

## *Présentation des posters des îlots 4 et 4bis*

# Matières fertilisantes

Nombre de posters : 20



Questionnements  
environnementaux

Tensions sur l'accès  
aux fertilisants

*Les déchets des uns deviennent les matières premières des autres.*

Nouvelles filières

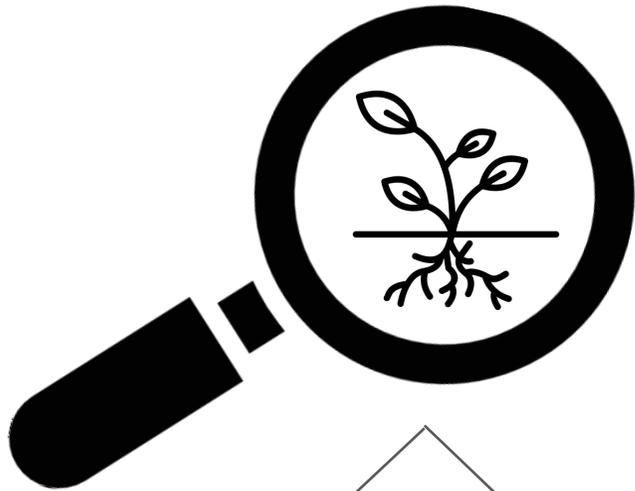


Nouvelles techniques

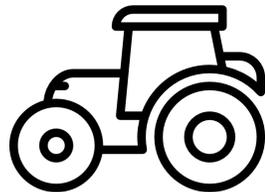
Nouvelles matières fertilisantes



Acquérir des données

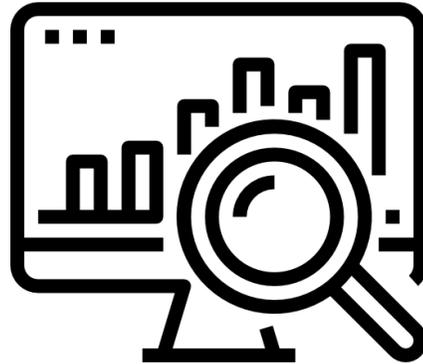


Nouvelles  
matières

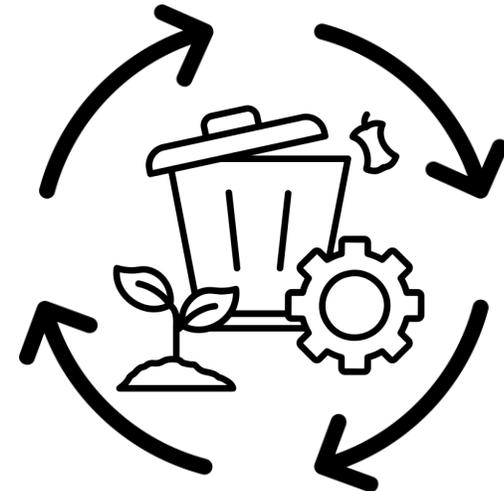


Nouvelles  
pratiques

Centraliser les données



Structurer des filières



## Centraliser les données






### QUELLES SONT LES CONSEQUENCES DU NOUVEAU REGLEMENT UE 2019/1009 SUR LA QUALITE D'UN PRODUIT FERTILISANT ISSU DU TRAITEMENT DES EAUX USEES ?

Mathilde Blanc, Marie Castagnet, Jean-Philippe Bernard, Chambre Interdépartementale d'Agriculture 1779 et Chambre d'Agriculture 34  
mathilde.blanc@cmisa.chambres-agglo.fr

Le projet WALNUT cherche à valoriser les nutriments contenus dans les eaux usées traitées en stations d'épuration en proposant des alternatives à l'épandage des boues d'épuration, jugées stigmatisantes. La CIA1779 testera au champ un nouvel engrais conçu à base d'algues ayant servi à épurer des eaux industrielles.

**Objectifs:** A travers ce projet, l'enjeu est de se repérer dans un nouveau cadre législatif européen pour ces nouvelles matières fertilisantes.

**De nouvelles règles de qualité des fertilisants**  
Le règlement UE 2019/1009 du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE est entré en vigueur le 16 juillet 2022. Les règles de qualité harmonisées applicables aux fertilisants en UE sont les suivantes :

teneur en contaminants inférieure aux limites spécifiées	
interdiction de certaines substances	
teneurs minimales ou maximales en éléments nutritifs essentiels pour les cultures	N P K
utilisation de formes appropriées d'éléments nutritifs selon les besoins des cultures	
clarté des informations concernant la composition du fertilisant sur l'étiquetage	
spécifications concernant la capacité de rétention d'eau, la porosité, le pH, l'innocuité, l'origine des matériaux et les caractéristiques physiques des supports de culture	

NOM DU PRODUIT

TYPE DE PRODUIT, contenu nutritif, principaux éléments présents

Teneurs en éléments nutritifs déclarés en masse

Ingrédients

Instructions d'utilisation

Conditions de stockage recommandées

Informations sur la sécurité et l'environnement

Informations complémentaires

Poids net, forme du produit, date de production

CE

Organisme notifié n° : XX XX XX XX

Nom et coordonnées de l'entreprise

Numéro de type, numéro de lot ou autre élément permettant l'identification du produit

Illustration d'une étiquette type pour un fertilisant issu du traitement des eaux usées, conforme au règlement (UE) 2019/1009. Cette étiquette est fournie à des fins de démonstration et ne correspond pas à une étiquette réelle de produit commercial.

**De nouvelles obligations pour les producteurs de fertilisants**  
Les obligations des producteurs de fertilisants sont :

- conformité aux exigences du règlement
- notification à l'autorité compétente et éventuellement déclaration de conformité
- gestion des déchets et des emballages

L'évaluation de la conformité est faite directement par le producteur ou par un organisme extérieur.

**Harmonisation des règles de contrôle**  
Les Etats membres désignent une autorité notifiante qui est responsable de l'évaluation et de la notification des organismes d'évaluation de la conformité, et du contrôle des organismes notifiés.

**CONCLUSION** Le règlement européen 2019/1009 sur les matières fertilisantes et supports de culture permet une harmonisation des règles de qualité, de certification et de contrôle, en plus de la réglementation nationale. Les nouveaux produits développés dans le cadre du projet WALNUT devront répondre à ces exigences et à celles d'autres réglementations, comme la réglementation REACH sur l'Enregistrement, l'Évaluation, l'Autorisation et la Restriction des produits Chimiques. Une révision du règlement est prévue pour pouvoir y intégrer notamment les fertilisants issus du traitement des eaux usées.

**16<sup>e</sup> Rencontres Comifer-Gemas : 21-22 novembre 2023 – Tours**

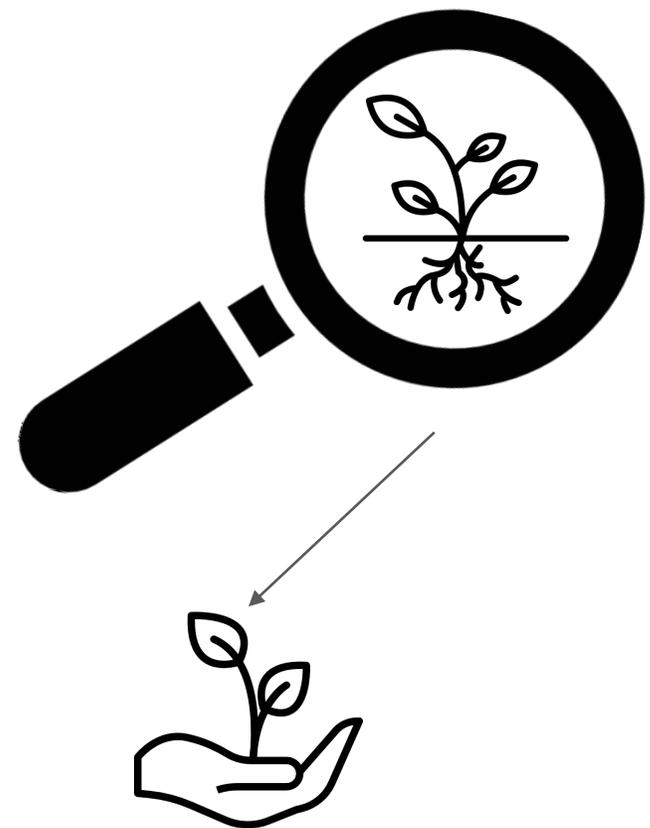



The project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101019702.

Auteur : Mathilde  
Blanc  
Poster n°28



# Acquérir des données



# Nouvelles matières

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
Liberté  
Égalité  
Fraternité

ifce  
Institut Français  
du Cheval  
et de l'Équitation

FERTILISER, AMENDER vos SOLS  
AVEC DU FUMIER ÉQUIN

Pauline DOLIGEZ  
SABERCHICHAT  
SAYACHARTRAINE  
MÉNEZ AUBRIOT  
CANTINÉ LE BOUIN  
Séba MARCHONCEY  
Trotteur français chouchou et éducation  
Léane TEL Laboratoire d'analyse  
Arvallis - Institut végétal LDAR Laboratoire  
Océane TROTTIER Institut de Recherche I2C

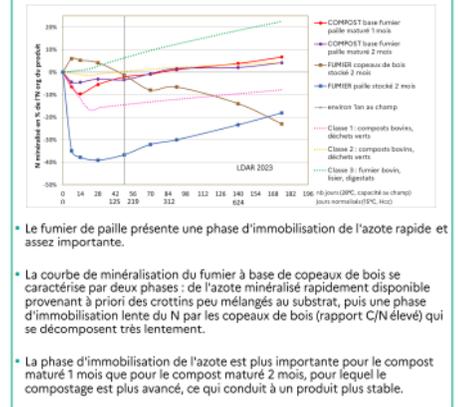
www.ifce.fr

## CARACTERISTIQUES DE FUMIERS ET COMPOSTS ÉQUINS

VALEURS AGRONOMIQUES

Moyenne +/- écart type	Fumier de paille (Lano-Doligez 2021)	Fumier de copeaux de bois (Lano-Doligez 2021)	Fumier de litière carton (Equifurmer 2022)	Compost de fumier paille (Lano-Doligez 2021)	Compost fumier paille + copeaux de bois (Equifurmer 2022)	Compost fumier copeaux + déchets verts (Equifurmer 2022)
Nb échantillons	75	12	1	85	1	1
pH (eau)	8,0 +/-0,6	8,0 +/-0,6	7,1	7,9 +/-0,5	8,3	8,2
MS (g MS)	36,9 +/-18,8	36,5 +/-10,0	43,1	40,4 +/-12	36,1	43,4
MO (g kg MS)	259 +/-151	279 +/- 88,2	361	170 +/- 62	244	292
C/N	24,5 +/-12,1	41,4 +/-16,2	26,7	13,3 +/-4	19	20
N tot (g kg MS)	5,8 +/-2,3	3,6 +/-1,3	6,8	6,8 +/-2,4	6,2	7
N-NH <sub>4</sub> (g kg MS)	0,12 +/-0,14	0,2 +/-0,1	0,7	0,11 +/-0,12	/	/
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g kg MS)	3,2 +/-1,3	2,1 +/-0,9	2,5	4,3 +/-1,8	3,4	3,4
K <sub>2</sub> O (g kg MS)	9,3 +/-4,7	5,2 +/-2,1	15,3	10,1 +/-5,5	9	7
CaO (g kg MS)	7,9 +/-4,4	4,4 +/-4,1	12,6	15,0 +/-12,2	16,6	27,2
MgO (g kg MS)	1,7 +/-0,7	1,0 +/-0,4	1,9	2,8 +/-1,3	2,4	3,8
SO <sub>4</sub> (g kg MS)	1,5 (n=1)	1 (n=1)	/	4,2 (n=2)	/	/
ISMO (g MS kg MS)	35,1	115,5	/	165,8	/	/
Pouvoir méthanogène	220	85	/	/	/	/

