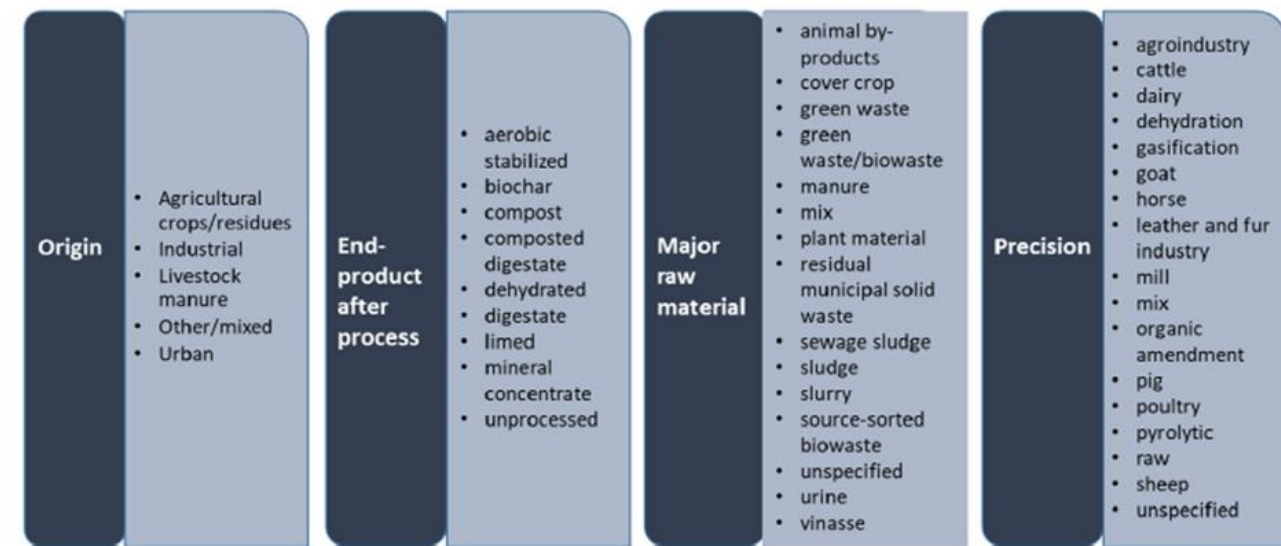


Fig. 1. Sequential EOM nomenclature, with the following information presented: origin, end-product type after process, major raw material and precision.

MAFOR : mise en commun des données

Projet EOM4SOIL - BDD références "Characterisation of Exogenous Organic Matters in EU"

- **BDD avec une centaine de MAFOR dont nouvelles MAFOR** (ex. digestats issus FertiDig, urine, biochar)
- 20 variables en moyenne par MAFOR (centaines variables renseignées)
- Accès : <https://doi.org/10.5281/zenodo.13969793>
- Datapaper Data in Brief

zenodo

[Communities](#)

[My dashboard](#)



EJPSoil_EOM4Soil: External organic matters for climate mitigation and soil health

Published November 15, 2024 | Version v2

Dataset Embargoed

EOM4SOIL - Physico-chemical characteristics of external organic matters (EOMs) database

Michaud, Aurélia (Contact person)¹ ; Van Der Smissen, Héléne (Data collector)² ;
 Tampio, Elina (Data collector)³ ; Laakso, Johanna (Data collector)³ ;
 Levvasseur, Florent (Data collector)⁴ ; Barcauskaite, Karolina (Data collector)⁵ ;
 Lasorella, Valentina (Data collector)⁶ ; Criscuoli, Irene (Data collector)⁶ ;
 Asperen, Paulien (Data collector)⁷ ; Dehaan, Janjo (Data collector)⁷ ; Jimenez, Julie (Data collector)⁸ ;
 Caradec, Lucille (Data collector)¹ ; Houot, Sabine (Project leader)⁴ 

[Show affiliations](#)

Data Article

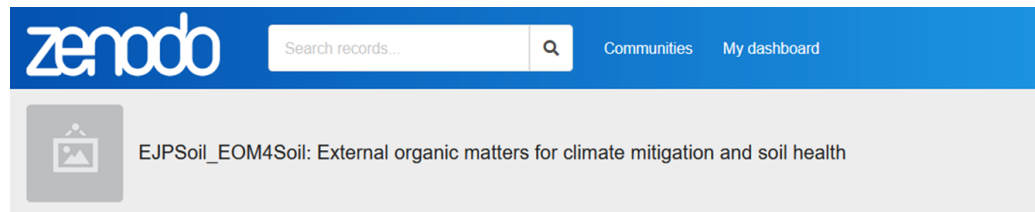
Dataset on physico-chemical characteristics of
Exogenous Organic Matters (EOMs) gathered
from various European countries

Aurélia Marcelline Michaud^{a,*}, H       Van Der Smissen^b,
Lucille Caradec^a, Elina Tampio^c, Johanna Laakso^c,
Florent Levavasseur^d, Karolina Barcauskaite^e,
Donata Drapanauskaite^e, Maria Valentina Lasorella^f,
Irene Criscuoli^f, Paulien Van Asperen^g, Janjo De Haan^g,
Julie Jimenez^h, Sabine Houot^d