## CINÉTIQUES DE MINÉRALISATION N



## RÉSIDUS MÉDICAMENTEUX

Traces de molécules anthelminthiques dans des composts (n= 24) issus d'élevages pratiquant la vermifugation systématique (Begue 2019)

Molécules recherchées par chromatographie (LCMSMS) – Labéon 2019 (Begue et al 2021)	Nb d'échantillons analysés	Quantité détectée/échantillon µg/kg matière brute
Avermectines (6 molécules)	0/24	
Benzimidazoles (14 molécules)	4/24	89,25   >375 89,25   80,51
Benzimidazoles Oxibenzimidazole	1/24	300
Benzimidazoles Pyrantel	5/24	47,11   149,83   >150 101   >150

- Peu de donnée de références d'écotoxicité dans le sol pour les anthelminthiques
- Pas de valeurs de références d'écotoxicité pour les matières organiques apportées au sol
- Utilisation systématique de vermifuges dans les élevages = Impact écotoxicologique potentiel sur les sols

## PLATEFORME D'ÉCHANGE PRODUCTEURS/VALORISATEURS

Cartographie de gisements de fumier disponibles en France

Fiches techniques et réglementaires sur la gestion et l'utilisation du fumier équin

Témoignages de solutions de valorisation (posters et vidéos)

Outils d'aide à la décision

Synthèses d'études et données

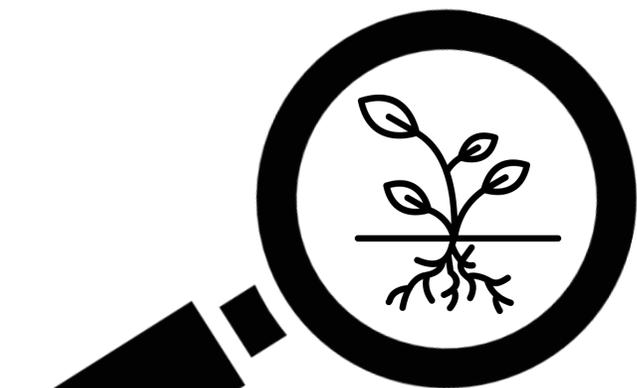
Conclusion :

- Le fumier équin (brut ou composté) possède une forte valeur amendante avec des teneurs en matière sèche, en P et K et un C/N élevés.
- La minéralisation de la matière organique des différents substrats équins est lente et les ISMO sont élevés.
- Les effluents équins représentent des amendements organiques intéressants pour apporter du Carbone et de la matière organique aux sols agricoles. Ils devront être épandus en amont des semis de culture ou comme fumure de fond pour les prairies.
- La pratique d'une vermifugation raisonnée en limitant le nombre annuel de traitements des animaux permet de limiter l'impact écotoxicologique potentiel sur le sol par l'épandage d'effluents d'élevage.

Auteur : Pauline Doligez  
Poster n°35



# Acquérir des données



# Nouvelles matières

## AMENDEMENT DES SOLS PAR APPORT DE COMPOSTS DE BIODÉCHETS PRODUITS EN MARAÎCHAGE BIOLOGIQUE



P. Cannavo<sup>1</sup>, A. Herbreteau<sup>1,2</sup>, D. Juret<sup>3</sup>,  
M. Martin<sup>4</sup>, R. Guénon<sup>4</sup>

REPUBLIQUE FRANÇAISE

L'INSTITUT agro Rennes-Angers  
Unité propre de recherche Etoir

COMPOST VERT

envie

<sup>1</sup>Institut Agro, EPHOR, 49000 Angers, France  
<sup>2</sup>Université de Lorraine, INRAE, LSE, LIEC, F-54000 Nancy  
<sup>3</sup>Coopérative Compost In Situ Pays de la Loire, 49000 Treizeas, France  
<sup>4</sup>ENVIE ZE 49 SAS, 49000 Angers, France





### CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE, OBJECTIFS

- Tri à la source des biodéchets obligatoire pour les collectivités territoriales ainsi qu'aux acteurs publics et privés, et aux particuliers dès 2024 (L541-21-1 code de l'environnement),
- Le compostage et l'amendement des sols agricoles représente une piste de valorisation,
- La coopérative Compost In Situ collecte les biodéchets et réalise le compost à même le sol en bout de parcelle chez les agriculteurs.

⇒ La qualité de ces composts et leur acceptabilité par les agriculteurs est questionnée

**Objectifs :** (1) Caractériser les propriétés agronomiques de 2 composts à base de biodéchets et les comparer à un compost de déchets verts, (2) Evaluer les effets à court terme sur la qualité agronomique de 2 sols contrastés et la production de 3 cultures légumières.

### MATÉRIELS & MÉTHODES

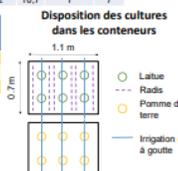
- 2 sols S1 et S2, pauvres en MO. S1 texture plus grossière
- 3 composts. C1 à base de déchets verts, C2 et C3 constitués de déchets verts et de biodéchets (50:50 vol.). C1 et C2 fabriqués par Compost In Situ, C3 issu de la concurrence et normé NFU 44-051
- Expérimentation à l'Institut Agro à Angers en conteneurs de 460 L
- 8 substrats : 2 sans composts (S1C0, S2C0) et 6 mélanges sol-compost (S1C1, S1C2, S1C3, S2..., S2..., S2...)
- Dose apport de compost : 100 t MS ha<sup>-1</sup>
- Irrigation goutte à goutte, 1 L h<sup>-1</sup>, 2 x 15 minutes par jour
- 3 espèces légumières : laitue (*Batavia Olana*), radis 18 jours, pomme de terre Princesse Amandine.
- Plantation le 9 mai 2022
- Analyse à la récolte : biomasse, teneurs en macro et oligo-éléments, ETM
- Analyses de sol (21 juillet 2022, 3 mois après mélange) : analyses agronomiques standard, propriétés physiques, ETM

Matériau	Sols		Compost C1		Compost C2		Compost C3	
	Sable (g kg <sup>-1</sup> )	Argile (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	C.org (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	C.org (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	C.org (g kg <sup>-1</sup> )
S1	655	96	227	6,3	21	12	9,9	1
S2	559	301	118	6,9	21	12	10,7	1

Matériau	Sols		Compost C1		Compost C2		Compost C3	
	MO (g kg <sup>-1</sup> )	C.org (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	C.org (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	C.org (g kg <sup>-1</sup> )	MO (g kg <sup>-1</sup> )	C.org (g kg <sup>-1</sup> )
C1	229	114	277	138	809	405	277	138
C2	277	138	809	405	277	138	809	405
C3	809	405	277	138	809	405	277	138

**Disposition des cultures dans les conteneurs**

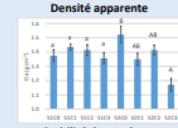


0,7 m  
1,1 m

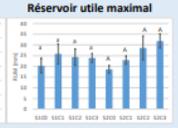
- Laitue
- Radis
- Pomme de terre
- Irrigation goutte à goutte

### RÉSULTATS & DISCUSSION

**Densité apparente**

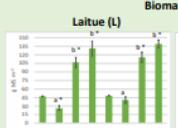


**Réservoir utile maximal**

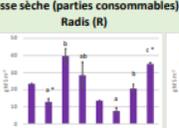


**Biomasse sèche (parties consommables)**

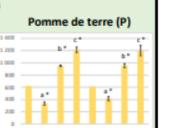
**Laitue (L)**



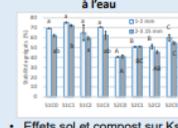
**Radis (R)**



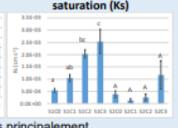
**Pomme de terre (P)**



**Stabilité des agrégats à l'eau**

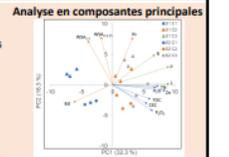


**Conductivité hydraulique à saturation (Ks)**



- Effets sol et compost sur Ks principalement,
- C2 et C3 ont eu le plus d'effets positifs sur les propriétés physiques,
- S2 a eu un meilleur pouvoir tampon du pH que S1,
- L'apport de compost a accru la teneur en Cu dans S2 (CEC et teneur en argile légèrement plus forts),
- C1 et C2 non conformes NFU 44-051 (MO trop faible). Possible injection de sol lors du retournement des composts.

**Analyses en composantes principales**



- Pas d'influence du type de sol sur les rendements,
- Effet compost significatif sur les rendements, sauf C1 (ratio C/N plus élevé, pas de N minéral initial),
- Le compost C3 issu du commerce a eu le meilleur effet sur les rendements,
- Teneurs en ETM inférieures à la réglementation européenne,
- Transfert d'ETM sol -> plante plus important dans S1 (meilleure immobilisation dans S2, pH neutre),
- Fe et Cu étaient les ETM les plus assimilés et particulièrement par la laitue.

- Interaction sol x compost clairement marquée
- Axe 1 corrélé aux biomasses (R, P, L) et propriétés chimiques des mélanges SxCx
- Séparation des composts selon l'axe 1, C1 clairement isolé des 2 autres composts
- Distinction de S1 et S2 selon l'axe 2 (propriétés physiques)

### CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

- Les composts à base de biodéchets ont eu un effet fertilisant avant tout, en raison de leur richesse en macro et oligo-éléments,
- Ces composts ont amélioré les propriétés physiques des 2 sols et stimulé les rendements de légumes,
- Le processus de compostage à même le sol et dans un esprit d'économie circulaire et de circuit court reste pertinent, à condition de mieux contrôler le retournement des andains (limiter le transfert de sol dans le compost).

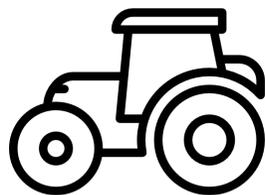
www.ephor.institut-agro-rennes-angers.fr/fr @UR\_EPHor

16<sup>e</sup> Rencontres Comifer-Gemas - 21-22 novembre 2023 - Tours

Auteur : Patrice  
Cannavo  
Poster n°37



# Acquérir des données



Nouvelles  
pratiques

## Effet direct et arrière-effet azotés des apports de Mafor en culture de canne à sucre

Amélie Février, eRcane ([fevrier@ercane.re](mailto:fevrier@ercane.re)) & Marion Ramos, eRcane, La Réunion

La culture de la canne à sucre est la principale culture de l'île de La Réunion. La valorisation des Mafor par la canne à sucre est à la fois un enjeu territorial, économique et environnemental. Depuis 2014, le projet TERO a mis en place un réseau d'essais pour acquérir les coefficients apparents d'utilisation (CAU) de l'azote et les coefficients d'équivalence à l'engrais de 8 Mafor sur cette culture. Trois CAU sont calculés par Mafor dont le CAU direct, l'année de l'apport et le CAU indirect l'année suivant l'apport ou deux ans après l'apport selon les Mafor.

### Méthode de calcul du CAU des Mafor

Le coefficient Apparent d'Utilisation de la Mafor :

$$\text{CAU Mafor} = \frac{(N_{\text{absMafor}} - N_{\text{abs0x}}) / N_{\text{appMafor}}}{N_{\text{abs0x}}}$$

### Tableau 1 : quantité et période d'apport des Mafor

Quantité d'N apportée (% des doses recommandées)	Tous les ans	Tous les deux ans	Tous les trois ans
75%	Lier de porc (LP), Fiente de poule granulé (FPG)	Compost de Camp Pierre (CP), Boue de STEP (BS), Litière de volaille (LV), Boue de digestat de méthanisation de vinasse de distillerie (DM)	Écumes de sucrerie (Ecum), Compost de déchets verts (CDV)
37,5%			

Chaque modalité est composée de 3 répétitions dont la moyenne permet de calculer le CAU.

### Résultats

#### CAU direct moyen par champ

#### CAU indirect moyen par champ (n+1)

#### CAU indirect moyen par champ (n+2)

Pour plusieurs sites et Mafor, les CAU négatifs observés indiquent que l'azote absorbé par la canne à sucre est plus grand sans apport de fertilisant. La Mafor ayant le CAU indirect le plus élevé sont les écumes de sucrerie (12% à La Mare). Comme pour les CAU directs, une différence est observée seulement entre les sites de La Mare et du CFPPA pour les CAU indirects (n+1).