MAFOR : mise en commun des données

Projet EOM4SOIL - BDD références "Characterisation of Exogenous Organic Matters in EU"

- **Outil visualisation des propriétés** (capture écran de droite)
- Entrée par MAFOR/Pays (FR, FI, BE), origine MAFOR, procédé
- Accès : <https://doi.org/10.5281/zenodo.13805742>



EOM4SOIL - Exogenous organic matter physicochemical characteristics visualisation tool - RShiny script

Caradec, Lucille (Data manager)¹ ; Tampio, Elina (Researcher)² ; Laakso, Johanna (Researcher)² ; Michaud, Aurelia (Work package leader)¹

Show affiliations

Contributors

Contact person: Michaud, Aurelia¹

Data curators:

Caradec, Lucille¹ ; Geneste, Christophe¹ ; Van Der Smitten, Helene³ ; Houot, Sabine¹ ; Levavasseur, Florent¹

Data managers: Caradec, Lucille¹ ; Michaud, Aurelia¹

Project manager: Caradec, Lucille¹

Researchers: Tampio, Elina² ; Laakso, Johanna²

Work package leader: Michaud, Aurelia¹

Show affiliations

Introduction Select EOM by Origin Select EOM by process Select EOM by Country

Choose the EOM to visualise

Select EOM Origin :
Livestock manure

Select EOM Process :
compost

Select Major raw material :
slurry

Select Raw material precision :
pig

Select % dry class :
25-50

Choose the variables to visualise

Select / Unselect all

☐ Biochemical fractionation
☐ Calcium, magnesium, sodium, sulphur
☐ Carbon, organic matter
☒ Dry matter
☒ Nitrogen
☐ pH
☐ Phosphorus, potassium
☐ Trace metals and other elements
☐ Yield components

Category	Variable	Mean	Standard deviation	Unit	Humidity	Data source (number of samples)
Dry matter	Dry mass	50.20	NA	%	Fresh matter	France (number unknown)
Nitrogen	NH4/N	0.30	NA	g.g-1	Without	France (number unknown)
Nitrogen	N_NH4	10.16	NA	g.kg-1	Dry matter	France (number unknown)
Nitrogen	N_org	22.91	NA	g.kg-1	Dry matter	France (number unknown)
Nitrogen	N total	33.47	NA	g.kg-1	Dry matter	France (number unknown)

MAFOR : gisements historiques et nouveaux

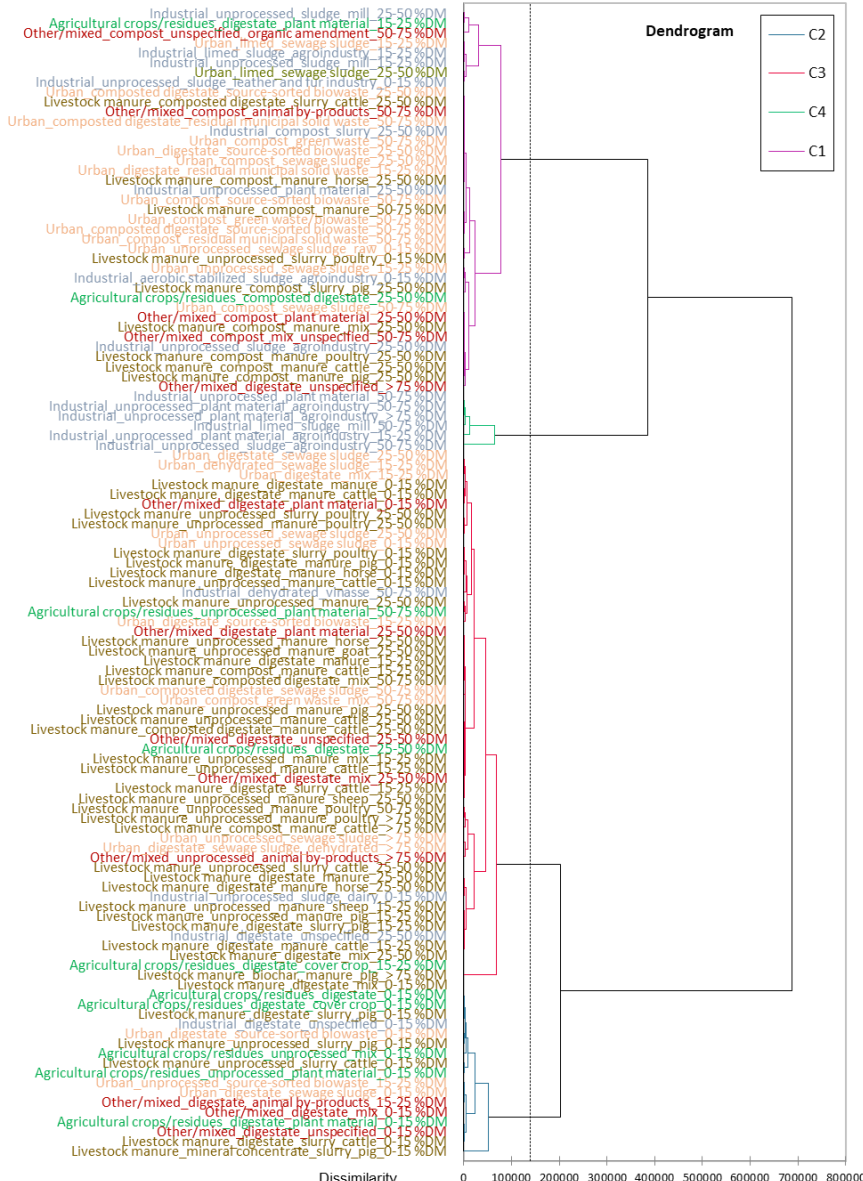
Projet EOM4SOIL – sorties BDD références