### CONCLUSION

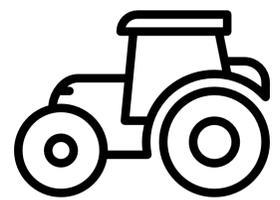
Le projet TERO manque de répétitions (1 à 3) pour aboutir à un calcul robuste des CAU, que les 14 années de projet pourront combler. La nature de la Mafor a un impact sur le CAU. Ainsi, seules les fientes de poules granulées, complémentées en urée, ont une efficacité égale voire supérieure à celle de l'urée, l'année de l'apport. Pour les CAU indirects, ce sont les écumes de sucrerie qui présentent les valeurs les plus élevées (5 à 14 % en n+1 et 0 à 3 % en n+2). Afin de mieux valoriser cette Mafor, la référence de coefficient d'équivalence à l'engrais des écumes a d'ores et déjà été modifiée dans le conseil à la fertilisation. Enfin, le site d'étude est également un facteur déterminant la valeur du CAU. La prise en compte des données météorologiques et notamment des jours normalisés pourrait expliquer les différences de CAU observées.

« 16<sup>e</sup> Rencontres Comifer-Gemas : 21-22 novembre 2023 - Tours »

Auteur : Amélie  
Février  
Poster n°32



Acquérir des données



Nouvelles  
pratiques



Pascal THIEBEAU<sup>1</sup>, Damien LARBRE<sup>2</sup>, Romain CARPENTIER<sup>3</sup>, Olivier DELFOSSE<sup>1</sup>,  
Gonzague ALA VOINE<sup>1</sup> et Hugues CLIVOT<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR A 614 INRAE-URCA Fractionnement des Agroressources et Environnement (FARE), F-51100 Reims, [pascal.thiebeau@inrae.fr](mailto:pascal.thiebeau@inrae.fr)  
<sup>2</sup> La Chambre d'Agriculture de la Marne, Maison des agriculteurs, F-51100 Reims  
<sup>3</sup> DéshyOuest, Rue Louis Raison, F-35113 Dognagné

Contexte et objectif

La luzerne cultivée en culture pure est très présente en zone Champagne de la région Grand-Est, mais également dans d'autres régions de France comme la Bretagne ou la Bourgogne-Franche Comté. Le terme d'exploitation de cette culture oscille entre 2 et 5 ans (3 ans en moyenne) selon les assolements des exploitations. C'est principalement au moment de sa destruction que des quantités de résidus importantes, et riches en azote (N), sont restituées au sol. Or, ces quantités sont mal connues. Il est pourtant important de les estimer correctement : i) pour ajuster au mieux la fertilisation à la parcelle des cultures suivantes, et ii) pour permettre un meilleur paramétrage des modèles de stockage de carbone (C) des sols lorsque cette culture est présente dans les assolements.

L'objectif est ainsi de caractériser les quantités de biomasses, C et N qui peuvent être potentiellement restituées à différentes dates de destruction de la luzerne.

Matériels et méthodes

- Travail réalisé en Champagne (2021 et 2022) et en Bretagne (2022).
- Âges des luzernières étudiées en fin de saison végétative :
  - Champagne : 4 en 2021 (1 à 4 ans : A1 à A4), 5 en 2022 (A1 à A5)
  - Bretagne : 2 en 2022 (A2 et A3)
- Estimation des biomasses par prélèvements sur des placettes (cf illustration) où collets et pivots racinaires sont collectés à la bêche, sur 20 cm de profondeur.
- 6 à 20 placettes sont prélevées par champ, représentant 1,35 à 4,50 m<sup>2</sup>.
- Matière Sèche Totale (MST) est composée de : MS « vivante » (collet et pivot sur 0-20 cm), et MS « sénescence » (résidus au sol et pivots nécrosés).
- Dosages C et N total réalisés par analyse élémentaire (méthode Dumas).

Résultats et conclusion

- Les conditions climatiques sont très différentes entre les 2 années de mesures :
  - 2021 : « année pluvieuse », Index d'aridité (IA = pluies/ETP) = 0,65
  - 2022 : « année sèche », IA = 0,41
- La MS « vivante » représente 85 à 90% de la MST (Figure 1)
- Au sein de la MS « vivante », collets et pivots se répartissent respectivement dans un rapport de 40/60.
- La MST mesurée oscille entre 600 g.m<sup>2</sup> (A1, 2021) et 1200 g.m<sup>2</sup> (A5, 2022) en Champagne : évolution significative entre A1 et les autres âges (Figure 2).
- Le ratio : biomasse des organes de réserve (collets + pivots) / biomasse totale produite au cours de l'année :
  - Varie entre 0,37 (A1, 2021) et 0,60 (A4, 2022).
  - Est en moyenne 4,1% plus élevé en 2022 vs 2021 (en Champagne).
- Les quantités de C et de N varient respectivement de 300 à 500 g C.m<sup>2</sup> et de 15 à 25 g N.m<sup>2</sup> : elles suivent les dynamiques de la MST (Figure 2).
- Les quantités de MST, C et N mesurées en Bretagne ne diffèrent pas significativement de celles mesurées en Champagne, même si les teneurs en N sont un peu plus élevées en Bretagne (Figure 2).

Les quantités de biomasses, de carbone et d'azote restituées sont importantes : jusqu'à 12 t/ha de matière sèche. Une 3<sup>ème</sup> année d'acquisition est en cours et permettra de consolider ces résultats. A titre de comparaison, un pois laisse au sol en moyenne 4.1 t/ha de biomasse aérienne et racinaire, tandis qu'un blé dont les pailles sont restituées laisse en moyenne 11.4 t/ha de biomasse\*.

\*Selon données extraites de « Biomass and chemical quality of crop residues from European areas » [https://doi.org/10.15454/181810/2\\_v2](https://doi.org/10.15454/181810/2_v2).



Les auteurs remercient LCA Luzerne De France et INRAE (Contrat 19984) pour leur soutien financier au projet « Stockage de Carbone par une culture de luzerne »

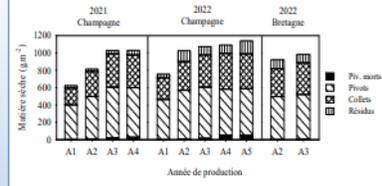


Figure 1 : Répartition par compartiment des biomasses de luzernes selon l'âge, l'année de mesure et la région.

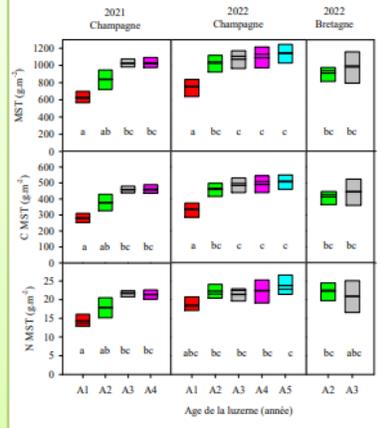
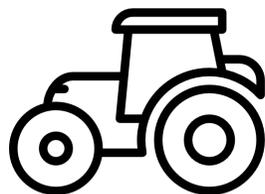


Figure 2 : Quantités de MST, de carbone (C MST) et d'azote (N MST) présentes aux champs selon l'âge des luzernières, l'année de mesure et la région.

# Acquérir des données



# Nouvelles pratiques

## SEFerSol Maraîchage Biologique

### Stratégies innovantes d'entretien de la fertilité du sol

Langard E., Nassr N., Delaunay G., Barbot C., Nussbaumer M., Munier C., Bogdanok M.

**PRÉSERVER LA FERTILITÉ DU SOL :**  
**UN ENJEU EN MARAÎCHAGE BIOLOGIQUE**

Maraîchage = souvent un usage intensif du sol.  
Recours important aux intrants en cas de baisse de fertilité → perte d'autonomie et risque potentiel pour la qualité de l'eau.

**Propriété du sol vivant [...] la fertilité du sol est principalement le résultat de processus biologiques et non de la présence d'éléments chimiques (FIBL, 2013).**

**Mobiliser des pratiques favorables et reconcevoir les systèmes de culture**  
Il n'existe pas une unique solution : c'est une combinaison de pratiques (= système de culture) qui permet d'améliorer la fertilité du sol dans la durée.

- Intensifier les engrais verts et couverts végétaux dans les successions de culture
- Adapter ou réduire le travail du sol
- Couvrir le sol
- Enrichir le sol en matières organiques

**Au terme de 8 années d'expérimentations, quels sont les résultats du projet, en particulier en termes de fertilité ?**

**Une expérimentation « systèmes » pour tester des stratégies innovantes et en mesurer les effets**

**Année 1**   **Année 2**   **Année 3**   **Année 4**   **Année 5**

Une même rotation et des objectifs économiques identiques

- Sol sablo-limoneux de moraine (55,5% S 31% L 13,5% A)
- Peu profond (40 cm)
- 40% de cailloux
- Réserve utile faible
- pH neutre
- MO autour de 3% en 2015

**Comparaison de l'utilisation de fertilisants selon les systèmes**

Type de fertilisant	CONSV	EVMAX	REF
Organique	++	+	-
Minéraux	-	-	++
Compost	-	-	++

Comparaison de la fertilisation entre les différents systèmes, selon le type. En jaune : le compost sur CONSV ou du compost de déchet vert frais, contrairement au compost des deux autres systèmes qui est du compost déchet vert (DDV) + fiente de cheval (CF) en ancolin. En vert également compost issu d'un déchet vert (par exemple).

**Interprétation :** Plus de fertilisants à action rapide sur REF, plus qu'embourgeoisement sur CONSV même si majoritairement à action lente (Machy / Compost).  
Concentration ve strates dans les couches.

Récupération d'eau de drainage par bougies d'argile placées à 80cm de profondeur. Analyses réalisées par le laboratoire SAGEF Agronomie et Environnement. Méthode interne (induction Neutronique + colorimétrie).

**Interprétation :** Une concentration en nitrate largement plus importante dans les strates drainées du système CONSV, entraînant des pertes probablement plus fortes.

**Fertilisation: Plus d'autonomie, des points d'attentions**

**Observation :** L'utilisation des engrais verts sur les systèmes innovants et du compost de déchets verts sur CONSV permet de gagner en autonomie.

**Les limites :**

- CONSV : trop de MO et trop de minéralisation entraînant des pertes par lixiviation
- EVMAX : Un manque d'azote rapidement disponible et de potassium entraîne des carences et des problèmes de croissance sur Chou.

**Les solutions à explorer :**

- Moins d'apport de MO supplémentaire et plus de plantes actives sur CONSV
- Un apport d'appoint en potassium 1x/rotation et d'azote en début de culture Chou pour EVMAX

**Techno-Economique & Adventices : des résultats encourageants**

**Rendements :** Des rendements équivalents entre les différentes modalités, une plus grande variabilité sur le système CONSV

**Temps de travail & pénibilité :** Pas de différence significative en termes de temps de travail et de pénibilité : les trois systèmes se valent.

**Adventices :** Diminution très importante du stock semencier sur les trois systèmes par rapport au début du projet. Pas d'effet système très marqué. En revanche, spécialisation de la flore : dicotylédones pour REF et EVMAX, graminées pour CONSV

**RÉSULTATS SUR LA FERTILITÉ DU SOL : CONSV SE DÉMARQUE, EVMAX AFFICHE UNE BONNE STRUCTURE**

**Teneur en éléments chimiques dans le sol**

Éléments	REF	EVMAX	CONSV
N	100	100	100
P	100	100	100
K	100	100	100
Ca	100	100	100
Mg	100	100	100
S	100	100	100
C	100	100	100
N <sub>org</sub>	100	100	100
N <sub>tot</sub>	100	100	100
P <sub>tot</sub>	100	100	100
K <sub>tot</sub>	100	100	100
Ca <sub>tot</sub>	100	100	100
Mg <sub>tot</sub>	100	100	100
S <sub>tot</sub>	100	100	100
C <sub>tot</sub>	100	100	100
N <sub>org</sub> /N <sub>tot</sub>	100	100	100
N <sub>org</sub> /C <sub>tot</sub>	100	100	100
N <sub>org</sub> /P <sub>tot</sub>	100	100	100
N <sub>org</sub> /K <sub>tot</sub>	100	100	100
N <sub>org</sub> /Ca <sub>tot</sub>	100	100	100
N <sub>org</sub> /Mg <sub>tot</sub>	100	100	100
N <sub>org</sub> /S <sub>tot</sub>	100	100	100

Analyses réalisées par le laboratoire SAGEF Agronomie et Environnement selon méthode NIR 21-128 (Draage CP 422) et NIR 21-22. Un apport de potasse possible sur EVMAX avec un N<sub>org</sub> plus important et une teneur quantitative potasse. Un fort apport de potasse sur CONSV dû à la MO apportée (compost de déchets verts principalement). Un apport de N<sub>org</sub> supplémentaire moins gênant sur REF que sur les autres.