"Characterisation of Exogenous Organic Matters in EU"

1. Clustering (= classes) d'une centaine de MAFOR en fonction de leurs propriétés chimiques (CNPk, pH, Ca, Mg ; IROC, C91 et N-NH4/N) des risques éléments traces métalliques (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

2. Calculs flux apports CNPK / éléments traces métalliques pour différents scénarios apports en contextes urbain/agricole/prospectif (ex. urine)

Présentation au colloque APIVALE 03-04/12/2025, Rennes



Contaminants

GT Risques, objectifs

Mieux documenter les apports et le devenir de contaminants réglementés et émergents

Evaluer l'impact potentiel vis-à-vis des différents compartiments de l'environnement (air, eaux, sol), de la santé des écosystèmes (écotoxicologie) et de la santé humaine

Production d'une matrice avec une entrée type de "MAFOR" x risques associés

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Risques	Compartiments	Organismes cibles	Impact global	Indicateur d'effet	Gd type	Contaminants / familles	Contaminants / éléments	Dans quelle PRO / fertilisant est-ce le plus préoccupant ?	Niveau de connaissances scientifiques / écodynamiques (élevé)	Outils disponibles d'évaluation (éco)toxicité ? Méthodes (multi-critères) d'évaluation	Caractérisation danger	Caractérisation exposition	Réglementation environnementale (ex: loi sur l'eau,	Niveau de priorité	Commentaires	données mobilisables ou non (BDD, essais,
2	Environnemental	air	Animaux d'élevage	Emissions atmosphériques		biologique	Contaminants traces organiques	Cr VI	Effluents d'élevage	élevé							oui
3	Sanitaire	sol	Homme	Accumulation compartiment consommé		chimique	Eléments traces	Cr III	Effluents d'élevage	élevé	Ex: TYPOL			Loi sur l'eau			oui
4	sanitaire	sol	Animaux d'élevage	infection		biologique	pathogènes	Salmonella Sp	Effluents d'élevage	élevé	faible	élevé	élevée	RSD, Socle commun, normes SPA 2019/1009	faible		oui
5	sanitaire	Animaux d'élevage	homme	infection		biologique	pathogènes	Salmonella Sp	EE_Fientes	élevé	oui	élevé	faible	RSD, Socle commun, normes SPA 2019/1015	faible		oui
6	sanitaire	Plantes cultivées	homme	infection		biologique	pathogènes	Salmonella Sp	Effluents d'élevage	élevé	oui	élevé	faible	RSD, Socle commun, normes SPA 2019/1009	faible		oui
7	Environnemental	sol	Cultures alimentaires	Accumulation compartiment consommé		chimique	Microplastique	polyéthylène téréphthalate	Boues	faible	oui	élevé	?	non	élevé	perturbateurs endocriniens / générateur d'antimoine proposition de règlement UE de lutte contre la pollution par les microplastiques	peu
8	Environnemental	sol	Organismes non cultivés	Ecotoxicité		chimique	Microplastique	polyéthylène téréphthalate	Tous	faible	oui	élevé	?		élevé	perturbateurs endocriniens / générateur d'antimoine proposition de règlement UE de lutte contre la pollution par les microplastiques	peu
9	environnemental	air	homme	Emissions atmosphériques		chimique	particules fines	NH3	Digestats	élevé	oui	dégradation capacité respiratoire	moyen	directives nitrates, la directive Qualité de l'air 2008/50/CE et la directive IED (Industrial Emission			oui

Contaminants

SOERE PRO, support travaux de recherche, BDD EOM4SOIL

Eléments trace métalliques :

historiquement apportés par les PRO (Cd, Cu, Zn)

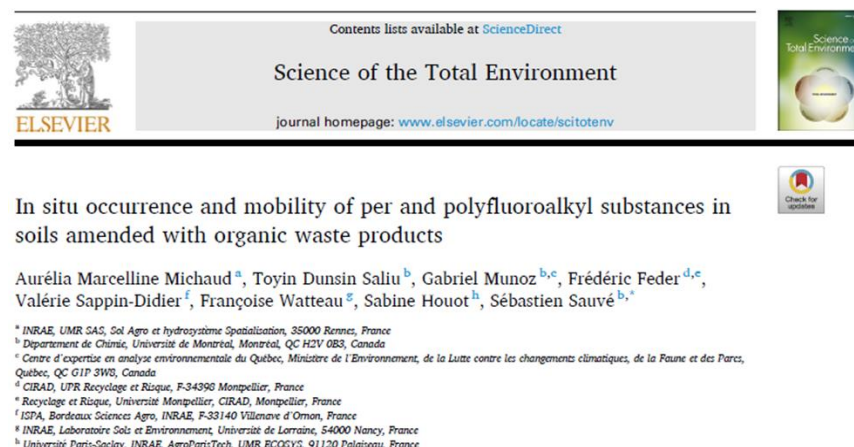
Contaminants émergents :

résidus pharmaceutiques

microplastiques,

PFAS

...



In situ occurrence and mobility of per and polyfluoroalkyl substances in soils amended with organic waste products

Aurélia Marcelline Michaud^a, Toyin Dunsin Saliu^b, Gabriel Munoz^{b,c}, Frédéric Feder^{d,e}, Valérie Sappin-Didier^f, Françoise Watteau^g, Sabine Houot^h, Sébastien Sauvé^{b,i}

^a INRAE, UMR SAS, Sol Agro et hydrosystème Spatialisation, 35000 Rennes, France

^b Département de Chimie, Université de Montréal, Montréal, QC H2V 0B3, Canada

^c Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Québec, QC G1P 3W0, Canada

^d CIRAD, UPR Recyclage et Risque, F-34398 Montpellier, France

^e Recyclage et Risque, Université Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

^f ISPA, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, F-33140 Villenave d'Ornon, France

^g INRAE, Laboratoire Sol et Environnement, Université de Lorraine, 54000 Nancy, France

^h Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECHOVIS, 91120 Palaiseau, France

HIGHLIGHTS

- Soil PFAS concentration and stock increased differently according to the type of organic waste products inputs.
- Short-chain PFACs were likely produced from precursor transformation.
- PFAS leached in waters, with majority of short-chain anionic PFACs.
- Soil/water distribution coefficients decreased with increasing water pH.

GRAPHICAL ABSTRACT

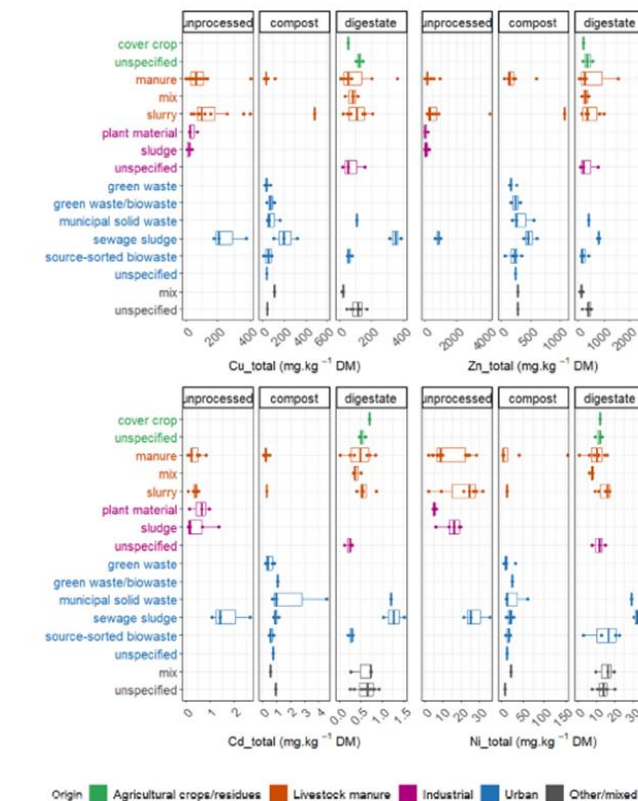
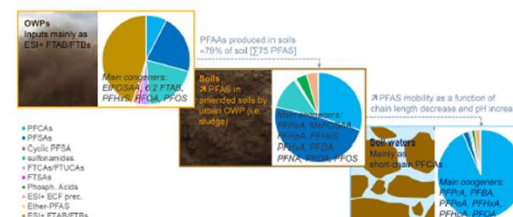


Fig. 4. Box plots for selected major variables for trace metals (copper, zinc, cadmium and nickel), according to the EOMs nomenclature, i.e. origin (agricultural crops/residues, livestock manure, industrial, urban and other/mixed origins), 3 main end-products after process (i.e. unprocessed, compost and digestates) and related major raw materials.