**Comparaison de la biomasse fongique**

Analyses réalisées par ISTMO Agronomie et Environnement selon méthode de dosage colorimétrique de N<sub>org</sub> quantitative (N<sub>org</sub>CO) utilisée dès avant pour les populations fongiques. 2022. Interprétation : le système CONSV montre la biomasse fongique la plus importante sur le système de Conservation du sol par rapport au système de référence qui avait été en partie due au type de Compost, Machy utilisé.

**Taux de minéralisation du Carbone organique**

Taux de minéralisation du carbone sur 28 J en conditions contrôlées, réalisé en laboratoire par CECSA LAB, 2022. Interprétation : le système CONSV montre la biomasse fongique la plus importante sur le système de Conservation du sol par rapport au système de référence qui avait été en partie due au type de Compost, Machy utilisé.

**Moyenne Pondérale des notes**

Observation au champ selon méthode Gering/Deix, méthode adaptée par Christophe Barbot : meilleure note à 8 jours pour CONSV. 40. Nota : 20 = bonne note.

Auteur : Elie Langard  
Poster n°36



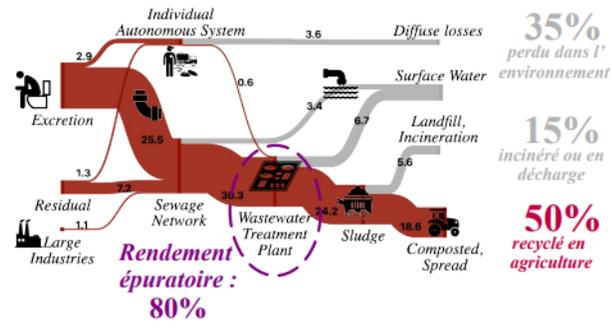
**Contexte:** L'azote (N) et le phosphore (P) des excrétiens est traité en station pour limiter la pollution des milieux naturels, mais leur réutilisation en tant que fertilisants agricoles n'est pas un objectif principal. Pourtant, le N et P présent dans les excrétiens des Français représente 15% de la consommation d'engrais minéraux.

**Objectifs:** Dresser un bilan détaillé du système d'assainissement en France pour évaluer le recyclage actuel et les leviers d'action pour l'améliorer.

**Résultats :**

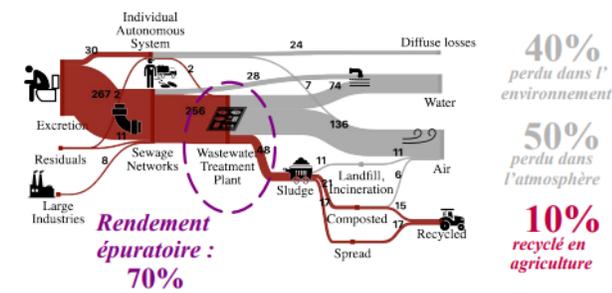
**Phosphore**

(fluxs en ktP)



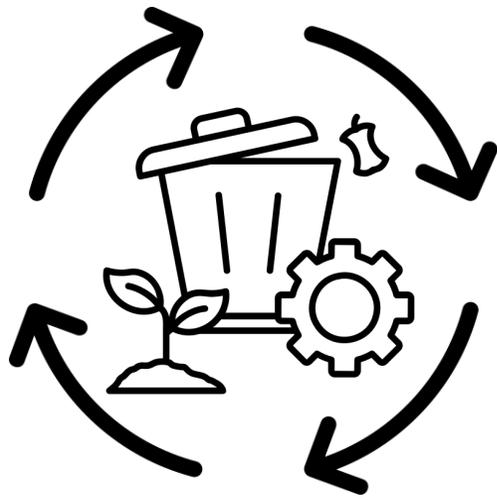
**Azote**

(fluxs en ktN)



**Méthodes:** Le coeur du bilan repose sur les données d'exploitations des 20,000 stations d'épurations françaises. Le bilan complet a été effectués en croisant de multiples base de données : INCA3, GEREPA, données agences de l'eau, portail assainissement collectif, analyse de cycle de vie...

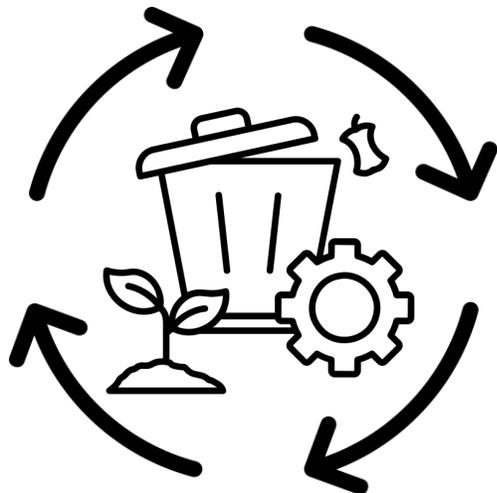
Structurer des filières



Auteur : Thomas Starck  
Poster n°34



# Structurer des filières



Florent BRUN - LEESU, Ecole des Ponts, Univ Paris Est Creteil, Marne-la-Vallée, France - [florent.brun@enpc.fr](mailto:florent.brun@enpc.fr)

## Emergence d'une filière de mise en circularité des nutriments L'exemple du démonstrateur Kolos

Mots clefs : Séparation à la source, fertilisation, enjeux sociotechniques, démonstrateur.

### Objectifs

- Co-construire une filière de gestion circulaire des nutriments (Billen et al., 2021) à Quincieux et Lissieu (69).
- Comprendre les réorganisations et nouvelles pratiques des agriculteurs générées par cette filière (Joveniaux et al., 2022).
- Construire un démonstrateur agricole sur la circularité des nutriments (Brun et al., 2020) et (Toffolini et al., 2023).

### Méthode

- Diagnostic sociotechnique.
- Réunions de lancement et de mobilisation.
- Observation de projets proches sur d'autres territoires.
- Entretiens semi-directifs avec directions et élus métropolitains, communes et monde agricole.
- Animation d'un jeu sérieux – L'atelier « Des toilettes aux champs... »

### Figure 1 : Philosophie de la filière Kolos

### Figure 2 : Type d'acteurs mobilisés

### Figure 3 : Atelier « Des toilettes aux champs »

### Figure 4 : Volume d'urine nécessaire en fonction de besoins agronomiques

Scénario	Apports à l'hectare		Volume d'urine nécessaire (m3)	
	1 hectare	5 hectares	1 hectare	5 hectares
Scénario Azote	50 kg	25	8	42
	100 kg	50	17	83
	150 kg	75	25	125
Scénario Phosphore	30 kg	150	60	300
	50 kg	250	100	500
	100 kg	500	200	1000
Scénario Potassium	20 kg	40	4	20
	30 kg	60	6	30
	40 kg	80	8	40

### Valeurs et intérêts partagés

- Pour la Métropole, besoin de **convergence des politiques publiques** dans le cadre d'un projet commun pour mobiliser efficacement les agents.
- Volonté à trouver de **nouveaux fertilisants**.
- Attentes que des **impacts environnementaux et agronomiques positifs** soient démontrés (besoin d'analyses).
- Nécessité de générer un **embarquement des citoyens**.
- Volonté, si le projet est pertinent, d'avoir une **valorisation des résultats** pour un effet levier à l'échelle nationale.

### Conditions d'organisation de la filière

- Prise en considération des **perturbations des pratiques** de l'agriculteur (stockage, épandage).
- Rencontre entre **gisements** (collecte, stockage, traitement) et **besoins en fertilisant** (temporalité, concentration, qualité, équipement).
- Implication de la Métropole = idée d'un **fort gisement à venir**.
- Intérêt à mobiliser des **infrastructures collectives** existantes comme plateforme de compostage des déchets-verts.

### Références

Billen et al., 2021. « Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: The potential of combining dietary change, agroecology, and circularity ». *One Earth* 4(6):839-50.

Brun et al., 2020. « Vers des filières de valorisation des urines humaines. Le regard des agriculteurs franciliens ». *Etudes rurales* 206:200-220.

Joveniaux et al., 2022. « Towards the development of source separation and valorization of human excreta? Emerging dynamics and prospects in France ». *Frontiers*.

Toffolini et al., 2023. « Ideal types of experimentation practices in agricultural Living Labs: Various appropriations of an open innovation model ». *Agricultural Systems* (2023).

Turnheim, Bruno, et Frank W. Geels. 2019. « Incumbent actors, guided search paths, and landmark projects in infra-system transitions: Re-thinking Strategic Niche Management with a case study of french tramway diffusion (1971–2016) ». *Research Policy* 48(6):1412-28.

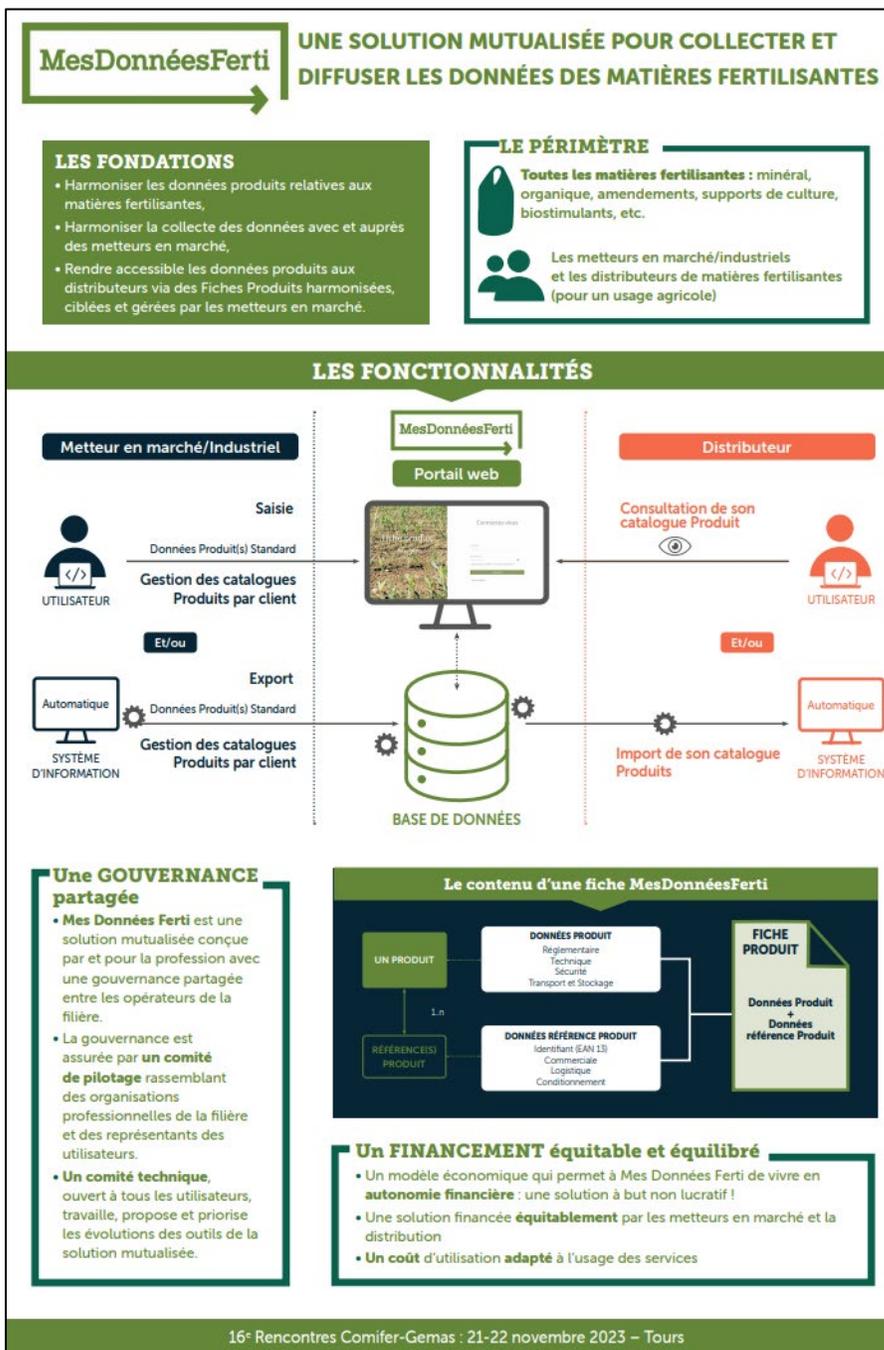
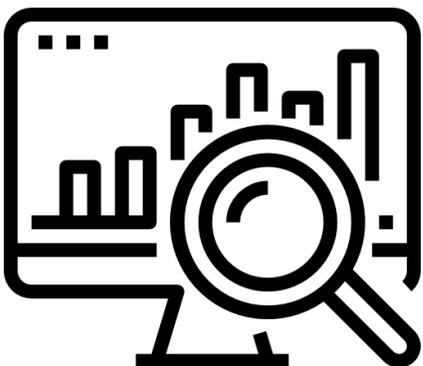
16<sup>e</sup> Rencontres Comifer-Gemas : 21-22 novembre 2023 - Tours

<https://www.leesu.fr/ocapi/les-projets/kolos/>

Auteur : Florent Brun  
Poster n°33

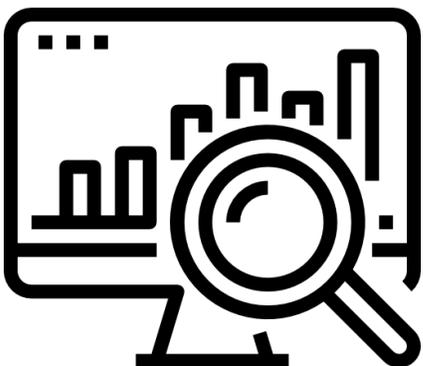


## Centraliser les données



Auteur : Justine Leobon  
Poster n°30

# Centraliser les données





le référentiel engagé  
du fertilisant



## Un outil numérique pour améliorer la connaissance et l'usage des fertilisants

---

### L'outil numérique de référencement des fertilisants

**FERTI.CLICK propose une solution complète qui facilite le choix des matières fertilisantes**

- 🎯 **Pour qui ?**
  - ✓ Informer sur la **diversité des produits** mis en marché
  - ✓ Identifier tous types de **produits fertilisants** adaptés aux besoins
  - ✓ Apporter des **informations techniques** (composition, mode d'action, efficacité, réglementation, etc.)
  - ✓ Développer le recours aux fertilisants à **moins d'impact environnemental**

---

### FONCTIONNALITES

**FERTI.CLICK est un outil d'information  
pour mieux comprendre les fertilisants, leur fonctionnement et optimiser leur utilisation**

**Retrouvez les produits les plus pertinents en fonction de vos besoins :**

- ✓ Toutes typologies de produits
- ✓ Pour tous types de cultures
- ✓ Selon l'effet agronomique recherché
- ✓ Utilisable en AB

LE CATALOGUE MFSC

La plus importante base de données de matières fertilisantes






**Des fiches produit détaillées**

**PRODUIT 1**

Réglementation: NF 50-001

Composition: 15% N, 10% P, 10% K

Effets revendiqués:
 

- ✓ Améliore les capacités des sols, Améliore les capacités biologiques des sols
- ✓ Maintient l'humus
- ✓ Culture céréalière / Arbreaux fruitiers, Cultures ornementales / Cactus, Grandes cultures, Culture potagères / Vignes, Maraichères / Légumes fruitiers et brassics

CONSEILS | DÉTAILS | DISTRIBUTEURS | AVIS

- ✓ Dénominations commerciales et visuels
- ✓ Informations réglementaires
- ✓ Caractéristiques techniques
- ✓ Composition détaillée (élémentaire, ETM, matières constitutives)
- ✓ Durabilité
- ✓ Recommandations d'usage et conseils
- ✓ Résultats d'analyses et de tests
- ✓ Comparateur
- ✓ Retours d'expérience

#### Témoignages d'utilisateurs

“Maintenant, je peux facilement identifier tout seul le produit le mieux adapté à ma culture et en plus, savoir où m'approvisionner !”  
*Cévidier (51)*

“Enfin une plateforme qui me permet de comparer les produits disponibles pour mes vignes !”  
*Viticulteur (68)*

“Savoir que des produits plus sains pour l'environnement et mon sol existent me conforte dans ma démarche de transition”  
*Maraîcher (67)*

“Grâce aux filtres et en quelques clics, j'arrive à trouver le bon produit et cela me facilite la vie.”  
*Arboriculteur (84)*

“J'ai découvert des produits que je ne connaissais pas !”  
*Gestionnaire d'espaces verts (77)*

### POURQUOI REFERENCER MES PRODUITS SUR FERTI.CLICK ?

- + J'augmente la **visibilité** de ma gamme de produits
- + Je fais connaître plus largement mes **produits innovants**
- + Je peux connaître les **tendances des acheteurs**
- + J'**optimise** mes produits en réponse aux besoins exprimés
- + Je contribue à la **transition agroécologique**

Visitez le site ici



<https://www.ferti.click/>

Contactez-nous

**Djénéba Karambiri**  
Responsable marketing & communication  
djeneba.karambiri@ritmo.com

Conçu par



TERRASOLIS



UKOZ

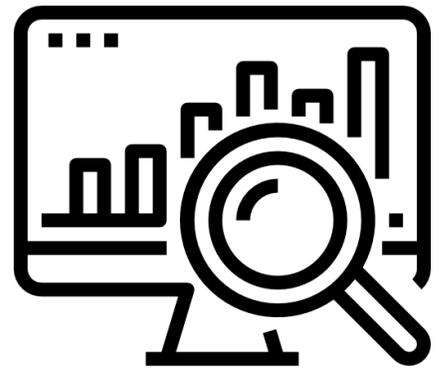




Auteur : Fiona Ehrhardt  
Poster n°29



# Centraliser les données



**Auteurs :** Groupe de travail Authenticité des engrais du syndicat AFAIA  
Le Syndicat Co-Président du Collège Engrais et Amendements d'AFRICA  
F. Thomas Responsable R&D Eurofins, Nantes, France.

AFAIA eurofins GHEENT UNIVERSITY

## DÉTERMINATION DE L'ORIGINE DE L'AZOTE DANS LES ENGRAIS

### CONTEXTE

Le syndicat AFAIA rassemble la majorité des fabricants d'engrais organiques en France. Le développement de l'agriculture biologique renforce l'intérêt des agriculteurs pour des engrais azotés organiques Utiles en Agriculture Biologique (UAB).

L'azote dans un engrais peut être d'origine animale, végétale ou de synthèse. Il est interdit d'utiliser de l'azote de synthèse en Agriculture Biologique. Récemment, de nouvelles formes d'azote déclarées d'origine 100% végétale et avec une proportion ammoniacale importante ont été introduites sur le marché, semant le doute sur leur origine.

**AFAIA et ses adhérents ont souhaité renforcer la confiance des utilisateurs dans les engrais mentionnés « UAB » en contribuant à la mise au point d'une méthode pour déterminer l'origine de l'azote dans un engrais.**

**UTILISABLE EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE**  
conforme à la réglementation européenne en vigueur

**POURQUOI N'ACHETEZ-VOUS PAS DAUANTAGE DE PRODUITS BIO ?**

17% ↑ DOUTE SUR L'AUTHEENTICITE  
71% TROP CHER  
44% MANQUE D'INTERET

2 1 3

Baromètre 2022 sur données 2021 - Agence Bio

### PRINCIPE

La détermination de l'origine de l'azote dans un engrais se base sur son niveau trophique en regardant le rapport entre deux de ses isotopes : <sup>15</sup>N et <sup>14</sup>N. Le ratio isotopique de l'azote d'un engrais est donc un marqueur de son ORIGINE.

#### DÉVIATION ISOTOPIQUE DES ENGRAIS ISSUS DE L'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE

**ORIGINE DE SYNTHÈSE**  
Si le ratio isotopique est faible, proche de 0, l'engrais est constitué uniquement d'azote prélevé dans l'air et donc issu de synthèse selon le procédé Haber Bosch.

**ORIGINE ANIMALE OU VÉGÉTALE**  
Plus l'azote de l'air est digéré/assimilé par des organismes vivants (végétal, puis éventuellement animal) plus le ratio isotopique augmente.

#### MÉTABOLISME DE L'AZOTE : EFFET ISOTOPIQUE

### MÉTHODE

Pour arriver à distinguer des isotopes d'un élément dans une matrice, le principe d'analyse combine un analyseur élémentaire (EA) avec un spectromètre de masse à rapport isotopique (IRMS). AFAIA et ses adhérents ont mobilisé 2 laboratoires :

- Le centre de compétence Authenticité du laboratoire Eurofins de Nantes. EUROFINS est accrédité COFRAC pour ces analyses et applique également cette méthode depuis plusieurs années pour garantir l'authenticité des aliments, notamment ceux issus de l'agriculture biologique.
- Faculty of Bioscience Engineering, Department of Green Chemistry and Technology, Isotope Bioscience Laboratory (ISOFYS), Ghent University qui a publié l'article suivant sur le sujet : De Boer, P., Bodé, S., Perneel, M. et al. Nitrogen fertilizer classification using multivariate fingerprinting with stable isotopes. Nutr Cycl Agroecosyst (2023).

AFAIA a mené plusieurs campagnes d'analyses sur des engrais de diverses provenances, couvrant la diversité des matières premières constitutives des engrais mis sur le marché français.

#### PRINCIPE DE L'ANALYSE EA-IRMS

#### DIFFÉRENTS TYPES DE FERTILISANTS N TESTÉS

### RÉSULTATS OBTENUS

La compilation des résultats obtenus permet de tirer les conclusions suivantes :

- Les **ENGRAIS ORGANIQUES** exclusivement constitués d'azote d'origine animale ou végétale ont une déviation isotopique de l'azote > 4‰.
- Les **ENGRAIS DE SYNTHÈSE** ont une déviation isotopique de l'azote < 2‰.

Ainsi, un engrais avec une déviation isotopique de l'azote < 2‰ et une teneur en N total élevée dont une proportion majoritaire d'azote minéral, sera peu probablement un engrais azoté exclusivement d'origine animale ou végétale.

\* solution de sulfate d'ammoniaque issue du traitement de l'air d'une station de compostage.  
\*\* soja (légumineuse) avec déviation isotopique faible, dont l'azote est issu de la captation de l'azote atmosphérique.