Bouclage des cycles des nutriments sur un territoire insulaire : projet TERO



2014 – 2032

erCane
Valoriser la ressource canne



Île de La Réunion :
territoire avec
d'importants
gisements de MAFOR
de natures diverses



Enjeux

Valoriser les éléments nutritifs

- Nourrir la culture
- Amélioration de la fertilité des sols
- Indépendant en P si bonne valorisation des Mafor

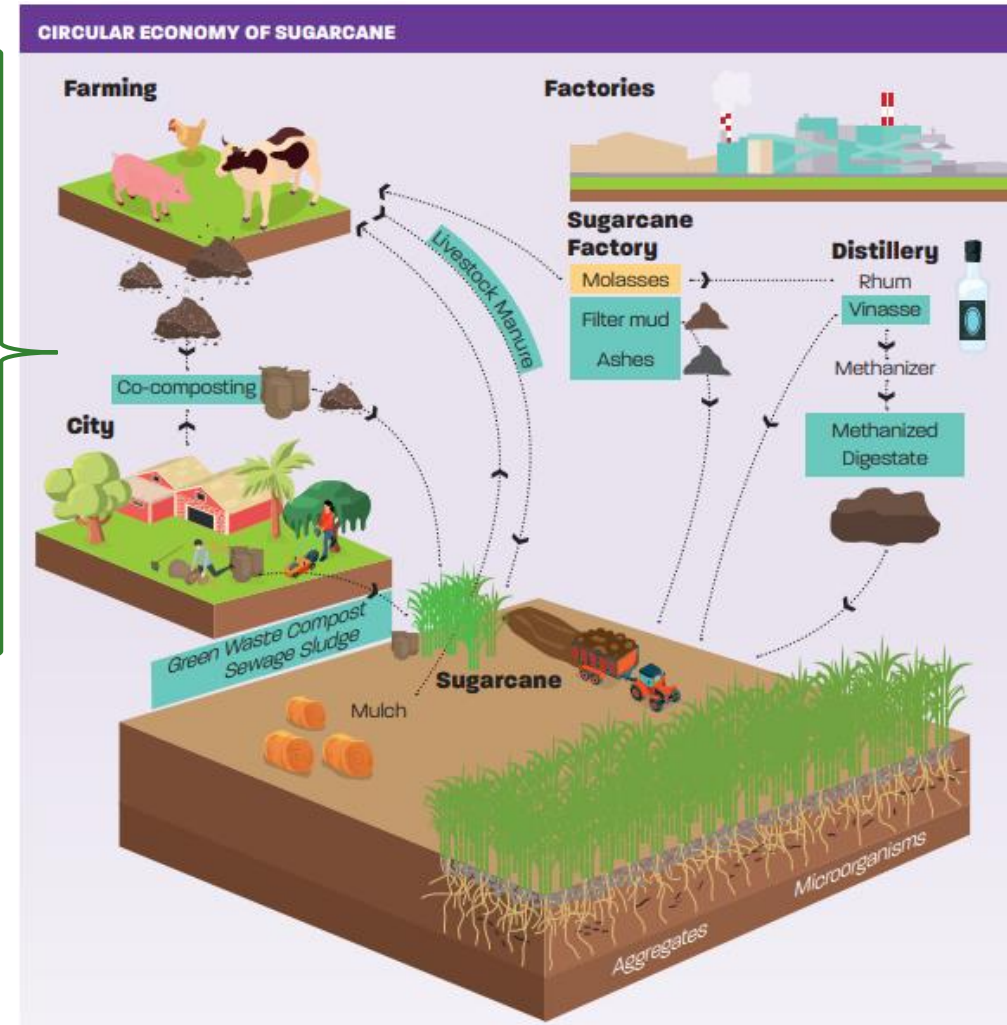
Réduire la dépendance aux engrais importés

Préservation de l'environnement

- Eau
- Sol
- Air

Réchauffement climatique

- Stockage de carbone dans les sols



★ Projet labellisé par le RMT BOUCLAGE

Objectifs du projet TERO et essais

Azote

Caractériser plusieurs Mafor utilisées en culture de canne à sucre

Calculs CAU et Keq N

Distinguer effets directs et arrières effets

Effet sur la fertilité du sol

Conseiller les planteurs

Effet sur l'enherbement

Support de nombreuses actions de transfert

Appui à la recherche scientifique (plusieurs thèses s'appuient sur les résultats des essais)



Agricole

- Fumier de volailles
- Lisier de porcs
- Compost de Camp Pierrot
- Fientes de poule granulées



Agro-industrielle

- Ecume de sucrerie
- Digestat de méthanisation de vinasse de distillerie



Urbaine

- Compost de déchet vert
- Boue de STEP



La Mare (Sainte-Marie)

EST (Saint-Benoît)

CFPPA (Piton Saint-Leu)

SUD (Saint-Louis)

4 essais,
2 cycles de 7 ans
soit 14 ans d'essai

15 à 24 modalités,
3 répétitions



ercane

Co-conception d'un scénario de valorisation des biomasses dans une démarche d'économie circulaire, à la Réunion : projet CONVER

CONVER

CO-CONception d'un scénario de Valorisation des biomasses
dans une démarche d'Economie circulaire

2019 - 2023



frca



★ Projet labellisé par le RMT BOUCLAGE

- Projet de **recherche participative** visant à raisonner :
 - i) les conditions de **traitement des déchets verts (DV) urbains** et des **effluents d'élevage** afin de **fournir des matières organiques** (paillage, amendements et fertilisants) pour les **éleveurs et les agriculteurs**
 - ii) les **modalités d'organisation collective** permettant une **gestion efficiente des flux de matière**.