**BASE DE DONNÉES 104 ÉCHANTILLONS**

ANIMALE/VÉGÉTALE

30 ENGRAIS 100% MINÉRAUX

25 ENGRAIS ORGANO-MINÉRAUX

59 ENGRAIS ORGANIQUES

SYNTHÈSE

SOJA

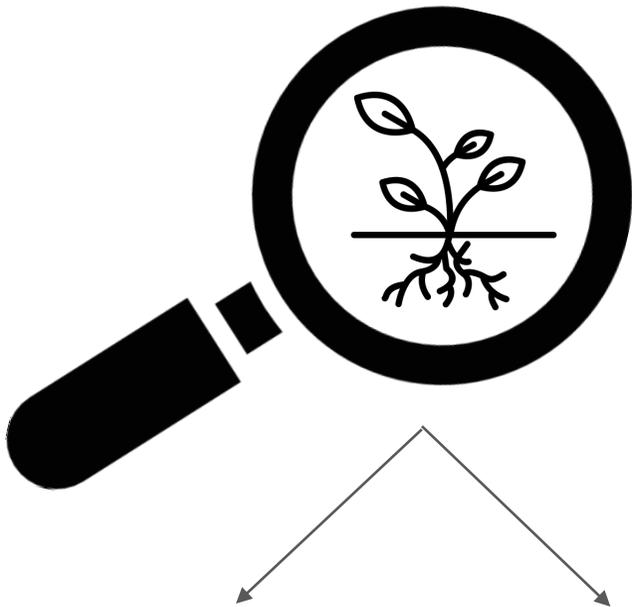
Delta <sup>15</sup>N (‰/AIR)

%N

Auteur : Dominique Billard  
Poster n°31



## Acquérir des données



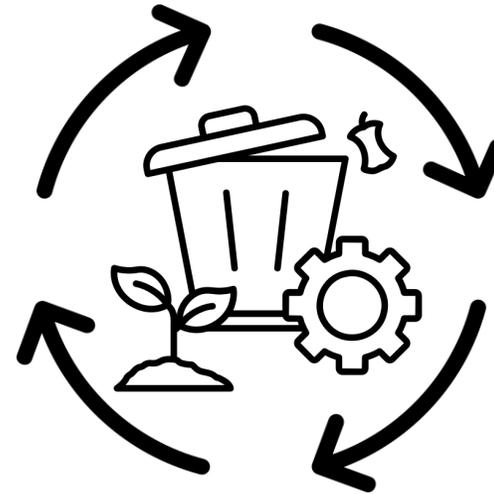
Biostimulants



Nouveaux intrants et  
procédés  
technologiques  
innovants



## Structurer des filières



# Procédés technologiques innovants



## Can we improve the efficiency of biostimulants for nitrogen fertilization by studying their biological effects ?

**Justine Broutin**<sup>1,2</sup>, Isabelle Jéhanno<sup>1</sup>, Gilles Clément<sup>1</sup>, Anne Marmagne<sup>1</sup>,  
Stephanie Pateyron<sup>4</sup>, Anne-Sophie Leprince<sup>1,3</sup>, Benjamin Ourliac<sup>2</sup>, Christian Meyer<sup>1</sup>

In the current situation, agriculture meets demand to feed the growing world population in a changing climate. The most used fertilizers are composed of inorganic nitrogen (N) which is an essential macro-element for plants. For most of them, N is taken up as inorganic N source from the soil (nitrate or ammonium) but their availability can largely vary in soils. However, N production and addition in fields have a strong polluting impact on the environment. There is thus an urgent need for strategies allowing a better N use efficiency (NUE) in crops. The use of biostimulants like protein hydrolysates (PH) is one of them. They have been developed to improve nutrient use efficiency, storage and remobilisation of nutrient elements in crops along with resistance to stresses<sup>1,2</sup>. This project aims to better understand how a PH, which contain amino-acids, can improve N fertilization.

All experiments were carried out using Arabidopsis plants grown on vertical plates *in vitro* with 5mM NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and 1% sucrose. Root growth was measured after 12 days in culture and omics analyses were performed after 14 days in culture. PH is manufactured by the Fertinagro company.

### 1 Composition of PH (protein hydrolysates):

55% free amino-acids + 20% peptides

Leucine, aspartate, glutamate, alanine represent 50% of the PH solution.

Analyzed by GC-MS (G. Clément, IFR PG Platform chemistry/metabolism)

### 2 Effect of PH on Arabidopsis root growth

- Root growth is stimulated by low concentrations of PH whereas high concentrations have an inhibitory effect
- PH stimulating concentration chosen for further experiments: [PH] = 100 mg/L
- Effect of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> supply: Stimulating effect of PH at all NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentrations but stronger effect of PH in nitrogen deficiency
- Next: metabolomic and transcriptomic analysis
- Effect of salt stress: Stimulating effect of PH is maintained in moderate NaCl stress
- Next: characterization of abiotic stress response with PH treatment

ANOVA test ( 16 <n< 20 seedlings per condition). Letters indicate a significant difference with the control condition.

### 3 Omic analyses on Arabidopsis seedlings treated with PH

#### Metabolomic analysis

With PH treatment:

- Accumulation of amino acids like leucine and arginine which are present in the PH product
- Accumulation of glutamine that is not found in PH → Stimulation of N metabolism?
- Accumulation of some sugars like xylose, glucose, sucrose → Stimulation of C metabolism?

#### Transcriptomic analysis

Number of genes differentially expressed with PH treatment compared to control condition: 1254 up-regulated, 1287 down-regulated

- Some amino acid transporters are differentially regulated by PH
- Down-regulation of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> HATS transporters
- Next: measurement of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uptake
- PH influences expression of biotic stress markers
- Next: characterization of biotic stress response with PH treatment

### 4 Screening of Arabidopsis mutants hypersensitive or resistant to PH

Inhibitory effect of 750mg/L PH on Arabidopsis root growth

Basis for a screen to identify mutants using a 200 double haploid EMS collection

We have identified 4 hypersensitive and 7 resistant mutants

Next: determine target genes

Better understanding of PH and amino-acids transport and signalling

1. Institut Jean-Pierre Bourgin (IFR) INRAE AgroParis-Tech University Paris-Saclay, Route St Cyr, 78000 Versailles, France (J.Broutin Student)

2. Fertinagro France, 1925 Rue de la Gare, 40260 Mison, France

3. UMR 1027, Institut des Sciences et d'Agrobiologie, Sorbonne Université, 4 Place Jussieu, 75231 Paris, France

4. Institute of Plant Sciences Paris-Saclay (IP2S), INRAE, CNRS, Université Paris-Saclay, Université Evry, 91406, Orsay, France

**Abstract**  
Callea et al. Bioindicators Action of Protein Hydrolysates Unveiling Their Effects on Plant Physiology and Metabolism. *Front Plant Sci* 2022; 13(7): 822822. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.822822>

Teubner S, et al. Amino substances affect Arabidopsis physiology by altering the expression of genes involved in primary metabolism, growth and development. *Environmental and Experimental Botany* (2011) <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.04.017>

Auteur: Justine Broutin  
Poster n° 41



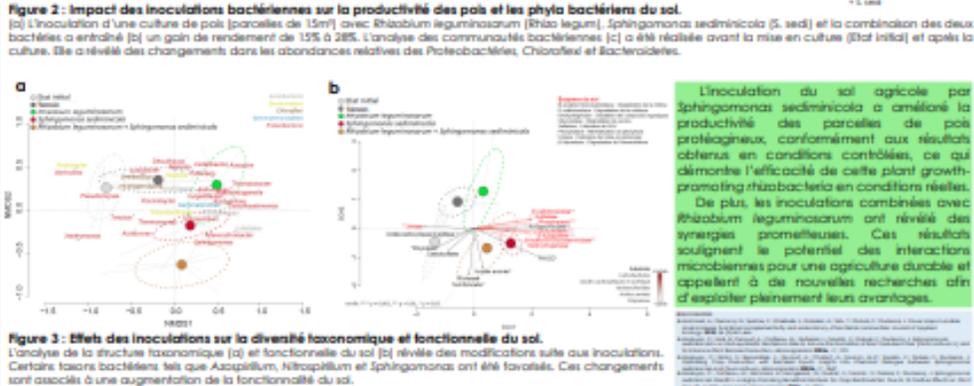
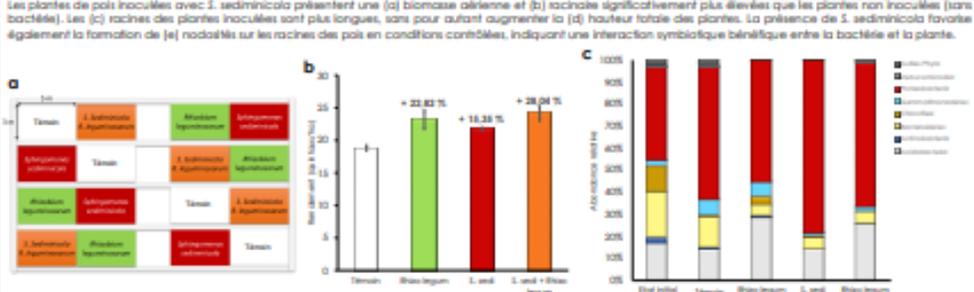
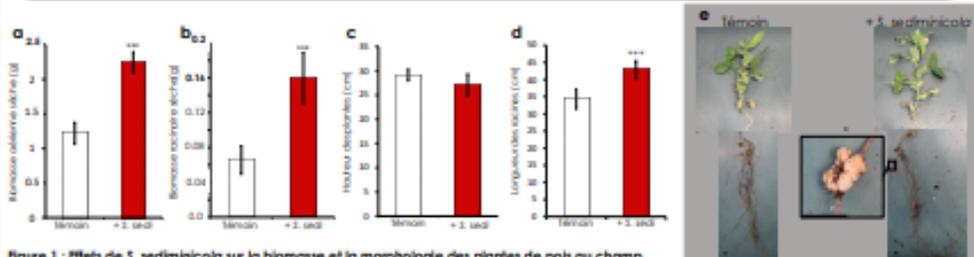
## Utilisation de *Sphingomonas sediminicola* et de *Rhizobium leguminosarum* comme biointrants microbiens pour le développement d'une agriculture durable

Candice Mazoyon<sup>1</sup>, Audrey Pecourt<sup>2,3</sup>, Manuella Catterou<sup>1</sup>, Vivien Sarazin<sup>2,3</sup>, Frédéric Dubois<sup>1</sup>, Jérôme Duclercq<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMH EDYSAN - UMR CNRS 7056, UPJV, Amiens, France; <sup>2</sup>SADEF, Rue de la Station, 48700 Aspach-le-Bas, France; <sup>3</sup>AgroStation, Rue de la Station, 48700 Aspach-le-Bas, France

La prise de conscience des effets néfastes de l'agriculture intensive a conduit à une remise en question des pratiques agricoles. De nombreuses études ont exploré l'utilisation des **ressources biologiques bactériennes** pour promouvoir une **agriculture durable** : cela en se concentrant généralement sur des espèces particulières telles que des bactéries du genre *Rhizobium*. Cependant, dans les systèmes conventionnels, ces bactéries ne sont pas particulièrement abondantes, contrairement aux *Sphingomonas* qui dominent souvent les communautés bactériennes de ces sols (Alahmad et al. 2018). En laboratoire, nos recherches ont démontré les **effets bénéfiques** (augmentation de la biomasse racinaire, etc.) de *Sphingomonas sediminicola* (S. sed.) sur le pois (Mazoyon et al. 2023a,b). Lors du **transfert du laboratoire au champ**, nous observons un maintien de cette biostimulation que ce soit dans le cas de l'utilisation de cette bactérie seule ou en combinaison avec *Rhizobium leguminosarum*. Cet apport microbien améliore également la **fonctionnalité du sol**. L'utilisation de S. sed. offre des perspectives intéressantes pour l'amélioration de la productivité des légumineuses (notamment de couvert) et la réduction de la fertilisation azotée (Mazoyon et al. 2023c).

## Biostimulants



Auteur : Vivien Sarazin  
Poster n°40





# Biostimulants



## BIONUTRITION IN AGRAUXINE

### How microbes could be a tomorrow's pillar of plant nutrition

E. Bonnef, V. Nicaise, N. Haudubert, C. Monner, F. Le Broc, R. Kempennar, F. Achar, L. Villar, M. C. Rivellou, A. Martin, R. Kempf and C. Probst  
 1 Agrauxine by Lesaffre, 7 avenue du Grand Périgue, 49070 Beaussouais, France  
 2 Lesaffre Institute of Science & Technology Microorganisms Center of Excellence, 101 rue de Menin, 59700 Marcq-en-Baraais, France  
 lvillar@agrauxine.lesaffre.com

In the current agroecological transition, a main challenge is to preserve production levels and environmental health while using fewer conventional inputs of synthetic origin, and emphasize use of natural products based on or derived from microorganisms.