Enjeu d'économie circulaire via le recyclage des déchets et la valorisation efficiente des ressources locales

=> **réduire la dépendance de la Réunion aux importations d'intrants chimiques et organiques** et à offrir des amendements et fertilisants nécessaires à la mise en œuvre d'une transition agroécologique.

Actions mises en œuvre dans le projet Conver

Elaboration d'un diagnostic

Volet 1

Construction d'un scénario de transition agroécologique pour le territoire

Volet 2

Expérimentation à la ferme

Volet 3

Evaluation des scénarios de co-compostage à l'échelle du territoire

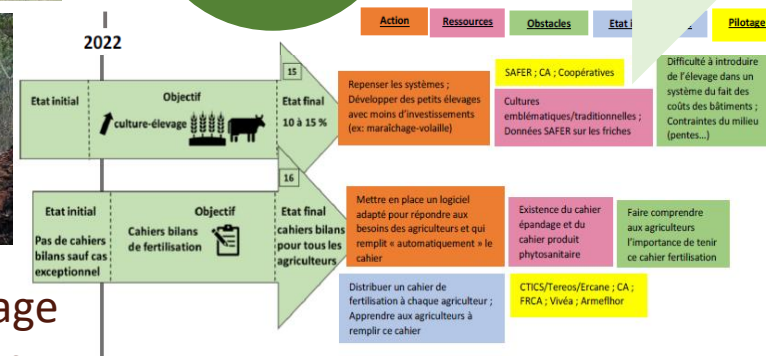
Volet 4



Ateliers participatifs mobilisant l'ensemble des parties prenantes



Mise au point de co-compostage et test maraichage et prairies



CONVER

CO-CONception d'un scénario de Valorisation des biomasses dans une démarche d'Economie circulaire

ILEVA

cirad

Réalisations :

- 1 scénario de transition agroécologique pour le territoire de Saint-Joseph co-construit avec les acteurs clés du secteur agricole : outil de réflexion et de discussion pouvant être mobilisé pour élaborer une feuille de route des orientations de l'agriculture du territoire
- Des ressources pour les agriculteurs (par ex : Petit guide du compostage à la ferme)



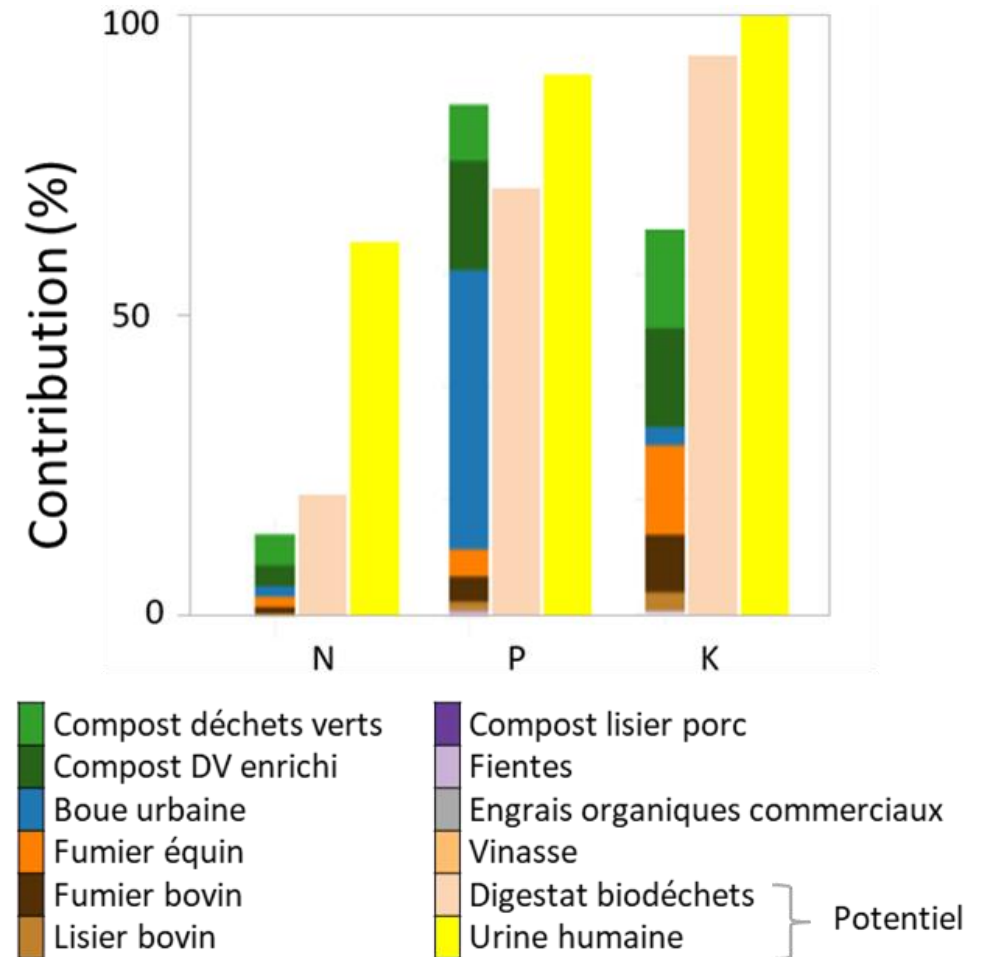
Travaux conduits par EcoSys à l'échelle territoriale : Levavasseur et al. "Gisements sur la plaine de Versailles"

Plaine de Versailles : 11 000 ha à proximité de Paris



- Contribution potentielle mineure aux besoins en N du territoire, mais importante en P et K
- Des potentiels additionnels identifiés (méthanisation de biodéchets, urine)

Contribution des PRO produits en plaine de Versailles aux besoins en fertilisants (adapté de Moinard et al., 2021)

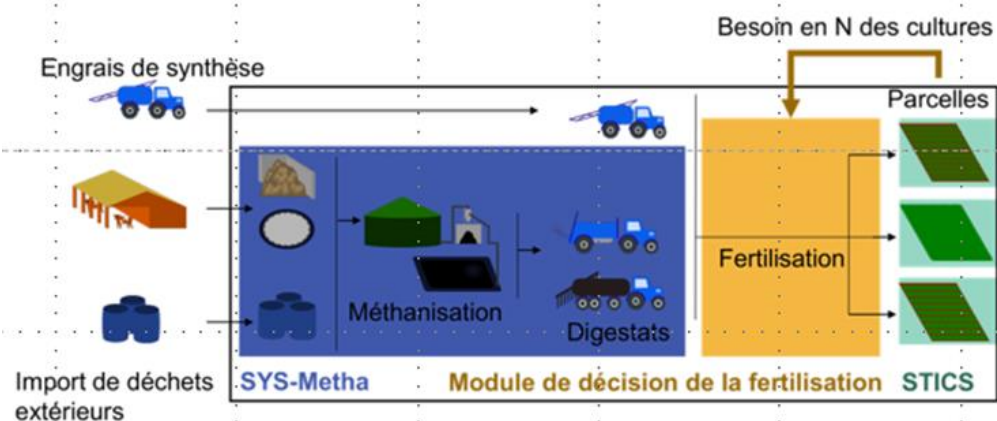


Travaux conduits par EcoSys à l'échelle territoriale : Levavasseur et al.

"Modélisation territoriale gestion des PRO, exemple méthaniseur"

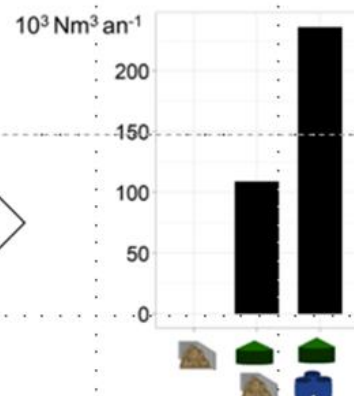
Insertion d'un méthaniseur à l'échelle d'une ferme

(Moinard, 2021)

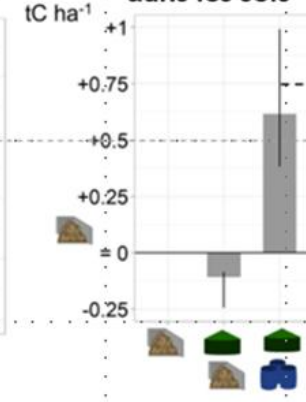


Chainage du modèle de méthanisation SYS-Metha, de règles de décision et du modèle sol-culture STICS