For 10 years Agrauxine has been developing a new range of bio-solutions for optimizing crop nutrition by improving biological, chemical and physical interactions between plants and soils. These help in fertilizer use efficiency, a key element in the performance and sustainability of cropping systems.

Agrauxine is selecting the best microbial based technologies, yeasts, yeast derivatives, bacteria and fungi, using its AgBiotech platform. This process combines diverse screening and characterization methods based on *in silico*, *in vitro* and *in planta* assessments.

Applied to soil or seed, or mixed with fertilizers, these new bionutrition technologies offer many new tools to growers.

**Some examples:**

1. Stimulating the activity and diversity of microorganisms, naturally living or inoculated in the soil, which play a beneficial role in nutrient cycles.
2. Facilitating the availability of nutrients (e.g. nitrogen, phosphorus), improving the use-efficiency of fertilizers (through fixation, mineralization or solubilization), promoting their assimilation by the plant.
3. Conditioning the rhizosphere to provide the plant with the optimum environment for its growth and development.

Agrauxine's scientists and agronomists are bridging the gap between exploring and managing the plant-soil microbiome from the lab to the field. The potential for commercially available innovation that microbes offer as AgBiologicals is just at its beginning.

**Agrauxine's AgBiotech platform**

**Microbe-based technologies**

Fungi, Bacteria, Yeasts

**Final AgBiological candidates such as**

4802 → 12051

Applied to seeds, soil or in situ with fertilizers

**SOURCE & IDENTIFY** microbial strains and their derivatives → **TEST & SCREEN** for specific activities through multiple controlled environments → **SELECT & VALIDATE** for improved performance in field → **DOMESTICATE & STABILIZE** the formulation for shelf-life, stability and compatibility

**Soil microbiome**

**Aim:** Develop an innovative AgBiological that stimulates the soil microbiome by promoting the beneficial microorganisms in the rhizosphere

**Example:** New microbe-based technology that boosts the root colonization by commercialized inoculants

**Method:** *In planta* biotest on different model plant species

- Targeted, low-throughput screening
- Visual or microscopic quantification and quality assessment of rhizobia nodules or arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)

**Soil nutrients**

**Aim:** Develop an innovative AgBiological that increases the bioavailability of soil nutrients and their assimilation by plants, or that immobilizes organic carbon below ground

**Example:** Discovery of phosphorus-solubilizing microorganisms (PSM)

**Method:** *In vitro* assay

- Large, medium-throughput screening
- Colorimetric quantification of P solubilization in the liquid medium under artificial conditions

**Soil structure**

**Aim:** Develop an innovative AgBiological that improves the soil structure, aggregate stability and water retention capacity

**Example:** Fungal hyphae or bacterial biofilm play an important role in holding soil particles together, but it is first essential to verify the survival and colonization capacity of these strains alone in the soil

**Method:** *In vitro*-microplate assay

- Large, high-throughput screening
- Microbial growth on soil extract media at different temperatures and pH

**Promoting the best microorganisms from the lab to the field**

Agrauxine by Lesaffre - 7 avenue du Grand Périgue, 49070 Beaussouais, France - www.agrauxine.com

16<sup>e</sup> Rencontres Comifer-Gemas  
21-22 novembre 2023 - Tours

Auteur : Larissa Villar  
Poster n°39



Auteur : Emilien Bohuon  
Poster n° 44

# Nouveaux intrants



**Ynsect** Plus qu'un engrais organique : le potentiel du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*) comme alternative aux engrais minéraux  
BOHUON Emilien, Ynsect, France - emilien.bohuon@ynsect.com

### Le frass de vers de farine, un nouvel engrais organique

**Figure 1. Production d'intrants et d'activités**

1 kg de larves = 1,5 kg de frass

**Tableau 1. Composition du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*)**

Matière sèche	70%
Matière organique	80%
N	4%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3%
C/N	10
Mg/D	0,7%
Ca/D	0,4%

**Figure 2. Comparaison du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*) par microscopie électronique à balayage et spectrométrie de raies X à dispersion d'énergie**

**Figure 3. Production d'intrants et d'activités**

**Figure 4. Impact carbone (à la production du frass de vers de farine *Tenebrio molitor*) en comparaison aux engrais minéraux**

**Un engrais complet ayant un fort potentiel de nutrition des plantes et de stimulation des organismes du sol**

**Figure 5. Influence de l'application de frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*) sur la production de biomasse d'orge**

**Figure 6. Activité (A) et diversité fonctionnelle (B) des microorganismes du sol après application du frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*)**

**Figure 7. Concentration azotée (A), phosphore (B) et potassium (C) de la biomasse dérivée de l'orge montrant un effet de synergie entre le frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*) et les vers de terre (*Lumbricus terrestris*)**

**Un engrais qui limite les risques de perte en phosphore dans l'environnement**

**Figure 8. Concentration en phosphore soluble dans le sol (A) et dans la biomasse dérivée de l'orge (B) après application de frass de vers de farine (*Tenebrio molitor*)**

**www.ynsect.com** **UniLaSalle** Terre & Sciences

**Références bibliographiques:**  
1. Bohuon E., Bohuon E., Naudin V.P. & Douzet A.M. Potential use of insect frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Int. J. Agric. Biol.* 2020.  
2. Bohuon E., Bohuon E., & Douzet A.M. Assessment of the Earthworm Fertilizer Potential of Unconcentrated Frass Using a The Department. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2 (2022).  
3. Bohuon E., Naudin V.P., Douzet A.M., Naudin V.P., & Naudin V.P. Biofertilizers: Sustainable fertilizers for the future. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2 (2022).  
4. Bohuon E. & Naudin V.P.



## BIOSTIMULANTS EXTRACTION FROM DIGESTATES AND THEIR IMPACT ON SOIL BIODIVERSITY AND PLANT GROWTH (VALODIG)

Authors: Chaves B.<sup>1,2</sup>, Richard-Molard C.<sup>2</sup>, L. Vieublé Gonod<sup>2</sup>, Thevenin N.<sup>1</sup>, Lot M.C.<sup>3</sup>, Salomez M.<sup>4</sup>, Joimel S.<sup>2</sup>, Houot S.<sup>2</sup>, Sambusiti C.<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Agronomy, Réseau Agromaturation, F-44300 Colmar, France / <sup>2</sup> Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR ECOSYS, 91120 Palaiseau, France / <sup>3</sup> TotalEnergies, PDR - Pôle d'Etudes et de Recherche de Laque, Pôle Economique 2, BP 47-RD 817, 64170 Laque, France / <sup>4</sup> TotalEnergies, CSTF - Avenue Lambert, 64018 Pau, France



### CONTEXT

- Anaerobic digestion is the complex and robust process that biologically converts organic matter into biogas (or biomethane) and digestate (an organic by-product).
- Liquid and solid digestate are currently valorized as an organo-mineral fertilizer (C, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, K) and a soil improver (C, P)
- A plant biostimulant is any substance or microorganism applied to plants with the aim to enhance nutrition efficiency, abiotic stress tolerance and/or crop quality traits, regardless of its nutrients content.<sup>2</sup>
- Known biostimulant molecules in digestate are humic substances<sup>3</sup> (i.e.: fulvic acids and humic acids), phytohormones<sup>4</sup>, hormones-like molecules<sup>5</sup>, proteins and amino acids<sup>6</sup>

### OBJECTIVE

Developing new valorization routes through biostimulant extraction of digestate

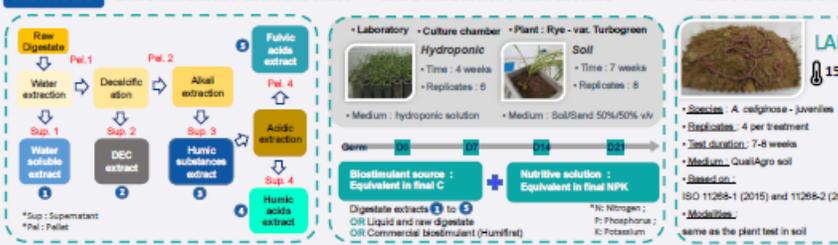
- New valorization routes are expected for digestate to...

- Overcome technical challenges and limitations due to digestate spreading (regulatory framework, logistics, digestate quality)
- Diversify revenue streams linked to digestate

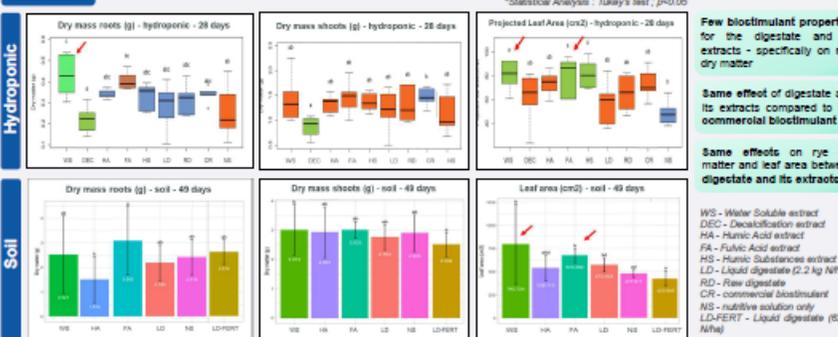
### NOVELTIES

Plant model : Catch crop - Rye / Digestate biostimulant evaluation in soil / Effect of dig. extracts on soil biodiversity

### METHODS



### RESULTS



\*Statistical Analysis : Tukey's test ; p<0.05

Few biostimulant properties for the digestate and its extracts - specifically on root dry matter

Same effect of digestate and its extracts compared to the commercial biostimulant

Same effects on rye dry matter and leaf area between digestate and its extracts

**CONCLUSION**  
Few biostimulant properties for digestates and its extracts on rye growth

**PERSPECTIVES**  
Investigating biostimulant properties on other crop species - soil systems - developmental stages

Biostimulants



**Contact us**  
cecilia.sambusiti@totalenergies.com  
melanie.salomez@totalenergies.com  
OneTech - R&D - CO<sub>2</sub> and Sustainability



**Bibliography**  
Scan QR code to access references cited in this poster



Auteur : Mélanie Salomez  
Poster n° 42



# Procédés technologiques innovants



## DU SULFATE D'AMMONIUM BIO-SOURCÉ POUR REMPLACER LES ENGRAIS AZOTÉS DE SYNTHÈSE



développement d'un pilote mobile et  
évaluation de l'efficacité azotée au champ



MOREIRA M.<sup>1,3</sup>, THEVENIN N.<sup>2</sup>, RUIDAVETS L.<sup>2</sup>, MUNIER C.<sup>3</sup>, BLANCHANT P.<sup>4</sup>, PREUD'HOMME M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Chambre régionale d'agriculture de Bretagne, <sup>2</sup> RITIMO Agro-environnement, <sup>3</sup> Chambre régionale d'agriculture du Grand Est, <sup>4</sup> Chambre d'agriculture de la Somme

Les engrais d'origine animale, bio-sourcés, peuvent remplacer, au moins en partie, les engrais minéraux chimiques. La production de ces engrais à partir de différentes technologies de transformation des effluents d'élevage, est encouragée par le contexte énergétique et géopolitique instable et par la nouvelle réglementation UE sur les engrais.

- Comment récupérer de l'azote des effluents d'élevage avec le moindre investissement?
- Quelle efficacité des engrais bio-sourcés au champ par rapport aux engrais minéraux classiques?