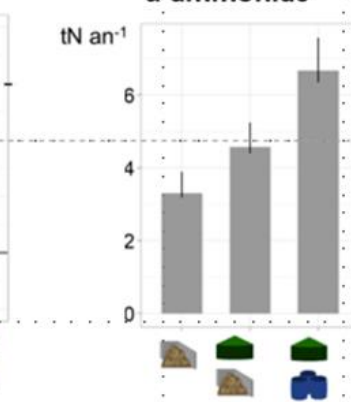
Production de biogaz



Stockage de C dans les sols



Volatilisation d'ammoniac



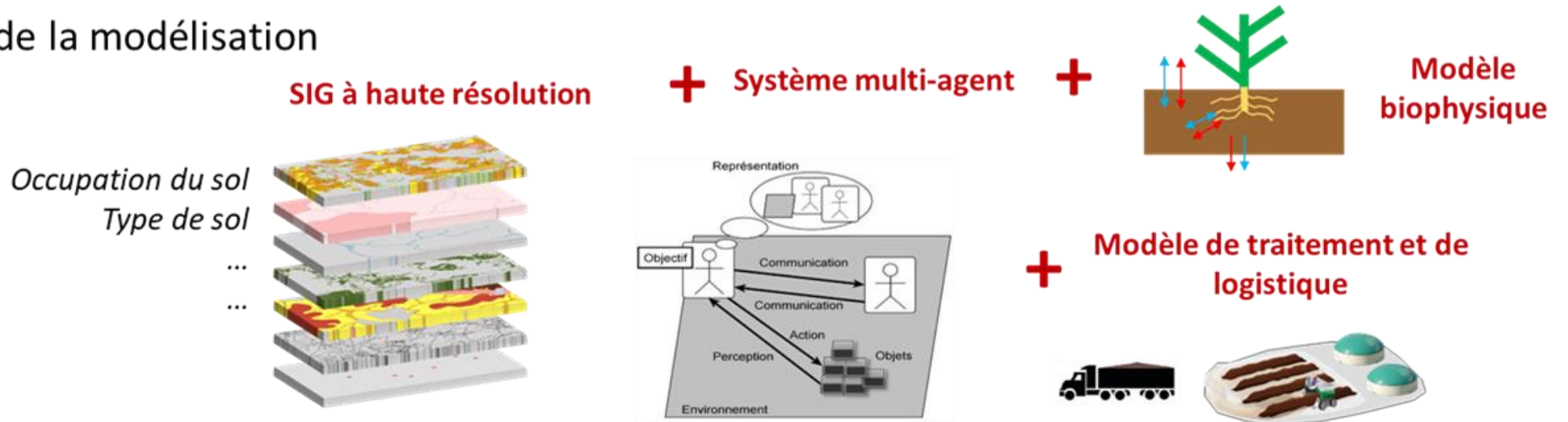
Résultats moyens simulés à l'échelle ferme

- Fumier / lisier bruts
- Fumier / lisier méthanisés
- Fumier / lisier méthanisés + déchets organiques importés

Travaux conduits par EcoSys à l'échelle territoriale : Levavasseur et al. "Modélisation territoriale avec la plateforme MAELIA"

- Impossibilité de mesurer tous les flux à l'échelle ferme / territoire
- Difficulté de tester des scénarios de pratique / traitement des PRO
- Prise en compte explicite de la variabilité spatiale du territoire (sols...)
- Prise en compte des règles de décisions des acteurs du territoire et des interactions entre acteurs

→ Intérêt de la modélisation



Principe de la plateforme de modélisation MAELIA (Misslin et al., 2022)

Ouverture à des systèmes moins étudiés : exemple d'un OAD de gestion du phosphore et du potassium en AB via les apports de MAFOR

PhosphoBio

2020 - 2024

Le Phosphore comme élément clé de la fertilité des sols en Agriculture Biologique (AB) : conception d'outils de diagnostic et évaluation de leviers d'action pour l'améliorer et la gérer durablement

Projet labellisé par le RMT BOUCLAGE

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION

Liberté Égalité Fraternité



Calculette « PhosphoBio » (calculette de gestion du phosphore en agriculture biologique)

=> Calcul de bilans PK à la rotation tenant compte des apports organiques, estimation de l'évolution des teneurs en P et K du sol et conseil de fertilisation

à destination des agriculteurs et de leurs conseillers, disponible gratuitement sur simple demande

Calculette Phosphobio

Pourquoi une calculette de gestion du P adaptée à l'AB ?

- Produits disponibles NPK
- Produits fertilisants P disponibles en AB
- Produits uniquement P ou riche en P
- P très peu soluble
- Choix !

Nécessite une approche globale NPK et une gestion à la rotation

Peu utilisés

+ des références adaptées à l'AB, issues des différentes actions du projet Phosphobio

Démarche

- Descriptif de la parcelle : rotation et caractéristiques du sol
- Estimation de la teneur en P à l'issue de la rotation avec les apports prévus
- Positionnement des teneurs P initiales et finales par rapport aux seuils critique ou de vigilance

(Seuils établis en fonction de l'exigence de la rotation)

Risque de perte de rendement liée à une carence en P

Seuil critique : 15 ppm

Seuil de vigilance : 25 ou 50 ppm

À faire en fonction du positionnement Teneur P initiale

Apports en P préconisés sur la rotation

4. Conseil : préconisation de fourchettes d'apport en fonction du diagnostic, évaluation du coût et des apports en N associés

PhosphoBio

Conclusions et perspectives

Aller au bout :

- **Appropriation** des résultats des projets terminés
- **Mise à jour** et alimentation des sites/outils/BDD créés
- **Valoriser les références** acquises dans les modèles et outils existants

Aller plus loin :

- **Dans la caractérisation de la valeur agronomique**
 - **Evaluer les effets au champ**
 - Mieux prendre en compte le **couplage spatial et temporel** entre le **retour des éléments au sol via les MAFOR** et les **besoins des plantes** dans un **contexte mouvant** (réglementaire, géopolitique, climatique) :
 - Renforcer les **approches territoriales** pour connecter gisements de MAFOR et bassins de culture
 - **Intégrer l'évolution climatique** dans les **modèles de minéralisation des MAFOR**
- **Dans la caractérisation des MAFOR émergentes ou peu documentées**
 - **Quantifier les gisements et l'intérêt agricole**
 - **Identifier les risques** (contaminants émergents) **et opportunités**