### 🌱 Développement et évaluation de la performance d'un pilote mobile de stripping

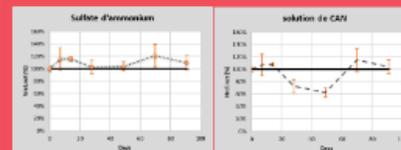
1 m<sup>3</sup> de lisier de porc = 16 litres de sulfate d'ammonium

Rendement maximal de récupération d'azote de 92%

	Lisier de porc	Sulfate d'ammonium
pH	8,4	4,8
MS %	1,8	3,0
C org %	4,2	<0,1
N total %	3	48,8
N org %	<1	0
N-NH4 %	2,3	48,8
N-NO3 %	<0,2	<0,2
P2O5 %	0,7	<0,07
K2O %	2,6	<0,05
SO <sub>4</sub> %	0,48	325,7

\*stripping : traitement physico-chimique qui consiste à volatiliser l'azote ammoniacal d'un effluent liquide pour ensuite le capter dans une solution acide par lavage d'air → production de sulfate d'ammonium bio-sourcé

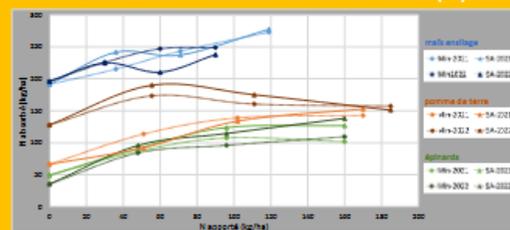
### Un engrais azoté 100% minéral



NREI, net(N) : disponibilité de l'azote par rapport au N des produits ajoutés dans une expérience d'incubation à 21 jours. La valeur tracée à t = 0 indique le pourcentage de N minéral dans le produit appliqué (t = 0) et est présentée avec une ligne droite pendant 21 jours de temps d'incubation. Les barres d'erreur indiquent les écarts-types (n = 5). Les valeurs observées au-dessus de la ligne indiquent une minéralisation nette du N, tandis que les valeurs en dessous de la ligne indiquent une immobilisation nette du N.

🌱 Evaluation de la qualité du sulfate d'ammonium bio-sourcé obtenu en comparaison à des engrais minéraux classiques en laboratoire et au champ

Pour une même dose d'azote apportée, pas de différences significatives d'azote absorbée par les cultures fertilisées avec le sulfate d'ammonium bio-sourcé (SA) ou avec un engrais minéral classique (Min)



2 années d'expérimentation : 2021 et 2022  
 ✓ 3 doses croissantes de sulfate d'ammonium bio-sourcé - SA  
 ✓ 3 doses croissantes d'engrais minéral classique - Min  
 ✓ 1 témoin non fertilisé

Même à l'échelle pilote, le stripping est un procédé efficace de récupération de l'azote des effluents d'élevage.

Le sulfate d'ammonium produit peut remplacer les engrais minéraux de synthèse chimique utilisés dans l'exploitation ou être exporté vers des zones non excédentaires.

Avec des teneurs en azote plus faibles que le lisier brut, des questions opérationnelles peuvent se poser vu les volumes élevés de fertilisant à gérer.

16<sup>e</sup> RENCONTRES Comifer-Gemas : 21 - 22 novembre 2023 - Tours



Ce projet est financé sous le programme de Recherche et de l'Innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne sous le n° de convention de subvention 862 849.



Auteur : Marianna  
Moreira  
Poster n°45



## Effets de la Technologie TOP-PHOS sur la Biodisponibilité du P dans le Sol et Nutrition P des Plantes

<sup>1</sup>ARKOUN Mustapha, ARMAL Noémi, BILLIOT Bastien and PLUCHON Sylvain

<sup>2</sup>Laboratoire Nutrition Végétale – Centre Mondial de l'Innovation - Roullier. Timac Agro, 18 avenue Franklin Roosevelt, 35400 Saint-Malo, France

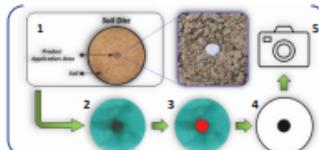
### OBJECTIF

- Le phosphore (P) joue un rôle important dans de nombreux processus de développement des plantes, comme la photosynthèse, le développement racinaire et le stockage d'énergie. Les plantes prélèvent le Phosphore sous forme d'ions orthophosphates ( $PI : H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ ) à partir de la solution du sol.
- Le Pi présente une très faible mobilité, et sa biodisponibilité est fortement régulée par le pH. Ces facteurs impactent directement l'Efficiency d'Utilisation du Phosphore.
- Pour répondre à cette problématique, TIMAC-AGRO a développé une solution technique basée sur la Technologie TOP-PHOS. Cette matière première phosphatée combine intimement un agent complexant du phosphate solubilisé et des molécules Biostimulantes assurant le maintien de la biodisponibilité du P en limitant sa rétrogradation.
- L'objectif ici est d'évaluer l'efficacité du TOP-PHOS sur : La biodisponibilité du P, la croissance racinaire et les pertes du Pi par lessivage.

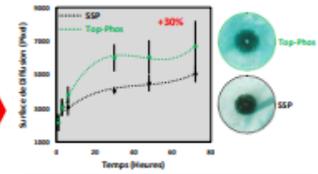
### APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

#### 1 Effet sur la Biodisponibilité du Phosphore

La biodisponibilité du Phosphore dans le sol rétrogradant a été mise en évidence par une méthode adaptée du dosage au vert de malachite. 1) photo du dispositif = disc de sol, 2) disposition d'un filtre imprégné de vert de malachite, 3) création d'une image en fausses couleurs, 4) création d'un masque binaire, 5) mesure de la surface d'intérêt.

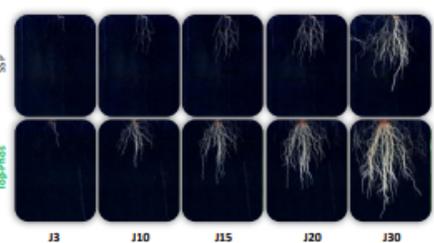


### RESULTATS



Top-Phos = +30% de diffusion du P en surface, grâce à :  
- Une moindre sensibilité à la rétrogradation  
- Un maintien du P sous sa forme soluble et diffusible

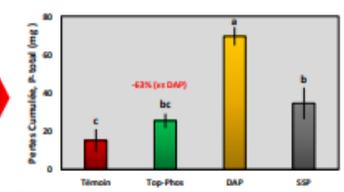
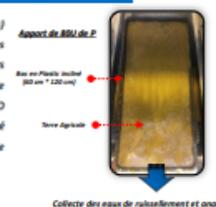
#### 2 Effet sur la croissance Racinaire et l'Absorption du Phosphore



L'augmentation de la surface racinaire s'accompagne d'une augmentation de l'absorption de P mesurée dans la biomasse foliaire (+15 % vs SSP après 30 jours)

#### 3 Effet sur les pertes par lessivage du Phosphore

Les pertes de P par lessivage (entraînement des particules) ont été étudiées en conditions de laboratoire. Deux épisodes pluviométriques (23 mm/min après 1 et 4 jours d'incubation) ont été simulés grâce à une cabine de pulvérisation sur un sol à texture limoneuse, pH 5,4, MO 2,4%, CEC 83 meq/kg. Les eaux de ruissellement ont été collectées et une analyse du Phosphore total a été réalisée sur la fraction solide.



### Conclusion

Ces résultats indiquent l'importance de la Technologie Top-Phos dans la valorisation du phosphore, notamment l'Efficiency d'Acquisition du P par les plantes, grâce :  
i) à la protection du P contre la rétrogradation dans les sols agricoles et son maintien sous une forme biodisponible et diffusible, ii) à une modification de l'architecture racinaire et une meilleure prospection du sol par les racines et iii) une limitation des pertes par lessivage du P, répondant ainsi aux problématiques environnementales liées à l'eutrophisation des eaux de surface

Procédés technologiques  
innovants



Auteur : Mustapha  
Arkoun  
Poster n°46



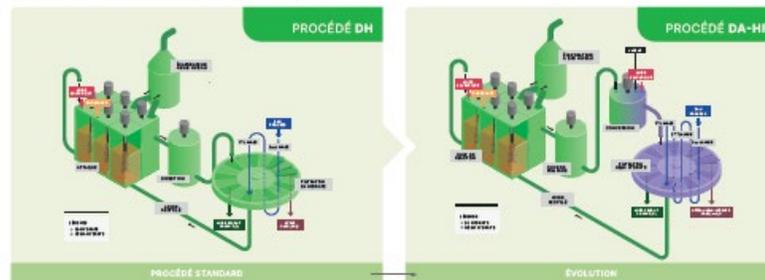
# Procédés technologiques innovants



## Optimisation de la production d'acide phosphorique pour les engrais

Les fertilisants phosphatés sont produits à partir de matières premières contenant différents métaux lourds en fonction de leur origine. Dans certains cas, il y a un besoin de développer des solutions et procédés permettant de réduire ces métaux lourds dans les produits finis.

### PRODUCTION D'ACIDE PHOSPHORIQUE



La roche phosphatée ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) est attaquée par de l'acide sulfurique dans un réacteur agité et compartimenté pour produire une suspension de sulfate de calcium dans une solution aqueuse d'acide phosphorique :

$$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

Cette réaction est acidothérme et la température du réacteur est contrôlée par circulation de la suspension à travers un échangeur maintenu sous-vide.

Le sulfate de calcium est séparé de l'acide phosphorique et lavé à contre-courant sur un filtre à cellules basculantes Prayon. La solution de lavage, recyclée vers le réacteur permet de contrôler le taux de solides dans le milieu de réaction.

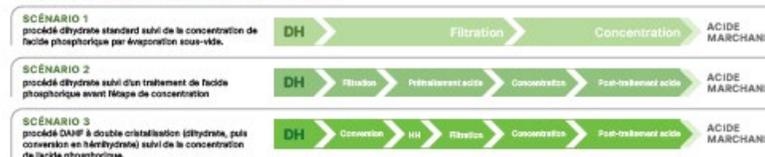
Dans le cas d'un procédé dihydrate (DH), cette réaction est réalisée dans des conditions d'acidité et de température telles que le sulfate de calcium cristallise sous forme dihydratée ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Ce procédé est le plus largement répandu car il permet une opération simple avec un rendement acceptable.

Dans le cas du procédé DAHF, la réaction s'effectue en deux étapes, d'abord dans des conditions physicochimiques de cristallisation dihydrate. Ensuite, en modifiant ces conditions (pH et température), le sulfate de calcium est recristallisé sous forme hémi-hydrate ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ). Ce procédé permet ainsi de produire un acide phosphorique plus concentré tout en augmentant le rendement global.

Pour les applications avales telles que la production d'engrais, l'acide produit doit être concentré par évaporation, le flux plus élevé de l'acide produit par le procédé DAHF requiert moins de vapeur pour cette opération. De plus, grâce au rendement accru, la consommation de roche est moindre et la qualité de sulfate de calcium produite est améliorée.

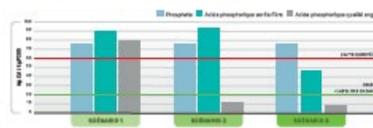
Ce procédé entraîne une réduction de la teneur en cadmium de l'acide phosphorique concentré et, par conséquent, des fertilisants produits.

### TROIS SCÉNARIOS ONT ÉTÉ CONSIDÉRÉS



### RÉSULTATS

	SCÉNARIO 1	SCÉNARIO 2	SCÉNARIO 3	
Taux $\text{P}_2\text{O}_5$ de l'acide en sortie du filtre	27%	27%	27%	
Taux $\text{P}_2\text{O}_5$ de l'acide concentré final	54%	54%	54%	
Rendement $\text{P}_2\text{O}_5$ global relatif au procédé	9%	9%	9%	
Teneur en cadmium de l'acide final	mg Cd / kg $\text{P}_2\text{O}_5$	80	12	7



### CONCLUSIONS

- Pour certaines matières premières, utilisation des procédés traditionnels ne permet plus de respecter les normes sur la teneur en cadmium des produits fertilisants.
- La modification de procédé considérée dans le scénario 2 permet de réduire la teneur en cadmium du produit final moyennant une diminution du rendement global.
- Le procédé DAHF permet une amélioration conjointe des performances, à savoir :
  - Diminution de la teneur en cadmium des produits
  - Augmentation du rendement



Auteur : Alexandre Wavreille  
Poster n°47

